Université de Constantine 3
Faculté d'Architecture et d'Urbanisme
Département d'Architecture

BILAN CARBONE DES MÉNAGES URBAINS COMME OUTIL D'ORIENTATION D'UNE PLANIFICATION URBAINE À FAIBLE IMPACT CLIMATIQUE. CAS DES ÎLOTS MORPHOLOGIQUES URBAINS - EL-HARRACH (ALGER)

THESE

Présentée pour l'Obtention du
Diplôme de Doctorat en Sciences
en Architecture

Par
Asma BOUATTOU

Année Universitaire
2025-2026

Université de Constantine 3
Faculté d'Architecture et d'Urbanisme
Département d'Architecture

N° de Série :
N° d'Ordre :

BILAN CARBONE DES MÉNAGES URBAINS COMME OUTIL D'ORIENTATION D'UNE PLANIFICATION URBAINE À FAIBLE IMPACT CLIMATIQUE. CAS DES ÎLOTS MORPHOLOGIQUES URBAINS - EL-HARRACH (ALGER)

THESE

Présentée pour l'Obtention du
Diplôme de Doctorat en Sciences
en Architecture

Par

Asma BOUATTOU

Devant le Jury Composé de :

Ammar KORICHI	Président	Professeur	Université de Constantine 3
Aissa MAHIMOUD	Directeur	Professeur	Université de Constantine 3
Islam BOUKHALKHAL	Examinateur	MCA	Université de Constantine 3
Djamel ALKAMA	Co-directeur	Professeur	Université de Guelma
Sofiane FEZZAI	Examinateur	MCA	Université de Tébessa
Akila BENBOUAZIZ	Examinatrice	MCA	Université de Batna 1

Année Universitaire
2025-2026

Remerciements

﴿ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَدْخِلْنِي بِرَحْمَتِكَ فِي عِبَادِكَ الصَّالِحِينَ﴾

J'exprime mes profondes gratitudes à **Allah**, le Tout-Puissant, de m'avoir accordée la force, le courage et la persévérance pour mener à bien cette recherche. Sans Sa miséricorde, aucun accomplissement ne serait possible.

Mes remerciements et ma reconnaissance s'adressent à mon Directeur de thèse, Pr. Aissa MAHIMOUD, pour ses précieuses orientations et ses conseils avisés qui ont contribué à l'enrichissement de ce travail.

Ma reconnaissance et ma gratitude s'étend également à mon co-Directeur de thèse, Pr. Djamel ALKAMA, dont sa bienveillance, la richesse de ses conseils, son engagement et ses recommandations ont constitué un apport fondamental dans l'aboutissement de cette recherche.

J'adresse mes sincères remerciements aux membres du jury, qui me font l'honneur d'évaluer cette recherche. Leur expertise, leurs observations critiques et leurs recommandations constitueront une précieuse contribution à son amélioration.

Je tiens également à remercier, Monsieur Abderrahmane BOUKADOUM, ancien Directeur de l'Agence Nationale des Changements Climatiques (ANCC), pour son accueil bienveillant, la pertinence de ses orientations ainsi que pour la mise à ma disposition de la documentation essentielle à la conduite de cette recherche.

Mes remerciements vont aussi à l'équipe du Ministère de l'Environnement pour leur accueil et leurs précieux conseils.

J'exprime mes profonds respects et ma sincère reconnaissance à l'ensemble des enseignants ayant contribué à ma formation. Je tiens particulièrement à remercier Professeure Ewa BEREZOWSKA-AZZAG et Madame Leila GUENOUNE pour l'enseignement rigoureux de la démarche méthodologique qu'elles m'ont transmis.

Ma grande reconnaissance et ma profonde gratitude s'adressent à mes très chers parents, piliers inébranlables de mon parcours, qui ont toujours cru en moi et m'ont soutenue avec amour, patience et sacrifice. Leurs encouragements ont été ma plus grande source de motivation.

Mes chaleureux remerciements vont également à mes sœurs, à mon petit frère et à mes nièces, qui ont toujours été présents à mes côtés, partageant mes joies et mes moments de doute. Leur affection et leur soutien inconditionnel ont été une force précieuse.

Enfin, j'adresse un remerciement tout particulier et ma grande reconnaissance à mon cher époux, dont la patience, l'encouragement et la compréhension ont été d'un réconfort inestimable. Son soutien indéfectible a été un moteur essentiel dans l'accomplissement de ce travail.

À tous, je vous exprime ma gratitude infinie. Que ce travail soit le témoignage de mon respect et de ma reconnaissance envers chacun de vous.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....x
LISTE DES TABLEAUX.....xiv
LISTE DES ABREVIATIONS.....xvi
LISTE DES UNITES DE MESURE.....xix
RESUME.....xx
ABSTRACT.....xxi
ملخص.....xxii

CHAPITRE I
INTRODUCTION.....1

1.1 Contexte et intérêt de la recherche.....1
1.2 Problématique de la recherche.....5
1.3 Hypothèses de la recherche.....10
1.4 Objectifs de la recherche.....10
1.5 Démarche méthodologique de la recherche.....10
1.6 Structuration de la thèse.....12

CHAPITRE II
RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET LES GAZ A EFFET DE SERRE.....17

Introduction.....17

2.1 Généralités sur l'atmosphère.....17
2.1.1 Structure et composition de l'atmosphère.....17
2.1.2 Formation et évolution de l'atmosphère.....19
2.1.3 Les différentes couches de l'atmosphère.....20
2.1.4 La couche limite atmosphérique.....21
2.2 Forçage radiatif et effet de serre.....21
2.2.1 Forçage radiatif.....21
2.2.2 Effet de serre.....23
2.2.3 Cycle du carbone.....24
2.2.4 Perturbation du cycle de carbone.....25
2.3 Gaz à effet de serre.....27
2.3.1 Caractéristiques des gaz à effet de serre.....27
2.3.2 Outil de comparaison entre les différents gaz à effet de serre.....28
2.4 Évolution des concentrations des gaz à effet de serre et variations climatiques.....29
2.4.1 La découverte du risque de modification climatique.....29
2.4.2 Le climat du passé.....31
2.4.3 Les variations climatiques récentes.....33
2.4.4 Les projections climatiques.....34

2.5 Mobilisation internationale et politique climatique 36
2.5.1 Sur le plan scientifique 37
2.5.2 Sur le plan politique 41
Conclusion……44

CHAPITRE III
EMISSIONS URBAINES DE GAZ A EFFET DE SERRE ET LEVIERS D'ACTION……..45
Introduction……...…45
3.1 Contribution des zones urbaines au réchauffement climatiques..... 45
3.2 Impacts du réchauffement climatique sur les zones urbaines..... 48
3.2.1 Impacts sur les écosystèmes..... 49
3.2.2 Impacts sur le développement économique 50
3.2.3 Impacts sur la sécurité alimentaire et ressources en eau 51
3.2.4 Impacts sur la santé 52
3.2.5 Impacts sur les sociétés 53
3.2.6 Impacts sur les infrastructures..... 54
3.2.7 Impacts sur le déplacement de populations..... 54
3.3 Sources d'émission de gaz à effet de serre dans les zones urbaines 56
3.3.1 Sources d'émission de gaz à effet de serre dans les zones urbaines par secteur 56
3.3.2 Sources d'émission de gaz à effet de serre dans les zones urbaines par scope..... 60
3.4 Ampleur des émissions de gaz à effet de serre urbaines 62
3.4.1 Disparité des émissions de gaz à effet de serre entre les pays 62
3.4.2 Disparité des émissions de gaz à effet de serre entre les pays par habitant…..... ……63
3.4.3 Disparité des émissions de gaz à effet de serre entre les pays par ménage…….. 65
3.5 Facteurs influençant les émissions urbaines de gaz à effet de serre 67
3.5.1 Facteurs géographiques..... 67
3.5.2 Facteurs démographiques..... 67
3.5.3 Facteurs économiques 69
3.5.4 Facteurs comportementaux 70
3.5.5 Facteurs urbains 71
3.6 Réduction des émissions urbaines des gaz à effet de serre..... 71
3.6.1 Mesures de réduction des émissions urbaines de gaz à effet de serre..... 71
3.6.2 Expériences étrangères de réduction des émissions urbaines de gaz à effet de serre 72

Conclusion……74

CHAPITRE IV
PLANIFICATION URBAINE AU SERVICE DE LA REDUCTION DES EMISSIONS URBAINES DE GAZ A EFFET DE SERRE……75

Introduction……..…75

4.1 Concepts de la planification urbaine..... 75

4.1.1 Définition de la planification urbaine..... 75

4.1.2 Approches de la planification urbaine..... 78

4.1.3 Acteurs de la planification urbaine 91

4.2 Planification urbaine et l'action climatique 93

4.2.1 Intégration du climat dans la planification urbaine..... 93

4.2.2 Principes directeurs de la planification urbaine de l'action climatique ... 95

4.2.3 Processus de la planification urbaine de l'action climatique..... 96

4.3 Planification urbaine bas carbone..... 99

4.3.1 Définition de la planification urbaine bas carbone..... 99

4.3.2 Conditions de la planification urbaine bas carbone 100

4.3.3 Recommandations de l'ADEME pour une planification bas carbone ... 101

4.3.4 Outils de la planification urbaine bas carbone 101

Conclusion……..……103

CHAPITRE V
BILAN CARBONE MENAGE……104

Introduction……..……..…104

5.1 Notion du bilan carbone : Notion récente en pleine construction 104

5.1.1 Définition et évolution du bilan carbone..... 104

5.1.2 Objectifs du bilan carbone 106

5.1.3 Échelles de calcul du bilan carbone 107

5.2 Approches de calcul du bilan carbone ménage..... 110

5.2.1 Approches basée sur la production 110

5.2.2 Approche basée sur la consommation..... 110

5.2.3 Approche combinée de production et de consommation 111

5.3 Méthodes et outils de réalisation du bilan carbone ménage 111

5.3.1 Méthodes de réalisation du bilan carbone ménage..... 111

5.3.2 Outils de réalisation du bilan carbone ménage..... 116

5.4 Étapes de calcul du bilan carbone ménage 126

5.5 Exemples de calcul du bilan carbone ménage 127

5.5.1 Cas des ménages français..... 127

5.5.2 Cas des ménages des États-Unis 131
5.5.3 Cas des ménages d'Iskandar en Malaisie 133
Conclusion……..…….138

CHAPITRE VI
ALGER ET LE CONTEXTE DE RECHAUFFEMENT……..……139
Introduction……..……...…139
6.1 Contexte climatique de la ville d'Alger 139
6.1.1 Climat d'Alger 139
6.1.2 Évolution du climat d'Alger et projections futures 140
6.1.3 Évènements météorologiques exceptionnels à Alger 142
6.2 Vulnérabilité urbaine d'Alger au réchauffement climatique 145
6.2.1 Développement urbain de la ville d'Alger 145
6.2.2 Émission de GES à Alger 154
6.2.3 Ampleur de la vulnérabilité urbaine d'Alger au réchauffement climatique ……156
6.3 Initiatives de l'Algérie pour contrer le changement climatique 158
6.3.1 Actions d'atténuation des effets du changement climatique entreprises en Algérie 158
6.3.2 Actions d'adaptation aux effets du changement climatique entreprises en Algérie 159
6.3.3 Formation, Recherche et Développement 159
6.4 Actions du Plan National Climat d'Algérie 161
6.4.1 Actions d'adaptation aux changements climatiques 162
6.4.2 Actions d'atténuation des changements climatiques 163
6.4.3 Actions transversales 164
Conclusion……..…….165

CHAPITRE VII
APPLICATION DU REFERENTIEL LOCAL CLIMATE ZONE A EL HARRACH…….. 166
Introduction……..……...…166
7.1 Présentation du contexte local de la recherche 166
7.1.1 Développement urbain à El Harrach 166
7.1.2 Caractéristiques climatiques d'El Harrach 173
7.1.3 Vulnérabilité d'El Harrach aux aléas climatiques 176
7.2 Identification des îlots morphologiques urbains à El Harrach 179
7.2.1 Définition des îlots morphologique urbains 179
7.2.2 Indicateurs des îlots morphologiques urbains 181

7.2.3 Champs d'exploitation du référentiel IMU 182
7.2.4 Délimitation des îlots morphologiques urbains d'El Harrach 185
7.3 Présentation du référentiel de classification *local climate zone* 188
7.3.1 Définition des zones climatiques locales 188
7.3.2 Caractéristiques des zones climatiques locales 190
7.3.3 Application des zones climatiques locales 192
7.4 Cartographie des zones climatiques locales des îlots morphologiques urbains d'El Harrach 193
7.4.1 Méthodologie de classification des îlots morphologiques urbains d'El Harrach en zones climatiques locales 193
7.4.2 Résultats de classification 196
7.4.3 Discussion des résultats 197
Conclusion……..…….199

CHAPITRE VIII
CALCUL DU BILAN CARBONE MENAGE A EL HARRACH…….……..200
Introduction…….....…200
8.1 Méthodologie de calcul du bilan carbone des ménages 200
8.1.1 Exploration de l'outil et sélection du type de bilan carbone à calculer . 201
8.1.2 Estimation des émissions de carbone des ménages 201
8.1.3 Obtention des résultats 206
8.1.4 Identification des leviers de réduction 206
8.2 Identification de l'échantillon d'étude et collecte des données 207
8.2.1 Sélection de l'échantillon d'étude 207
8.2.2 Collecte des données 207
8.3 Évaluation des émissions de carbone des ménages d'El Harrach 210
8.3.1 Résultats 210
8.3.2 Discussion et interprétation des résultats 215
8.4 Leviers d'action pour la réduction du bilan carbone ménage dans les échantillons d'étude d'El Harrach 217
Conclusion……..…….229

CHAPITRE IX
PRISE EN CHARGE DES LEVIERS DE REDUCTION DU BILAN CARBONE MENAGE PAR LA PLANIFICATION URBAINE LOCALE……230
Introduction……..……...…230
9.1 Quantification de l'impact GES d'une action de réduction du bilan carbone ménage 230

9.1.1 Démarche méthodologique de quantification de l'impact GES d'une action de réduction du bilan carbone 230
9.1.2 Revue de la mise en pratique de la méthode de quantification de l'impact GES d'une action de réduction 233
9.1.3 Application de la démarche méthodologique de quantification de l'impact GES sur une action de réduction du bilan carbone ménage d'El Harrach ……234
9.2 Plan d'action de réduction des émissions de carbone des ménages 237
9.2.1 Retours d'expériences d'élaboration des plans de réduction des émissions de carbone 237
9.2.2 Proposition d'une méthodologique de construction et de mise en œuvre d'un plan de réduction du carbone des ménages d'El Harrach 244
9.2.3 Suivi et pilotage d'un plan de réduction du carbone des ménages 249
9.3 Intégration de la démarche de réduction des émissions de carbone des ménages dans le processus de planification urbaine locale 250
9.3.1 Ancrage de la démarche de réduction des émissions de carbone des ménages dans la planification urbaine locale 250
9.3.2 Potentiel des instruments d'urbanisme algérois local actuels à intégrer les actions de réduction des émissions de carbone des ménages 254
Conclusion……..…….262

CHAPITRE X
CONCLUSION ET PERSPECTIVES……..263
10.1 Retours théoriques et résultats obtenus 263
10.2 Apports, limites et contraintes de la recherche 269
10.3 Perspectives de recherche ultérieures 272

CHAPITRE XI
BIBLIOGRAPHIE……273

LISTE DES ANNEXES……307
Annexe A: Sources des émissions directes et indirectes des gaz à effet de serre..... 308
Annexe B: Stratégie, mesures et actions de réduction des émissions de gaz à effet de serre et leurs échelle d'action..... 317
Annexe C: Retours d'expériences étrangères de réduction des émissions urbaines de gaz à effet de serre 322
Annexe D: Recommandations de l'ADEME pour une planification urbaine bas carbone..... 326
Annexe E: Cartes des performances urbaines locales à Alger 329
Annexe F: Mobilisation de l'Algérie pour lutter contre le changement climatique 331
Annexe G: Actions d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques intégrées dans le Plan National Climat d'Algérie 335
Annexe H: Différents POS d'El Harrach 339

Annexe I: Questionnaire de recueil des données auprès des ménages 340
Annexe J: Description des phases et étapes de la méthode QuantiGES 346
Annexe K: Exemples de quantification de l'impact GES d'une action de réduction 353
Annexe L: Mesures sectorielles du plan d'action luxembourgeois pour la réduction des émissions de carbone 356
Annexe M: Instruments d’urbanisme en Algérie.....359
Annexe N: Avis d'appel d'offre national pour la révision des POS d'El Harrach 363
Annexe O: Possibilité de la prise en charge de la réduction des émissions de carbone des ménages par le PDAU d'Alger 364
Annexe P: Possibilité de la prise en charge de la réduction des émissions de carbone des ménages par le POS 365
Annexe Q: Article publié 366

Liste des Figures

Figure Page

1.1 Evolution de la température moyenne à la surface du globe 1

1.2 Le niveau de CO_2 à l'échelle du globe en 2015. 2

1.3 Années d'émissions restantes pour les différents budgets carbone attribués par le GIEC en 2014 à des niveaux de réchauffement de +1,5°C, +2°C et +3°C……4

1.4 Démarche méthodologique de la recherche. 13

2.1 Profil vertical de l'atmosphère. 21

2.2 Bilan radiatif de la Terre. 22

2.3 Cycle naturel du carbone. 25

2.4 Cycle de carbone perturbé par l'Homme. 26

2.5 Variation de la température, carbone et méthane. 33

2.6 Évolution de la température moyenne planétaire de 1880 à 2018 par rapport aux normales calculées pour la période 1901-2000.. 33

2.7 Evolution de la concentration du CO_2 dans l'atmosphère 34

2.8 Scénarios des émissions anthropiques annuelles de CO_2. 35

2.9 Scénarios d'évolution de la température moyenne à la surface du globe (par rapport à 1986–2005). 35

2.10 Évolution de la température moyenne en surface (entre 1986-2005 et 2081-2100), scénario RCP2,6 et RCP8,5. 36

2.11 La contribution du GIEC à la science du changement climatique et à l'élaboration des politiques climatiques. 40

3.1 Évolution des populations urbaines et rurales mondiale. 45

3.2 Formation de l'îlot de chaleur urbain. 48

3.3 Risques pour les écosystèmes à différents niveaux de réchauffement. 50

3.4 Illustration du périmètre des scopes du bilan de Gaz à Effet de Serre 60

3.5 Émissions de gaz à effet de serre en équivalent de CO_2 en 2018 par pays.. 63

3.6 Émissions de gaz à effet de serre par habitant en équivalent de CO_2 en 2018 65

4.1 Modèle de planification de l'action climatique. 98

4.2 Les quatre catégories du cahier de recommandations de l'ADEME..... 101

5.1 Outil MicMac en version tableur Excel (Version 2.7), Fenêtre de saisie des données d'activités 118
5.2 Outil MicMac en version tableur Excel (Version 2.7), Fenêtre des résultats d'évaluation 118
5.3 Tableur Excel de l'outil Bilan Carbone®. 119
5.4 Interface du logiciel Bilan Carbone+. 121
5.5 Les pays intégrés dans le calculateur en ligne " Nos Gestes Climat", mise à jour Juin 2023. 123
5.6 Logo de la société Carbon Footprint Ltd. 124
5.7 Bilan carbone global des ménages français. 128
5.8 Bilan carbone des ménages français selon les niveaux de revenus. 129
5.9 Bilan carbone des ménages français selon les tranches d'âge. 129
5.10 Bilan carbone des ménages français selon la taille du ménage. 129
5.11 Bilan carbone des ménages français selon la taille de l'agglomération. 130
5.12 Bilan carbone des ménages français selon les niveaux de la sensibilité environnementale 130
5.13 Bilan carbone des ménages pour les neufs groupes de revenus aux États-Unis. 133
6.1 Géographie physique de la zone côtière du Nord-Centre algérien. 140
6.2 Evolution des températures minimales moyennes annuelles à Alger, de 1936 à 2010. 141
6.3 Evolution des températures maximales moyennes annuelles à Alger, de 1936 à 2010. 141
6.4 Évolution des précipitations annuelles à Alger, de 1936 à 2010. Normale 1961-1990 en bleu, seuil 350 mm en rouge et seuil 1000 mm en noir.. 141
6.5 Capacité des puits de carbone d'Alger. 155
6.6 Excès du Carbone à Alger. 155
6.7 Système de critères d'évaluation de la vulnérabilité urbaine au réchauffement climatique 156
6.8 Degré de vulnérabilité locale au réchauffement climatique des communes algéroises 157
7.1 Localisation géographique d'El Harrach. 166
7.2 Plan de Maison Carrée en 1873. 167
7.3 Développement urbain de la Maison Carrée entre 1833 et 1852. 168

7.4 Les entités urbaines homogènes d'El Harrach. 171
7.5 Étalement urbain sur les terres agricoles d'El Harrach. 172
7.6 Pôle de régénération urbaine El Harrach/Barakï. 173
7.7 Système urbain de compétitivité. 173
7.8 Températures moyennes annuelles de l'air à El Harrach entre 1980 et 2022. 174
7.9 Évolution de la température moyenne annuelle de l'air à El Harrach entre 1980 et 2022. 174
7.10 Moyennes de températures de l'air à El Harrach entre 1980 et 2022. 175
7.11 Précipitations mensuelles à El Harrach entre 1980 et 2022. 175
7.12 Conditions climatiques estivales des communes algéroises. 176
7.13 Zones d'étude prioritaires vulnérables aux risques naturels d'Alger. 177
7.14 Carte des risques naturels et technologiques à Alger. 178
7.15 Profils de vulnérabilité thermique d'El Harrach au réchauffement climatique. 179
7.16 Les îlots morphologiques urbains de la région de l'Île-de-France. 180
7.17 Carte interactive des îlots morphologiques urbains de la région de l'Île-de-France. 181
7.18 Carte interactive des îlots morphologiques urbains du pôle métropolitain Loire Angers. 181
7.19 Création des îlots viaires à El Harrach. 186
7.20 Création des îlots morphologiques jointifs à El Harrach. 187
7.21 Carte des îlots morphologiques urbains d'El Harrach. 187
7.22 Carte de classification en Local Climate Zones (LCZ) des îlots morphologiques urbains d'El Harrach 196
8.1 Interface principale du calculateur en ligne *carbon footprint* 201
8.2 Fenêtre d'accueil du calculateur en ligne *carbon footprint*. 202
8.3 Fenêtre de calcul des émissions de carbone associées à la consommation de l'énergie domestique. 202
8.4 Fenêtre de calcul des émissions de carbone associées aux vols. 203
8.5 Fenêtre de calcul des émissions de carbone associées à l'utilisation de la voiture particulière. 204
8.6 Fenêtre de calcul des émissions de carbone associées à l'utilisation de la moto. 204

8.7 Fenêtre de calcul des émissions de carbone associées à l'utilisation des transports en commun. 205
8.8 Fenêtre de calcul des émissions de carbone associées à la consommation des biens et services. 206
8.9 Fenêtre affichant les résultats de calcul des émissions de carbone..... 206
8.10 Les îlots morphologiques urbains représentatifs sélectionnés pour l'étude 208
8.11 Répartition des émissions de carbone des ménages dans les échantillons d'étude par cayégorie 214
8.12 Contribution de chaque catégorie aux émissions de carbone des ménages dans les échantillons étudiés 214
9.1 Impact GES d'une action. 231
9.2 Différents moments de quantification de l'impact GES d'une action de réduction 233
9.3 Fiche action pour la quantification ex-ante de l'impact GES de l'isolation thermique d'un logement à la cité Panorama, El Harrach. 235
9.4 Suite de la fiche action pour la quantification ex-ante de l'impact GES de l'isolation thermique d'un logement à la cité Panorama, El Harrach. 236
9.5 Exemple d'une fiche pratique de réduction des émissions de carbone développée par CDDEP 243
9.6 Étapes d'une démarche de réduction des émissions de carbone des ménages. 251

Liste des Tableaux

Tableau Page

1.1 Structuration de la thèse. 16

2.1 Concentration des gaz constants et variables dans l'atmosphère exprimée en ppm. 18

2.2 Caractéristiques des planètes en présence et en absence des GES. 24

2.3 Forcing radiatif par les principaux GES. 24

2.4 Valeurs du Potentiel de Réchauffement Global pour différents gaz et différentes valeurs du temps d'intégration. 29

2.5 Historique de Conférences des Parties sur le climat et récapitulation de leurs faits marquants. 42

3.1 Phénomènes climatiques et météorologiques extrêmes et leurs impacts prévisibles sur les zones urbaines. 55

3.2 Émissions de gaz à effet de serre par mode de transport. 57

4.1 Principes directeurs pour la planification de l'action climatique à l'échelle urbaine. 95

5.1 Exemple de tableau *Input-Output* Étendue à l'Environnement pour le calcul des émissions de carbone en Pakistan. 120

6.1 Les actions transversales à court terme (2020-2025). 164

7.1 Les indicateurs des îlots morphologiques urbains. 184

7.2 Les indicateurs climatiques associés à chaque LCZ. 190

7.3 Système de classification *local climate zone* de Stewart et Oke. 191

7.4 Les valeurs de référence des propriétés géométriques et de couverture du sol des LCZ. 194

7.5 Classification de la rugosité des terrains 195

7.6 Les valeurs des propriétés géométriques et de couverture du sol de quelques îlots morphologiques urbains d'El Harrach (LCZ). 198

8.1 Les îlots morphologiques urbains représentatifs et la taille de l'échantillon d'étude. 209

8.2 Résultats des professions et des tailles des ménages de l'échantillon d'étude 212

8.3 Résultats des calculs des émissions de carbone des ménages dans les échantillons d'étude. 213
8.4 Les sources d'émission de carbone des ménages dans les échantillons d'étude et la proposition de leviers d'action pour la réduction. 219
9.1 Phasage et étape de la démarche de quantification de l'impact GES d'une action de réduction. 232
9.2 Logigramme de synthèse de la démarche de quantification de l'impact GES d'une action de réduction. 232
9.3 Les projets de réduction des émissions de carbone pour le volet corporatif de la ville de Beloeil. 239
9.4 Les actions phares de réduction des émissions de carbone pour le volet corporatif de la ville de Beloeil. 240
9.5 Les projets de réduction des émissions de carbone pour le volet collectivité de la ville de Beloeil. 240
9.6 Les actions phares de réduction des émissions de carbone pour le volet collectivité de la ville de Beloeil. 241

Liste des Abréviations

ABC	Association transition Bas Carbone
ACT	Action
ACV	Analyse du Cycle de Vie
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AEU2	Approche environnementale de l'urbanisme
AFAT	Foresterie et Autres Affectations des Terres
AFD	Agence Foncière du Développement
ANCC	Agence nationale des changements climatiques
APC	Assemblée populaire communale
APRUE	Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie
Art.	Article
BCG	*Boston Consulting Group*
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
C40	*Cities Climate Leadership Group*
CAP-Map	*California Climate Action Portal Map*
CARB	*California Air ResourcesBoard*
CAT NAT	Catastrophe Naturelle
CAVEM	Communauté d'Agglomération Var Estérel Méditerranée
CCM	*City CarbonMap*
CCN	*City Carbon Network*
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CDC	Caisse des dépôts et Consignations
CDER	Centre de Développement des Énergies Renouvelables
CDN	Contribution Déterminée au niveau National
CES	Coefficient d'Emprise au Sol
CFC	Chlorofluorocarbures
CGLU	Cités et Gouvernements Locaux Unis
CH_4	Méthane
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique
CIUS	Unions Scientifiques
CMI	Centre de Marseille pour l'Intégration en Méditerranée
CNC	Comité National Climat
CNERIB	Centre National d'Études et de recherches Intégrées du Bâtiment
CNERU	Centre National d'Étude et de Recherche en Urbanisme
CNI	Communication Nationale Initiale
CNUED	Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement
CO_2	Dioxyde de carbone
COMEDOR	Comité permanent d'Études de Développement, d'Organisation et d'Aménagement de l'agglomération d'Alger
COP	Conférence des Parties
COS	Coefficient d'occupation des sols
CREAD	Centre de Recherche en Économie Appliquée pour le Développement
CREDS	*Centre for Research into Energy Demand Solutions*
CRP	Centre de Recherche Public
CRSTRA	Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides
CRTE	Contrat de relance et de transition écologique
DA	Dinar Algérien
DIS	Déchet Industriel Spécial

DSA	Direction des Services Agricoles d'Alger
EE-IOA	Analyse *Input-Output* Étendue à l'Environnement
IOA	*Input-Output Analysis*
EPAU	École polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme
ETAU	Bureau central d'Études, de Travaux publics, d'Architecture et d'Urbanisme
FCM	Fédération Canadienne des Municipalités
FNR	Fonds National de Recherche
GCP	*Global Carbon Project*
GES	Gaz à effet de serre
GGA	Gouvernorat du Grand Alger
GIEC	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
GIS	*Geographic Information System*
GIZ	*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*
GNC	Gaz Naturel Comprimé
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
GNV	Gaz Naturel pour Véhicules
GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
GPU	Grand Projet Urbain
GUEST	Global Urban Environment Scan Team
H/L	Hauteur par Largeur
H_2O	Eau
hab.	Habitant
HCDS	Haut Commissariat au Développement de la Steppe
HFC	Hydrofluorocarbures
HLM	Habitation à Loyer Modéré
IAU-îdf	Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la région Île- de- France
ICLEI	*Local Governments for Sustainability*
IFC	Institut de Formation Carbone
IMU	Ilot Morphologique Urbain
INRAA	Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie
INRF	Institut National de Recherches Forestières
IO	*Input-Output*
IPCC	*Intergovernmental Panel on Climate Change*
IVL	*IntegrativesVerkehrs- undLandesentwicklungskonzept*
J.-C.	Jésus-Christ
JICA	Agence Japonaise de Coopération Internationale
LC^2	*Low-Carbon Livable Cities*
LCZ	*Local Climate Zone*
LED	*Light-Emitting Diode*
MEDENER	Association Méditerranéenne des Agences Nationales de Maîtrise de l'Énergie
MEER	Ministre de l'Environnement et des Énergies Renouvelables
MHUV	Ministère de l'Habitat de l'Urbanisme et de la Ville
MicMac	Mon Impact Carbone, Mes Actions Concrètes
ML-UP	*Machine Learning* pour une planification urbaine bas carbone
MR-IOA	Analyse Multirégionale *Input-Output*
MTEER	Ministère de la Transition énergétique et des Énergies renouvelables
N_2O	Protoxyde d'azote
NAOO	Agence Américaine chargée de l'Observation de l'Atmosphère et des Océans
Nbe.	Nombre
NCEI	*National Center for Environmental Information*
NF_3	Trifluorure d'azote
NHS	Service de Santé Nationale
O_3	Ozone
OMM	Organisation Météorologique Mondiale

OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONM	Office National de la Météorologie d'Alger
ONU	Organisation des Nations Unies
ORSEC	Plans d'Organisation des Secours
PADD	Plan d'Action en Développement Durable
PAEE	Plan d'Aménagement, d'Embellissement et d'Extension
PAG	Plan d'Aménagement Général
PCAET	Plan Climat Air Énergie Territorial
PCM	Programme de recherche Climatologique Mondial
PDAU	Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
pers.	Personne
PFC	Hydrocarbures Perfluorés
PGES	Plan de Gaz à Effet de Serre
PH	Potentiel d'Hydrogène
P-IOA	*Physical Input-Output Analysis*
PIUP	Procédés Industriels et Utilisation des Produits
PLUi	Plan Local d'Urbanisme intercommunal
PNC	Plan national Climat
PNDA	Plan National de Développement Agricole
PNDAR	Programme National de Développement Agricole et Rural
PNME	Programme National de Maîtrise de l'Énergie
PNR	Programme National de Reboisement
PNR	Programmes Nationaux de Recherche
PNUE	Programme des nations unies pour l'environnement
POG	Plan d'Orientation Générale
POS	Plans d'Occupation des Sols
PPC	Protection du Climat
PRCM	Plan de Réduction du Carbone des Ménages
PRG	Potentiel de Réchauffement Global
PUD	Plan d'Urbanisme Directeur
RBA1	Premier Rapport Biennal Actualisé
RCP	*Representative Concentration Pathway*
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RPC	Conseil d'État Chinois
SAGA	*System for AutomatedGeoscientific Analyses*
SCN	Seconde communication nationale
SCoT	Schéma de Cohérence Territoriale
SDAAM	Schéma Directeur d'Aménagement de l'Aire Métropolitaine d'Alger
SDRD	Stratégie de Développement Rural Durable
SEAAL	Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger
SEI	*Stockholm Environment Institute*
SETAC	Société de Toxicologie et de Chimie Environnementale
SF_6	Hexafluorure de soufre
SNCT	Société Nationale de Contrôle Technique
SNPGRI	Stratégie Nationale de Prévention et de Gestion du Risque d'Inondation
SPOLD	*Society for the Promotion of Life Cycle Development*
SPSS	*Statistical Package for the Social Sciences*
TCN	Troisième Communication Nationale
TER	Transport Express Régional
TGV	Train à Grande Vitesse
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
URA	Autorité de Réaménagement Urbain

USD	Dollar des États-Unis
USGS	*Earth Explorer de l'United States Geological Survey*
UVED	Université Virtuelle Environnement et Développement Durable
VUDD	Ville Urbanisme et Développement Durable
WoS	*Web of Science*
WRI	*World Resources Institute*
WWF	*World WildlifeFund*
ZAC	Zones d'Aménagement Concerté
ZAD	Zones d'Aménagement Différé
ZHUN	Zones d'Habitat Urbain Nouveau
ZUP	Zones à Urbaniser par Priorité

Unités de Mesure

°C	Degré Celsius
cts/l.	Centime par litre
°F	Fahrenheit
ha	Hectare
kg	Kilogramme
km	Kilomètre
km²	Kilomètre carré
kWh	Kilowatt
m	Mètre
m/s	Mètre par Seconde
mm	Millimètre
MtCO_2	Millions de tonnes en équivalent CO_2
MW/an	Mégawatt par an
ppmv	Partie par million en volume
t eq CO_2	Tonnes équivalent CO_2
W/m²	Watt par Mètre carré

RESUME

Le calcul du bilan carbone s'impose aujourd'hui comme une nécessité impérieuse dans un contexte global où les enjeux climatiques occupent une place centrale dans les préoccupations internationales. L'urgence de la situation mondiale incite les pays à quantifier précisément leurs émissions de gaz à effet de serre afin de mieux cibler les stratégies de réduction. L'Algérie, bien que considérée comme un pays à faible émissions, n'échappe pas à cette dynamique planétaire. En tant que signataire de l'Accord de Paris, elle s'est engagée à réduire ses émissions de gaz à effet de serre et à intégrer cette réduction dans ses politiques nationales, avec pour objectif une transition énergétique progressive et un renforcement de la résilience climatique. Toutefois, il est largement admis que la réalisation des objectifs globaux de réduction ne peut se concrétiser sans une mobilisation accrue à l'échelle locale. Cette approche décentralisée permet d'adapter les politiques climatiques aux spécificités locales et contextuelles. À cet égard, l'échelle domestique joue un rôle crucial, en raison de l'importance des émissions directes et indirectes liées aux modes de consommation, aux pratiques énergétiques et aux habitudes de mobilité des ménages.

Dans ce cadre, il devient indispensable d'outiller les acteurs locaux, notamment les collectivités locales, afin de mesurer, analyser et réduire les émissions domestiques. La présente thèse s'inscrit dans cette perspective en se concentrant sur l'estimation du bilan carbone des ménages, l'identification des principales sources de ces émissions et la proposition d'une batterie d'actions concrètes de réduction, ciblant ces sources. El Harrach a été retenue comme cas d'étude, en raison de sa dynamique urbaine, de son potentiel de développement, ainsi que de sa vulnérabilité au réchauffement climatique. L'outil choisi pour quantification du bilan carbone des ménages à El Harrach est le calculateur en ligne "*Carbon Footprint Calculator"*, réputé par sa méthode hybride alliant l'analyse des flux et l'analyse du cycle de vie. Ce calculateur se distingue par sa couverture globale, prenant en compte tous les pays du monde.

Les résultats obtenus révèlent des disparités notables des émissions de carbone des ménages, largement influencées par leur profil socio-économique. Les principales sources d'émissions identifiées sont la consommation d'énergie domestique, la forte dépendance à la voiture individuelle pour les déplacements, ainsi que les comportements de consommation de biens et de services. Cette recherche mis en exergue l'importance d'agir sur ces sources d'émissions en proposant des actions ciblées et concrètes de réduction. L'intégration de ces actions dans le processus de la planification urbaine locale reconstitue un levier stratégique pour renforcer la résilience climatique et contribuer aux objectifs globaux de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Mots clés : Bilan carbone, ménage, réchauffement climatique, gaz à effet de serre, planification urbaine locale, El Harrach.

ABSTRACT

The assessment of the carbon balance has become an imperative necessity in today's global context, where climate challenges are central to international concerns. The imperative nature of the global situation necessitates nations to precisely quantify their greenhouse gas emissions to enhance their reduction strategies. Nevertheless, Algeria, although a country with low emissions, has not been spared this global dynamic. As a signatory to the Paris Agreement, It has committed to reducing its greenhouse gas emissions and integrating this reduction into its national policies, for the realization of an orderly transition toward efficient energy and enhanced resilience against climate change.

Nonetheless, it is widely acknowledged that achieving global reduction objectives cannot be accomplished without heightened mobilization at the local level. This approach allows climate policies to be adapted to local and contextual specificities, due to the significance of both direct and indirect emissions linked to consumption patterns, energy practices, and household mobility habits.

In this context, it is essential to equip local actors, particularly local authorities, with the tools they need to measure, analyze, and reduce domestic emissions. This thesis aligns with that perspective by focusing on the estimation of household carbon balance, identifying the primary sources of these emissions, and proposing a range of concrete reduction measures aimed at these sources. El Harrach was chosen as the case study because of its urban dynamics, development potential, and vulnerability to climate change. For the quantification of household carbon emissions in El Harrach, we used the online calculator Carbon Footprint, which is known for its hybrid method of combining input-output analysis and life cycle analysis. This calculator stands out for its global coverage, which covers all countries worldwide.

The findings obtained reveal significant disparities in household carbon emissions, which are largely influenced by socio-economic characteristics. The main sources of emissions identified are domestic energy consumption, a heavy dependence on private vehicles for transportation, and consumption behaviors related to goods and services. This study highlights the importance of addressing these emission sources by proposing targeted and concrete reduction actions. The integration of these actions into the local urban planning process is a strategic lever for strengthening climate resilience and contributing to the global goals of reducing greenhouse gas emissions.

Keywords: Carbon balance, household, global warming, greenhouse gases, local urban planning, El Harrach.

ملخص

في ظل تصاعد الإهتمام الدولي بالتغيرات المناخية، أضحى من الضروري على كافة الدول حساب توازن الكربون بدقة وتحديد مستوى إنبعاثات الغازات الدفيئة. و ذلك بهدف صياغة إستراتيجيات للحد منها. على الرغم من أن الجزائر تصنف ضمن الدول ذات الإنبعاثات المنخفضة، إلا أنها ليست بمنأى من الإلتزامات العالمية. بإعتبارها طرفا موقعا على إتفاق باريس، فقد إلتزمت بخفض إنبعاثاتها من الغازات الدفيئة ودمج هذا الهدف ضمن سياساتها الوطنية، سعيا للإنتقال التدريجي نحو الطاقات المتجددة وتعزيز مرونتها في مواجهة التغيرات المناخية. ومع ذلك، يُتفق على أن تحقيق الأهداف العالمية للحد من إنبعاثات الغازات الدفيئة يستدعي تعبئة القدرات على المستوى المحلي، بما يتيح تكييف السياسات المناخية مع الخصائص المحلية. في هذا السياق، يلعب المستوى الأسري دورًا محوريا، نظرًا لأهمية الإنبعاثات المباشرة وغير المباشرة المرتبطة بأنماط الإستهلاك، لاسيما إستهلاك الطاقة، وعادات التنقل لدى الأفراد و الأسر.

في هذا الإطار، يتعين تزويد السلطات المحلية، بالأدوات اللازمة لقياس، تحليل وتقليل الإنبعاثات الكربونية المنزلية. تركز هذه الأطروحة على حساب توازن الكربون على المستوى الأسري و تحديد المصادر الرئيسية لهذه الإنبعاثات، مع إقتراح مجموعة من الإجراءات العملية الهادفة إلى خفضها من المصدر. وقد تم إختيار منطقة الحراش كدراسة الحالة نظرًا لديناميكيتها الحضرية وإمكاناتها التنموية، فضلا عن هشاشتها تجاه التغيرات المناخية. إستخدمت في هذه الدراسة حاسبة البصمة الكربونية عبر الإنترنت "Carbon Footprint Calculator" لقياس إنبعاثات الكربون المنزلية في الحراش. هذه الحاسبة تشتهربمنهجيتها الهجينة التي تجمع بين تحليل المدخلات - المخرجات وتحليل دورة الحياة، كما تتميز بتغطيتها الشاملة لجميع دول العالم.

تظهرالنتائج المستخلصة وجود تفاوتات ملحوظة في إنبعاثات الكربون بين الأسر، حيث تتأثر بشكل كبير بمهنة رب الأسرة. كما تم تعيين المصادرالرئيسية لهذه الإنبعاثات، والتي تشمل إستهلاك الطاقة المنزلية والإعتماد الكبيرعلى السيارات الفردية للتنقل، إلى جانب سلوكيات الإستهلاك المتعلقة بالسلع والخدمات. تؤكد هذه الدراسة على أهمية معالجة مصادرالإنبعاثات من خلال إقتراح إجراءات تسعى إلى التقليل منها. كما يعد دمج هذه الإجراءات ضمن عملية التخطيط الحضري المحلي رافعة إستراتيجية لتعزيز المرونة المناخية والمساهمة في تحقيق الأهداف العالمية للحد من إنبعاثات الغازات الدفيئة.

الكلمات المفتاحية: توازن الكربون، الأسرة، الإحتباس الحراري، الغازات الدفيئة، التخطيط الحضري المحلي، الحراش

.

CHAPITRE I

INTRODUCTION

1.1 Contexte et intérêt de la recherche

Le dérèglement climatique est désormais reconnu comme le plus grand défi environnemental auquel le monde est confronté. Des preuves scientifiques confirment que la concentration actuelle de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère est suffisante pour induire une accélération du réchauffement, précurseur d'une augmentation des aléas climatiques, voire d'un basculement d'un ou plusieurs éléments du système climatique. Cette concentration est loin de se stabiliser. Elle augmente à un rythme sans cesse accru, présageant des conséquences funestes du réchauffement climatique.

Dans son cinquième rapport de synthèse, paru en 2014, le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) a montré que le réchauffement du système climatique est incontestable. L'analyse des enregistrements climatiques révèle que chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude que toutes les décennies précédentes depuis 1850. De plus, la période 1983-2012 est très probablement la plus chaude des 30 dernières années dans l'hémisphère Nord depuis au moins 1 400 ans. L'évolution linéaire des températures moyennes mondiales, intégrant les surfaces terrestres et océaniques, met en évidence une augmentation de +0,85 °C entre 1880 et 2012, illustrant ainsi l'ampleur du réchauffement global (GIEC, 2014).

De sa part, l'Agence Américaine chargée de l'Observation de l'Atmosphère et des Océans aux États-Unis (NAOO) a déclaré en 2016 que les températures ont battu tous les anciens records durant l'année 2015 et la première moitié de l'année 2016 ; avec une anomalie de température moyenne mondiale qui a atteint respectivement + 0,9 °C et + 1,3 °C par rapport à la moyenne du XXe siècle (NOAA, 2016).

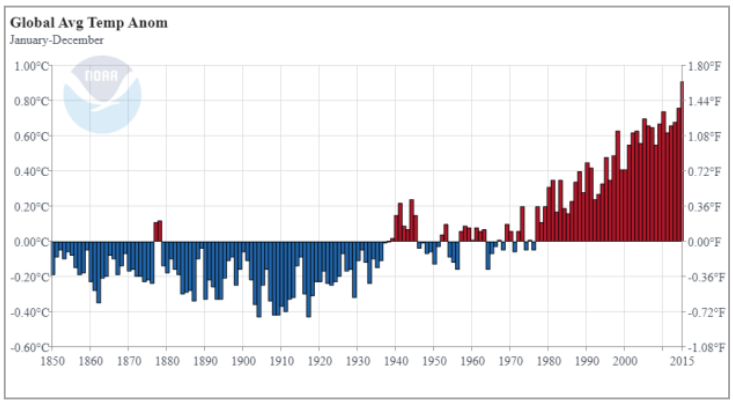


Figure 1.1 Evolution de la température moyenne à la surface du globe de la période 1850-2015. **Source :** NAOO, 2016**.**

Plusieurs recherches scientifiques menées confirment que ce réchauffement est en majeure partie la conséquence des émissions de GES émanant des activités humaines, en particulier les changements d'utilisation des sols et la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz).

> *« Les éléments suggérant une influence humaine sur le système climatique sont devenu plus probants. Il est extrêmement probable que plus de la moitié de l'augmentation observée de la température moyenne à la surface du globe entre 1951 est 2010 est due à l'augmentation des concentrations des gaz à effet de serre d'origine anthropique et à d'autres forçages anthropiques conjuguées »* (GIEC, 2014).

Selon la même source, ces émissions de GES sont appelées à se maintenir et à s'intensifier en corrélation avec la dynamique de croissance démographique et l'essor des activités économiques à l'échelle mondiale. En effet, durant les périodes glaciaires, les niveaux du principal gaz à effet de serre (CO_2) étaient environ 200 parties par million (ppm), et pendant les périodes interglaciaires plus chaudes, Ils ont oscillé autour de 280 ppm pour atteindre en 2015 un niveau de400 ppm (NASA Global Climate Change, 2016).

Figure 1.2 Le niveau de CO_2 à l'échelle du globe en 2015.
Source : NASA Global Climate Change, 2016.

D'autre part, d'après les scénarios de références établis, selon lesquels aucun effort d'atténuation supplémentaire n'est déployé, l'augmentation des émissions de GES pourrait entraîner, d'ici 2100, une élévation de la température moyenne globale estimée entre 3,7 et 4,8 °C par rapport à la moyenne de référence de la période 1850-1900. (GIEC, 2014).

En outre, les grands climatologues mondiaux considèrent qu'une augmentation de 2°C par rapport à la température de la période préindustrielle est le seuil au-delà duquel le risque d'assister à des changements climatiques dangereuses, voire catastrophiques est beaucoup plus élevé (Commission européenne, s.d). Pour conserver la chance de rester

sous ce seuil de danger, les émissions mondiales de GES devraient être réduites de 40 à 70% d'ici 2050 par rapport à 2010 (Montserrat, 2015).

Les enjeux de ces perturbations climatiques sont **particulièrement liés au développement des villes** (Betsill and Bulkeley, 2007 ; Bulkeley, 2010; AFD, 2015; Berezowska-Azzag, 2016) qui sont responsables de plus de 60% à 80% des émissions de GES et pourraient porter jusqu'à 80% des coûts d'adaptation au climat (IEA, 2008; Banque Mondiale, 2016). Selon l'Organisation des Nations Unies (ONU), Ces chiffres continuent à augmenter au rythme de la croissance urbaine qui pourrait atteindre 70 % en 2050 (ONU-Habitat, 2011).

En effet, l'augmentation accélérée de la population urbaine et le développement des activités économiques sont responsables d'une forte consommation d'énergie et d'autres ressources naturelles telles que : eau, matière première, sol, etc., ainsi que d'importants rejets: liquides, solides et gazeux, qui agissent sur l'environnement et modifient le climat (Berezowska-Azzag, 2016).

En même temps, les villes subissent les conséquences de ces modifications. Elles sont très vulnérables aux changements climatiques. Des centaines de millions de personnes dans les zones urbaines à travers le monde seront touchées par : la montée du niveau de la mer, les fortes précipitations, les inondations intérieures, la sécheresse, les vagues de chaleur (ONU-Habitat, 2011). Les menaces et risques liés à ces perturbations climatiques concernent particulièrement : la qualité de vie, la santé publique, les infrastructures urbaines, les systèmes urbains dans leur ensemble et globalement l'attractivité des villes. Ils pèsent sur les pays développés comme sur les pays en développement (GRET, CIRED et IAU, 2014).

Devant l'ampleur des effets du changement climatique et en raison de son caractère planétaire, 195 pays sont engagés en Décembre 2015, lors de la 21èmeConférence des parties (COP21) à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) menée à Paris, à réduire les émissions mondiales de GES de 40 à 70%, à contenir l'élévation de la température moyenne de la planète en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et de poursuivre l'effort pour la limiter à 1,5 °C, à l'horizon 2050 (Nations Unies, 2015).

Cependant, malgré la multiplication des sommets, symposiums et conférences internationaux ainsi que la sensibilisation sur les changements climatiques et leurs impacts qui sont aujourd'hui inéluctables, la température moyenne globale à la surface de la Terre poursuit son augmentation, atteignant +1,29 °C en 2024 par rapport à la période préindustrielle. Parallèlement, les concentrations de GES continent sur une hausse incessante, s'élevant à 426 ppm en juillet 2024 (NASA Global Climate Change, 2024).

Sur la base des estimations de la quantité de CO_2 que nous pouvons émettre afin de garder l'élévation de la température moyenne mondiale en dessous de 1,5, 2 ou 3 °C par rapport à la moyenne de la période préindustrielle, présentées dans le cinquième rapport du GIEC, Carbon Brief[1] a calculé combien d'années d'émission actuelles pourraient rester pour souffler le budget carbone[2]. Il a indiqué en 2016 que pour seulement cinq années d'émission de CO_2 au niveau actuel serraient suffisantes pour utiliser le budget carbone et avoir une probabilité de 66% de maintenir la hausse des températures en dessous de 1,5 °C (Carbon brief, 2016). Cette analyse a été actualisée en 2022 à l'aide de la combinaison des dernières informations du GIEC avec les données du GCP[3] (Global Carbon Project). Les résultats obtenus ont montré que le budget carbone s'épuiserait dans environ six ans et demi pour une probabilité de 50% de rester sous ce seuil critique (Carbon brief, 2022).

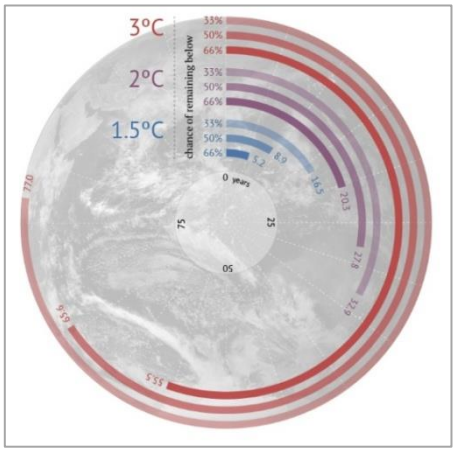


Figure 1.3 Années d'émissions restantes pour les différents budgets carbone attribués par le GIEC en 2014 à des niveaux de réchauffement de +1,5°C, +2°C et +3°C.
Source : Carbon brief, 2016.

[1] Carbon Brief est un site, basé au Royaume-Uni, portant sur les derniers développements dans la science du climat, la politique climatique et la politique énergétique.

[2] Un budget carbone est la quantité maximale de carbone qui peut être libéré dans l'atmosphère tout en gardant une chance raisonnable de rester en dessous d'une élévation de température donnée. Le GIEC a adopté le concept des budgets carbone dans son rapport 2013. Les budgets sont généralement exprimés en gigatonnes de carbone (GtC) ou du dioxyde de carbone ($GtCO_2$). Pour convertir la première à la seconde, il faut multiplier par 3,67.

[3]Global Carbon Project est un projet de recherche mondial, initié en 2001, visant la réalisation des bilans mondiaux pour les trois GES dominants (dioxyde de carbone, méthane et protoxyde d'azote) et des efforts complémentaires sur les émissions urbaines, régionales, cumulatives et négatives.

Devant ces chiffres alarmants et afin d'atteindre les objectifs fixés dans l'Accord de Paris, pour anticiper au mieux les coûts potentiellement considérables des impacts du futur changement climatique, les villes représentent l'échelle à laquelle les objectifs globaux peuvent être déclinés et les milieux de la mise en œuvre des innovations et solutions techniques. Elles disposent l'ensemble de leviers qu'elles sont les seules à mobiliser (Cercutti-Etahiri et *al*., 2014).

En fait, l'urbanisation et les pratiques d'aménagement des territoires urbains façonnent la forme de nos milieux de vie et leur organisation, déterminent une bonne partie de la consommation énergétique des villes et influencent, par conséquent, de nombreux facteurs d'émission de GES, en particulier : Densification, transports urbains, bâtiments, industrie, etc. (Vivre en Ville, 2015).

De ce fait, il est désormais impératif **que les pays agissent à l'échelle de leurs villes**, comprennent la forme et le contenu de leur urbanisation, afin de pouvoir réduire leur empreinte carbone et de les rendre des milieux plus durables et plus résistants aux menaces climatiques. **Une nouvelle politique d'urbanisation pourrait avoir un impact majeur sur les quantités de GES émises dans les zones urbaines** et donc sur le réchauffement de la planète, tout en offrant des nouvelles opportunités économiques et sociales à la population (ONU-Habitat, 2011 ; ONU-Habitat, 2015a ; ONU-Habitat, 2015b).

1.2 Problématique de la recherche

L'Algérie prend une part active dans les négociations internationales sur la lutte contre les changements climatiques et la réduction des émissions de GES. Elle soutient le processus engagé suite à l'Accord de Paris, avec l'objectif de limiter la température moyenne mondiale en dessous de 2°C par rapport à l'ère préindustrielle et d'éviter ainsi les dommages irréversibles du dérèglement climatique.

En effet, Malgré sa contribution très limitée aux émissions mondiales de GES, qui représentait 0,41% de l'émission mondiale en 2014 (classée au 33^{e} rang), soit une quantité de 147 $MtCO_2$ et de 3,8 tonnes de CO_2 par personne et par an (Global Carbon Project, 2015), l'Algérie se trouve dans une situation paradoxale. C'est le pays ayant eu le moins d'incidences sur l'augmentation de GES, mais il a une double vulnérabilité aux effets adverses des changements climatiques, vu sa situation géographique, qui pourraient compromettre à terme la trajectoire de son développement économique et social, ainsi sa forte dépendance aux hydrocarbures dans son développement (CPDN, 2015).

Pour faire face à ces enjeux, l'Algérie doit respecter les engagements internationaux sur la réduction de GES tout en poursuivant sa croissance économique et emprunter la voie d'un développement à faible émission de GES. Autrement dit, la lutte contre les changements climatiques va donner à l'Algérie l'occasion d'adopter un mode de **développement résistant** aux bouleversements climatiques et à faible émission de GES. Ce développement favorise, entre autres, les technologies énergétiques propres et à faible consommation d'énergie, ainsi que la gestion durable des ressources naturelles (foncier, terres cultivables, eau, forêt). Comme il pourrait réduire l'exposition des populations vulnérables aux effets néfastes du futur climat, tout en contribuant à minimiser les émissions de GES à l'échelle mondiale (BAD, 2012).

De ce fait, l'Algérie s'est engagée à l'échelle mondiale de réduire ses émissions de GES de 9 à 7% d'ici 2030, par rapport à un scénario de référence (Business As Usual-BAU) en s'appuyant exclusivement sur ses ressources et capacités nationales, tout en prenant en compte la conjoncture financière et économique qu'elle traverse actuellement en raison de la baisse considérable des prix des hydrocarbures. Cette réduction pourrait être portée à 22 % sous réserve d'un appui international, notamment en matière de financement, de transfert de technologies et de renforcement des capacités. (CPDN, 2015).

Pour atteindre ces objectifs fixés, l'Algérie met en œuvre une **stratégie intégrée** et **cohérente** sur la période 2020-2030, ciblant en priorité les secteurs de l'énergie, de l'industrie, des transports, de l'agriculture et des forêts, ainsi que ceux du bâtiment et de l'environnement. Cette stratégie intègre également d'autres secteurs essentiels, afin de garantir une transition vers un développement durable. L'Algérie a adopté alors à son niveau national une série de mesures, stratégies et des plans d'actions afin de favoriser la transition énergétique et d'atténuer les émissions de GES. Ces initiatives sont principalement axées sur les secteurs de l'énergie, des forêts, de l'habitat, des transports, de l'industrie et des déchets (PNUD, 2023).

En Février 2015, le Conseil des Ministres a approuvé l'actualisation du Programme National de Développement des Énergies Renouvelables et d'Efficacité Énergétique, établi en 2011 et revu par la suite en 2019, qui va permettre à l'Algérie d'intégrer une capacité de 15 000 méga watts dans son mix énergétique à l'horizon 2035 (CPDN, 2015; PNUD, 2023).

En fait, ce programme vise à (CPDN, 2015) :

- Réduire 9% la consommation globale d'énergie à l'horizon 2030. Cet objectif sera mis en œuvre à travers les actions suivantes :
  - L'isolation thermique d'un vaste programme de logement;
  - La conversion au GPL d'un million de véhicules particuliers et de plus de 20 000 autobus;
  - Le déploiement à plus grande échelle du photovoltaïque[4] et de l'éolien, à accompagner, à moyen termes, de la production de l'énergie à partir du solaire thermique ainsi que l'intégration de la cogénération, de la biomasse et de la géothermie[5];
  - Atteindre une part de renouvelables de près de 27% dans le bilan national de production d'électricité.
- Gérer les déchets solides ménagers pour la réduction du méthane (CH_4).
- Accélérer et intensifier le Plan National de Reboisement avec un objectif global de reboiser 1,245 millions ha pour la séquestration du carbone.

En plus de ces stratégies, l'Algérie a mis l'accent sur sa participation depuis plusieurs décennies à l'atténuation de GES par la prépondérance du gaz naturel dans son mix énergétique (CPDN, 2015). Par ailleurs, des programmes de formations et d'accompagnement sont instaurés, depuis 2019 par la CITEPA en collaboration avec l'ANCC, pour la mise en œuvre du système national d'inventaire d'émissions de GES (CITEPA, 2019).

En revanche, malgré l'importance de ces mesures qui restent toujours globalistes, **il serait préférable d'agir à l'échelle des villes, d'adopter des politiques urbaines locales qui vont permettre de repérer les sources d'émission urbaine de GES et de déterminer les mesures qui pourraient résoudre plus profondément le problème**.

En effet, en raison de la forte concentration de la population et leurs activités dans les zones urbaines, ces dernières sont devenues responsables d'une **grande partie** au réchauffement climatique (GIEC, 2014 ; IPCC, 2023). Les pouvoirs locaux ont alors un rôle considérable à jouer, comme relais de la politique nationale ou internationale, mais surtout comme acteur clef qui maîtrise le développement urbain du territoire.

[4] Estimé à plus de 5 milliards de GWh/an, avec un ensoleillement annuel moyen de 2 500 h à l'échelle du pays, voire 3 600 h dans certaines zones.

[5] Dixième plus grand pays au monde grâce à la nappe albienne qui s'étale sur plus de 700 000 km².

De ce fait, les villes algériennes, particulièrement les plus dynamiques, doivent **se mobiliser localement** afin de soutenir l'effort national pour la lutte contre les changements climatiques et la réduction des émissions de GES. Ces villes devront prendre des **mesures concrètes**, inscrites dans les **modèles économiques durables** et **efficaces**, et évaluer leurs bilans carbone pour mieux y faire face.

Par ailleurs, Alger, qui est le plus grand bassin d'accueil et de concentration de la population et des activités économiques de développement, est la ville côtière **la plus sévèrement exposée** aux aléas climatiques et la recrudescence des évènements extrêmes tel que: les inondations, la montée du niveau de la mer, l'érosion et la submersion du littoral, les vagues de chaleur, etc. (Boucherf, 2004 ; Egis eau, IAU et brgm, 2013).

Alger se trouve alors **très vulnérables**, elle ne semble pas tout en mesure de maîtriser les conséquences à court et à long termes. Le degré de sa vulnérabilité varie, au fait, selon les communes et le type des pressions anthropiques exercées sur le territoire de chacune.

Dans le cadre de notre recherche de Magister, nous avons identifié le degré de vulnérabilité thermique local au réchauffement climatique des 57 communes de la Wilaya d'Alger, à l'aide d'un diagnostic établi sur la base de l'analyse multicritère AMC, et d'un système de critères englobant les paramètres climatiques et les facteurs déclenchant le réchauffement local. Les résultats de ce diagnostic nous ont permis d'avancer que le périmètre intercommunal couvrant les communes de: Bab Ezzouar, El Harrach, Oued Smar **est le plus vulnérable aux questions climatiques; prioritaire à une intervention urgente**. En plus des pratiques d'aménagement de l'espace inadaptées au climat et les conditions climatiques défavorables de ces communes, les activités anthropiques particulièrement l'industrie; le transport; le résidentiel et les commerces émetteurs de GES et productrices de la chaleur, sont les facteurs les plus responsables de cette situation (Bouattou, 2016; Bouattou et Berezowska-Azzag, 2017).

En addition, El Harrach se distingue par des conditions particulières en matière d'insalubrité (LESPES, 1933 cité par Aroua, 2012), de forte présence de polluants chimiques avec des niveaux dépassant 400 fois les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (YOSHIDA et *al*., 2005), ainsi que de la vulnérabilité accrue aux risques naturels et technologiques (CE. 2004-2007, cité par Aroua, 2012). Par ailleurs, El Harrach a connu une expansion urbaine excessive sur des terrains agricoles protégés, en réponse à

une croissance démographique élevée générant une forte demande de logements (Bakour, 2006 ; Aroua, 2012).

Bénéficiant d'un emplacement géographique stratégique, à proximité de centres administratifs, commerciaux, industriels et éducatifs, et se trouvant au carrefour d'un important réseau routier et ferroviaire, plusieurs projets d'envergure sont prévus pour El Harrach, dans le cadre du plan stratégique d'Alger à l'horizon 2035, notamment le pôle de régénération urbaine El Harrach/Baraki, les pôles de compétitivité Baraki, El Harrach, Bab Ezzouar et Sidi Abdellah, ainsi que le parc urbain d'El Harrach (Parque Expo, 2011; Vies de Villes, 2012).

La mise en service de ces projets structurants pourrait entraîner à terme une augmentation significative de la pression démographique, ainsi qu'une intensification des besoins énergétiques et des émissions urbaines de carbone (Berzowska-Azzag et *al*., 2015). Cela exacerberait la vulnérabilité climatique d'El Harrach et compromettrait la qualité de son environnement ainsi que le bien-être de ses habitants.

Face à cette dynamique de développement, El Harrach est confrontée à des enjeux environnementaux critiques, en particulier la réduction des émissions de GES et le renforcement de sa résilience climatique. Par ailleurs selon Hinnells (2008), les ménages se distinguent en tant que consommateurs d'énergie importants, responsables d'environ 30 à 40 % des émissions globales de GES et de 17 % des émissions mondiales de dioxyde de carbone (CO_2) (Nejat et *al*., 2015). Ils jouent un **rôle central** dans l'atténuation des changements climatiques, tant à l'échelle locale que nationale et mondiale, à travers la mise en œuvre de mesures efficaces (Gifford, 2008; Stern, 2011; Zhang et Wang, 2017; Zhang et *al*., 2023; Li, 2024; Du et *al*., 2024). Leur engagement dans la réduction des émissions de GES devient donc essentiel pour répondre à la situation environnementale critique d'El Harrach.

Compte tenu de cette situation**, la quantification du bilan carbone des ménages à El Harrach, ainsi que l'identification des pistes d'actions stratégiques à entreprendre, constituent des tâches indispensables et incontournables**. Ces démarches visent à orienter les efforts vers une transition énergétique plus durable, à promouvoir une croissance urbaine à faible impact climatique, à optimiser l'intégration des nouveaux pôles de régénération et de compétitivité, et à soutenir efficacement le programme national ambitieux de réduction des GES.

Delà, nous posons les interrogations suivantes :

- **Quelles sont les principales sources d'émissions de carbone liées aux activités des ménages à El Harrach ?**
- **Quels sont les principaux facteurs influençant ses émissions ?**
- **Comment peut-on identifier et prioriser les actions à mettre en œuvre par les ménages afin de réduire leurs émissions de carbone ?**

1.3 Hypothèses de la recherche

Pour répondre aux questions énoncées, la présente recherche porte sur les hypothèses suivantes :

Hypothèse 01 : La consommation d'énergie domestique, les déplacements individuels motorisés et la consommation des biens et services constituent les principales sources d'émissions de carbone attribuables aux ménages à El Harrach.

Hypothèse 02 : Les facteurs socio-économiques, notamment la profession des ménages, sont les déterminants majeurs influençant les émissions de carbone générées par les ménages à El Harrach

Hypothèse 03 : L'élaboration d'un plan d'action visant la réduction des émissions de carbone des ménages pourrait être l'outil stratégique de priorisation des pistes d'actions, de maîtrise de la planification urbaine locale et d'aide à la décision.

1.4 Objectifs de la recherche

Cette recherche vise principalement à :

- Estimer le bilan carbone des ménages à El Harrach et identifier les leviers d'actions de réduction possibles.
- Développer des outils, applicables dans le processus de planification urbaine locale, afin de guider la mise en œuvre des actions de réduction ciblées et l'amélioration de leur efficacité.

1.5 Démarche méthodologique de la recherche

Cette recherche se focalise sur les émissions de carbone des ménages à El Harrach, caractérisée par une dynamique socio-économique et une vulnérabilité face aux changements climatiques. Son objectif principal est de quantifier ces émissions, d'identifier

leurs sources et de proposer des pistes d'action concrètes pour leur réduction, tout en les intégrant de manière cohérente dans la planification urbaine locale pour promouvoir un développement durable. Cette recherche s'inscrit ainsi dans une démarche de recherche appliquée, à la fois descriptive, explicative et exploratoire.

L'approche méthodologique adoptée repose sur deux **approches complémentaires** : une **approche théorique** et une **approche empirique** (Figure 1.4). L'**approche théorique** se fonde sur une **revue de la littérature**, combinée à une **analyse des expériences internationales**. Cette revue permettra de formuler un cadre conceptuel solide en explorant les mécanismes qui sous-tendent les émissions de GES dans les milieux urbains. Il s'agira notamment de comprendre les facteurs déterminants ces émissions, d'identifier les leviers d'action possibles et de répertorier les différentes méthodes de calcul des émissions de carbone, notamment à l'échelle domestique. En parallèle, une **analyse critique** des outils de comptabilisation des émissions sera menée, en fonction de leur applicabilité au contexte algérien et de leur capacité à couvrir le spectre des catégories nécessaires pour estimer les émissions à l'échelle des ménages. Cette analyse conduira ainsi à la sélection d'un outil adapté pour l'estimation des émissions à El Harrach.

L'approche empirique de cette recherche s'articule autour de l'**application de l'outil** choisi sur un échantillon représentatif des ménages. Le processus d'échantillonnage sera structuré par l'identification des îlots morphologiques urbains par le **référentiel géographique IMU**, et leur classification en zones climatiques locales selon **le système de classification *Local Climate Zones* (LCZ)** de Stewart et Oke qui repose principalement sur une analyse typo-morphologique. Cette classification permet de catégoriser de manière plus homogène les caractéristiques climatiques et urbaines, facilitant ainsi la sélection d'échantillons représentatifs et pertinents pour notre étude. Elle permet également de cartographier les zones climatiques locales à El Harrach, en utilisant principalement des images satellitaires et le logiciel d'information géographique ArcGIS. Par la suite, un IMU représentatif de chaque classe, en particulier celle à vocation résidentielle, est sélectionné pour l'étude. L'échantillon de ménages sera **exhaustif**, minimisant ainsi les biais de sélection et garantissant la robustesse statistique des résultats.

Les données seront collectées via une **enquête in-situ**, avec un **questionnaire** conçu pour recueillir des informations précises sur les habitudes de consommation des ménages durant l'année 2019. Ces informations seront ensuite intégrées dans l'outil d'évaluation

pour quantifier les émissions de carbone. Les résultats obtenus et les informations complémentaires collectées à travers l'enquête seront traités et analysés sur Excel. Ce processus permettra d'établir un bilan carbone détaillé des ménages, d'identifier les sources majeures d'émission, déterminer les facteurs que les influence et de formuler des recommandations des actions ciblées et concrètes pour leur réduction. Cela nous permet ainsi de vérifier nos première et deuxième hypothèse.

Sur la base des résultats obtenus, un **plan d'action sera proposé** pour réduire les émissions de carbone des ménages. Ce plan inclura les actions concrètes adaptées aux réalités locales. *In fine*, cette recherche mettra en lumière la nécessité d'intégrer ce plan d'action et la méthodologie de réduction des émissions de carbone dans le processus de la planification urbaine locale, en vue de promouvoir un développement urbain résilient et à faible impact climatique. En engageant les décideurs politiques à adopter des stratégies pertinentes, cette **approche stratégique** et **intégrée** visera à renforcer la résilience d'El Harrach face aux défis environnementaux et à favoriser la transition vers des modes de vie durables. Au cours de cette partie notre troisième hypothèse sera vérifiée.

1.6 Structuration de la thèse

La présente thèse se structure en deux parties et comprend onze chapitres. La première partie théorique est consacrée à la compréhension des mécanismes et enjeux liés aux émissions urbaines de GES, dans une perspective de quantification du bilan carbone ménage. Le premier chapitre constitue l’introduction générale de la thèse. Il présente le contexte scientifique et opérationnel de l’étude, explicite son intérêt, et formule la problématique en identifiant clairement les questions de recherche qui en découlent. Il propose également les hypothèses qui seront examinées au cours du travail. Ce chapitre définit les objectifs poursuivis, expose de manière détaillée la démarche méthodologique adoptée pour les atteindre. Il précise enfin la structure générale de la thèse.

Le deuxième chapitre expose le phénomène du réchauffement climatique et les gaz à effet de serre, en introduisant les concepts fondamentaux tels que la composition de l'atmosphère, le forçage radiatif, l'effet de serre et le cycle du carbone. Une attention particulière est accordée aux caractéristiques, à l'évolution et aux impacts climatiques des principaux gaz à effet de serre. Ce chapitre se termine par une revue des initiatives internationales visant à comprendre et combattre les enjeux climatiques, en abordant les dimensions scientifiques et politiques de ces initiatives.

Objectif de la recherche

Estimer le bilan carbone des ménages à El Harrach et identifier les leviers d'actions de réduction possibles, tout en les intégrant de manière harmonieuse dans la planification urbaine locale.

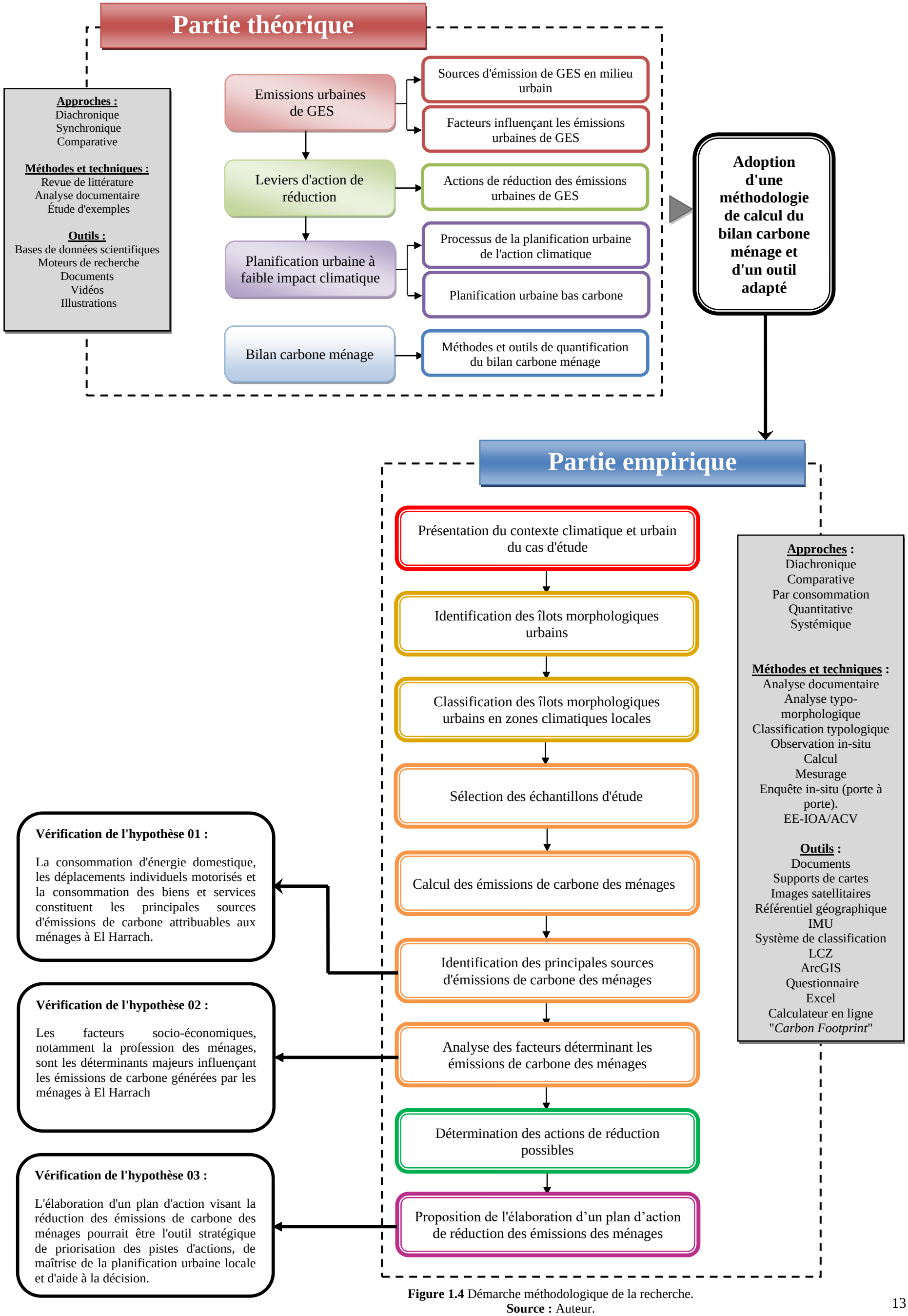


Figure 1.4 Démarche méthodologique de la recherche.
Source : Auteur.

Le troisième chapitre est centré sur les émissions urbaines de GES et les leviers d'action pour leur réduction. Il explore la contribution des zones urbaines au réchauffement climatique, ainsi que les répercussions de ce dernier sur ces milieux. Ce chapitre recense les sources d'émission de GES en les classant par secteur et par scope. Ainsi, ce chapitre expose une vue d'ensemble de l'ampleur des émissions de GES dans les zones urbaines et identifie les principaux facteurs influençant ces émissions. Il passe par ailleurs en revue les leviers d'action permettant leur réduction, tout en présentant des retours d'expériences internationales.

Le quatrième chapitre examine le rôle stratégique de la planification urbaine dans la réduction des émissions de GES. Après avoir introduit les concepts clés de la planification urbaine, Il explore comment celle-ci peut être orientée vers des actions climatiques efficaces. Le concept de la planification bas-carbone y est également abordé, en soulignant son importance dans les stratégies d'atténuation du réchauffement climatique. Enfin, ce chapitre met en lumière l'intégration de l'intelligence artificielle dans la planification urbaine bas-carbone, en démontrant ses contributions potentielles.

Le cinquième chapitre se focalise sur le bilan carbone ménage, en commençant par une présentation des fondements théoriques de cette notion, suivie d'un état de l'art des approches, méthodes et outils disponibles pour son calcul. Une analyse critique de ces outils est menée dans le but d'identifier celui le plus adapté à notre contexte d'étude. Ce chapitre s'enrichit également d'exemples internationaux illustrant l'utilisation des différents méthodes et outils de calcul.

La seconde partie empirique de cette recherche vise à estimer le bilan carbone des ménages à El Harrach, à identifier les principales sources d'émission et à définir les actions nécessaires pour leur réduction, tout en soulignant l'importance cruciale de la prise en charge de ces pistes dans la planification urbaine locale pour renforcer la résilience urbaine.

Le sixième chapitre présente le contexte climatique et urbain d'Alger, en mettant en exergue sa vulnérabilité face au réchauffement climatique. Il explore également les initiatives algériennes en matière d'adaptation et d'atténuation, ainsi que les programmes de formation et de recherche mis en place en réponse à ces défis. Enfin, il présente les actions prévues dans le cadre du plan national climat.

Le septième chapitre se concentre spécifiquement sur l'étude de cas d'El Harrach, en présentant son contexte climatique et urbain, tout en mettant en évidence ses vulnérabilités climatiques. Ce chapitre procède également à l'identification des îlots morphologiques urbains, qui sont par la suite classés en zones climatiques locales, afin de faciliter la sélection des échantillons représentatifs et pertinents pour la quantification des émissions de carbone.

Le huitième chapitre est dédié à l'estimation du bilan carbone des ménages pour les échantillons choisis, en utilisant l'outil de calcul retenu dans la partie théorique. Il expose d'abord la méthodologie adoptée pour ce calcul, puis d'écrit le processus de sélection des échantillons et de collecte des informations indispensables. Les bilans carbone ménage sont ensuite évalués, les principales sources d'émissions sont identifiées et des actions de réduction spécifiques, ciblant les sources d'émissions, sont proposées.

Le neuvième chapitre explore les modalités de l'intégration de ces actions de réduction dans le processus de la planification urbaine locale. Il s'attache d'abord sur la nécessité de quantifier l'impact GES des actions proposées afin de les hiérarchiser et les prioriser selon leur performance. Il propose ensuite la mise en place d'un plan de réduction des émissions de carbone des ménages, destiné à faciliter l'exécution de ces actions. Ce chapitre examine également la possibilité de prendre en charge ce plan dans le processus de la planification urbaine locale d'El Harrach, tout en s'appuyant sur des retours d'expériences issus du contexte étranger.

Enfin, la thèse s’achève par les chapitres X et XI. Le chapitre X présente la conclusion générale, dans laquelle sont synthétisées les principales contributions théoriques et méthodologiques de la recherche, évaluée la validité des hypothèses formulées, mises en évidence les avancées majeures de l’étude, identifiées ses limites et formulées des pistes de recherche futures. Le chapitre XI rassemble l’ensemble des références bibliographiques mobilisées au cours de ce travail.

Tableau 1.1 Structuration de la thèse.

<table>
<tr><td colspan="5">Chapitre I : Introduction</td></tr>
<tr><td>Contexte et intérêt de la recherche</td><td>Problématique de la recherche</td><td>Hypothèses de la recherche</td><td>Objectifs de la recherche</td><td>Méthodologie de la recherche</td></tr>
<tr><td colspan="5">Partie Théorique</td></tr>
<tr><td>Chapitre II
Réchauffement climatique et les gaz à effet de serre</td><td colspan="2">Chapitre III
Émissions urbaines des gaz à effet de serre et leviers d'action</td><td>Chapitre IV
Planification urbaine au service de la réduction des émissions urbaines de gaz à effet de serre</td><td>Chapitre V
Bilan carbone ménage</td></tr>
<tr><td>- Généralités sur l'atmosphère
- Forçage radiatif et effet de serre
- Gaz à effet de serre
- Évolution des concentrations des GES et variations climatiques
- Mobilisation internationale et politique climatique</td><td colspan="2">- Contribution des zones urbaines au réchauffement climatiques
- Impacts du réchauffement climatique sur les zones urbaines
- Sources d'émission de GES dans les zones urbaines
- Ampleur des émissions de GES urbaines
- Facteurs influençant les émissions urbaines de GES
- Réduction des émissions urbaines de GES</td><td>- Concepts de la planification urbaine
- Planification urbaine et l'action climatique
- Planification urbaine bas carbone
- Intelligence artificielle en faveur de la planification urbaine bas carbone</td><td>- Notion du bilan carbone
- Approches de calcul du bilan carbone ménage
- Méthodes et outils de réalisation du bilan carbone ménage
- Étapes de calcul du bilan carbone ménage
- Exemples de calcul du bilan carbone ménage</td></tr>
<tr><td colspan="5">Partie Empirique</td></tr>
<tr><td>Chapitre VI
Alger et le contexte de réchauffement</td><td>Chapitre VII
Application du référentiel Local Climate Zone à El Harrach</td><td>Chapitre VIII
Calcul du bilan carbone ménage à El Harrach</td><td colspan="2">Chapitre IX
Prise en charge des leviers de réduction bilan carbone ménage par la planification urbaine locale</td></tr>
<tr><td>- Contexte climatique de la ville d'Alger
- Vulnérabilité urbaine d'Alger au réchauffement climatique
- Initiatives de l'Algérie pour contrer le changement climatique
- Actions du Plan National Climat d'Algérie</td><td>- Présentation du contexte local de la recherche
- Identification des IMU à El Harrach
- Classification des IMU d'El Harrach en zones climatiques locales</td><td>- Méthodologie de calcul du bilan carbone des ménages
- Identification de l'échantillon d'étude et collecte des données
- Évaluation des émissions de carbone ménage à El Harrach
- Leviers d'action pour la réduction du bilan carbone ménage dans les échantillons d'étude d'El Harrach</td><td colspan="2">- Quantification de l'impact GES d'une action de réduction du bilan carbone ménage
- Plan d'action de réduction des émissions de carbone des ménages
- Intégration de la démarche de réduction des émissions de carbone des ménages dans le processus de planification urbaine locale</td></tr>
<tr><td colspan="5">Chapitre X : Conclusion et perspectives</td></tr>
<tr><td colspan="2">Retours théoriques et résultats obtenus</td><td colspan="2">Apports, limites et contraintes de la recherche</td><td>Perspectives de recherche ultérieures</td></tr>
<tr><td colspan="5">Chapitre XI : Bibliographie</td></tr>
</table>

Source : Auteur.

CHAPITRE II

RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE
ET LES GAZ A EFFET DE SERRE

Introduction

Ce chapitre vise à explorer l'atmosphère et à comprendre l'influence des perturbations anthropiques sur les cycles de carbone, tout en examinant la réponse internationale à cette crise. Nous établirons d'abord un rappel général sur l'atmosphère, ce voile protecteur qui enveloppe la Terre et permet l'existence de la vie. Nous explorerons sa structure, sa composition, ses différentes couches ainsi que les mécanismes contribuant à sa formation. La compréhension de ces éléments s'avère cruciale pour appréhender le rôle essentiel de l'atmosphère dans le maintien des conditions climatiques favorable à la vie sur Terre.

Par la suite, nous nous pencherons sur le concept de forçage radiatif et son influence dans le maintien de l'équilibre énergétique de la Terre. Nous aborderons ainsi l'effet de serre, mécanisme naturel indispensable à la vie sur notre planète, mais dont l'altération par les émissions anthropiques de GES entraîne des perturbations significatives du climat mondial.

Nous accorderons ensuite une attention particulière au cycle du carbone, processus clé dans la régulation du climat, et à sa perturbation induite par les activités humaines. Puis, nous mettrons l'accent sur l'évolution des concentrations atmosphériques des principaux GES et les variations climatiques qui en découlent. Enfin, nous passerons en revue les efforts internationaux et les politiques climatiques mises en place afin de lutter contre le réchauffement climatique et de réduire les émissions de GES.

2.1 Généralités sur l'atmosphère

2.1.1 Structure et composition de l'atmosphère

L'atmosphère est l'enveloppe gazeuse qui entoure la planète Terre. Elle est composée de 78% d'azote, 20,94% d'oxygène, de vapeur d'eau, de gaz carbonique, de gaz rares et de toute une série de composée en faible concentration sous forme de gaz ou particules. Elle mesure $5x10^{15}$ tonnes, 300 fois plus faible que celle des océans ($1,4x10^{18}$ tonnes) et un million de fois plus faible que la masse de la Terre ($6x10^{21}$ tonnes) (Fontan , 2003).

Les principaux gaz comme l'azote, l'oxygène et l'argon représentent en volume un pourcentage de 99,96% tandis que les autres gaz variables tel que: le méthane, monoxyde de carbone, l'ozone, etc. constituent en volume un pourcentage inférieur à 0,04%. Cependant, la faible concentration de ces gaz dans l'atmosphère ne signifie pas que leurs effets sont négligeables. Ils peuvent contribuer de façon significative au changement climatique en présence du rayonnement solaire (Tabet-Aoul, 2014a).

En effet, malgré le nombre important des gaz composant l'atmosphère, qui ne sont pas tous listé dans la théorie mais juste une partie, l'azote et l'oxygène sont les gaz les plus responsables des propriétés physiques de l'atmosphère. Le gaz carbonique et la vapeur d'eau (composants très variables qui n'ont pas fait figurer) jouent avec le rayonnement solaire un grand rôle dans l'équilibre biosphère et du climat de la Terre. Ainsi, il existe des gaz dans l'air atmosphérique à de très faibles concentrations, appelés "gaz à l'état de trace". Ces gaz sont instables en présence de l'oxygène. En outre, en fonction du développement socio-économique et démographique d'autres composants viendront s'ajouter à ceux qui existent, ils contribueront sans doute à l'évolution de l'atmosphère (Tabet-Aoul, 2014b).

Par ailleurs en plus de ces gaz, l'atmosphère contient également nombreuses particules solides et liquides connues sous le nom " aérosols", des gouttelettes d'eau et des cristaux de glace. Leur concentration varie dans l'espace et dans le temps (Tabet-Aoul, 2014a).

Tableau 2.1 Concentration des gaz constants et variables dans l'atmosphère exprimée en ppm.

	Gaz	Concentration en ppm	
Gaz constants	Azote	780900	
	Oxygène	209400	
	Argon	9300	
	Néon	18	
	Hélium	5,2	
	Krypton	1	
	Hydrogène	0,5	
	Oxyde nitreux	0,25	
	Xénon	0,08	
Gaz variables	**Gaz**	**Concentration naturelle en ppm**	**Concentration en zones polluées en ppm**
	Méthane	1,5	2,3-3,5
	Autres hydrocarbures	0,005	0,1 - 0,6
	Dioxyde d'azote	0,001	0,05 -0,8
	Ozone	0,015	0,05 - 0,8
	Dioxyde de soufre	0,002	0,05 - 0,7
	Monoxyde de carbone	0,1	2-100
	Ammoniac	0,01	/
	Sulfure d'hydrogène	0,001	/

Source : Tabet-Aoul, 2014a, traité par l'Auteur.

Les concentrations moyennes des gaz variables sont évaluées et exprimées par une valeur moyenne calculée sur une longue période dans les endroits éloignés des sources de

pollution (pollution de fond), tandis que les concentrations maximales sont des valeurs enregistrées dans des zones fortement polluées et surtout au cours des épisodes de forte pollution. Les zones polluées montrent des concentrations maximales qui peuvent être dix à cent fois supérieures aux concentrations moyennes (Tabet-Aoul, 2014b).

2.1.2 Formation et évolution de l'atmosphère

Avant l'apparition des premières manifestations de la vie, il y a 3,8 milliards d'années, n'était qu'environ 1/1000 de la concentration actuelle, le 1/100 il y a 2 milliards d'années. L'ozone a pu se former par suite de dissociation de l'oxygène. L'ozone a atteint un niveau de concentration suffisant pour protéger la surface de la Terre des rayons ultraviolets. Lorsqu'il y a 700 millions d'années, la concentration d'oxygène a atteint environ 10% de la concentration d'aujourd'hui ce qui a permis le développement de la vie à la surface de la Terre (Fontan , 2003).

Selon le même auteur, le développement de la vie, avec en particulier de nombreux micro-organismes, a produit une grande variété de constituants en traces qui permettent entre autres le recyclage entre l'atmosphère et la biosphère de l'azote, du carbone et du soufre. Ces constituants en traces sont ceux que les activités humaines produisent et qui sont devenus des polluants.

La composition de l'air en azote et oxygène a été découverte en 1777 par l'Avoisier, puis étudiée par Gay-Lussace vers la fin du dernier siècle, la présence des constituants en trace a été mise en évidence. Cependant, les mesures anciennes de concentration sont rares et imprécises. On dispose d'archives dans les glaces des régions polaires, ou dans les sédiments pour remonter à la concentration de certains gaz peu actifs sur le plan chimique, tel que le gaz carbonique, le méthane, le protoxyde d'azote. Ces constituants peuvent permettre également de reconstituer l'évolution de la composition de l'air au cours du temps tout en montrant l'action des activités humaines (Tabet-Aoul, 2014a).

Dans ce contexte, un nombre important de recherches ont montré que les activités humaines telles que la production d'énergie, le transport et les activités industrielles sont à l'origine de la variation de la concentration des composants variables de l'atmosphère en interagissant avec les composants constants. En effet, le gaz carbonique et l'oxyde de carbone sont des gaz permanents de l'atmosphère et varient en concentration de façon importante. Ces gaz sont dus à la combustion des hydrocarbures, l'absorption et la

libération des gaz par l'océan et le phénomène de photosynthèse au niveau des plantes (Tabet-Aoul, 2014a).

L'ozone stratosphérique qui se concentre à des altitudes comprises entre 15 et 30 km, est produit et détruit par les réactions photochimiques impliquant les radiations solaires. À la surface de la Terre, sa concentration dépend du temps et du lieu et son augmentation constitue un réel danger pour l'Homme, l'animal, les plantes et l'environnement. Les autres gaz à l'état de trace[6]comme l'ammoniac, méthane et hydrogène peuvent exister qu'en quantité minime car elles sont instables en présence de l'oxygène (Tabet-Aoul, 2014a).

De là, l'évolution de l'atmosphère s'explique par l'évolution des composants variables et de certains composants constants. Avec le développement économique, des nouveaux composants viennent s'ajouter à la liste des constituants de l'atmosphère, et qui sont participé à son évolution.

Pour comprendre l'interaction entre ces différents constituants et suivre les modifications majeures de l'atmosphère, une surveillance régulière devrait être requise. Cependant, l'atmosphère est considérée comme un " laboratoire chimique" immense et ouvert. Ce qui rend extrêmement difficile la compréhension de tous les types de réactions physico-chimiques qui s'y déroulent (Tabet-Aoul, 2014a).

2.1.3 Les différentes couches de l'atmosphère

Selon Fontan (2003), la répartition de la température avec l'altitude, en éliminant la variation près de la surface et des irrégularités plus au moins importantes à différents niveaux, présente des caractéristiques communes. Elles permettent de diviser l'atmosphère en différentes couches:

a) **La troposphère** : Altitude de l'ordre de 10km qui varie avec les saisons et la latitude. La température de l'air décroit avec l'altitude de 6 à 7°C en moyenne par km. Elle atteint à son sommet de températures basses comprises entre -50° et - 80°C, son sommet est la tropopause, dans cette couche qui représente 80 à 85% de la masse de l'atmosphère se forme les nuages qui donnent les précipitations.
b) **La stratosphère** : S'étend jusqu'à environ 50 km d'altitude. C'est une couche stable soumise à un rayonnement ultraviolet beaucoup plus énergétique et

[6] Si ces gaz étaient en quantités abondantes, l'oxygène n'aurait jamais été un composant majeur de l'atmosphère.

plus intense vis-à-vis des polluants introduits par les avions, les éruptions volcaniques ou venantes naturellement de la troposphère. Elle se comporte très différemment de la troposphère.

c) **La mésosphère** : Elle s'étend jusqu'à 85 km, Dans cette couche, la température décroît avec l'altitude pour atteindre -90°C du fait de la raréfaction de l'ozone et de I 'oxygène.

d) **La thermosphère**: Elle se trouve au-delà de 85 km. Dans cette couche, La température augmente et devient fortement dépendante de l'activité solaire.

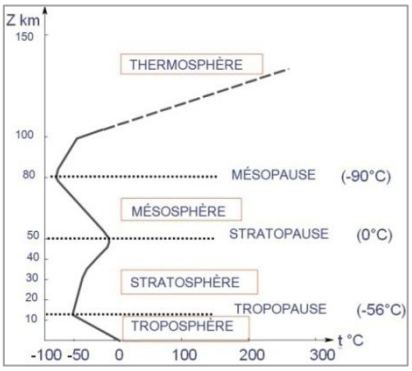


Figure 2.1 Profil vertical de l'atmosphère.
Source : Météo-France, s.d.

2.1.4 La couche limite atmosphérique

C'est dans les deux premières couches la troposphère et la stratosphère qu'aujourd'hui se manifeste principalement la pollution de l'atmosphère. On distingue dans la troposphère la couche de l'air en contact avec le sol, dont l'épaisseur est de l'ordre de 1km mais variable avec les saisons, la latitude, l'altitude et la nature du sol. Elle est appelée la couche limite atmosphérique (CLA). En raison de son contact avec le sol. Cette couche possède des propriétés particulières, le vent est ralenti par le frottement du sol, la température varie pendant le cycle diurne (Fontan, 2003).

2.2 Forçage radiatif et effet de serre

2.2.1 Forçage radiatif

Le moyen le plus simple qui permet de comprendre la puissance de l'effet de serre est d'entrer dans une voiture qui est restée exposer longtemps au soleil. La température très élevée, voire insupportable, qui y règne, s'explique par une propriété particulière des vitres du véhicule. En effet, la transparence sélective, qui laisse circuler les rayons de lumière visible, retient une partie des rayons infrarouges et augmente la température à l'intérieur du

véhicule. Dans l'atmosphère, plusieurs gaz ont la même propriété, et ce comportement optique a d'importantes conséquences pour notre planète (Sciama, 2010).

En effet, le climat de la Terre est conditionné par les interactions entre l'atmosphère et l'océan (Tabet-Aoul, 2014a). La Terre est ses divers composants reçoivent du soleil un rayonnement constitué de: 40 % de lumière visible, 10% de rayons ultraviolets et 50% de rayons infrarouges. La moitié de ces rayons est absorbée dans l'atmosphère, le restant arrive au sol. Il est majoritairement transformé en rayons infrarouges provoquant le réchauffement (Sciama, 2010).

Les rayonnements ont donc des devenirs variés, ce qui dépendent de leur nature et de celles des obstacles rencontrés. Ils peuvent être réfléchis, absorbés (totalement ou partiellement), et leur bilan énergétique est parfois perturbé par de phénomènes divers (exemple: condensation de la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère). Mais, conformément aux lois de la physique, l'ensemble finalement s'équilibre, l'atmosphère terrestre restituant la totalité de l'énergie reçue du soleil (Sciama, 2010).

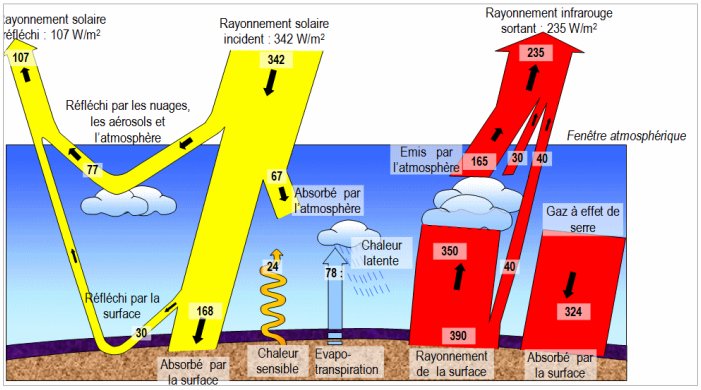


Figure 2.2 Bilan radiatif de la Terre.
Source : Institut Royal Météorologique de Belgique, s.d.

L'équilibre entre les rayonnements solaire et terrestre peut-être modifié par plusieurs agents nommés " agents du forcing climatique" (Tabet-Aoul, 2014a). Citant à titre d'exemple :

- Les périodes glaciaires et interglaciaires peuvent être à l'origine de la modification de la quantité du rayonnement solaire qui atteint la surface terrestre ou sa distribution saisonnière ;

- La modification de l'albédo[7] du sol, due aux changements d'affectation des sols, à la déforestation ou à la désertification affecte les quantités du rayonnement absorbées ou réfléchies par la Terre ;
- Les aérosols sont un autre facteur de cet équilibre à travers l'absorption et la diffusion des rayonnements solaires et terrestres dans les bases couches et dans les hautes couches de l'atmosphère.

2.2.2 Effet de serre

En plus du forcing radiatif solaire, un autre forcing radiatif important provient de l'effet de serre augmentant l'énergie de la basse atmosphère et la température du sol.

En effet, le rayonnement terrestre de grandes longueurs d'ondes émis par la surface terrestre chaude, est en partie absorbé et réémis vers l'espace par un important gaz qui se trouvent dans l'atmosphère plus froide (Tabet-Aoul, 2014a). En absence de ce processus, la température moyenne de notre planète serait de -18°C. Dans ces conditions, on peut douter que des formes de vie puissent se développer. Il est donc un processus bénéfique à la vie sur Terre (Sciama, 2010, Janicot et *al*., 2015).

En outre, l'absorption des rayonnements terrestres due aux GES a été confirmée par plusieurs observations satellitaires. Ainsi, des mesures ont été effectuées au niveau des carottes glaciaires au cours des 160 000 années antérieures, ont montré que la température terrestre a toujours été étroitement associée à la concentration des GES de l'atmosphère, en particulier le gaz carbonique et le méthane. Ils sont en grande partie responsables de la variation de 4 à 5°C entre les périodes glaciaires et interglaciaires du passé (Sciama, 2010).

D'autres études ont été également menées confirmant la théorie de l'effet de serre à l'aide de la comparaison des températures de la Terre avec d'autres planètes (Tabet-Aoul, 2014a). En prenant l'exemple des deux planètes proches à la Terre, soit Venus et Mars, la composition de leurs atmosphères est différente et la température de surface confirme la théorie de l'effet de serre.

Les caractéristiques de l'atmosphère de chacune de ces planètes en présence et en absence des GES sont résumées par le tableau ci-contre :

[7] L'albédo est le pouvoir réfléchissant de la surface du sol vis-à-vis du rayonnement solaire incident.

Tableau 2.2 Caractéristiques des planètes en présence et en absence des GES.

Planète	Venus	Terre	Mars
Pression de surface en fonction de celle de la Terre	90	1	0,007
GES importants dans l'atmosphère	> 90% de CO_2	0,04% de CO_2 1% de H_2O	80% de CO_2
Température de surface en absence de GES en °C	-41	-18	-56
Température de surface observée en °C	427	15	-53
Effet de serre exprimé en °C	468	33	3

Source : Tabet-Aoul, 2014a.

Les résultats de cette comparaison montrent le rôle critique joué par le CO_2 et la vapeur d'eau dans le maintien de l'équilibre atmosphérique des planètes. Le réchauffement est à l'origine des diverses concentrations de GES qui existent dans chacune de leur atmosphère.

Nous constatons que :

- Sur Venus, une température très élevée d'environ 468°C due à son atmosphère dense qui est caractérisée par une concentration très élevée en CO_2 ;
- Sur Mars, une température faible de 3°C due à son atmosphère fine et faible en CO_2 ;
- Sur la Terre, une température de 33°C due à la présence de CO_2 et la vapeur d'eau.

A partir de cette comparaison, on déduit que le gaz carbonique est le premier gaz responsable au forcing radiatif (Sciama, 2010 ; GIEC, 2013 ; Tabet-Aoul, 2014a).

Tableau 2.3 Forcing radiatif par les principaux GES.

GES	CO_2	CH_4	N_2O	CFC
Forcing radiatif en W/m^2	1,6	0,47	0,14	0,25

Source : Tabet-Aoul, 2014a.

2.2.3 Cycle du carbone

Le CO_2 est parmi les GES le mieux connu au niveau de son rôle pour le climat. Depuis un siècle, il explique à lui seul au moins la moitié de l'augmentation de la température sur Terre. Le CO_2, présent dans l'atmosphère et celui émis par l'Homme, peut

subir différentes transformations : une partie est absorbée par la végétation pour sa croissance et se retrouve pour une part stockée dans le sol à la mort de la végétation, et une autre partie plus importante est absorbée par les océans (dissolution dans l'eau, absorption pour le plancton) ce processus est nommé "cycle de carbone". Au fait, l'océan absorbe environ 2Gt/an du carbone émis, la biosphère terrestre en zone tempérée entre 1,6 et 4,8 Gt/an. Au total, le bilan atmosphérique net (tonnage émis moins tonnage absorbé) équivaut à un accroissement d'environ 3,2 Gt/an (Sciama, 2010).

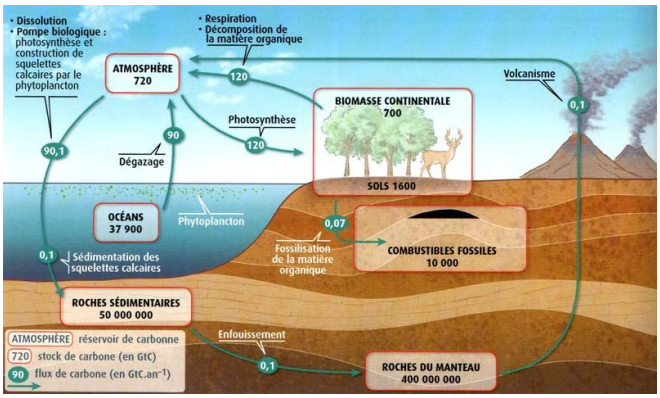


Figure 2.3 Cycle naturel du carbone.
Source : HAESSIG, 2020.

Il est important de noter que le temps de résidence d'un atome de carbone est d'environ (Tabet-Aoul, 2014a):

- 4 ans dans l'atmosphère ;
- 11 ans dans la biosphère ;
- 385 ans dans l'océan superficiel (entre 0 et 100 ans);
- Plus de 100 milliers d'années dans l'océan profond ;
- Quelques 200 millions d'années dans la lithosphère.

Selon le même auteur, le cycle global du carbone présent des sous-cycles agissant à diverses échelles de temps : de la décennie pour le recyclage du CO_2 par les plantes aux centaines de millions d'années pour le recyclage du carbone organique par l'intermédiaire des roches sédimentaires ou des hydrocarbures.

2.2.4 Perturbation du cycle de carbone

Le cycle de carbone peut être perturbé par la modification de sa capacité de recyclage à cause d'une diminution de l'absorption du carbone de l'atmosphère, due à la diminution de la couverture végétale. Ainsi, il sera également perturbé lorsque les activités humaines induisant plus de GES que ce que la biosphère peut recycler. Ce "surplus" de

CO_2 s'accumule dans l'atmosphère en engendrant la pollution (Papaud et Poisson, 1985 ; Rabourdin, 2005 ; IPCC, 2007; Metzl et Ciais, 2011; GIEC, 2013).

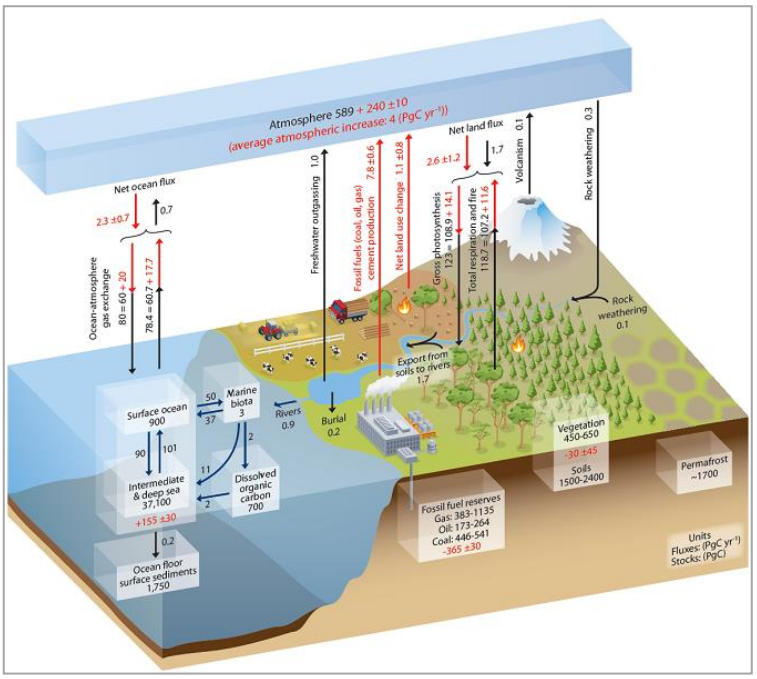


Figure 2.4 Cycle de carbone perturbé par l'Homme.
Source : GIEC, 2013.

En effet, l'augmentation du bilan radiatif dû à l'accroissement des concentrations depuis l'ère préindustrielle des GES engendre "l'effet de serre additionnel". L'énergie mécanique des mouvements de l'air, des océans et des eaux de surface, provient en effet de la transformation complexe de l'énergie thermique apportée par le soleil (Sciama, 2010).

Dans l'atmosphère, le piégeage du rayonnement infrarouge est un problème très complexe, car l'énergie fournie peut se transformer en chaleur mais aussi en énergie mécanique, en vapeur d'eau, ce qui rend difficile de prévoir les conséquences d'une modification, relativement faible au surplus, du bilan radiatif du système Terre-atmosphère. Il peut avoir échauffement de l'air, mais aussi action sur les vents, humidité de l'air, les pluies, la circulation océanique, etc. (Fontan, 2003).

Il est difficile de prévoir les effets induits comme la modification de la couverture nuageuse, des surfaces couvertes de neige ou de glace, de la circulation océanique, des échanges avec les océans, ... Il ne faut pas donc s'étonner des incertitudes qui existent encore sur les conséquences de l'effet de serre additionnel dans l'atmosphère, même si le phénomène a été découvert il y a un siècle.

2.3 Gaz à effet de serre

2.3.1 Caractéristiques des gaz à effet de serre

Plusieurs gaz ont par propriété de réchauffer notre atmosphère, certains existent dans l'air depuis des millions d'années, tandis que d'autres sont des créations humaines. L'effet de ces gaz sur le climat dépend de leur efficacité à absorber les infrarouges, de leur longévité dans l'atmosphère, de leur abondance et l'importance des apports humains dans leur concentration.

Il est généralement admis que le plus important gaz est le dioxyde de carbone (CO_2) qui contribue d'environ 40% à l'effet de serre total. En revanche, ce gaz ne représente que 0,038% de l'atmosphère. Rappelons que l'atmosphère est composée à 99% d'oxygène et d'azote qui sont des gaz transparents au rayonnement infrarouge. Delà, nous comprenons que tout se joue dans le 1% restant (Sciama, 2010).

Depuis le début de l'ère industrielle, la concentration de CO_2 a augmenté d'environ 40% (Janicot et *al*., 2015, Xu et al., 2021). Il est important de savoir qu'une molécule de CO_2 peut rester dans l'atmosphère près de 2 siècles (GIEC, 2001). Le temps de séjour atmosphérique des GES est donc un facteur crucial. La durée de vie des GES implique que le climat sera long à réagir, même si nous réduisons nos émissions.

La vapeur d'eau est le premier GES piégeant le rayonnement infrarouge. Sa concentration atmosphérique est plus élevée que celle des autres gaz soit 0,3%. Sachant que l'eau est impliquée à environ 55% dans l'effet de serre. L'influence humaine sur la concentration de ce gaz est très négligeable. Ainsi, l'eau ne séjourne pas longtemps dans l'atmosphère. Sa durée de séjour atmosphérique est d'environ 8 à 15 jours (Tabet-Aoul, 2014a).

D'autre part, le méthane (CH_4) (1,8 ppmv), le protoxyde d'azote (N_2O) (0,3ppmv) et l'ozone (O_3) (0,03ppmv) sont également des gaz qui interviennent dans le processus de l'effet de serre (Léonard et *al*., 2009, Janicot et *al*., 2015).

Le méthane absorbe les infrarouges 20 à 50 fois mieux que le CO_2.Ainsi, l'Homme accroit sa concentration plus rapidement que celle du CO_2. Depuis l'ère industrielle, la concentration de ce gaz dans l'atmosphère a plus que doublé. Cependant, ce gaz a une durée de vie dans l'atmosphère relativement courte: environ une décennie. Quant au

protoxyde d'azote, il réside durant 120 ans et absorbe 253 fois plus de rayonnement que le CO_2 (Tabet-Aoul, 2014a).

L'ozone, sa chimie complexe fait qu'il est sans cesse en train de se dégrader puis de se reconstituer. L'influence humaine de sa concentration est actuellement difficile à évaluer. Plusieurs spécialistes confirment que sa concentration augmente dans la basse atmosphère et elle est en baisse dans la stratosphère (à plus de 12km du sol), cela du au trou d'ozone (Tabet-Aoul, 2014a).

En plus des gaz naturels suscités, il existe d'autres gaz créés par l'Homme. Leurs émissions sont 1 million de fois plus faible que celles du CO_2, mais leur rôle climatique n'est pas négligeable. Il s'agit de l'halocarbures, dont les plus connus sont le HFC (hydrofluorocarbure). Ces gaz ont un pouvoir de réchauffement très important et une durée de vie dans l'atmosphère longue, elle peut aller jusqu'à plusieurs milliers d'années (Tabet-Aoul, 2014a).

2.3.2 Outil de comparaison entre les différents gaz à effet de serre

Lorsqu'il s'agit de définir des actions de limitation des émissions de GES, il faut pouvoir apprécier l'efficacité sur le phénomène global et disposer un outil de comparaison des effets des différents gaz. Par référence au gaz carbonique, le concept du "Potentiel de Réchauffement Global" (PRG) a été défini. Selon le quatrième rapport du GIEC (2007): *« Le PRG représente le rapport de l'effet du forçage radiatif, intégré sur une période de temps donnée, d'un rejet instantané de 1kg du gaz carbonique »*. Le même rapport confirme que les gaz n'ont pas le même temps de résidence dans l'atmosphère et l'effet de ces gaz se fera sentir pendant une période plus en moins longue suivant son temps de résidence. Le PRG dépend du temps d'intégration considéré et des propriétés absorbantes du gaz vis-à-vis du rayonnement infrarouge dans des fenêtres atmosphériques (GIEC, 2013). Il s'agit bien d'absorption additionnelle. Par exemple, le tableau ci-dessous montre que le méthane est 21 fois plus efficace que le gaz carbonique si on considère un temps d'intégration de 100 ans, le CFC11, 3800 fois.

Tableau 2.4 Valeurs du Potentiel de Réchauffement Global pour différents gaz et différentes valeurs du temps d'intégration.

Temps d'intégration (année)	20	100	500
Gaz carbonique	1	1	1
Méthane	56	21	65
Protoxyde d'azote	280	310	170
CFC 11	4900	3800	1500
CFC 12	7800	8100	4500

Source : GIEC, 2007.

2.4 Évolution des concentrations des gaz à effet de serre et variations climatiques

2.4.1 La découverte du risque de modification climatique

D'après Fontan (2003), le scientifique suédois Svante Anhenuis a publié en 1896 le premier travail montrant que les rejets de gaz carbonique dans l'atmosphère pouvaient changer les climats. Ce chercheur est bien connu par ses travaux en physico-chimie et sa théorie ionique. Il reprenait l'idée que l'atmosphère joue le rôle d'une vitre, proposée en 1827 par Joseph Fourier et les travaux de John Tyndall qui en 1859 avait montré que la vapeur d'eau, le gaz carbonique et le méthane absorbaient le rayonnement produit par la chaleur. Arrhenius calculait que le doublement de la concentration du gaz carbonique dans l'atmosphère pourrait faire augmenter la température de la planète de 5 à 6°C. Bien que les données spectroscopiques dont il disposait ne fussent pas satisfaisantes et bien qu'il n'ait pu prendre en compte convenablement avec les moyens de calcul de l'époque les effets induits comme l'évaporation, le rôle des nuages, de l'océan, etc., les résultats qu'il a obtenus sont dans l'ordre de grandeur de ce que l'on obtient aujourd'hui. Il a émis l'hypothèse que l'Homme pouvait modifier les climats à l'échelle du siècle s'il continuait à rejeter du gaz carbonique.

En 1938, l'ingénieur britannique Guy Stewart Callender a repris l'idée lors d'une communication à la *Royal Meteorological Association*. En se basant sur des mesures anciennes, il a montré que la concentration de gaz carbonique avait augmenté de 10% entre 1890 à 1938, ce qui pouvait expliquer le réchauffement qui était observé depuis le début du siècle et qui faisait l'objet de discussions dans le monde scientifique. Son travail a été critiqué, en particulier en ce qui concerne la qualité des mesures anciennes. D'autre part, la

capacité des océans a absorbé le gaz carbonique rejeté dans l'atmosphère ne semblant pas faire de doute.

En 1951, *l'American Meteorological Society*, a publié dans un ouvrage faisant référence, le *Compendium of Meteorology*, la théorie du réchauffement climatique par le gaz carbonique et les activités humaines n'étaient pas considérées comme établies, et le réchauffement observé depuis le début du siècle était attribué à une fluctuation normale (Brooks, 1951). Les idées d'Arrhenius et de Callender étaient rejetées.

En 1955, le physicien spectroscopiste, Gilbert Plass de la *John Hopkins University* aux États-Unis, a relancé le problème. Il a étudié le transfert du rayonnement infrarouge dans l'atmosphère à l'aide des premiers calculateurs. Il montra sans ambigüité qu'une augmentation du gaz carbonique entrainait une absorption plus grande du rayonnement infrarouge émis par le sol. Ainsi, Hans Suess, connu pour ses travaux sur la datation par le carbone 14, publiait la même année dans la revue américaine réputée *Science* que les mesures de carbone 14 dans le gaz carbonique atmosphérique ne mettaient en évidence qu'une faible quantité de carbone fossile.

D'autre part, le même chercheur a étudié en collaboration avec Roger Revelle, spécialiste du gaz carbonique dans l'eau de mer, l'absorption du gaz carbonique par les océans en utilisant le carbone 14. Ils obtinrent un temps de résidence du gaz carbonique dans l'atmosphère de l'ordre de 10 ans et en conclurent que le gaz carbonique rejeté par les combustibles fossiles était absorbé par les océans.

Revelle a continué ses travaux sur les échanges entre l'atmosphère et l'océan, il a montré que l'addition de gaz carbonique dans l'eau modifie les équilibres ioniques des composés du carbone et le PH de l'eau, ce qui contribue à augmenter la concentration du gaz carbonique dans l'eau. Ce phénomène s'oppose à l'absorption du gaz carbonique atmosphérique dans l'océan. D'autre part, le rapport isotopique dans l'air et l'eau dépend des échanges ioniques des composés du carbone dans l'eau. La variation du rapport isotopique est atténuée. Il en résulte que l'absorption dans l'eau et beaucoup plus faible que ce qu'indiquait la première interprétation des mesures de carbone 14.

En 1959, Plass prévoyait une augmentation de la température de plus de 3°F à la fin du XXe siècle. Cette étude a été publiée dans *Scientific American*.

En 1956, Charles Keeling, un élève de Revelle, montra grâce à des mesures précises par spectrophotométrie infrarouge, une augmentation de concentration du gaz carbonique dans l'atmosphère.

En 1958, Keeling commença la mesure systématique du gaz carbonique à l'observation de Mauna Loa dans les îles Hawaï et au pôle Sud. Ces mesures ont permis de confirmer l'augmentation de la concentration du gaz carbonique dans l'atmosphère et de la chiffrer avec précision.

2.4.2 Le climat du passé

Afin de définir précisément les conditions qui régnaient autrefois sur notre planète, les paléoclimatologues ont développé une boite à outils permettant d'essayer d'approcher le passé de notre planète à partir des (Sciama, 2010):

- Carottes de glace qui ont permis d'obtenir dans les zones polaires hostiles des renseignements détaillés sur l'évolution climatique et atmosphérique du dernier million d'années;
- Sédiments marins et les lacustres qui permettent de se renseigner sur les conditions qui régnaient de leur vivant (abondance d'oxygène, de carbone, température,...);
- Grains de pollen qui donnent également une bonne idée des flores et donc du climat.

En effet, Depuis la création de la Terre, il y a plus de 4,6 milliards d'années, et de son atmosphère, il y a environ 300 millions d'années, les climats ont changé, sans que les activités humaines soient responsables. Nos lointains ancêtres sont apparus il y a 3 à 4 millions d'années, l'*Homo erectus* 2 millions d'années environ avant nous et l'*Homo Sapiens* environ 300 000 ans. Pendant la plus grande partie du temps et en particulier pour les périodes de plus anciennes, la température moyenne était plus chaude que celle d'aujourd'hui avec toutefois des intervalles glaciaires relativement courts. Ce sont les études des sédiments, des végétaux fossiles, des sols et des pollens, des dépôts coralliens, des carottes de glace, des cernes des arbres ou dendrochronologie, des lœss qui sont des sédiments géologiques d'origine éolienne, qui permettent, associées à des méthodes de datage par méthodes isotopiques ou radioactives, de remonter aux températures et aux climats du passé (Fontan , 2003).

La période glaciaire du Quaternaire, qui a commencé il y a environ 3 millions d'années, c.à.d. lors de l'apparition de nos lointains ancêtres est caractérisée par des successions de périodes glaciaires et interglaciaires avec une périodicité d'environ 100 000 ans. La température moyenne dans l'hémisphère Nord variait entre 9 et 11°C pendant les périodes froides et entre 14 et 16 °C lors des périodes chaudes (Sciama, 2010).

Il y a environ 130 000 ans, l'homme moderne était présent, la Terre était dans une période interglaciaire avec moins de glace sur les continents, le niveau des mers était d'environ 6m plus haut qu'aujourd'hui. La Scandinavie était une île, les températures étaient, d'après les études polliniques, plus élevées en Europe et en Amérique du Nord que maintenant, mais certaines régions comme la Californie avaient un climat plus froid et plus sec qu'aujourd'hui en raison d'une circulation atmosphérique et océanique différente de la nôtre (Fontan , 2003).

Une nouvelle glaciation a commencé il y a 100 000 ans avec abaissement du niveau des mers. Elle a été marquée par des oscillations climatiques dont la plus froide s'est produite il y a 20 000 ans. La température à la surface de la Terre était de 4 à 6°C plus basse qu'actuellement. Le niveau de la mer était de 120m en dessous de celui actuel, en raison de la température et de la grande quantité d'eau stockée dans les glaciers, une bonne partie de plateau continental était émergée. La côte aquitaine, par exemple, était à 50 ou 100 km plus au large. Des glaciers existaient dans le Massif central et les Prénés (Fontan , 2003).

La déglaciation a commencé il y a environ 18 000 ans, et la période interglaciaire actuelle a commencé il y a environ 10 000 ans avec un maximum de températures 6000 ans avant nous, depuis les fluctuations ont été faibles, de l'ordre du degré centigrade. Depuis 1000 ans, on peut noter une période plus chaude entre les années 1150 et 1350, suivre par le petit âge de glace entre 1500 et 1850. La Seine était gelée tous les hivers (Fontan , 2003).

En 1999, la revue *Nature* a publié les résultats des analyses des premières carottes de glace prélevées dans l'Antarctique. Ces résultats montrent que depuis 500 000 ans, la courbe des températures suit de près celles de la quantité de CO_2 et de méthane (CH_4), principaux GES générés par les activités humaines (Sciama, 2010).

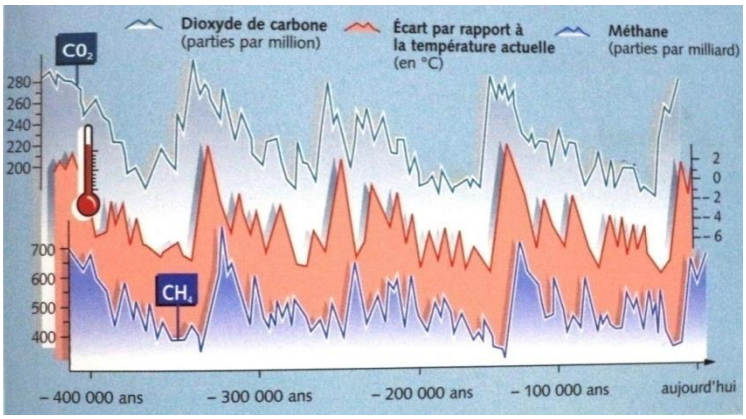


Figure 2.5 Variation de la température, carbone et méthane.
Source : Sciama, 2010.

2.4.3 Les variations climatiques récentes

La température moyenne à la surface du globe a augmenté de 0,74°C depuis le début du XXe siècle (1906-2005). Cependant, cette progression n'a pas été continue suite à une hausse accélérée des températures depuis 1976, atteignant 0,19°C par décennie en accord avec les prédictions des modèles. La période 1997-2006 est marquée par une anomalie positive moyenne de 0,53°C dans l'hémisphère Nord et de 0,27°C dans l'hémisphère Sud, toujours par rapport à la normale calculée pour 1961-1990 (OMM, 2006).

Selon une analyse réalisée par des scientifiques du *National Center for Environmental Information* (NCEI) de la NOAA en Janvier 2022, Les huit dernières années sont les plus chaudes jamais enregistrées, remontant à 1880 (NOAA, 2021).

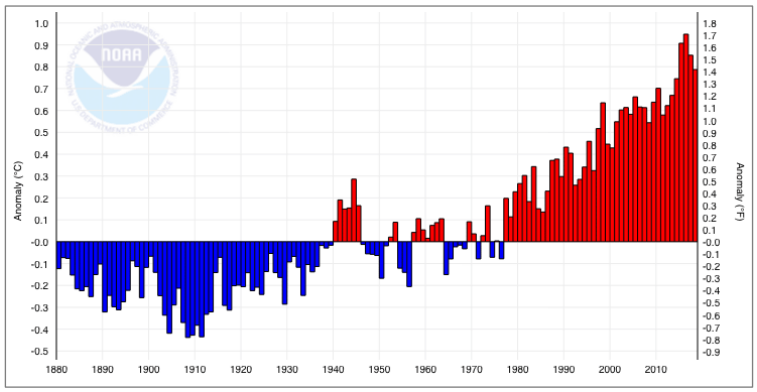


Figure 2.6 Évolution de la température moyenne planétaire de 1880 à 2018
par rapport aux normales calculées pour la période 1901-2000. **Source:** NOAA, 2019.

Selon les études établies par le GIEC, ces variations climatiques s'expliquent essentiellement par l'augmentation de la concentration des GES dus aux activités humaines (GIEC, 2013, IPCC, 2021). En effet, pendant les périodes glaciaires, les niveaux du principal gaz à effet de serre (CO_2) étaient environ 200 parties par million (ppm), et

pendant les périodes interglaciaires plus chaudes, Ils ont oscillé autour de 280 ppm pour atteindre 400 ppm en 2013. En Juillet 2024, les niveaux de CO_2 dans l'atmosphère ont culminé à un niveau jamais enregistré dans l'histoire, atteignant environ 426 ppm (Climate-NASA, s.d.).

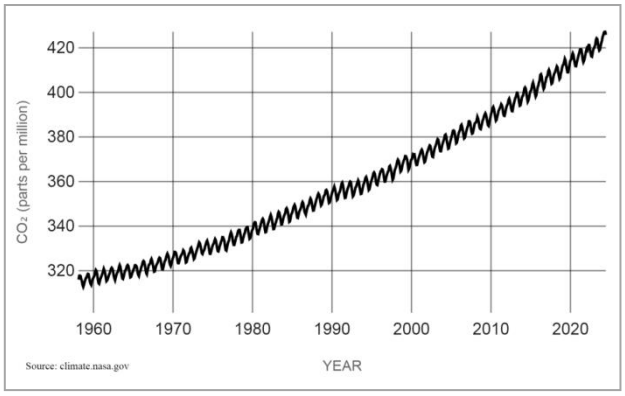


Figure 2.7 Evolution de la concentration du CO_2 dans l'atmosphère
Source : Climate-NASA, s.d.

2.4.4 Les projections climatiques

En se basant sur les lois de physiques, plusieurs simulations informatiques ont été établies permettant d'anticiper le climat futur de la Terre. Le GIEC (2013), déclare que l'élévation planétaire de la température se situera entre 1,1 et 6,4 °C à l'horizon 2100 par rapport à la décennie 1990. Elle a déjà été de 0.6°C au cours du XXe siècle. Rappelons que durant le dernier épisode glaciaire, il y a environ 18 000 ans le climat n'était que de 5°C plus froid qu'aujourd'hui. C'est donc un véritable changement climatique que les chiffres du GIEC annoncent pour le siècle à venir.

Le cinquième rapport du GIEC, publié en 2013, met en évidence que l'évolution future du climat résultera à la fois de l'inertie thermique induite par les émissions anthropiques passées, des émissions futures d'origine humaine et de la variabilité naturelle du climat. Selon les projections, l'augmentation de la température moyenne mondiale à la surface du globe entre 2016 et 2035, par rapport à la période de référence 1986–2005, devrait se situer dans une fourchette allant de 0,3°C à 0,7°C, avec un niveau de confiance moyen. Cette estimation repose sur l'hypothèse qu'aucun événement climatique majeur, tel qu'une éruption volcanique significative ou une modification imprévue des flux naturels de gaz à effet de serre (CH_4, N_2O) et du rayonnement solaire, ne viendra perturber cette trajectoire. À l'horizon du milieu du XXIe siècle, l'ampleur des changements climatiques projetés dépendra principalement du scénario d'émissions choisi.

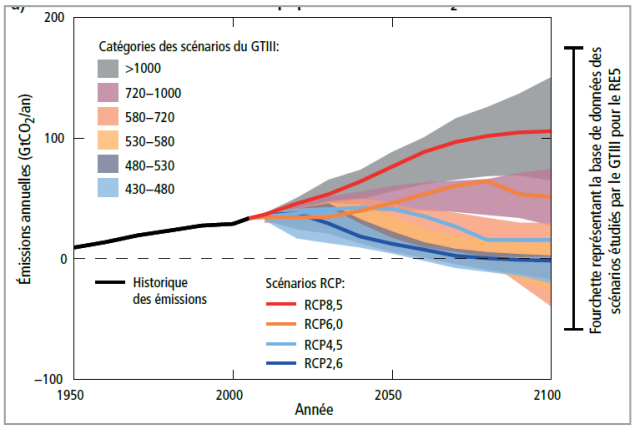


Figure 2.8 Scénarios des émissions anthropiques annuelles de CO_2.
Source : GIEC, 2013.

D'ici la fin du XXIe siècle (2081–2100), l'élévation de la température moyenne globale par rapport à la période de référence 1850–1900 devrait dépasser 1,5°C selon les scénarios RCP4,5, RCP6,0 et RCP8,5, avec un degré de confiance élevé. De plus, une hausse supérieure à 2°C est jugée probable dans les trajectoires RCP6,0 et RCP8,5 (degré de confiance élevé). Concernant le scénario RCP4,5, il est plus probable qu'improbable que l'augmentation dépasse 2°C, bien que cette estimation repose sur un degré de confiance moyen. En revanche, selon le scénario RCP2,6, il est peu probable que le réchauffement excède ce seuil, avec un degré de confiance également moyen (GIEC, 2013).

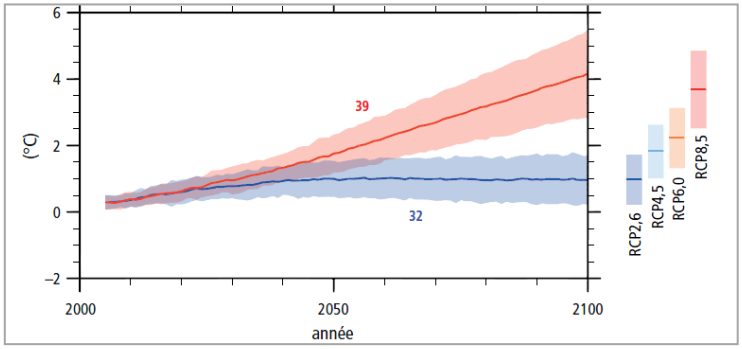


Figure 2.9 Scénarios d'évolution de la température moyenne à la surface du globe (par rapport à 1986–2005). **Source :** GIEC, 2013.

Vers la fin du XXIe siècle (2081–2100), l'augmentation de la température moyenne globale par rapport à la période de référence 1986–2005 devrait se situer entre 0,3°C et 1,7°C selon le scénario RCP2,6, entre 1,1 °C et 2,6 °C selon le RCP4,5, entre 1,4 °C et 3,1 °C selon le RCP6,0 et entre 2,6 °C et 4,8 °C selon le RCP8,5. Par ailleurs, le réchauffement dans l'Arctique devrait se poursuivre à un rythme plus rapide que l'ensemble du globe (GIEC, 2013).

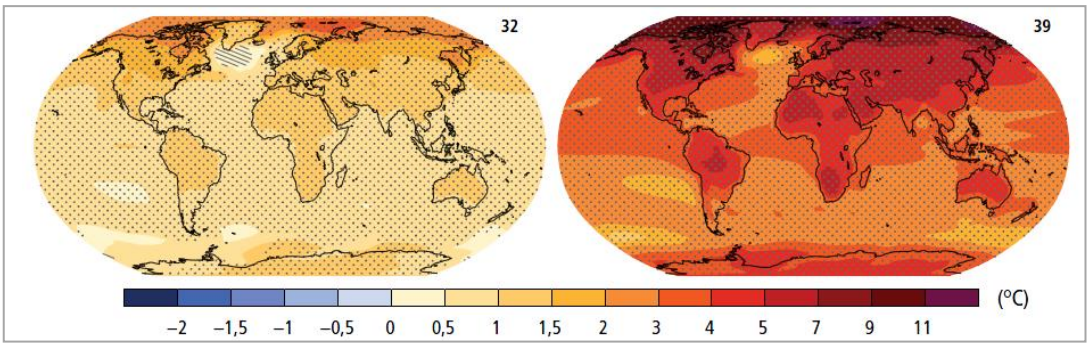


Figure 2.10 Évolution de la température moyenne en surface (entre 1986-2005 et 2081-2100), scénario RCP2,6 et RCP8,5. **Source :** GIEC, 2013.

Cependant, l'élévation annoncée ne sera pas uniformément répartie. Elle aura des manifestations locales variées (IPCC, 2007, GIEC, 2013). En effet, les continents se réchaufferont plus vite que les océans, car ces derniers ont une inertie thermique beaucoup plus forte (Jeandel et Mosseri, 2011). Cela implique que une fois les températures des océans augmentent, elles chaufferont l'atmosphère même si les GES sont raréfiés dans l'air. Les latitudes élevées se réchaufferont plus vite que la zone intertropicale. Aux pôles la température s'élèvera plus (Sciama, 2010).

Il est hautement probable que, dans la majorité des régions continentales, la fréquence des extrêmes thermiques chauds augmentera, tandis que celle des extrêmes froids diminuera, aussi bien à l'échelle quotidienne que saisonnière, en corrélation avec l'élévation progressive de la température moyenne globale. De plus, il est très vraisemblable que les vagues de chaleur deviendront plus fréquentes et s'intensifieront en durée. Néanmoins, des épisodes de froid extrême pourront encore survenir occasionnellement durant la saison hivernale (Sciama, 2010).

Il faut souligner que, si les projections des scientifiques s'arrêtent généralement à 2100, le réchauffement continuera, parce que la longévité atmosphérique du CO_2 est de près de deux siècles.

2.5 Mobilisation internationale et politique climatique

Pour lutter contre le réchauffement climatique et limiter les émissions de gaz à effet de serre, la communauté internationale s'investit aux plans scientifique et politique. Plusieurs étapes importantes ont été franchies en matière de prise en charge de ces enjeux.

2.5.1 Sur le plan scientifique

En 1967, la réalisation des premières prévisions du réchauffement climatique par deux scientifiques qui ont prévu le doublement de la concentration de gaz carbonique et l'élévation de la température moyenne de 2,5°C vers le début du XXI^{e} siècle.

En 1976, la publication de la première déclaration autorisée sur les conséquences de l'augmentation des gaz à effet de serre par l'OMM.

En 1979, l'organisation de la conférence mondiale sur le changement climatique à l'initiative du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et du Conseil International des Unions Scientifiques (CIUS). Ainsi, la création du Programme de recherche Climatologique Mondial (PCM) par lequel en appelant tous gouvernements du monde à prévoir et prévenir les conséquences de l'action humaine sur le climat qui pourraient nuire au bien-être de l'humanité.

En 1985, l'organisation de la conférence PNUE/OMM/CIUS sur l'évolution du climat et les gaz à effet de serre, à Villach en Autriche.

En 1988, l'organisation de la conférence scientifique mondiale sur l'évolution de l'atmosphère à Toronto, Canada.

En Novembre 1988, la création du groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat, sous l'égide du PNUE et de l'OMM. Il est chargé de suivre les processus de réchauffement climatique. Ses missions consistent à :

- Faire périodiquement le point sur l'état des connaissances sur le climat et son évolution
- Élaborer des études relatives au réchauffement planétaire et aux effets socio-économiques de l'évolution du climat.
- Proposer des stratégies pour retarder, limiter ou atténuer les effets de l'évolution du climat et pour s'y adapter.

Du 29 octobre au 7 novembre 1990, l'organisation de la deuxième conférence mondiale sur le climat et l'adoption de trois rapports techniques du premier rapport de GIEC.

En 1992, le GIEC a complété son rapport de 1990. Il a servi de base scientifique à la convention cadre du changement climatique de Rio en 1992.

En 1995, l'élaboration du deuxième rapport de GIEC sur le changement climatique, qui a confirmé l'influence prépondérante des activités anthropiques sur le changement climatique. Les projections établies indiquent une élévation moyenne des températures globales comprise entre 1 et 3,5 °C d'ici la fin du XXIe siècle, accompagnée d'une augmentation de niveau de la mer estimée entre 15 et 95 cm, en fonction des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre.

En 1996, la publication de la version révisée des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.

En 1998, l'établissement du Groupe de travail sur les inventaires nationaux de GES, dont la mission est d'assurer la supervision du Programme dédié aux inventaires nationaux des émissions de GES. Depuis 1999, le Groupe de travail reçoit le soutien du Gouvernement japonais.

En 2000, la diffusion, par le GIEC, des Recommandations sur les bonnes pratiques et la gestion des incertitudes appliquées aux inventaires nationaux des émissions de GES.

En 2001, la publication du troisième rapport détaillé du GIEC sur l'état du climat mondial. Il englobe trois parties:

- Les bases scientifiques sur le changement climatique;
- Les impacts, adaptation et vulnérabilité liés au changement climatique;
- Les mesures d'atténuation du changement climatique.

En 2003, la publication des Recommandations du GIEC sur les bonnes pratiques applicables au secteur de l'utilisation des terres, des changements d'affectation des terres et de la foresterie.

En 2006, la publication des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de GES.

En 2007, la publication du quatrième rapport du GIEC. Dans ce rapport, les experts confirment le rôle des émissions de gaz à effet de serre et la gravité du changement en cours.

En 2009, le GIEC approuve dans leurs grandes lignes les contributions de ses trois groupes de travail au cinquième Rapport d'évaluation, attendu en 2013–2014.

En 2010, les trois groupes de travail ont achevé la sélection des 831 experts qui participeront au cinquième Rapport d'évaluation et amorcent les travaux d'évaluation. Le GIEC entreprend un examen de ses processus et procédures, qui ont été achevé en 2012, sur la base des recommandations du Conseil inter académique.

En 2011, le GIEC approuve le Rapport spécial sur les sources d'énergie renouvelable et l'atténuation du changement climatique, élaboré par le Groupe de travail III. Il approuve le Rapport spécial sur la gestion des risques d'événements extrêmes et de catastrophes en vue d'une meilleure adaptation aux changements climatiques, élaboré par les Groupes de travail I et II.

En 2013, la publication du cinquième rapport du GIEC sur les changements climatiques. A travers ce rapport, les experts déclarent que plus nous perturbons notre climat, plus nous courrons le risque de conséquences graves, généralisées et irréversible. Ainsi ils signalent que nous avons les moyens de limiter les changements climatiques et de bâtir un avenir plus prospère et plus durable.

En 2014, la publication du rapport de synthèse du cinquième rapport du GIEC sur les changements climatiques.

En 2018, La parution du rapport spécial du GIEC sur les impacts d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels, ainsi que sur les trajectoires d'émissions mondiales de GES qui y sont associées, dans le cadre du renforcement de l'action climatique mondiale, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté.

En 2019, le GIEC a publié un rapport méthodologique révisant et améliorant les lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de GES.

Au cours de la même année, le GIEC a publié deux rapports spéciaux : Le premier porte sur le changement climatique, la désertification, la dégradation des sols, la gestion durable des terres, la sécurité alimentaire et les flux de GES dans les écosystèmes terrestres, tandis que le second examine les effets du changement climatique sur les océans et la cryosphère.

En 2020, l'apparition du rapport méthodologique de GIEC sur les facteurs de forçage climatique à courte durée de vie.

En 2021, la publication d'un rapport spécial du GIEC sur l'évaluation des bases scientifiques physiques du changement climatique. Ce rapport fournit la dernière évaluation des connaissances scientifiques sur le réchauffement de la planète et les projections pour le réchauffement futur, et évalue ses impacts sur le système climatique.

En 2022, l'apparition de deux rapports spéciaux du GIEC et le rapport de synthèse : Le premier rapport spécial est sorti le 28 février 2022, il est consacré aux impacts, adaptation et vulnérabilité aux changements climatiques. Le deuxième rapport du GIEC, publié le 4 avril 2022, s'intéresse à l'atténuation des changements climatiques.

En 2023, la publication du sixième rapport de synthèse du GIEC sur les changements climatiques, récapitulant les rapports des trois groupes de travail sur les éléments physiques du climat, l'adaptation et l'atténuation.

La figure ci-dessous récapitule les rapports d'évaluation fournis par le GIEC afin de contribuer à la science du changement climatique et à l'élaboration des politiques climatiques aux échelles nationales et internationales.

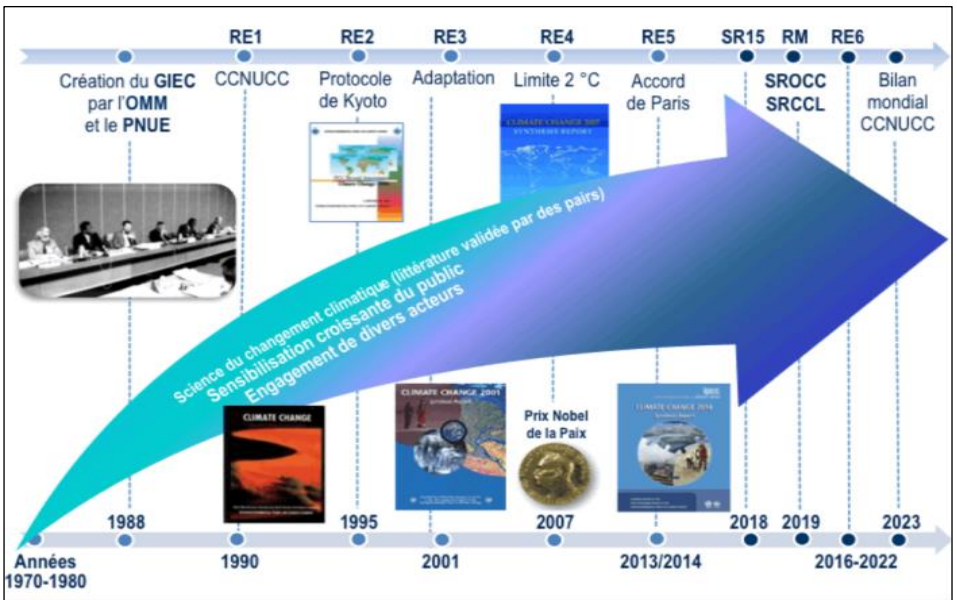


Figure 2.11 La contribution du GIEC à la science du changement climatique et à l'élaboration des politiques climatiques. **Source :** GIEC, 2017.

2.5.2 Sur le plan politique

En 1987, la signature du protocole de Montréal par 24 pays, visant d'interdire la production et l'utilisation des CFC responsables de l'amincissement de la couche d'ozone.

En 1989, l'assemblée générale des nations unies a adopté des résolutions sur l'environnement et le changement climatique, qui comprennent deux volets :

- La protection du climat mondial pour les générations futures
- La définition des objectifs de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED) qui s'est tenue à Rio en 1992.

En 1990, la réunion de 34 pays de la région européenne et les membres de la commission européenne à Bergen en Norvège, afin de participer à la conférence sur "action pour notre avenir à tous" et l'adoption de la déclaration ministérielle de Bergen. Ainsi, le déroulement de la deuxième conférence mondiale sur le climat à Genève et l'adoption de la déclaration qui servi de base à la conférence de Rio.

En 1992, l'organisation de la conférence des nations unies sur l'environnement et le développement à Rio et l'adoption de la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques.

A partir de 1995, des conférences de parties sur le climat s'organisent chaque année dans un des pays. Elles sont résumées par le tableau suivant :

Tableau 2.5 Historique de Conférences des Parties sur le climat et récapitulation de leurs faits marquants.

Année	COP	Ville	Pays	Faits marquants
1995	COP1	Berlin	Allemagne	- Mise en place d'une série de mesure pour permettre aux pays de réduire leurs émissions de gaz à effet de serre ; - Fixation, pour chaque pays ou région, des objectifs chiffrés en matière d'émissions de gaz à effet de serre et de réductions correspondantes à atteindre.
1996	COP2	Genève	Suisse	- Examination du deuxième rapport du GIEC ; - Chaque pays est libre de choisir les solutions les mieux adaptées à sa situation pour faire face au changement climatique; - Demande de faire une convention plus contraignante avec des objectifs précis.
1997	COP3	Kyoto	Japon	- Mise en place de Protocole de Kyoto[8] qui introduit des objectifs contraignants pour les pays les plus industrialisés.
1998	COP4	Buenos Aires	Argentine	- Soulèvement des questions diverses sur le Protocole de Kyoto. Il est décidé de travailler pendant deux ans pour clarifier le Protocole; - Adoption d'un plan d'action destiné à relancer les mesures décidées à Kyoto.
1999	COP5	Bonn	Allemagne	- Discussion sur les points techniques du Protocole de Kyoto.
2000	COP6	La Hague	Pays-Bas	- Désaccord entre l'Europe et les USA, aucun compromis ne put être trouvé et il fut décidé de repousser à 6 mois la conférence ; - Débat sur l'idée de création d'une structure supranationale afin d'instaurer des sanctions contre les pays contrevenants.
2001	COP7	Marrakech	Maroc	- Formulation juridique des règles de mise en œuvre du plan de Kyoto ; - Création d'un comité ad hoc d'observance et l'identification des moyens techniques et financiers en faveur des pays en développement ; - Les USA refusaient toujours d'adhérer au protocole.
2002	COP8	New Delhi	Inde	- La nécessité de ratifier le protocole de Kyoto ; sous la pression des États-Unis et des pays du Sud ; - L'impossibilité de mettre en place de nouvelles dispositions pour élargir les engagements de Kyoto aux pays en développement après 2012.
2003	COP9	Milan	Italie	- Rediscutions sur certains points techniques du Protocole de Kyoto.
2004	COP10	Buenos Aires	Argentine	- Aucun engagement n'a été pris en vue de nouvelles négociations à l'approche de l'expiration du protocole de Kyoto en 2012 ; - Compromis final, entre les américains et les européens, sur l'échange d'informations concernant les conventions sur les changements climatiques de 1992 et le protocole de Kyoto, qu'ont refusé de le ratifier.
2005	COP11	Montréal	Canada	- L'entrée en vigueur du protocole de Kyoto visant la réduction des émissions de GES des pays industrialisée au cours de 2008- 2012 ; par rapport à 1990; - Mise en place de la Première Conférences des Parties au Protocole de Kyoto (COP-MOP1), 36 pays industrialisés doivent réduire de 5,2% en moyenne leurs émissions de GES ; - La nécessité d'établir des inventaires d'émissions polluantes par les pays en développement ratifiant le protocole ; - Prise de décision de négocier un prolongement de Protocole de Kyoto au-delà de 2012.
2006	COP12	Nairobi	Kenya	- Prémisses pour l'élaboration d'un nouvel accord permettant aussi de régler les tout derniers détails du Protocole de Kyoto; - Mise en œuvre du Mécanisme de Développement Propre (MDP) afin de soutenir les pays en développement ; - Aide l'Afrique à obtenir des fonds pour des énergies propres.
2007	COP13	Bali	Indonésie	- Discussion sur l'après Kyoto, avec le rapport du GIEC, et la volonté des pays d'aller de l'avant ; - Mise en place d'un plan d'actions qui définit les paramètres de négociations pour un nouvel accord espéré lors de la COP15 à Copenhague.
2008	COP14	Poznań	Pologne	- Élaboration d'un calendrier de négociations en vue de Copenhague; - Création d'un fonds d'aide aux pays pauvres menacés par les conséquences du réchauffement.
2009	COP15	Copenhague	Danemark	- Mise en place de Plusieurs réunions de négociations afin d'essayer de trouver un accord fort qui continuera l'effort du Protocole de Kyoto ; - Engagement des pays pour limiter le réchauffement climatique à 2°C, mais sans fixer d'objectifs contraignants pour y parvenir.
2010	COP16	Cancún	Mexique	- Mise en place des moyens pour parvenir à la fin de 2010 sur un accord juridiquement contraignant, qui concerne 4 domaines : • Les actions contre le réchauffement climatique ; • Le transfert de technologies propres des pays riches vers les pays pauvres ; • La réduction des émissions de CO_2 du fait de la déforestation ; • La création d'un nouveau fonds pour assurer le financement des opérations à long terme.
2011	COP17	Durban	Afrique du Sud	- Aboutissement à un accord international juridiquement contraignant impliquant la Chine et les USA ; - Mise en place de l'accord de Durban portant sur : • L'engagement concernant la période 2013-2017 pour la mise en œuvre du Protocole de Kyoto ; • L'adoption de la plateforme de Durban pour dynamiser l'action ; • La mise en place d'un fonds vert du climat ; • La création d'un régime spécifique de prise en compte des projets de captage et de stockage de carbone au titre des mécanismes de développement propre.
2012	COP18	Doha	Qatar	- Prolongement du Protocole de Kyoto sur la période 2013- 2020, qui prévoit pour les pays engagés une réduction moyenne de 18% de leurs émissions par rapport à 1990.
2013	COP19	Varsovie	Pologne	- Orientations des pays du Nord et du Sud vers des contributions réelles pour lutter contre les changements climatiques d'ici 2015.
2014	COP20	Lima	Pérou	- Discussions avec le Fonds vert pour le climat afin de déterminer comment les pays peuvent être soutenus dans leurs actions au niveau national ; - Création du NAP Global Network ; - Reconduction pour deux ans du comité exécutif du mécanisme international de Varsovie sur les pertes et préjudices, avec une représentation alternée entre pays développés et non développés ; - Lancement d'un nouveau portail *Nazca Climate Action Portal* par le gouvernement Péruvien afin de renforcer la visibilité sur l'état des finances des plans d'actions des villes, régions, entreprises et investisseurs ; - Aboutissement à un texte ambitieux qui serve de base pour l'adoption d'un nouvel accord climatique lors de la COP 21 ; - Préparation des négociations de 2015 qui doivent se conclure par un accord à Paris.
2015	COP21	Paris	France	- Adoption d'un accord historique permettant de remplacer le prolongement du protocole de Kyoto, et ce dès 2020 ; - Engagement des pays signataires à limiter l'augmentation de la température à 2°C voire d'aller vers l'objectif de 1,5° C par rapport à l'ère préindustrielle, et à publier leurs propres objectifs de réductions des émissions de gaz à effet de serre.

[8]Un protocole contraignant visant à encadrer les émissions de CO_2 de plus d'une centaine de pays.

				L'Accord contient : • Des engagements de la part de chaque pays pour réduire les GES ; • Des règles pour contrôler les efforts entrepris ; • Des solutions pour financer durablement la lutte et l'adaptation au changement climatique des pays en voie de développement (Fonds vert pour le climat : 100 milliards de dollars par an à partir de 2020) ; • Un agenda des solutions regroupant les initiatives des acteurs non gouvernementaux.
2016	COP22	Marrakech	Maroc	- Application de l'Accord de Paris et la révision à la hausse tous les 5 ans des engagements nationaux ; - Avancement de deux ans de la rédaction du « manuel d'opération ». Celui-ci était prévu pour 2020 mais il sera finalement rédigé pour 2018 ; - Confirmation des pays riches de leur souhait de rassembler la somme de 100 milliards de dollars d'ici 2020 afin d'aider les pays développés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre ; - Approbation de deux plans d'aide financière pour le Libéria et le Népal par le Fonds vert pour le climat , 2,2 millions de dollars pour l'un et 2,9 millions de dollars pour l'autre afin de les aider à mettre en place des projets pour lutter contre les effets du changement climatique ; - Adoption de nouveaux outils d'évaluation sur les villes, l'énergie, l'eau, les transports, etc. ; - Ratification de l'Accord de Paris par 11 nouveaux pays dont deux pays du G7 : le Canada et le Royaume-Uni.
2017	COP23	Bonn	Allemagne	- Progression dans la mise en œuvre de l'Accord de Paris ; - Adoption d'un plan de travail pour 2018 tout en intégrant dans les négociations climatiques l'agriculture et la sécurité alimentaire ; - Confirmation de l'attachement des pays au processus de l'ONU pour le climat, malgré l'intention des États-Unis de se retirer de l'Accord de Paris ; - Participation des États-Unis aux négociations climatiques, malgré l'annonce du retrait du pays annoncé par Donald Trump le 2 juin 2017. Ils s'y sont faits remarqué pour avoir pris la défense des énergies fossiles.
2018	COP24	Katowice	Pologne	- Aboutissement des négociations sur les règles d'application de l'Accord de Paris; - Renforcement des engagements des pays afin de limiter la hausse des températures à 2°C ; - Refus de quelques pays pétroliers de reconnaître les conclusions du dernier rapport de GIEC ; - Adoption d'un « plan d'action de Katowice pour la transition juste » ; - Création des lignes directrices pour les politiques climatiques des différents pays ; - Promesse de financement de 1,5 milliard et 500 millions de dollars pour le Fonds Vert respectivement par l'Allemagne et la Norvège ; - Mobilisation pour le changement climatique des acteurs non-étatiques (ONG, villes, entreprises, scientifiques).
2019	COP25	Madrid	Espagne	- Échec de la COP 25 : les différentes parties n'ont pas réussi à s'accorder sur un consensus de réduction des émissions des GES et sur les règles des marchés carbone internationaux, qui avaient été inscrites dans le texte de l'Accord de Paris (Lors de la COP 21) ; - Appel aux pays afin d'être plus ambitieux et de soutenir fermement la science ; - Encouragement du secteur privé afin d'accélérer ses efforts pour affronter la crise climatique.
2020	COP26	Glasgow	Royaume-Uni	- En raison de la COVID-19, la COP26 a été reportée et aura lieu en 2021.
2021	COP26	Glasgow	Royaume-Uni	- Appel aux pays développés de tenir de manière urgente leur promesse de financements pour aider les pays en développement à lutter contre les changements climatiques ; - Pour la première fois, les nations sont invitées à réduire progressivement l'utilisation du charbon et les subventions inefficaces accordées aux combustibles fossiles ; - Adoption de l'engagement mondial concernant le méthane ; - Finalisation des règles d'application de l'Accord de Paris ; - Limitation de l'augmentation de la température moyenne à 1,5 °C ; - Réduction de 45 % les émissions de CO2 d'ici 2030 par rapport aux émissions de l'année 2010 ; - Engagement pour atteindre la neutralité carbone en 2050 ; - Adoption du Pacte de Glasgow[9]pour le climat.
2022	COP27	Sharm-El Sheikh	Egypte	- Débordement du calendrier prévu, la COP27 s'est terminé le 20 Novembre 2022 au lieu de 18 Novembre 2022; - Appel à une réduction rapide des émissions de GES sans nouvelles ambitions par rapport aux COPs précédentes; - Création d'un fonds " pertes et dommages" pour aider les pays en développement les plus vulnérables aux impacts du changement climatique[10], sans renforcer les efforts pour lutter contre les émissions de gaz à effet de serre qui en sont responsables; - Maintien de l'objectif de limitation du réchauffement climatique à 1,5°C; - Aucun engagement d'élimination progressive des combustibles fossiles ou de réduction progressive du pétrole et du gaz n'a été adopté; - Nécessité d'une "transformation" du système financier mondial afin de rassembler les 4 billions de dollars, estimés par an, nécessaires pour une économie à faible émission de carbone.
2023	COP28	Dubaï	Émirats Arabes Unis	- Évaluation des avancées mondiales quant à la mise en œuvre des objectifs de l'Accord de Paris 2015; - Approbation d'un compromis appelant à la transition hors des énergies fossiles en vue d'atteindre la neutralité carbone en 2050; - Inclusion inédite de toutes les énergies fossiles dans un texte de la COP; - Triplement des capacités d'énergies renouvelables d'ici 2030; - Doublement du rythme d'amélioration de l'efficacité énergétique d'ici à 2030; - Mise en œuvre d'un fonds de compensation pour les "pertes et dommages "subis par les pays vulnérables face aux désastres climatiques.
2024	COP29	Bakou	Azerbaïdjan	- Adoption d'un nouvel objectif financier pour l'action climatique, visant à tripler le financement destiné aux pays en développement, avec une augmentation de 100 milliards à 300 milliards de dollars par an d'ici 2035; - Obtention d'un accord sur les marchés du carbone; - Obligation pour tous les pays de soumettre, l'année prochaine, des contributions déterminées au niveau national (CDN) plus ambitieuses, couvrant l'ensemble des gaz à effet de serre et des secteurs, afin de maintenir l'objectif de limitation du réchauffement à 1,5°C.

Source : Adapter par l'Auteur d'après Tabet-Aoul, 2014a, ANCC, APC-Paris , CCNUCC.

[9] Pacte de Glasgow pour le climat adopté par les nations le 13 Novembre 2021, lors de la COP 26, vise à faire des années 2020 une décennie d'action et de soutien en faveur du climat. Il s'agit d'un paquet de décisions comprenant une série de points convenus, notamment le renforcement des efforts visant à renforcer la résilience face aux changements climatiques, à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à fournir les financements nécessaires à ces deux fins.

[10]Les pays qui seront prioritaires pour recevoir l'argent n'ont toujours pas été finalisés et devront être élaborés au cours des deux prochaines années.

Conclusion

À Travers l'exploration détaillée du réchauffement climatique et les gaz à effet de serre, ce chapitre a mis en lumière les mécanismes qui sous-tendent ces phénomènes. La structure de l'atmosphère et ses composantes, essentielles à la régulation thermique de la planète, sont fortement perturbées par une augmentation des concentrations de GES, Ce déséquilibre, amplifié par l'effet de serre additionnel, modifie le cycle naturel du carbone, entraînant des conséquences écologiques et climatiques importantes.

La perturbation du cycle du carbone souligne le lourd impact des activités anthropiques sur le système naturel et le **besoin urgent** de stratégies d'atténuation. En réponse à ces défis, ces dernières décennies ont vu une intensification des efforts mondiaux pour limiter les émissions de GES, notamment à travers des accords tels que le Protocole de Kyoto et l'Accord de Paris. Cependant, malgré des avancées significatives, les engagements actuels restent insuffisants pour contenir le réchauffement sous le seuil critique de 1,5°C. Des conférences de parties, organisées annuellement, nécessitent un engagement plus contraignant de la part des nations et une mise en œuvre **rigoureuses** des politiques climatiques. Bien que cette mobilisation internationale soit importante, son efficacité dépend de la mise en place des actions **locales cohérentes** et **concertées** et de l'adoption des **politiques intégrées**. Ces efforts **conjoints** sont nécessaires pour prévenir les scénarios climatiques les plus catastrophiques et garantir un **avenir résilient** aux générations futures. Ce qui sera approfondi dans les chapitres suivants du présent manuscrit.

CHAPITRE III

ÉMISSIONS URBAINES DES GAZ A EFFET DE SERRE ET LEVIERS D'ACTION

Introduction

Comme discuté dans le chapitre précédent, les activités anthropiques perturbent **profondément** le cycle du carbone et le fonctionnement naturel de l'effet de serre, contribuant ainsi au réchauffement climatique. Aujourd'hui, les zones urbaines sont au cœur de la problématique des émissions GES, en raison de leur densité et leurs activités intensives. Ce chapitre a pour but de comprendre les différentes sources des émissions de GES et d'identifier les leviers d'action permettant leur réduction. Dans un premier temps, nous exposerons la contribution des environnements urbains au réchauffement climatique et la répercussion de ce phénomène sur ces milieux. Ensuite, nous aborderons les sources et l'ampleur des émissions urbaines de GES, ainsi que les facteurs qui les influencent. Enfin, nous présenterons les mesures d'atténuation envisageables, en illustrant ces propositions par des retours d'expériences issus de la mise en œuvre de mesure de réduction des émissions de GES dans diverses villes.

3.1 Contribution des zones urbaines au réchauffement climatiques

Sur une toute petite étendue, représentant 2% de la surface de la Terre, vit plus de la moitié de la population mondiale, soit 55,3% en 2018 (UN, 2018) et y produite la plus grande partie de richesses, biens et activités. Ces concentrations urbaines engendrent des problématiques, des dysfonctionnements et de nouveaux défis : gaspillage, déchets, pollutions, demande accrue en énergie ; eau ; transport, etc. (Beddiar et *al*., 2015).

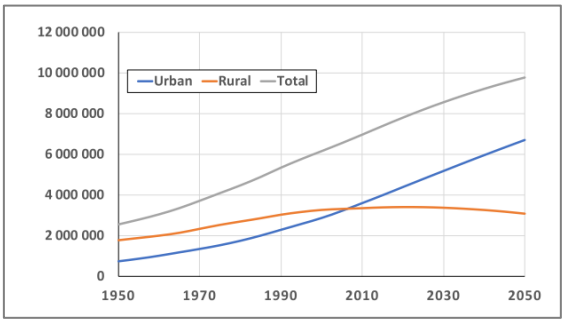


Figure 3.1 Évolution des populations urbaines et rurales mondiale.
Source : UN- Habitat, 2018.

Le Programme des Nations-Unies pour l'Environnement (PNUE) affirme que les milieux urbains génèrent plus de 50 % des déchets produits à l'échelle planétaire,

consomment entre 67 % et 76 % de l'énergie mondiale et sont à l'origine de 60 % à 80 % des émissions de GES qui réchauffent le climat (unep.org, IPCC, 2014). Selon la déclaration de la Banque Mondiale, il est probable que cette tendance s'accentue à l'avenir, avec l'augmentation de la population dans les villes et l'accélération de l'urbanisation, en particulier dans les pays en voie de développement (en Afrique et en Asie) (GCF, 2018).

Les zones urbaines sont donc un moteur majeur des émissions de GES. Une série d'activités associées aux villes et à leur fonctionnement contribuent directement à ces émissions, à savoir : La production de l'énergie, l'industrie, les transports, l'agriculture, l'habitat, les commerces et les services (UN-Habitat, 2013, Janicot et *al*., 2015) (Détails section II.3). En outre, les centres urbains ont besoin de nourriture, d'eau et de biens de consommation dont la production peut entrainer des émissions de GES en dehors des villes (UN-Habitat, 2013).

En revanche, des arguments ont été avancés contre le fait de blâmer la grande responsabilité des villes au réchauffement climatique. En effet, ces chercheurs voient que la plupart des émissions de GES, notamment celles liées à la production de l'électricité peuvent se produire en dehors des limites législatives des villes, et que la vie urbaine est plus efficace sur le plan environnemental que la vie suburbaine et rurale à des niveaux de richesses similaires (Dodman, 2009).

Le conflit entre ces deux perspectives représente la différence entre l'attribution des GES basée sur la production et la consommation ; c'est-à-dire si les émissions sont la « responsabilité » de ceux qui les produisent directement ou de ceux dont la consommation entraîne leur production. En conséquence, afin d'évaluer le niveau de « responsabilité » en matière de changement climatique qui devrait être attribuée aux villes, il est important de considérer le rôle fondamental de la ville moderne dans un contexte mondial, à savoir que les villes sont des pôles d'innovation, de culture et d'économie qui dépendent d'un flux constant de ressources, d'idées, d'argent et de personnes. Les villes ne sont pas des entités autosuffisantes et l'impact de leurs activités s'étend bien au-delà de leurs frontières législatives. Les villes sont le système le plus complexe créé par l'humanité.

De nombreuses activités rurales desservent les clients urbains avec leur pouvoir d'achat plus élevé, par exemple les produits agricoles et forestiers et l'extraction des ressources primaires telles que les minéraux et les hydrocarbures. De nombreuses industries à fortes émissions situées en dehors des villes, telles que la production

d'électricité à partir de combustibles fossiles, n'existeraient pas sans les résidents urbains. Les émissions de ces sources rurales ne peuvent donc être considérées isolément : dans une perspective de consommation, elles relèvent de la responsabilité des villes qu'elles desservent. Une vision plus précise serait que les émissions de GES sont le sous-produit des modes de vie typiques des citoyens plus aisés, dont la plupart vivent dans des zones urbaines (Hoornweg et *al*., 2011).

Les villes riches dites consommatrices, telles que Londres, Paris, New York, Toronto et Sydney, n'abritent plus de grandes industries et ont donc fortement réduit leurs émissions de GES au niveau local. Cependant, en incluant les émissions liées à leur consommation de biens et de services, les émissions totales de ces villes augmentent fortement. Rapportées par habitant, elles sont parmi les plus élevées au monde. De leur côté, les villes dites productrices, qui se trouvent en Inde, au Pakistan ou au Bangladesh génèrent énormément de pollution et d'émissions de GES lors de la fabrication de produits qui sont ensuite vendus et consommés en Europe et en Amérique du Nord (Leahy, 2018).

D’autre part, les milieux urbains sont en grande partie responsables au réchauffement climatique (Betsill, 2001; Grimm et *al*., 2008; Kamal-Chaoui et Alexis, 2009) par la modification du climat local et la formation des îlots de chaleur urbains[11],et ce à cause de (Aida et Gotoh, 1982; Yamashita et *al*.,1986; Oke, 1988; Taha et *al*., 1988; Escourrou, 1991; Rosenfeld et *al*., 1995; Alkama et *al*., 2001; Alkama, 2005; Ali Toudert, 2005; Giridharan et *al*., 2007; Colombert, 2008; Lemonsu et *al*., 2015; Terrin, 2015):

- La minéralisation et l’imperméabilisation des sols ;
- La limitation des parcs, des espaces verts et des plans d’eau ;
- La forme urbaine ;
- La compacité et la densité accrue des tissus bâtis ;
- La configuration des rues formant des canyons emprisonnant la chaleur ;
- L’usage des matériaux peu réfléchissants ;
- L’augmentation des activités liées à l’habitat, aux services, à l’industrie et à la circulation automobile émettrices de GES et de pollution ;
- L’utilisation intense des technologies générant de la chaleur: chauffage, climatisation, éclairage,… ;
- …

[11] Ce phénomène est défini par une hausse de la température dans les parties densément bâties de la ville par rapport à sa périphérie végétalisée.

Le premier qui a constaté les effets des îlots de chaleur urbains, sans nommer le phénomène, est Luke Howard dans son livre « *Climate of London*» paru en 1818 (Grimmond , 2011). A partir des années cinquante, des recherches ont été initiées afin de cerner l'effet de l'urbanisation sur le climat, tel que : H. Emonds sur Bonn en 1954, T.J. Chandler en 1961 sur Londres, R.D. Bornstein en 1968 sur New York, J.F. Clarke en 1969 sur Cincinnati (États-Unis) , T.R. Oke en 1973 sur l'Amérique du Nord, Dettwiller et d'Escourrou (1970 à 1986) sur Paris. Ultérieurement, de nombreuses villes à travers le monde prennent conscience et commencent à mobiliser les compétences, afin d'étudier l'îlot de chaleur urbain et d'échanger les expériences innovantes. Citant à titre d'exemple : Montréal, Québec, Barcelone, Grand Lyon, Paris, Toulouse, Vienne, Nantes, Rennes, Rome, Stuttgart, Mexico, etc. (Escourrou, 1991 ; Terrin, 2015).

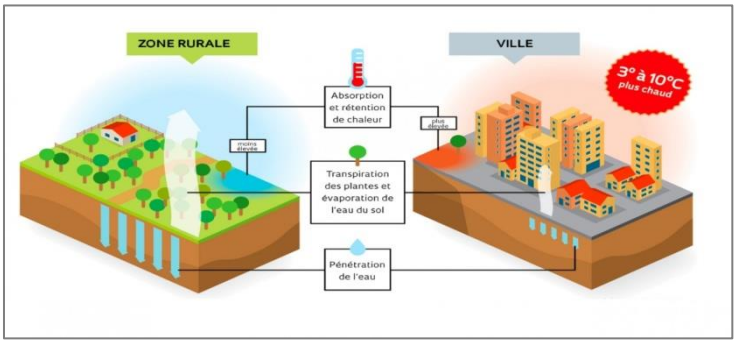


Figure 3.2 Formation de l'îlot de chaleur urbain.
Source : Compagnie du paysage, 2020.

L'ensemble de ces études et autres montrent que ce réchauffement urbain est un phénomène épisodique. Son apparition nécessite la conjonction d'un certain nombre de paramètres météorologiques (Vent faible maximum 2 à 3 m/s et ciel dégagé). La période favorable pour son émergence est juillet –Août, mais quelquefois elle débute dès le printemps et se prolonge parfois jusqu'au début de l'automne (Givoni , 1998; Cantat, 2004; Dahech, 2007).

3.2 Impacts du réchauffement climatique sur les zones urbaines

Les villes sont responsables et aussi victimes du réchauffement climatique (Escourrou, 1991 ; UN-Habitat, 2011; IPCC, 2014; Zhou et *al*., 2015; Esch et *al*., 2017; Berezowska-Azzag, 2016). Les projections climatiques prévoient une augmentation des risques liés au réchauffement climatique sur les villes et ses habitants, quel que soit le scénario d'émission de gaz à effet de serre retenu (IPCC, 2022). Ces risques dépendent de

l'emplacement géographique, des caractéristiques et de la capacité d'adaptation des villes (UN-Habitat, 2011).

En effet, le réchauffement climatique renforce la probabilité et l'intensité des phénomènes climatiques et météorologiques extrêmes : Inondations, précipitations intenses, vague de chaleur, sécheresse, montée des eaux (UN-Habitat, 2011). Il provoque par conséquent de nombreux effets néfastes sur l'environnement urbain ; en entraînant des enjeux sanitaires, écologiques, environnementaux, énergétiques, sociaux et économiques, en modifiant le confort thermique des habitant et en changeant leurs modes de vies (UN-Habitat, 2011, GIEC, 2014, Berezowska-Azzag, 2016).

3.2.1 Impacts sur les écosystèmes

Le réchauffement climatique perturbe les équilibres écologiques et menace la biodiversité. En fait, selon la Convention sur la Diversité Biologique (CDB, 2007) les écosystèmes naturels connaissent :

- Des changements dans la répartition ;
- Des changements dans les périodes de reproduction ;
- Des extinctions accrues, 20 à 30% des espèces animales et végétales sont menacées d'extinction (Ministère de la Transition écologique, 2017). Ainsi plus de 20% des espèces de poissons d'eau douce ont disparu (CDB, 2007).

La capacité des espèces à faire face aux effets du réchauffement climatique dépend de : (i) Leur exposition à cette menace, (ii) Leurs traits biologiques et écologiques permettant de survivre face aux changements thermiques et (iii) Les caractéristiques des habitats offrant les conditions favorables à leur survie (CNRS, 2020). Cependant, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité de plusieurs types d'évènements météorologiques extrêmes (canicules, fortes précipitations, sécheresses, …) cause des impacts irréversibles en poussant les systèmes naturels au-delà de leur limite d'adaptation (IPCC, 2022).

Dans son deuxième volume du sixième rapport relatif aux impacts, adaptations et vulnérabilité au changement climatique, paru en février 2022, Le GIEC déclare qu'au- delà du seuil de 2°C, les risques de disparition, d'extinction et d'effondrement des écosystèmes s'intensifient rapidement. Il confirme également qu'un réchauffement extrême global dépassant 5,2°C pourrait causer une extinction de masse des espèces marines.

Ces impacts du réchauffement climatique interagissent avec les pressions issues des activités humaines rendant les écosystèmes vulnérables (IPCC, 2022). Dans le même volume du rapport, le GIEC appelle ainsi à ce que 30 à 50% des espaces marins et terrestres soient protégés afin de conserver les écosystèmes et de garantir les services écosystémiques essentiels, tout en rappelant que la dégradation des écosystèmes aggrave notre propre vulnérabilité face au changement climatique.

À partir de 2040, les écosystèmes feront face à des risques d'extinction croissants à mesure que le réchauffement s'aggrave. Les espèces endémiques sont parmi les plus menacées. Leurs extinctions pourraient être multipliées par 10 entre un réchauffement mondial de +1,5°C et de +3°C (IPCC, 2022).

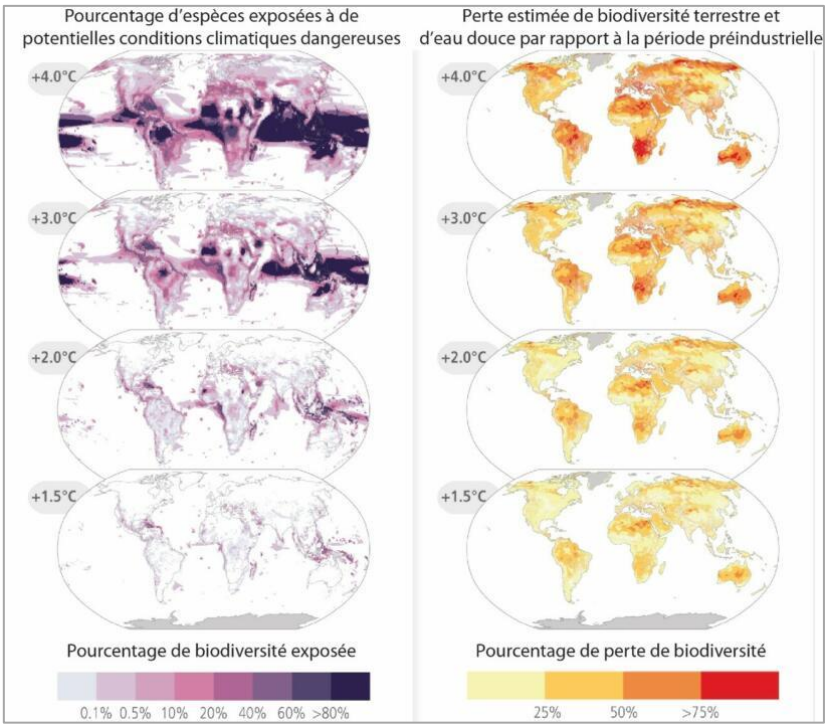


Figure 3.3 Risques pour les écosystèmes à différents niveaux de réchauffement.
Source : IPCC, 2022.

3.2.2 Impacts sur le développement économique

Le réchauffement climatique influe de différentes manières sur des nombreuses activités des villes, notamment l'industrie manufacturière, les échanges commerciaux, le tourisme et le secteur des assurances (UN-Habitat, 2011).

a) Sur le secteur industriel :

- **Impacts directs :** Endommagement des bâtiments, des infrastructures et d'autres biens, particulièrement les installations

industrielles implantées dans des zones vulnérables, comme les zones côtières et les plaines inondables.

- **Impacts indirects :** Retards, coûts plus élevés, annulations et interruptions de services dus aux aléas climatiques dans les transports, les systèmes de communication et les réseaux d'approvisionnement.

b) Sur les services commerciaux et de vente:

Perturbations de la chaîne logistique, des réseaux d'approvisionnement et de transport.

c) Sur le secteur du tourisme et des services associés :

Changement de la répartition des températures entre les régions entraîne : la modification des offres de villégiatures saisonnières et les infrastructures touristiques, la perturbation des réseaux de transport et l'élévation du niveau de la mer dans les zones côtières, notamment dans les pays insulaires.

d) Sur le secteur des assurances :

Augmentation des demandes de couverture et réduction en même temps de l'assurabilité des risques. En fait, si les sinistres rares mais catastrophiques se multiplient à l'avenir, une augmentation considérable des frais d'assurance est à prévoir. Les incertitudes quant à la possible multiplication des sinistres extrêmement graves à l'avenir devraient se répercuter de plus en plus lourdement sur les primes d'assurance.

3.2.3 Impacts sur la sécurité alimentaire et ressources en eau

Le réchauffement climatique provoque une baisse de la production alimentaire dans certains pays à cause de :

- L’augmentation de la fréquence et de la sévérité des sécheresses, des inondations et des vagues de chaleur ;
- L'élévation des températures ;
- La modification du régime des précipitations ;
- La montée du niveau de la mer ;
- La détérioration de la qualité des sols ;
- Le développement de maladies ;

- La perte de biomasse.

Ces causes vont contribuer par conséquent à la perte de la production de nourriture. Les régions ne possédant pas ou peu d'options d'adaptation telles que l'Afrique sub-saharienne, l'Asie du Sud, l'Amérique Centrale et du Sud connaîtront probablement des risques élevés de malnutrition (UN-Habitat, 2011 ; IPCC, 2022).

Par ailleurs, l'urbanisation et l'accroissement démographique pèseront sur la production alimentaire et les ressources en eau. Les villes auront besoin de plus de place pour s'étendre et, en même temps, la demande en eau et en nourriture augmentera vraisemblablement dans ces zones urbaines en extension. La demande accrue en eau et la nécessité d'irriguer les terrains agricoles réduisent les réserves des nappes souterraines (UN-Habitat, 2011 ; IPCC, 2022).

En addition, le réchauffement planétaire impacte les ressources en eau en posant de nombreux défis quant à leur gestion. Par exemple, à +2°C, la quantité d'eau disponible pour l'irrigation issue de la fonte des neiges pourrait diminuer jusqu'à 20% dans certaines régions. À +4°C, 10% des régions terrestres dans le monde pourraient faire face à des variations extrêmes des débits de rivières (IPCC, 2022).

3.2.4 Impacts sur la santé

Le réchauffement climatique entraîne des effets négatifs sur la santé publique dans les zones urbaines. Ces effets vont augmenter quel que soit le scénario sans mesure d'adaptation et aggraver par la pauvreté, déclare le GIEC dans son dernier rapport publié en 2022. Il signale que le risque de la dengue, par exemple, pourrait toucher une plus grande surface du globe et mettre des milliards d'habitants en danger d'ici la fin du siècle (IPCC, 2022).

Certains événements météorologiques, tels que: l'augmentation des températures, les fortes précipitations, l'humidité et l'élévation du niveau des mers peuvent avoir des répercussions sur la propagation, le cycle de vie et la vitesse de transmission de certaines maladies infectieuses. En cas d'inondations par exemple, des contaminants ou des agents pathogènes peuvent s'introduire dans les sources d'approvisionnement en eau et augmenter l'incidence de certaines maladies respiratoires ou diarrhéiques, dans les pays développés eten voie de développement (UN-Habitat, 2011 ; IPCC, 2022).

L’exposition aux vagues de chaleur va croître avec l’intensification des journées caniculaires observée ces dernières années. Sous l'effet combiné de l'accroissement des populations urbaines, de l'augmentation des températures et du rapide vieillissement des sociétés, la mortalité liée à la chaleur risque de s'aggraver à l'avenir (IPCC, 2022). On rappelle les vagues de chaleur de 2003 frappant l’Europe, qui ont causé plus de 70 000 décès sur une période de quatre (04) mois (Le Monde, 2007). Des études menées sur le territoire européen confirment que l’accroissement de la température d’un degré au-dessus de 30°C dans les villes du Sud de l’Europe augmente de 4,7% les risques de mortalité. En outre, les villes du Nord européen ne sont pas épargnées. Des recherches suédoises ont montré qu’une augmentation de température au-dessus de 23°C, pendant deux (02) jours consécutifs, a également un impact sur les taux de mortalité (Terrin, 2015).

3.2.5 Impacts sur les sociétés

Les impacts du réchauffement climatique accentuent les inégalités entre sexes et entre origines ethniques en frappant généralement plus lourdement les minorités pauvres et les femmes pauvres que les autres catégories de la population. Les groupes marginalisés payent le plus lourd tribut du changement climatique, ce qui les empêche de sortir de la pauvreté qui les rend encore plus vulnérables face aux changements à venir.

Le réchauffement climatique est reconnu comme un phénomène amplifiant les inégalités socio-économiques, ses impacts variant selon le niveau de richesse et l'accès aux ressources des individus et des groupes de population. De manière générale, les ménages à faibles revenus, tant dans les pays développés que dans ceux en développement, sont les plus vulnérables aux effets du dérèglement climatique, en raison de la faiblesse de leurs actifs et de leur capacité limitée à faire face aux crises. Plusieurs études portant sur les conséquences des événements météorologiques extrêmes en milieu urbain révèlent que les populations les plus gravement affectées, qu'il s'agisse des pertes humaines, des blessures graves ou des dommages matériels, appartiennent majoritairement aux catégories sociales à faibles revenus. De plus, suite à une catastrophe naturelle, les foyers les plus pauvres n'ont généralement pas de solution pour atténuer les dégâts subis (pas d'accès aux soins, impossibilité de réparer les dégâts matériels, pas d'accès aux réseaux de communication, à la nourriture ou à l'eau). Et en l'absence d'une aide appropriée, ces populations pauvres sacrifient généralement l'alimentation de leur famille, l'éducation de leurs enfants ou le peu

qu'il leur reste pour pouvoir couvrir leurs besoins élémentaires, ce qui réduit encore un peu plus leurs chances de sortir de la misère (UN-Habitat, 2011).

3.2.6 Impacts sur les infrastructures

Le réchauffement climatique a des effets directs sur les infrastructures physiques d'une ville. Les structures résidentielles et commerciales, les différents réseaux et infrastructures de transport, les réseaux d'assainissement et d'approvisionnement énergétique peuvent subir des dommages en raison de l'intensification des précipitations extrêmes, des inondations, des sécheresses et des glissements de terrain, compromettant ainsi le bon fonctionnement de la ville, son habitabilité et le bien-être de ses résidants. Ces impacts seront particulièrement lourds sur les zones côtières de faible altitude, où sont implantées de très nombreuses villes parmi les plus grandes au monde et y habitées environ 13 % de la population urbaine mondiale.

En outre, Les systèmes d'eau peuvent être touchés de diverses manières. Par exemple, l'intrusion d'eau salée peut compromettre la qualité de l'approvisionnement en eau. Les infrastructures d'approvisionnement en eau doivent également être en mesure de résister aux tempêtes et aux inondations, plus fréquentes et intenses dans certaines régions. En fonction des lieux, le régime des précipitations peut entraîner une hausse ou une baisse des approvisionnements en eau. Ainsi, les catastrophes liées au réchauffement climatique pourraient également avoir un impact sur les réseaux d'assainissement des zones urbaines notamment dans les pays en voie de développement (UN-Habitat, 2011 ; IPCC, 2022).

3.2.7 Impacts sur le déplacement de populations

Le réchauffement climatique peut également provoquer le déplacement de populations et accroître les mouvements migratoires nationaux et internationaux, particulièrement dans les régions très exposées au monté du niveau de la mer ; aux inondations et aux sécheresses et possédant peu de solutions d'adaptation. En 2008, environ 20 millions d'individus ont dû migrer suite à des catastrophes naturelles soudaines. En moyenne, les prévisions de déplacements dus au réchauffement climatique seront d'environ 200 millions de migrants d'ici 2050.

Il est prouvé qu'en plus du coût humain, les déplacements augmentent les tensions et les conflits au sein des communautés qui accueillent les personnes déplacées, notamment en ce qui concerne l'emploi et les ressources disponibles. En revanche, les populations

pauvres n'ont généralement pas les moyens de fuir, et la perte de leurs biens pendant une catastrophe ne fait que davantage réduire leur capacité à se reloger (UN-Habitat, 2011 ; IPCC, 2022).

Le tableau ci-dessous, établi par UN-Habitat dans son rapport mondial 2011 sur les établissements humains, résume les phénomènes climatiques, leurs degrés de probabilité et les principaux impacts prévus sur les milieux urbains.

Tableau 3.1 Phénomènes climatiques et météorologiques extrêmes et leurs impacts prévisibles sur les zones urbaines.

Phénomènes climatiques	Degré de probabilité	Principaux impacts prévus
Réduction du nombre de jours et de nuits froides	**Quasiment certain**	- Demande énergétique réduite pour le chauffage.
Réchauffement et multiplication des journées chaudes et des nuits chaudes sur la plupart des terres émergées	**Quasiment certain**	- Augmentation de la demande énergétique pour la climatisation.
Augmentation des températures	**Quasiment certain**	- Moins d'interruptions des transports causées par la neige ; impacts sur le tourisme hivernal ; - Modification du permafrost, dégradation des bâtiments et des infrastructures.
Redoux/vagues de chaleur : fréquence en hausse sur la plupart des terres émergées	**Très probable**	- Réduction de la qualité de vie pour les habitants de régions chaudes non équipés de climatiseurs ; impacts sur les populations âgées, très jeunes et pauvres, risques importants de décès ; - Hausse de la consommation énergétique pour la climatisation.
Précipitations intenses : fréquence en hausse dans la plupart des régions	**Très probable**	- Bouleversement des implantations humaines, du commerce, des transports et des sociétés du fait des inondations ; - Nombre important de décès, de blessures; dégradation ou destruction des biens matériels et des infrastructures ; - Hausse du potentiel d'utilisation des eaux de pluie pour la production d'énergie hydraulique dans la plupart des régions.
Augmentation du nombre de régions touchées par des sécheresses	**Probable**	- Pénuries d'eau pour les foyers, les industries et les services ; - Réduction du potentiel de production d'énergie hydraulique ; - Possibilité de migration de la population.
Augmentation de l'activité cyclonique tropicale	**Probable**	- Bouleversement des implantations humaines à cause des inondations et des vents violents ; - Perturbations de l'approvisionnement public en eau ; - Annulation, par les compagnies d'assurance privées, de la couverture des zones vulnérables (du moins dans les pays développés) ; - Nombre important de décès, de blessures; dégradation ou destruction des biens matériels ; - Possibilité de migration de la population.
Multiplication des phénomènes de montée extrême des eaux (hors tsunamis)	**Probable**	- Augmentation des coûts liés à la protection des côtes et aux réaménagements ; - Raréfaction de l'eau douce disponible à cause de l'intrusion saline ; - Nombre important de décès, de blessures; dégradation et destruction des biens matériels etdes infrastructures ; - Possibilité de migration de la population.

Source : UN-Habitat, 2011, adapté par l'Auteur.

3.3 Sources d'émission de gaz à effet de serre dans les zones urbaines

3.3.1 Sources d'émission de gaz à effet de serre dans les zones urbaines par secteur

Selon l'UN-Habitat (2011), les sources d'émission de GES dans les zones urbaines sont liées à la production de l'énergie, aux transports, aux bâtiments, à l'industrie, aux déchets, à l'agriculture et à l'économie forestière.

a) Production d'énergie

Elle représente environ 26 % des émissions mondiales de GES, dues principalement: à l'utilisation de combustibles fossiles pour la production d'électricité, au chauffage, à la climatisation, à la préparation des repas, aux transports et à la production industrielle.

Les villes qui basent essentiellement sur le charbon pour la production de l'électricité sont les principales contributrices aux émissions mondiales de GES, tandis que celles qui utilisent l'énergie nucléaire ou hydroélectrique génèrent moins d'émissions.

Il convient de souligner que les activités d'extraction, de raffinage de l'uranium et de construction des centrales nucléaires engendrent des émissions indirectes de GES. En revanche, le développement d'un large éventail de filières d'énergies renouvelables, incluant les technologies solaires, éoliennes et houlomotrices, constitue une alternative prometteuse pour sécuriser l'approvisionnement énergétique tout en contribuant à la réduction des émissions de GES (UN-Habitat, 2011).

b) Les transports

Ils sont responsables d'environ 13 % des émissions mondiales de GES. Pour les mouvements internes et externes des personnes et des marchandises, les villes dépendent largement de toutes sortes de réseaux de transports. Les trajets effectués en véhicules particuliers influent considérablement sur les émissions de GES générées au sein d'une zone urbaine. Ainsi, la part de la voiture particulière aux émissions de GES varie selon sa taille et son type. En 2011, la planète compte près de1,2 milliards de véhicules particuliers, atteindront 2,6 milliards en 2050, dont la majorité se trouvera dans les pays actuellement en voie de développement. La croissance économique de ces pays pourrait générer une augmentation de l'utilisation des véhicules personnels et, par conséquent, une intensification des problèmes de congestion.

En revanche, l'industrie de l'aviation et le transport maritime, qui représentent respectivement environ 2 % des émissions de GES anthropiques et 10% des énergies utilisées pour les transports, sont exclus des inventaires nationaux (UN-Habitat, 2011).

Tableau 3.2 Émissions de gaz à effet de serre par mode de transport.

Véhicule	Émission de GES par personne par km	Origine du carburant	Remarques
Avion (Trafic intérieur)	**360**	**Pétrole**	Le chiffre est plus faible pour les avions long-courrier (environ 250).
Voiture à essence	**190**	**Pétrole**	Ce chiffre vaut pour une conduite fluide. En ville, l'émission peut être plus élevée de 50%.
Voiture diesel	**160**	**Pétrole**	Idem.
Voiture hybride essence	**120**	**Pétrole**	Les modèles récents ont de meilleures performances.
Voiture hybride diesel	**110**	**Pétrole**	Idem.
Voiture GPL Voiture GNV	**150 à 190**	**Pétrole et gaz naturel**	/
Voiture alimentée par des biocarburants	**10 à 100**	**Betterave, oléagineux**	Ce chiffre tient compte du CO_2 qui est absorbé par les céréales et légumes lorsqu'ils poussent. Il varie en fonction du lieu et du mode de production.
Bus et car	**30 à 90**	**Pétrole**	Selon le cycle urbain ou interurbain.
Voiture à pile combustible	**7 à 222**	**hydrogène**	Le chiffre est très variable suivant le type de production d'hydrogène: Charbon, pétrole, gaz, énergies renouvelables.
Tramway, métro	**10 à 40**	**Électricité**	Chiffre variable selon la production de l'électricité.
Train	**10 à 30**	**Électricité**	En France, ce mode repose en grande partie sur le nucléaire. Le chiffre reste proche même avec de l'électricité issue du pétrole ou du gaz.
Bateau	**20**	**Pétrole**	Pour des bateaux collectifs, type Ferry.
Vélo, Rollers	**Environ 0**	**Humaine**	Les seules émissions proviennent de la fabrication des équipements (vélo, rollers, chaussures) qui sont plus faibles que les mêmes émissions pour l'avion ou tout autre véhicule.

(Les chiffres sont donnés pour des véhicules standards).

Source : RAC-F, 2004 cité par Rabourdin, 2005 et traité par l'Auteur.

c) Les Bâtiments

Les bâtiments commerciaux et résidentiels sont responsables de 8 % des émissions mondiales de GES, qui sont étroitement liées aux consommations d'électricité et aux systèmes de chauffage et de climatisation. La densité résidentielle et le type de combustible

utilisé pour le chauffage et la climatisation influent grandement sur la quantité émise de GES (UN-Habitat, 2011).

d) L'industrie

Elle représente 19 % des émissions mondiales de GES. De nombreuses activités industrielles, telles que la production de fer et d'acier, de métaux non ferreux, de produits chimiques et d'engrais, le raffinage du pétrole, la fabrication de ciment ainsi que la production de pâte à papier et de papier, sont fortement énergivores. Par conséquent, le niveau des émissions de gaz à effet de serre généré par le secteur industriel est étroitement lié à l'implantation géographique de ces activités ainsi qu'à leur échelle de production. (UN-Habitat, 2011).

L'UN-Habitat (2011) déclare également que: « *Au cours des dernières décennies, les modèles industriels ont changé suite à deux événements clés : la recherche par les multinationales d'une plus grande rentabilité et d'une main-d'œuvre moins chère et le succès grandissant des sociétés chinoises, indiennes, brésiliennes -et autres- sur le marché mondial. Les disparités entre les législations environnementales nationales ont également transformé la géographie des implantations industrielles* ».

e) Les déchets

Environ 3% des émissions mondiales de GES proviennent des déchets. Dans les pays en développement qui connaissent une progression du niveau de vie, la génération de déchets a augmenté au cours de ces dernières années. La quantité de déchets générée est liée au nombre d'habitants, au niveau de vie et au niveau d'urbanisation. Les émissions dues aux déchets sont parfois inférieures dans les cités les plus riches bénéficiant d'un potentiel de réduction voire d'élimination totalement des émissions dues aux déchets. En revanche, les variations qui existent entre les pays, en termes d'émissions de GES générées par les déchets, ne dépendent pas uniquement aux différences des modèles de consommation et de production des déchets, mais aussi aux différents modes de gestion de déchets et aux mécanismes de comptabilisation utilisés (UN-Habitat, 2011).

f) L'agriculture et l'économie forestière

Ses émissions représentent 31 % des émissions mondiales de GES. Les zones urbaines affectent les émissions liées à l'agriculture, aux modifications de l'utilisation des sols et à l'économie forestière de deux manières distinctes, à savoir (UN-Habitat, 2011):

1) Le processus d'urbanisation implique parfois des changements directs dans l'utilisation des sols, avec l'incorporation d'anciennes terres agricoles dans les agglomérations. En fait, la tendance mondiale à la banlieusardisation fait que les villes continuent de s'étendre et d'empiéter sur des terres autrefois couvertes de végétation réduisant ainsi leur potentiel d'absorption de CO_2.
2) Les modèles de consommation des populations urbaines de plus en plus riches influencent directement le type d'activités agricoles effectuées. Pour satisfaire leurs besoins, les entreprises, les populations et les institutions implantées en ville exercent une pression considérable sur les forêts, les terres agricoles et les bassins hydrologiques situés en dehors des villes.

De son part, le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) regroupe les catégories d'émissions de GES en cinq principaux secteurs, à savoir : Énergie, Procédés Industriels et Utilisation des Produits (PIUP), agriculture; Foresterie et Autres Affectations des Terres (AFAT), déchets et autres (GIEC, 2006; IPCC, 2019).

1) **Énergie :** Ce secteur regroupe l'ensemble des émissions de GES générées par la combustion des combustibles ainsi que par les rejets fugitifs. En revanche, les émissions associées aux usages non énergétiques des combustibles sont généralement exclues et comptabilisées dans le secteur des procédés industriels et de l'utilisation des produits. (GIEC, 2006).
2) **Procédés industriels et utilisation des produits (PIUP) :** Ce secteur inclut les émissions des GES imputables aux procédés industriels et à l'utilisation des produits. En revanche, la combustion de l'énergie, l'extraction, le traitement, le transport de combustibles, le transport, l'injection et le stockage de CO_2 sont rapportés dans le secteur d'énergie (GIEC, 2006).
3) **Agriculture, foresterie et autres affectations des terres (AFAT) :** Ce secteur regroupe les émissions de GES issues des: terres forestières, terres cultivées, prairies, terres humides, établissements et autres terres, bétails, gestions du fumier, terres gérées, chaulages et à l'application d'urée. Les

méthodes d'estimation des variables de produits ligneux récoltés annuellement sont également couvertes dans cette catégorie (GIEC, 2006).

4) **Déchets :** Ce secteur inclut les émissions de GES provenant de: l'évacuation des déchets solides, le traitement biologique des déchets solides, l'incinération et la combustion à l'air libre des déchets ainsi que le traitement et le rejet des eaux usées (GIEC, 2006).
5) **Autres :** Il regroupe les émissions indirectes du dioxyde d'azote (N_2O) provenant du dépôt atmosphérique d'azote dans les oxydes d'azote (NO_x) et l'ammoniac (NH_3). Ainsi, il pourrait être utilisé exceptionnellement pour toute catégorie ne pouvant être rapportée dans les catégories des secteurs ci-dessus, tout en introduisant une référence qui précise et explique cette catégorie (GIEC, 2006).

3.3.2 Sources d'émission de gaz à effet de serre dans les zones urbaines par scope

World Resources Institute (WRI), C40 *Cities Climate Leadership Group* (C40) et *Local Governments for Sustainability* (ICLEI) (2014) ainsi que l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME, 2016) identifient deux types de sources d'émissions de GES, soit les sources directes et les sources indirectes, classées en 3 catégories (scopes[12]), à savoir :

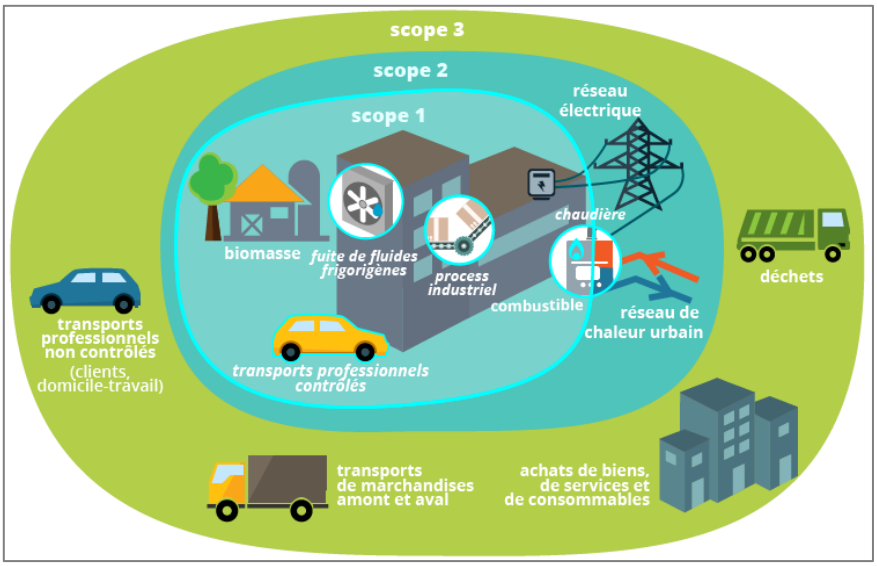


Figure 3.4 Illustration du périmètre des scopes du bilan de Gaz à Effet de Serre
Source : BHC energy.

[12] Le scope désigne le périmètre au sein duquel sont étudiées les émissions de GES d'un territoire, d'une organisation ou d'un produit en question.

a) Scope 1 : émissions directes (et amont des combustibles)

C'est le périmètre le plus restreint de calcul des émissions de GES. Il regroupe les émissions de GES physiquement produites par une activité (ADEME, 2016) provenant des sources situées à l'intérieur des limites de la ville (WRI, C40 et ICLEI, 2014).

En effet, il s'agit des émissions directement liées à la fabrication d'un produit: la combustion d'un combustible, les émissions de processus, les fuites de gaz fluorés sans négliger les facteurs d'émission liés à la mise à disposition du combustible, les étapes d'extraction, de processus de transformation, de transport et de distribution du combustible.

La définition officielle et institutionnelle du scope 1 donnée par l'ADEME :

« Les émissions directes provenant des installations fixes ou mobiles situées à l'intérieur du périmètre organisationnel, c'est-à-dire émissions provenant des sources détenues ou contrôlées par l'organisme comme par exemple : combustion des sources fixes et mobiles, procédés industriels hors combustion, émissions des ruminants, biogaz des centres d'enfouissements techniques, fuites de fluides frigorigènes, fertilisation azotée, biomasses… » (Youmatter, 2016).

b) Scope 2 : émissions indirectes - énergie

Elles correspondent à la consommation d'une énergie finale dont les émissions ne sont pas émises sur le lieu de consommation, mais de production (ADEME, 2016). Ces émissions se produisent en conséquence de l'utilisation de l'électricité fournie par le réseau, de la chaleur, de la vapeur ou du refroidissement à l'intérieur des limites de la ville (WRI, C40 et ICLEI, 2014).

La définition officielle et institutionnelle du scope 2 donnée par l'ADEME :

« Les émissions indirectes associées à la production d'électricité, de chaleur ou de vapeur importée pour les activités de l'organisation » (Youmatter, 2016).

c) Scope 3 : émissions indirectes - autres

C'est le périmètre le plus large de calcul des émissions de GES, il regroupe l'ensemble des émissions dont les sources sont en dehors du périmètre de la ville mais qui sont nécessaires à son activité (ADEME, 2016). Il inclue toutes les émissions de GES indirectes qui ne sont pas prises en compte dans les scopes 1 et 2 correspondants aux émissions issues du cycle de vie.

La définition officielle et institutionnelle du scope 3 donnée par l'ADEME :

« Le scope 3 regroupe : *les autres émissions indirectement produites par les activités de l'organisation qui ne sont pas comptabilisées au scope 2 mais qui sont liées à la chaîne de valeur complète comme par exemple : l'achat de matières premières, de services ou autres produits, déplacements des salariés, transport amont et aval des marchandises, gestions des déchets générés par les activités de l'organisme, utilisation et fin de vie des produits et services vendus, immobilisation des biens et équipements de productions…»* (Youmatter, 2016).

L'ensemble des sources d'émissions de GES trouvées dans la littérature, leurs catégories, leurs types, les domaines de leurs utilisations ainsi que les facteurs d'émission sont regroupés par scope et présentées dans l'annexe A.

3.4 Ampleur des émissions de gaz à effet de serre urbaines

L'UN-Habitat a déclaré dans son rapport, publié en 2011, qu'il est difficile de définir précisément l'ampleur des émissions urbaines de GES, car il n'existe aucune norme mondialement retenue pour son évaluation, ainsi la majorité des zones urbaines n'ont pas encore réalisé leurs inventaires locaux (UN-Habitat, 2011). A cette fin, nous allons développer dans cette section l'ampleur des émissions de GES par pays, en se basant sur les émissions totales par pays, les émissions moyennes par habitant et les émissions moyennes par ménages.

3.4.1 Disparité des émissions de gaz à effet de serre entre les pays

Depuis le milieu du XXe siècle, les pays développés se sont tourner vers les secteurs tertiaires et quaternaires; tout en abandonnant l'industrie manufacturière, ce qui réduit par conséquent leurs émissions de GES associées à la fabrication de produits. Cependant, les villes de ces pays se sont transformées en centres de richesse et de consommation. Le mode de vie de leurs habitants, fortement axé sur la consommation et aux transports, génère une empreinte carbone considérable, négligée généralement dans les inventaires des émissions de GES des pays (UN-Habitat, 2011, Janicot et *al*., 2015).

Par ailleurs, les villes européenne sont une influence faible sur le réchauffement climatique comparativement aux celles du Nord-américain, car : (i) Elles possèdent un réseau de transport public plus efficaces, utilisés par la majorité de la population, (ii) Elles sont généralement plus compactes et (iii) Leurs populations sont moins équipées en véhicules personnels qui sont souvent plus petits et moins gourmands en carburant,

réduisant par conséquent les émissions liées aux déplacements personnels (UN-Habitat, 2011).

Les villes des pays en voie de développement sont généralement des pôles économiques contribuant au produit brut. Elles sont des centres de consommation et de richesse qui génèrent plus des émissions de GES à leurs régions avoisinantes. Ces pays ont connu une expansion très rapide de l'industrie manufacturière qui a en revanche considérablement reculé dans les pays développés. La Chine, le Brésil, l'Inde et l'Afrique du Sud sont devenus des centres manufacturiers internationaux et ont donc une part de plus en plus importante dans les émissions internationales totales de GES (UN-Habitat, 2011). En effet, La Chine occupe la première place mondiale en termes d'émissions de GES, avec 11,71 billions de tonnes équivalent de CO_2(t eq CO_2) émises en 2018 contre 5,76 billions t eq CO_2 pour les États-Unis qui sont le deuxième gros émetteur, soit plus que double. Ensuite vient l'Inde, la Russie, l'Indonésie, le Brésil et le Japon, avec un taux d'émission respectivement de : 3,35; 1,99; 1,7; 1,42; 1,15 billions t eq CO_2 (Our World in Data, 2018). Ce sont donc les pays les plus peuplés et industrialisés qui apparaissent en haut du classement des émissions.

Par ailleurs, nous constatons de la carte ci-contre que malgré beaucoup d'avance, l'Allemagne est le pays européen qui émet le plus de GES, 776,61 millions t eq CO_2 à cause de sa forte dépendance au charbon.

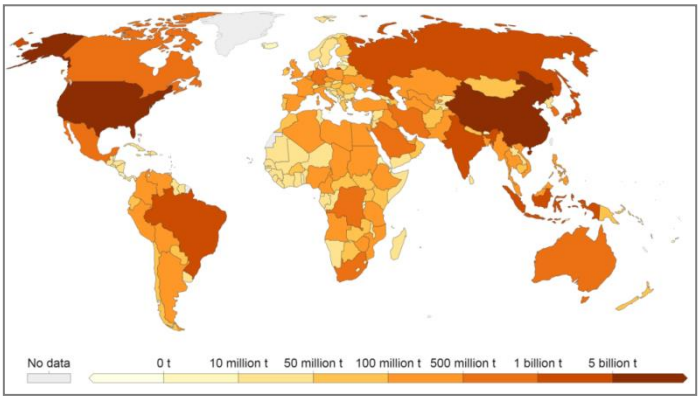


Figure 3.5 Émissions de gaz à effet de serre en équivalent de CO_2 en 2018 par pays.
Source: Our World in Data, 2018.

3.4.2 Disparité des émissions de gaz à effet de serre entre les pays par habitant

L'évaluation des émissions de GES des pays par habitant modifie le classement précédemment mentionné de la contribution des pays aux émissions mondiales de ces gaz. Les plus gros émetteurs mondiaux de GES par habitant sont les principaux pays dont

l'économie est basée sur la forte exploitation pétrolière et gazière, et qui ont un faible taux de population. Selon les données publiées par Our World in Data (2018), le Qatar est le plus gros émetteur de GES par habitant, avec 32,42 t eq CO_2 en 2018, suivi par le Koweït 21,62 t eq CO_2 ; le Botswana (Afrique du Sud) 21,98 t eq CO_2 ; le Guyana (Amérique du Sud) t eq CO_2 ; les Émirats Arabes Unis 20,8 t eq CO_2.

Cependant, les plus gros émetteurs mondiaux de GES n'apparaissent pas dans le top de classement des pays les plus émetteurs de GES par habitant. Leurs émissions de GES par habitant en 2018 sont : la Chine 6,77 t eq CO_2, la Russie 7,2 t eq CO_2, les États-Unis 14,52 t eq CO_2, le Japon 8,44 t eq CO_2, l'Indonésie 4,74t eq CO_2, le Brésil 3,88 t eq CO_2 et l'Inde 1,77t eq CO_2.Ces résultats sont dû à la méthode appliquée pour l'estimation de la contribution du citoyen moyen de chaque pays, et ce par la division des émissions totales nationales de GES d'un pays sur le nombre de sa population. De ce fait, il est important de signaler que les inventaires nationaux des émissions de GES, notamment ces données partagées par Our World in Data, sont basée sur les émissions de la production (émissions produites à l'intérieur des frontières d'un pays) et le changement d'affectation des terres, sans tenir en compte la manière dont les biens sont échangés dans le monde et consommés par la population.

D'autre part, il est à constater que certains pays européens ont des émissions proches par habitant de la moyenne mondiale. En 2018, les émissions au Portugal sont de 4,88t eq CO_2, 3,82t eq CO_2en France et 5,18t eq CO_2 par personne au Royaume-Uni. C'est aussi beaucoup plus bas que certains de leurs voisins au niveau de vie similaire, comme l'Allemagne 8,18 tonnes équivalent de CO_2, les Pays-Bas 8,94 tonnes équivalent de CO_2 ou la Belgique 8,15t eq CO_2. Le choix des sources d'énergie joue ici un rôle clé : au Royaume-Uni, au Portugal et en France, une part beaucoup plus élevée de l'électricité est produite à partir de sources nucléaires et renouvelables, en 2021 seulement 8% de l'électricité française provenait de combustibles fossiles (RTE, 2022), contre 58% en Allemagne (Claessens, 2021).

Ainsi, la carte ci-dessous montre que de nombreux pays dans le monde ont encore de très faibles émissions de GES par habitant, particulièrement les plus pauvres d'Afrique subsaharienne comme le Tchad 1,58t eq CO_2, le Mali 0,29t eq CO_2 et le Niger 0,16t eq CO_2, en raison de leur: (i) Utilisation limitée de combustibles fossiles et d'électricité, (ii) Consommation modérée de biens et de services et (iii) faibles revenus (UN-Habitat, 2011).

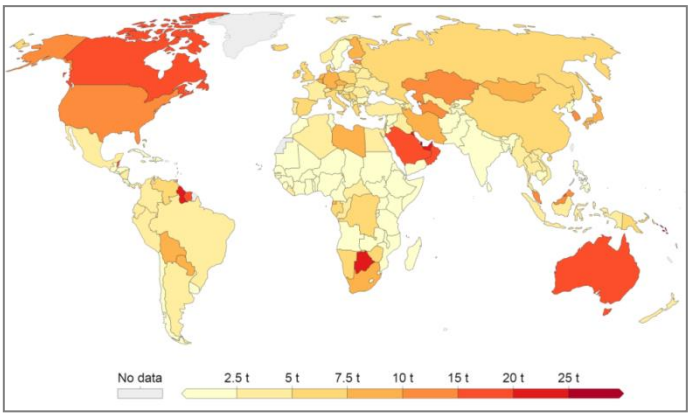


Figure3.6 Émissions de gaz à effet de serre par habitant en équivalent de CO_2 en 2018.
Source: Our World in Data, 2018.

3.4.3 Disparité des émissions de gaz à effet de serre entre les pays par ménage

À l'échelle mondiale, les émissions de GES liées à la consommation des ménages ont représenté, en 2001, environ 72 % des émissions mondiales de GES (Hertwich et Peters, 2009) et environ 60 % en 2007 (Ivanova et *al*., 2016). En outre, des études ont montré que la consommation des ménages urbains contribue à plus de 70 % des émissions de GES des villes (Feng et Hubacek, 2016; Wiedenhofer et *al*., 2017) ce qui représente une grande partie des émissions nationales totales (Kanemoto et *al*., 2020).

Des inventaires détaillés des émissions de GES des ménages, basés sur des données locales et/ou enquêtes ont été construits pour un certain nombre de villes tel que les États-Unis, la France, la Chine, l'Allemagne, le Québec, le Royaume-Uni, le Japon, le Brésil, le Liban, l'Indonésie, l'Inde, etc. De plus, pour la plupart des villes, il n'existe aucune estimation de ces émissions (Moran et *al*., 2018).

Les émissions de GES d'un ménage super riche typique de deux personnes est estimée à environ 129,3 t eq CO_2/an (Otto *et al.*, 2019), contre une moyenne mondiale de 3,4 t eq CO_2 /hab en 2011 (Stadler *et al.* ,2018).

Maillet (2020) a estimé que la moyenne des émissions de GES des ménages français est environ 24,5 t eq CO_2 (7,388 t eq CO_2 par individu). En effet, selon le niveau de vie des ménages, elles varient entre 15,23 t eq CO_2 et 40,4 t eq CO_2. Le premier calcul des émissions de GES des ménages québécois, publié par l'Institut de la Statistique Québec en Avril 2022, annonce que les émissions de GES des ménages québécois étaient d'environ 71 997 Kt eq CO_2 en 2017, soit8,7 t eq CO_2 par habitant.

Au Royaume-Uni, les émissions moyennes de GES des ménages sont estimées à 21,5 t eq CO_2 par ménage en 2004 (Druckman et Jackson, 2009), contre 48t eq CO_2 pour un ménage américain (Weber et Matthews, 2008 ; Jones et Kammen, 2011), soit 16 t eq CO_2/hab (un des taux les plus élevés au Monde) et 1,856 t eq CO_2 par ménage en 2006 aux Philippines, soit 0,44 t eq CO_2/ hab.) (Serino et Klasen, 2015).

En Chine, les ménages urbains les plus riches ont émis en 2012 environ 6,4 t eq CO_2/hab., 1,5-3,159 t eq CO_2/hab. pour les ménages de classe moyenne et 0,5 -1,1 t eq CO_2/hab. pour les pauvres (Wiedenhofer et *al*., 2017).En revanche, dans les régions arides-alpines des provinces chinoises(Gansu, Qinghai et Ningxia)les émissions de GES par ménage étaient environ 5,99 t eq CO_2 en 2008 (1,43 t eq CO_2/hab.) (Qu et *al*., 2013) et de 5,96 t eq CO_2 par ménage en 2010 dans les zones urbaines du Delta du fleuve Yangtze (Xu et *al*., 2015).

En Inde, les émissions de ménages étaient d'environ 2,03 t eq CO_2 par ménage en 2004, soit 0,41 t eq CO_2/ hab. (Grunewald et *al*., 2012) et de 0,9 t eq CO_2 /hab. en 2012 (Wiedenhoferet *al*., 2017). En Indonésie, les ménages ont émis environ 3,1 t eq CO_2 par ménage en 2005 (0,70 t eq CO_2/hab.) (Irfany 2014). En Brésil, les plus riches émettent 18,5 t eq CO_2 par ménage, tandis que les pauvres émettent1,5 t eq CO_2 par ménage (Cachola et Pacca, 2021). Dans l'Union Européenne, la moyenne des émissions de GES des ménages était d'environ 6,7 t eq CO_2/hab. en 2012, contre 6,6 t eq CO_2/hab. au Japan, 5,9 t eq CO_2/hab. en Russie, 7,6 t eq CO_2/hab. en Allemagne (Wiedenhoferet *al*., 2017), 44 t eq CO_2 par ménage en Californie, 15 t eq CO_2 par ménage en San Francisco (Jones et *al*., 2018) et 22,3 t eq CO_2 par un ménage en Norvège (Steen-Olsen et *al*., 2016). Par ailleurs, un ménage typique au Liban émit environ 19,7t eq CO_2 (Tall, Nasr et *al*., 2016).

Il est important de signaler que L'UN-Habitat (2011) déclare que : « *Toutes les estimations globales de la part des émissions de GES spécifiquement générées par les villes et les zones urbaines doivent être traitées avec prudence. En effet, il n'existe aucune définition internationalement acceptée d'une zone urbaine/ville, ni aucune norme internationalement reconnue pour enregistrer les émissions générées aux échelles plus petites que l'échelle nationale. De plus, ces estimations sont peu claires quant aux responsabilités respectivement attribuées selon l'approche basée sur la production et selon l'approche basée sur la consommation, si bien que déterminer exactement la manière dont les zones urbaines contribuent au changement climatique devient un processus*

extrêmement subjectif. Néanmoins, selon certains experts, la part des émissions de GES anthropiques provenant des villes pourraient se situer entre 40-70 % du total selon une approche basée sur la production et entre 60-70 % selon une approche basée sur la consommation ».

3.5 Facteurs influençant les émissions urbaines de gaz à effet de serre

Nous avons vu dans la section précédente qu'il existe des disparités importantes des émissions urbaines de GES entre les pays, voire même entre les zones urbaines du même pays. Cela est dû à une multitude de facteurs d'ordre : géographiques, démographiques, économiques, comportementaux et urbains.

3.5.1 Facteurs géographiques

La situation climatique, l'altitude et la localisation des ressources naturelles ce sont des facteurs géographiques qui influencent la contribution des zones urbaines aux émissions de GES. En effet, La situation climatique et l'altitude d'une zone urbaine ont un impact sur la demande énergétique notamment pour les besoins de chauffages et de la climatisation (Glaeser et *al*., 2010, UN-Habitat, 2011). La localisation des zones urbaines par rapports aux ressources naturelles affecte les combustibles employés pour la production de l'énergie, ce qui influe par conséquent sur la contribution des zones urbaines aux émissions de GES (Kennedy et *al*., 2009, UN-Habitat, 2011).

Par ailleurs, le potentiel d'utilisation des sources des énergies renouvelables, afin de réduire les émissions de GES, dépend également de ces facteurs géographiques. Citant à titre d'exemple, la production hydroélectrique est basée essentiellement sur la présence de grandes rivières à proximité. Ainsi, les énergies éolienne, géothermique, marémotrice et houlomotrice reposent aussi entièrement sur les ressources naturelles présentes localement (Kennedy et *al*., 2009, UN-Habitat, 2011).

3.5.2 Facteurs démographiques

Selon le rapport annuel de l'UN-Habitat (2011), la relation entre la croissance démographique et les émissions de GES est très complexe. La différence de niveaux des émissions de GES nationales et urbaines montre que la taille des populations n'est pas un facteur déterminant en matière des émissions de GES. Au fait, Ce n'est pas le nombre absolu d'habitants des zones urbaines qui détermine leur contribution aux émissions GES,

mais plutôt la manière dont ces espaces sont planifiés et gérés, ainsi que les choix de consommation et de mobilité adoptés par leurs résidents.

En outre, la composition démographique et la taille des ménages influent sur les comportements de consommation et, par conséquent, sur les émissions de GES. Actuellement, la multiplication des cellules familiales plus petites se répercute sur l'augmentation de la consommation énergétique et les émissions de GES par habitant dans les zones urbaines (Yang et *al*., 2010 ; UN-Habitat, 2011 ; Büchs et Schnepf, 2013 ; Lin et *al*., 2013 ; Xu et *al*., 2015). O'Neill et Chen (2002) ont montré que l'augmentation de la taille des ménages aux États-Unis diminue les besoins énergétiques domestiques par habitant; et augmentent en revanche leurs besoins énergétiques liés aux transports. Ainsi, l'observatoire du bilan carbone des ménages français annonce en 2011 que les émissions moyennes de GES d'un ménage français est environ 7,388 t eq CO_2 par habitant. Les foyers d'une personne ont un bilan carbone très élevé de 10 685 Kg CO_2 par individu, contre 7388 Kg CO_2 pour l'ensemble de la population. En revanche, les émissions de GES des foyers de 3, 4 et 5 personnes sont respectivement 5436, 4612 et 3221 Kg CO_2 par individu (Ipsos, 2011).

D'autre part, l'étude de DEFRA (2008) a révélé que les émissions directes de CO_2 augmentaient avec l'âge, tandis que Wier et *al*. (2001) ont conclu que l'âge avait peu d'effet sur les émissions de CO_2 provenant de l'énergie domestique. D'autres études ont montré que la relation entre l'âge et les émissions des transports prend la forme d'un U inversé (O'Neill et Chen, 2002). Étant donné que les personnes âgées peuvent être moins susceptibles de voyager et plus susceptibles de passer du temps à la maison, nécessitant de l'énergie pour le chauffage, la climatisation, la cuisson, etc. (Büchs et Schnepf, 2013).

Selon les résultats de l'enquête, réalisée en 2010 par l'observatoire du bilan carbone des ménages français sur un échantillon de 2036 individus, les émissions de GES varient selon les tranches d'âge. Les 18-24 ans affichent un niveau d'émission de 8 373 kg CO_2 par an. Ce niveau atteint son minimum chez les 35-44 ans, avec 6 028 kg CO_2. Toutefois, une augmentation moyenne d'environ 2 171 kg CO_2 est observée pour les tranches d'âge 45-54 ans et 55-64 ans. Les émissions culminent à 9 092 kg CO_2 chez les 65 ans et plus. Ces variations s'expliquent principalement par l'utilisation intensive du véhicule individuel chez les plus jeunes, ainsi que par la taille des logements et la fréquence des déplacements en avion chez les personnes plus âgées (Ipsos, 2011).

Des recherches avancent que le sexe affecte les émissions de GES des ménages (DEFRA 2008, Druckman et *al*., 2012 , Meier et Christen, 2012).En effet, DEFRA (2008) a constaté que les ménages dirigés par une femme avaient des émissions directes de CO_2 plus élevées que les ménages dirigés par un homme. Druckman et *al*. (2012) ont montré qu'au Royaume-Uni les émissions totales de GES d'une journée sont légèrement plus élevées pour les femmes que pour les hommes (environ 22 kg équivalant de CO_2 pour une femme moyenne contre environ 20 kg équivalant de CO_2pour un homme moyen), cela s'explique principalement par le fait que les femmes consacrent plus de temps aux tâches ménagères que les hommes. À l'inverse, les hommes dépensent plus de carbone dans les loisirs et les activités récréatives que les femmes: environ 26 % de l'empreinte carbone des hommes sont alloués aux loisirs, contre 22 % pour les femmes (Druckman et *al*., 2012).

Cependant dans leur étude relative à la répartition inégale des émissions de GES provenant des voyages personnels et non professionnels de la population britannique, Brand et Preston (2010) n'ont pas trouvé de différence significative entre les émissions de GES liées aux transports des hommes et des femmes.

3.5.3 Facteurs économiques

La localisation des activités économiques dans les milieux urbains affecte directement les émissions de GES, et ce à cause des distances parcourues et les modes de transport utilisés (Vivre en ville, 2017). Une étude réalisée en 2017, par l'organisation "Vivre en ville"[13], sur 18 pôles d'emploi, de commerce et de magasinage dans cinq régions québécoises montre que la localisation des activités économiques urbaines a un impact direct sur les niveaux d'émissions de GES. Ainsi, les zones urbaines ont besoin des biens manufacturés (produits au sein de la même zone urbaine ou ailleurs) afin d'assurer leur bon fonctionnement. La plupart de ces zones sont aujourd'hui d'importants centres de commerce et de consommation des produits manufacturés. D'autre part, les zones de production dépendent également des services fournis par certains centres urbains (UN-Habitat, 2011).

Par ailleurs, toutes les études qui ont été menées concluent que le revenu du ménage influence les émissions de GES par habitant (Weber et Matthews, 2008 sur les ménages américains, Gough et *al*., 2011 sur les ménages britanniques, Golley et Meng, 2012 sur les

[13] Organisation québécoise d'intérêt public contribuant au développement des collectivités viables, à déférentes échelles spatiales : bâtiment, rue, quartier et agglomération.

ménages chinois, Xu et *al*., 2015 sur les ménages de trois villes chinoises : Nanjing, Ningbo, Changzhou). En effet, selon Golley et Meng (2012), les ménages américains riches génèrent plus d'émissions par habitant que les ménages pauvres, tant par leur consommation directe d'énergie que par leurs dépenses plus élevées en biens et services utilisant l'énergie. De leur part, Xu, Tan et *al*. Montrent dans leur étude, réalisée en 2015 sur trois villes de la zone économique du Delta de la Rivière des Perles en Chine, que les émissions de GES augmenteraient de 11,5 % pour un ménage dont le revenu annuel se situe entre 50 000 et 100 000 yuans, par rapport au groupe de référence des ménages dont le revenu annuel est inférieur à 50 000 yuans. Le pourcentage moyen augmentera encore d'environ 28,7% pour les ménages dont les revenus se situent entre 200 000 et 300 000 yuans, et encore de 35,2 % pour les ménages à revenu élevé (plus de 300 000 yuans).

Dans la même étude réalisée par Xu et son équipe en 2015, les chercheurs ajoutent que la possession d'une voiture par les ménages s'avère être un facteur très important qui contribue aux émissions de GES au niveau des ménages (Xu et *al*., 2015).

3.5.4 Facteurs comportementaux

Le comportement de consommation des ménages et leurs modes de vie ont un grand impact sur les émissions de GES (Wei et *al*., 2007; Baiocchi et *al*., 2010; Yang et *al*., 2010; Faber et *al*., 2012; Büchs et Schnepf, 2013; Xu et *al*., 2015; OECD, 2017). L'étude de Xu et *al*., (2015) montre que le réglage de la température de la climatisation à un degré supérieur à 26°C en été (et inversement à une température plus basse en hiver) peut réduire considérablement les émissions de GES, soit de 14,5 %.

Faber et *al*., (2012) avance que la réduction de 1°C du chauffage domestique pourrait économiser jusqu'à 22 Mt de CO_2 en 2020, tandis que le passage à un régime végétarien aurait permis d'économiser plus de 250 Mt de CO_2. De même, une étude de McKinsey & Company (2009) montre que le changement de comportement peut contribuer à la réduction des émissions de GES entre 3,5 et 5,0 Gt équivalent CO_2 par an en 2030. Niamir et *al*. (2020) confirment que le changement de comportement à lui seul peut contribuer à la réduction de 4 à 8 % des émissions globales de CO_2. Ainsi, Williamson et *al*. (2018) estiment des scénarios plausibles et optimaux de contribution des solutions comportementales à la réduction des émissions d'ici 2030- 2050, respectivement d'environ 20 % et 37 %.

3.5.5 Facteurs urbains

La forme et l'organisation spatiale des zones urbaines exercent une influence significative sur les émissions de GES en milieu urbain. Une concentration accrue des populations et des activités économiques favorise les économies d'échelle, limite l'étalement urbain et réduit les distances parcourues pour les déplacements ainsi que pour l'approvisionnement en biens et services., ce qui impacte positivement sur les consommations d'énergie et les émissions associées (UN-Habitat, 2011; Kim et Kim, 2013).

Selon les mêmes sources, les implantations urbaines denses présentent une consommation énergétique moindre et encouragent des modes de vie favorisant la réduction des émissions de GES par habitant. Cela grâce à :

- La concentration des services ;
- La réduction des distances à parcourir ;
- Le meilleur maillage des transports publics.

3.6 Réduction des émissions urbaines des gaz à effet de serre

3.6.1 Mesures de réduction des émissions urbaines de gaz à effet de serre

Les villes occupent une position centrale dans les stratégies de réduction des émissions de GES adoptées dans le cadre de l'Accord de Paris en 2015. Selon les scénarios du GIEC, il est essentiel de diminuer les émissions mondiales de GES de 40 % à 70 % d'ici 2050, par rapport aux niveaux de 2010, et atteindre une neutralité carbone globale à la fin du siècle, afin d'avoir des chances de rester sous le seuil de 1,5°C de réchauffement d'ici 2100 (Janicot et *al*., 2015). Cet objectif ne pourra être atteint qu'avec une transition énergétique et sociale profonde, en agissant sur les sources d'émission de GES par la mise en place des moyens et mesures de réduction, en particulier dans les villes où réside la majorité de la population (Dasgupta et *al*., 2022).

Des mesures pratiques permettant la réduction des émissions urbaines de GES sont synthétisées et hiérarchisées par l'annexe B. Elles sont également catégorisées par secteur d'émission tout en identifiant leurs niveaux d'action: individuelle, domestique, locale, régionale, nationale et internationale.

3.6.2 Expériences étrangères de réduction des émissions urbaines de gaz à effet de serre

De nombreuses villes ont adopté des engagements à l'échelle locale en matière de réduction des émissions de GES, en élaborant des plans de réduction qui intègrent les mesures à mettre en œuvre par les collectivités locales, tel que : La Californie (Réduction de 15% en 2020 par rapport à 1990), le Québec (Réduction de 10% en 2020 par rapport à 1990), Ontario (Réduction de 15% en 2020 par rapport à 1990) et Nancy (Réduction de 20% en 2020 par rapport à 1990). Ces expériences sont présentées en détails par l'annexe C.

Nous constatons que les mesures de réduction des émissions de GES adoptées par ces villes sont axées principalement sur:

- L'exploitation des énergies renouvelables locales ;
- L'amélioration de l'efficacité énergétique des appareils ;
- La mise en œuvre d'un système de transport en commun accessible et performant;
- L'encouragement à l'acquisition des voitures électriques;
- La protection des terres agricoles;
- L'encouragement à l'agriculture urbaine de proximité;
- La conservation et la protection des espaces verts;
- Le renforcement des espaces végétalisées;
- La valorisation du compostage et recyclage;
- L'accroissement de la fabrication des produits à faible impact carbone et les achats verts.

Il est important de noter que l'ensemble de ces mesures et investissements continueront d'avoir des répercussions jusqu'en 2050, en permettant aux villes d'atteindre leur objectif de neutralité carbone. Par exemple, les investissements dans les transports en commun garantiront la disponibilité de transports en commun à faible émission de carbone pour les générations à venir. Ainsi, inciter les industries à la fabrication des produits de biens et services à faible empreinte carbone pourrait les aider dans leur transition vers une économie à faible émission de carbone.

Cependant, malgré les nombreux avantages qu'offre la voiture électrique par rapport au véhicule à essence traditionnels, elle présente également certains inconvénients qui

doivent être pris en compte avant de faire le changement, à savoir (Centre d'analyse stratégique, 2011; IEA, 2020; Tagliapietra et Vorsatz, 2021).

- Son autonomie limitée, la plupart des voitures électriques ne peuvent parcourir qu'entre 100 et 200 miles avec une seule charge;
- Sa durée de recharge, la recharge d'une voiture électrique peut prendre plusieurs heures;
- Son infrastructure de recharge spéciale qui n'est pas encore largement disponible dans de nombreuses régions;
- Son coût élevé;
- Sa source d'énergie, les voitures électriques ne produisent aucune émission pendant la conduite, mais dépendent toujours de l'électricité générée par la combustion de combustibles fossiles pour recharger leurs batteries;
- Son émission de GES dans la phase de la fabrication des batteries.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons mis en évidence la responsabilité prépondérante des villes dans le réchauffement climatique ainsi que leur vulnérabilité face aux conséquences qui en découlent. Le réchauffement climatique exerce des effets sur divers aspects du développement urbain, affectant le développement économique, la sécurité alimentaire, les ressources en eau, les écosystèmes naturels, la santé publique, les infrastructures, les dynamiques migratoires et les sociétés dans leur ensemble.

De plus, ce chapitre a permis de passer en revue de littérature : (i) Les disparités significatives existantes dans les niveaux d'émissions de GES, qui sont influencées par une multitude de facteurs socio-économiques ; géographiques ; urbains et comportementaux, ainsi que (ii) les sources d'émissions de GES, qui sont classés en deux types: directes, issues de la consommation d'énergie locale et de la production industrielle, et indirectes, provenant des biens et services. Les sources d'émissions de GES sont réparties en trois scopes : Le scope 1 couvre les émissions directes, le scope 2 concerne les émissions indirectes liées à l'énergie et le scope 3 englobe les autres émissions indirectes tout en long de la chaîne de valeur.

La réduction des émissions de GES requiert une **intervention directe à la source** de ces émissions. Par conséquent, un éventail de mesures de réduction a été déterminé, visant à **promouvoir la sobriété énergétique** et à **faciliter la transition bas-carbone**. Nous avons présenté certaines villes qui se distinguent par leur leadership en matière de décarbonisation, par la mise en œuvre des mesures de réduction telles que l'exploitation locale des énergies renouvelables, l'amélioration de l'efficacité énergétique, la promotion des mobilités durables. Les expériences réussies de ces villes illustrent que les villes disposent du **potentiel** pour jouer un rôle clé dans la transition bas-carbone et contribuer **considérablement** à la lutte contre les changements climatiques.

Toutefois, l'efficacité de ses mesures de réduction repose sur leur **intégration systématique dans les processus de la planification urbaine**. Le chapitre suivant se consacrera à l'étude de la planification urbaine en tant qu'**outil central** pour structurer, cadrer et renforcer les mesures de réduction des émissions de GES, tout en favorisant la transition vers des villes durables et résilientes.

CHAPITRE IV

PLANIFICATION URBAINE AU SERVICE DE LA REDUCTION DES ÉMISSIONS URBAINES DE GAZ A EFFET DE SERRE

Introduction

La planification urbaine a historiquement servi de cadre stratégique pour structurer et organiser l'évolution des villes, avec pour objectif principal de répondre aux impératifs de croissance démographique et d'aménagement de l'espace. Cependant, au fil du temps, ce concept s'est profondément transformé pour intégrer des préoccupations environnementales, en réponse aux défis contemporains tels que les changements climatiques et la dégradation des écosystèmes. Ainsi, la transition vers une planification urbaine sensible aux questions climatiques est devenue **une priorité**. Ce chapitre a pour objectif de retracer l'évolution de la planification urbaine et son **incorporation progressive des considérations environnementales**. Il traitera d'abord le concept de la planification urbaine et son évolution au cours des décennies. Il explorera ensuite l'intégration de l'action climatique dans la planification urbaine. Par la suite, il s'intéressera à la transition vers une planification urbaine bas carbone, qui repose sur la réduction des émissions de GES. Enfin, le chapitre montrera le rôle croissant de l'intelligence artificielle dans l'optimisation des modèles de la planification urbaine bas carbone.

4.1 Concepts de la planification urbaine

4.1.1 Définition de la planification urbaine

Avant d'appréhender le concept de planification urbaine, il est important de définir d'abord la notion de planification qui varie selon les disciplines, les contextes et l'idéologie.

Selon le dictionnaire en ligne "La Toupie", l'étymologie de planifier, venant du latin planus, plan, plat, uni.

« La planification est l'action de planifier, c'est-à-dire d'organiser dans le temps une succession d'actions ou d'évènements afin de réaliser un objectif particulier ou un projet ».

Le dictionnaire Larousse l'a définie comme étant *« un encadrement par les pouvoirs publics du développement économique et social à l'aide d'un plan »*.

D'autre part, Merlin et Choay (2015) voient que *« la planification est un processus qui fixe (pour un individu, une entreprise, une institution, une collectivité territoriale ou un*

État), après études et réflexions prospectives, les objectifs à atteindre, les moyens nécessaires, les étapes de réalisation et les méthodes de suivi de celle-ci. La planification prend, en particulier, la forme de plans. Ceux-ci peuvent concerner une période de temps fixée ou non ».

Ces auteurs distinguent, pour un État ou une collectivité territoriale, deux types de planification complémentaires et coordonnées :

a) La planification économique et sociale repose sur l'analyse et la gestion des agrégats économiques, financiers et humains, à travers l'élaboration de plans de modernisation ou de développement économique et social ;
b) La planification spatiale, elle s'attache à la répartition optimale de ces agrégats dans l'espace, en intégrant les dynamiques démographiques et économiques. Elle inclut également la programmation temporelle de la mise en place des équipements et infrastructures, afin de garantir le bien-être des populations et d'optimiser l'efficacité des activités économiques..

En revanche, la planification économique est plus ancienne que la planification spatiale. Cependant, la deuxième est souvent subordonnée à la première, citant le cas en URSS (Union des Républiques Sociales Soviétiques) où la répartition des forces productives a pour objet de spatialiser les projets de développement prévus par le plan économique (Merlin et Choay, 2015).

Selon le PNUD (2009): « *La planification peut être définie comme étant le processus permettant de définir les objectifs, d'élaborer les stratégies, de tracer les grandes lignes des dispositions de mise en œuvre et d'attribuer les ressources nécessaires à la réalisation de ces objectifs* ». Il souligne qu'il est important de tenir en compte un ensemble de processus lors de la planification à savoir :

- Identification de la vision et des objectifs à atteindre, définissant les orientations stratégiques à long terme.
- Élaboration des stratégies permettant la concrétisation de cette vision et l'atteinte des objectifs fixés.
- Définition et allocation des ressources, qu'elles soient financières, humaines ou matérielles, nécessaires à la mise en œuvre des stratégies adoptées.

- Établissement des cadres d'exécution, incluant les mécanismes de suivi et d'évaluation pour garantir l'efficacité des actions engagées.

S'inscrivant dans une **approche prospective** et **d'aide à la décision**, la planification projette dans le temps et dans un domaine précis des **objectifs à réaliser**.

Par ailleurs, la planification urbaine signifie l'ensemble des études, des démarches et des procédures juridiques ou financières permettant aux collectivités publiques de: (i)Connaître l'évolution des zones urbaines, (ii) Définir les hypothèses d'aménagement, qui concernent à la fois l'ampleur, la nature et la localisation des développements urbains et des espaces à protéger, (iii) Intervenir dans la mise en œuvre des options retenues (Merlin et Choay, 2015).

Le chercheur économiste Henri Derycke (1982) voit que: « *Pour assurer le développement des villes effacer l'urbanisme chaotique, la planification urbaine réduit les erreurs et les aléas que recèle le futur, dans une démarche prospective qui s'appuie sur les prévisions futures, elle définit des procédures et s'assigne des objectifs et désigne des instruments pour les atteindre. Ces plans d'urbanisme qui sont l'un des outils de la planification sont réducteurs des effets néfastes de l'urbanisation. La planification urbaine par ses instruments qui s'appelle le plan, la prospective, la recherche opérationnelle et la liste sans doute n'est pas close est un réducteur d'incertitude, il ne s'agit pas de deviner l'avenir, mais de contribuer à le construire* ».

Selon Jean Paul Lacaze (1979): « *La planification urbaine est plutôt à mes yeux une attitude face aux problèmes urbains, une double volonté : volonté de connaissance pour prendre conscience des problèmes urbains dans toute leur complexité ; et volonté d'action pour permettre une meilleure gestion collective de la dialectique entre cadre de vie et mode de vie* ».

De sa part, le sociologue Manuel Castells (1981) la définit comme suit: «*Par planification urbaine, on entend, plus précisément, l'intervention du politique sur l'articulation spécifique des différentes instances d'une formation sociale au sein d'une collective de reproduction de la force de travail, dans le but d'assurer sa reproduction élargie, de régler les contradictions non antagoniques suscitées et de réprimer les contradictions antagoniques, assurant ainsi les intérêts de la classe sociale dominante*

dans l'ensemble de la formation sociale et la réorganisation du système urbain, de façon à assurer la reproduction structurelle du mode de production dominant».

En outre, Pierre Laborde (1994) voit que « *La planification urbaine est les plans, les institutions, les pratiques et les techniques qui cherchent à organiser la ville. La planification part de la demande sociale et non de la quête d'une quelconque ville idéale. Elle est apparue comme moyen d'empêcher l'anarchie urbanistique, de réaliser l'harmonie entre les besoins en logements, en emplois, en services, en circuits de distribution et en infrastructures de circulation. Elle traduit le passage de l'urbanisme d'autrefois à l'aménagement de l'espace de la ville de demain* ».

In fine, selon Saidouni (2000): *« la planification désigne principalement les politiques d'aménagement aux niveaux territorial et urbain et sous-tend l'existence d'une politique et des instruments de cette politique (plan d'urbanisme).C'est le terme qui convient le mieux pour caractériser l'urbanisme bureaucratique et réglementaire, encore largement pratiqué de nos jours, fondé sur le respect de règles de droit et d'instruments réglementaires et de programmation, et qui produit une abondante documentation (plans et règlements) pour la gestion de la croissance urbaine».*

La planification urbaine est donc un **processus continu** et **itératif**, basé sur des règlements facilitant la traduction opérationnelle des décisions politiques en faveur de la transformation de l'espace physique et social.

4.1.2 Approches de la planification urbaine

La planification urbaine a connu son premier développement en Grande-Bretagne en 1909, sous le nom du "*town planning*" puis "*urban planning*", en réponse à la croissance rapide et chaotique des villes manufacturières et ouvrières, sans prises en considération de l'environnement et la santé des habitants. Ensuite, le principe des "cités jardins" a été développé, visant à établir la stabilité sociale et politique. Les planificateurs ont travaillé comme des experts techniques afin de contrôler l'environnement urbain (Latreche, 2008). Dans ce contexte, A.D. King a souligné que: *« L'histoire de la planification des villes et des campagnes en Grande-Bretagne est une expérience historique unique et culturellement spécifique, issue des valeurs et des croyances idéologiques des groupes possédant le pouvoir et responsables de la structuration et la mise en œuvre des décisions concernant la planification urbaine et en général de la forme des villes*" (Daunton et Chombard, 1984).

Les États-Unis est le premier pays qui a employé ce concept dans le Burnham Plan de Chicago en 1909 et le premier plan de New York. Bien que la planification ait été pratiquée depuis l'Antiquité, dont témoins plusieurs exemples de villes dans l'histoire telles que: la ville d'Athéne en Grèce, la ville de Rome en Italie, la ville du Mzab en Algérie, etc. L'idée de la planification urbaine a commencé à prendre forme dans les années 1930. Les politiques d'aménagement des territoires ont été émergé, tel que (Latreche, 2008):

- Le développement stratégique et moyen pour la réduction des disparités régionales en Italie;
- La reconversion des régions dont les sources de richesses sont en déclin en Union soviétique;
- La lutte contre les difficultés des régions anciennement industrialisées en Grande-Bretagne.

Au fil du temps, plusieurs approches de la planification urbaine ont évolué afin de répondre aux besoins et changements sociaux, économiques et environnementaux des villes, dont l'objectif principal est d'améliorer la qualité de vie des habitants.

4.1.2.1 Planification urbaine traditionnelle

Appelée également "planification urbaine classique". C'est une approche qui remonte aux années 1950. Elle a été développée dans le contexte de croissance des trente glorieuses, visant la régulation de l'usage des sols par la production de plans et de règlements, ainsi que la séparation des différentes fonctions urbaines en définissant des zonages. Cette approche est essentiellement spatiale et quantitative afin de soutenir la croissance économique. La structuration de cette approche est tirée des travaux développés à l'École de Chicago, entre 1940-1950 (Allmendinger, 2002), qui a proposé de développer des approches rationnelles pour l'ensemble des politiques publiques incluant la planification, et ce dans le cadre du renforcement de l'intervention publique dans la planification économique après la seconde guerre mondiale (Meyerson et Banfield, 1955 cité par Douay, 2013).

La planification urbaine traditionnelle est développée selon une démarche ***top-down***, dont le processus décisionnel est souvent **vertical**, **hiérarchisé** et **centralisé** autour des responsables politiques et des planificateurs qui agissent comme des experts sans prise en considération des besoins et des opinions de la société civile et des acteurs privés (Douay, 2013).

Bien que la planification urbaine traditionnelle ait permis de construire des villes modernes et dynamiques, elle a également entraîné des problèmes environnementaux, sociaux et économiques importants, tels que la pollution de l'air et de l'eau, l'étalement urbain, la perte d'espaces verts, l'isolement social et la congestion automobile.

Cette approche a connu un grand succès durant la période des Trente Glorieuses notamment dans les pays occidentaux. Cependant, elle a fait face à des critiques qui ont conduit à l'émergence de deux nouvelles approches, à savoir (Douay, 2013):

1. Une approche presque qualifiée anti-planification appelée approche incrémental, il s'agit d'une multitude de décisions et d'actions éclatées pour des améliorations successives, mais marginales.
2. Une approche de planification stratégique.

4.1.2.2 Planification urbaine stratégique

La planification urbaine stratégique prend ses racines du domaine militaire où elle permettait de déployer une stratégie, particulièrement en temps de guerre. Elle s'est distinguée par une rupture avec l'approche traditionnelle de la planification urbaine, en recentrant l'action publique sur une logique axée sur les résultats, privilégiant ainsi la mise en œuvre d'actions précises (Douay, 2013).

En effet, l'approche de la planification urbaine stratégique a été généralisée à partir des années 1980 suite à l'avènement du référentiel global néolibéral, dans un contexte où le processus de décentralisation permet un renforcement des élites locales (Douay, 2013). Elle est définie selon l'Agence Foncière du Développement (AFD) comme étant: « *Un processus d'élaboration collective d'un projet de ville porté par le pouvoir politique. Elle doit permettre de définir un cadre d'ensemble composé d'orientations générales et de principes d'actions pour piloter le développement d'un territoire urbain* ». Ainsi, le CGLU voit que « *La planification urbaine stratégique fournit une méthodologie qui aide les villes à identifier leurs forces et leurs faiblesses, tout en définissant les principales stratégies pour le développement local* ».

Contrairement à l'approche précédente, cette approche implique le monde économique dans l'élaboration et la mise en œuvre des stratégies, notamment à travers des partenariats public-privé, visant la réalisation des investissements et la gestion des services urbains.

Le processus décisionnel est plus **ouvert**, dont les démarches de planification sont principalement axées sur l'action et la recherche de résultats. Dans cette approche, le planificateur ne se positionne plus comme un expert détenant un savoir exclusif et exerçant son pouvoir sur la base de son expertise, mais adopte une démarche plus pragmatique. Son rôle évolue vers une fonction d'intermédiaire, facilitant l'interaction entre les décideurs politiques et les acteurs économiques afin de garantir une meilleure coordination des actions.

Les instruments de cette approche sont **proactifs** et reposent sur une légitimité fondée sur l'engagement direct des différents acteurs (Lascoumes et Le Galès, 2005).

La planification urbaine stratégique privilégie la notion de projet plutôt que celle de plan (Berthelot, 2000 ; Novarina, 2003). Elle est flexible et facilement adaptable au contexte économique et politique, tout en adoptant une vision globale mais ciblée. Elle se concentre souvent sur la réalisation des projets aux forts potentiels économiques, tel que: les clusters économiques, les infrastructures de transport, les centres d'affaires, etc. Sa mise en œuvre est un processus **continu** et **itératif**, basé sur l'évaluation des forces et faiblesses dans un contexte d'opportunités et de contraintes, qui vise à atteindre des résultats concrets (Bryson et Roerning, 1987).

En revanche, cette approche a été largement critiquée suite au manque de la participation citoyenne dans l'élaboration des démarches stratégiques, car les décisions sont souvent prises par des acteurs clés, tels que les décideurs politiques et les chefs d'entreprise.

4.1.2.3 Planification urbaine participative

L'approche de la planification urbaine participative, nommée également l'approche de la planification collaborative, constitue une dénonciation de l'approche de la planification urbaine traditionnelle (Douay, 2010; Bacqué et Gauthier, 2011). Elle vise à:

- Impliquer les citoyens dans le processus de prise de décision;
- Renouveler la planification à travers la communication;
- Parvenir à des consensus par l'intermédiaire d'une bonne interaction au sein d'un grand rassemblement d'acteurs.

En effet, les habitants d'un quartier ou d'une ville sont les premiers concernés par le changement dans leur environnement urbain. Leurs connaissances et perceptions sont

largement différentes de celles des experts. L'intégration de leurs observations, de leurs préoccupations et de leurs aspirations, tout au long du processus de la planification urbaine, permet de répondre à leurs besoins réels (CEUM, 2015).

Selon Chalas (2009), la participation citoyenne joue un rôle essentiel dans la planification urbaine en contribuant à plusieurs dimensions fondamentales :

- **Complémentarité des savoirs** : elle enrichit les connaissances techniques des professionnels en intégrant l'expérience vécue des habitants au quotidien.
- **Hiérarchisation des priorités** : elle permet d'identifier les besoins les plus pressants et de cibler les interventions de manière plus efficace.
- **Amélioration de l'analyse et des propositions** : en intégrant les perspectives citoyennes, elle garantit des solutions mieux adaptées aux attentes réelles.
- **Renforcement des alliances locales** : elle mobilise les leaders communautaires et favorise leur engagement dans le processus.
- **Acceptabilité et appropriation du projet** : elle facilite l'adhésion sociale et l'implication active des citoyens.
- **Transparence et sensibilisation** : elle permet aux citoyens de mieux comprendre les contraintes temporelles, budgétaires et techniques auxquelles sont confrontés les différents acteurs du projet.
- **Promotion de la gouvernance démocratique** : elle encourage l'exercice de la citoyenneté en donnant aux habitants un rôle actif dans la prise de décision.
- **Pérennisation du projet** : elle assure, sur le long terme, le maintien de la dynamique et des objectifs initiaux grâce à l'implication continue des citoyens et des organismes locaux.

De plus, la participation citoyenne pourrait se manifester en trois catégories de savoirs (Nez, 2011):

- **Le savoir d'usage:** Le citoyen apporte sa connaissance du territoire ainsi que ses observations sur les problèmes existants et les améliorations possibles, ce qui contribue à renforcer la légitimité de l'ensemble du processus.
- **Le savoir technique:** L'engagement de certains citoyens ayant des compétences techniques peut être essentiel dans un projet, car leur contribution peut aider à équilibrer les arguments avancés par les

spécialistes. Au fil de leur participation, ces citoyens peuvent également développer une expertise collective, certains d'entre eux devenant des experts en circulation ou en aménagement urbain, par exemple.

- **Le savoir militant:** Il fait référence aux compétences politiques dont disposent les individus, les comités ou les organisations impliquées dans un projet. Ces intervenants sont doués pour s'exprimer et communiquer leurs idées de manière efficace, et sont capables de mobiliser leurs concitoyens. Leur aptitude à interpeller les décideurs en fait des acteurs clés pour produire des changements significatifs.

L'émergence de l'approche de planification urbaine participative est due aux mouvements sociaux des années 1990, s'inscrivant dans un contexte marqué par une ouverture accrue de la société à un pluralisme élargi. Cette dynamique a favorisé l'inclusion de nouveaux acteurs dans les processus décisionnels, redéfinissant ainsi les modalités de gouvernance urbaine vers une approche plus collaborative et inclusive.

Cette approche remet en cause le rôle du planificateur qui est remplacé par un négociateur (Forester, 1999). Ce dernier est qualifié comme **catalyseur**, en donnant aux différents acteurs la possibilité d'agir comme médiateurs.

La planification urbaine participative est **interactive**. Ses méthodes sont basées principalement sur la **communication** et l'**interaction**. Le processus décisionnel de cette approche est de type ***bottom-up***, **collectif** et **ouvert** sur une grande pluralité d'acteurs.

Les instruments de cette approche se basent sur l'**information** et la **communication** entre les acteurs, Ils s'appuient sur une légitimité fondée sur l'explicitation des choix stratégiques et sur la responsabilisation des parties prenantes, garantissant une prise de décision plus concertée et partagée (Lascoumes et Le Galès, 2005).

Cette approche a été adoptée par de nombreuses villes à travers le Monde, citant à titre d'exemple:

- La ville de Porto Alegre en Brésil, c'est la première ville qui a impliqué les citoyens à travers son expérience du budget participatif, en donnant aux habitants la possibilité d'être des acteurs de la gestion publique par l'exercice de leurs droits afin d'améliorer leur qualité de vie (Genro et Souza, 1998).

- La ville de Gatineau au Québec (Canada), elle est reconnue par son engagement en faveur de l'impératif participatif en incluant les citoyens dans le processus décisionnel (Chiasson et *al*., 2014). Cet engagement remonte au processus de planification de la nouvelle ville qui a conduit à l'identification de quatre grandes priorités, dont la "gouvernance participative" (Andrew et Chiasson, 2005; Chiasson, 2006). En 2005, la ville a adopté un Cadre de référence en matière de participation citoyenne aux affaires municipales afin de faciliter l'implication des habitants et de développer une culture de participation propre à Gatineau (Gagnon et Gauthier, 2018).
- La ville de Hickory en Caroline du Nord (États-Unis), qui a établi un partenariat avec ses quartiers "*Neighborhood Focus*" afin de faciliter une communication authentique et effective avec les résidants. Elle encourage la création des associations de quartiers pour identifier les préoccupations communes et promouvoir des améliorations (Heland, 1998).

Aujourd'hui, la planification urbaine participative est devenue une pratique courante dans de nombreuses villes à travers le Monde, mais elle continue d'évoluer pour s'adapter aux nouveaux défis urbains et aux nouvelles attentes des citoyens en matière de participation démocratique.

4.1.2.4 Planification urbaine durable

L'approche de la planification urbaine durable a été émergée dans les années 1992, en réponses aux préoccupations croissantes des impacts environnementaux et sociaux de l'urbanisation rapide dans le Monde entier. Au fait, l'approche de la planification urbaine durable est imposée comme base d'une nouvelle planification urbaine depuis la conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement en 1992 à Rio de Janeiro (Brésil), et la mise en place des Agendas 21 locaux dans la majorité de grandes villes des pays développés et en voie de développement (Berezowska-Azzag,2005).

Cette approche a été définie par l'ONU-Habitat (2015a) comme étant *« un processus décisionnel destiné à atteindre les objectifs économiques, sociaux, culturels et environnementaux grâce à l'élaboration de perspectives, stratégies et plans territoriaux et à la mise en œuvre d'une série de principes, d'outils, de mécanismes institutionnels et participatifs et de procédures réglementaires.*

Elle a une fonction économique inhérente et fondamentale. Il s'agit d'un puissant instrument de redéfinition des formes et des fonctions des villes et des régions en vue de générer croissance économique, prospérité et emploi de manière endogène, tout en répondant aux besoins des groupes les plus vulnérables, marginalisés ou défavorisés ».

Donc, l'approche de la planification urbaine durable doit intégrer **synergiquement** les trois piliers du développement durable, soit : le développement et l'inclusion social, la croissance économique et la protection et la gestion de l'environnement. Cette intégration exige la détermination des responsables politiques et l'implication de toutes les parties prenantes, qui devraient participer aux activités de la planification urbaine (ONU-Habitat, 2015a).

Sur le volet social:

La planification urbaine est une condition préalable à une meilleure qualité de vie et un processus de mondialisation réussi ; respectant le patrimoine et la diversité culturels, tout en prenant en compte la diversité des besoins des différents groupes. Elle vise principalement à (ONU-Habitat, 2015a):

- Assurer les conditions satisfaisantes de vie et de travail pour tous les segments des sociétés, aujourd'hui et dans l'avenir;
- Faire en sorte que les coûts, les possibilités et les avantages associés au développement urbain soient répartis;
- Promouvoir l'inclusion et la cohésion sociales.

Sur le volet économique:

La planification urbaine encourage la croissance économique soutenue et inclusive assurant (ONU-Habitat, 2015a):

- La régulation des marchés fonciers et immobiliers;
- La mise à disposition en temps opportun d'infrastructures et de services de base adéquats;
- Les conditions propices à de nouvelles possibilités économiques.

Sur le volet environnemental:

La planification urbaine contribue à (ONU-Habitat, 2015a) :

- Accroître la sécurité humaine par: le renforcement de la résilience environnementale et socioéconomique, le développement et l'optimisation des mesures d'adaptation et d'atténuation face aux changements climatiques, ainsi que la mise en place d'une gestion rationnelle et proactive des risques naturels et environnementaux;
- Protéger et bien gérer les milieux naturels et bâtis;
- Promouvoir un développement intégré et durable.

Le processus décisionnel de la planification urbaine durable est **intégratif** et **participatif**, visant essentiellement la conciliation des intérêts concurrents. Ainsi, dans le but d'assurer une urbanisation durable et de qualité, cette approche de planification est considérée comme un élément essentiel du nouveau paradigme de la gouvernance urbaine, qui met en avant la démocratie, la participation et l'inclusion, la transparence et la responsabilisation au niveau local (ONU-Habitat, 2015a).

Cette approche de planification urbaine a été adoptée dans de nombreux pays du Monde entier, notamment les pays développés, en raison de leur capacité à investir dans des politiques de développement durable grâce à leur situation économique relativement stable et de leur infrastructure institutionnelle et juridique solide. Les Pays-Bas sont reconnus comme leader mondiale en matière de planification urbaine durable, et ce depuis 1970. Ensuite, elle a été affinée en Allemagne au cours des années 1980, puis elle s'étend aux pays nordiques, et généralisée après dans l'ensemble des pays développés et en développement, en réponse aux défis environnementaux, sociaux et économiques spécifiques auxquels ils sont confrontés (Héran, 2015).

4.1.2.5 Planification urbaine intégrée

L'approche de la planification urbaine intégrée est une approche **holistique**, **multidisciplinaire**, **flexible**, **stratégique** et **participative**, qui prend en considération les aspects: spatiaux- physiques, sociaux, économiques et environnementaux du développement urbain (Albrechts, 2004), dans le but d'assurer l'équilibre des besoins à court terme avec les résultats souhaités à long terme d'une économie compétitive, d'une qualité de vie élevée et d'un environnement durable et résilient (Milojević, 2018). Cette

approche a été définit par Albrechts (2004) comme étant une approche à quatre volets avec l'intégration tentative de différents types de rationalité :

1. La rationalité de valeur (la conception de futurs alternatifs);
2. La rationalité communicative (impliquant un nombre croissant d'acteurs dans le processus);
3. La rationalité instrumentale (cherchant la meilleure façon de résoudre les problèmes et d'atteindre le futur désiré);
4. La rationalité stratégique (une stratégie claire et explicite pour traiter les relations de pouvoir).

Cette approche de planification est basée essentiellement sur les cinq éléments suivants (The Hague Academy, s.d.) :

- Implication des principales parties prenantes;
- Durabilité et bonne formulation des objectifs;
- Liaison à une zone géographique plus vaste (pas seulement un quartier);
- Implication des mécanismes institutionnels et financiers;
- Résilience de la conception, en laissant de la place pour répondre à des situations imprévues, à mesure que les projets gagnent en complexité et en temps pour se terminer.

Ainsi, au-delà de l'intégration intersectorielle horizontale dans la planification, il existe également une intégration verticale liée à la planification à différents niveaux spatiaux et de gouvernance (Geerlings et Stead, 2003). Comme certains phénomènes urbains n'ont pas de limites spatiales claires, il est nécessaire de les analyser à travers toutes les échelles spatiales, du local au régional, national et international, en incluant la dimension temporelle, qui active les aspects à court et à long terme des problèmes et de leurs solutions de planification (Abukhater, 2009). Son processus présente des cycles dans lesquels les étapes et les activités s'influencent mutuellement (Milojević, 2018). Dans cette approche, les planificateurs sont considérés comme des médiateurs et communicateurs entres les parties prenantes (Yigitcanlar et Teriman, 2014).

La planification urbaine intégrée s'est développée dans les années 1990 dans le contexte de projets de régénération urbaine des quartiers en difficulté. Au fait, il était jugé nécessaire de développer des actions territorialisées qui combinent les investissements physiques (bâti et infrastructures) et les mesures en faveur du développement économique

et de l'inclusion sociale, afin de lutter contre la détérioration de certains territoires urbains, particulièrement des grands ensembles de logements sociaux. L'efficacité de cette approche a été reconnue lors du lancement des projets pilotes urbains et des programmes d'initiative communautaire par la Commission Européenne dans les années 1990 (GlobeNet, s.d.).

Au fil de ces différents projets et programmes, Cette approche est appliquée aux projets urbains, à l'ensemble des problématiques urbaines. Elle est plus développée et mise en œuvre aujourd'hui dans les régions de l'UE (Milojević, 2018) et dans de nombreuses villes allemandes (Schaber et *al*., 2016).

Par ailleurs, il est important de noter que les outils de technologie de l'information, particulièrement le SIG, sont considérés comme des instruments puissant pour la mise en œuvre et la réussite de la planification urbaine intégrée (Rotondo et Selocato, 2014), et ce par la création des bases de données aidant à la gestion durables de différentes catégories et ressources spatiales ainsi qu' à la protection des espaces urbains et naturels contre les effets néfastes des phénomènes climatiques et anthropiques (Milojević, 2018).

4.1.2.6 Planification urbaine intelligente

L'approche de la planification urbaine intelligente est une approche **objective** et **novatrice** qui réinvente la planification urbaine traditionnelle obsolète (Marsal-Llacuna et López-Ibáñez, 2014). Elle est centrée sur les citoyens et se repose principalement sur les outils de l'ingénierie urbaine de management de développement, qui se sert de nouvelles technologies d'information et de communication, afin de créer et de partager les bases de données; les mettre en réseaux pour augmenter les capacités d'analyse et coopérer dans l'action renforçant les moyens de réaction (Berezowska-Azzag, 2013). Cela permet de (Marsal-Llacuna et López-Ibáñez, 2014 ; ONU-Habitat III, 2015):

- Établir les simulations des problèmes urbains;
- Sélectionner la solution optimale;
- Améliorer l'efficacité des systèmes urbains;
- Augmenter la qualité et la fourniture adaptée de services;
- Donner de l'autonomie aux citoyens;
- Répondre aux défis environnementaux et aux risques.

Au fait, Les TIC ont un rôle important dans l'urbanisation en réseau et le dynamisme des villes au XXIe siècle, stimulant la prospérité sociale et la croissance économique. Ils

ont également le potentiel de promouvoir le développement urbain durable et intelligent en améliorant les espaces publics, les réseaux bien reliés, l'efficacité des ressources et la qualité de vie. Cependant, une planification intégrée est nécessaire pour répondre aux risques et aux effets du changement climatique tout en réduisant l'empreinte carbone et renforçant les économies locales (ONU-Habitat III, 2015):

En outre, le développement de l'approche de planification urbaine intelligente nécessite l'application des principes de l'ingénierie de la manière suivante : Le problème consistant à donner une réponse réelle et précise aux besoins des citoyens est abordé grâce à un algorithme novateur qui transforme l'utilisation du temps urbain des citoyens en utilisation du sol urbain, obtenant des règles de correspondance et des indicateurs d'équivalence entre les distributions d'utilisation du temps urbain et les affectations d'utilisation du sol urbain (Marsal-Llacuna et López-Ibáñez, 2014).

À cette fin, les citoyens sont interrogés sur (a) leurs activités urbaines actuelles au cours d'une période de 24 heures, et (b) leurs scénarios souhaités ou idéaux pour les activités urbaines. La règle de correspondance et les indicateurs d'équivalence fonctionnent avec deux ensembles de valeurs : ceux obtenus à partir de l'utilisation réelle de la ville par les citoyens, et ceux obtenus à partir de l'utilisation souhaitée ou idéale de la ville par les citoyens. Ainsi, l'allocation optimale d'utilisation du sol urbain qui forme la base de la conception sera l'ensemble de valeurs d'utilisation du sol urbain correspondant à l'utilisation souhaitée de leur ville par les citoyens (Marsal-Llacuna et López-Ibáñez, 2014).

Cette approche prend en compte les désirs et les besoins des citoyens dès les étapes formatives de la planification urbaine, tout en permettant de réinventer la participation publique dans la planification urbaine en considérant les opinions des citoyens comme base de la conception des plans d'urbanisme (Marsal-Llacuna et López-Ibáñez, 2014).

En outre, plusieurs villes ont mis de l'avant afin d'adopter l'approche intelligente dans leur planification urbaine, citant à titre d’exemple :

- La ville de Barcelone en Espagne, qui a commencé sa transformation numérique dès les années 90. Elle a lancé en 2011 son plan "Barcelona Smart City" visant son basculement vers une ville intelligente à travers l'utilisation

de technologies avancées telles que l'Internet des objets (IoT) et la collecte de données pour améliorer la qualité de vie des citoyens (Ferrer, 2017).

- La ville d'Amsterdam en Pays-Bas, qui a initié en 2009 la plateforme "*Amsterdam Smart City*" qui rassemble les différents acteurs du développement urbain, pour façonner la ville et la région du futur en « *smart city* ». Cette plateforme se fonctionne comme un incubateur de projets, permettant de tester un large éventail d'initiatives et d'en partager les résultats. A cet effet, la ville est conçue comme un laboratoire d'innovations où de nouveaux modes de financement, de technologies et de coopérations aideront à la mise en œuvre d'un territoire urbain plus efficient et à un changement de mentalités à grande échelle (Fonds Mondial pour le Développement des Villes (FMDV), 2014).
- La ville de Singapour, qui est souvent citée comme l'un des exemples les plus avancés de la ville intelligente. Son Autorité de Réaménagement Urbain (URA) a exploité les innovations numériques pour planifier et prendre des décisions davantage basées sur des données, en développant le système *E-planner*. En effet, il s'agit d'un système d'analyse de planification urbaine géospatiale multiplateforme intégrant des données provenant de diverses sources. Il permet une visualisation et une analyse spatiales avancées, qui facilitent aux planificateurs l'accès et l'analyse de diverses informations sur l'aménagement du territoire sur une seule plate-forme.

L'approche de la planification urbaine intelligente met l'accent sur l'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) pour : améliorer la qualité de vie des citoyens, renforcer la durabilité environnementale et stimuler la croissance économique. Les avantages de cette approche incluent la gestion efficace des ressources, la réduction des émissions de carbone, la création de communautés plus connectées et engagées, ainsi que la promotion de la transparence et de la participation citoyenne. Cependant, l'adoption de la planification urbaine intelligente peut également présenter des défis, notamment en matière de protection de la vie privée, de sécurité des données et de coûts élevés de mise en œuvre. Il est donc important d'adopter une approche équilibrée et inclusive pour s'assurer que les avantages de la planification urbaine intelligente soient maximisés et que les risques soient atténués.

Il est important de noter que l'approche de la planification urbaine intelligente nécessite une planification intégrée et une collaboration étroite entre les parties prenantes, y compris les gouvernements locaux, les entreprises, la société civile et les citoyens. Les exemples de villes intelligentes émergentes à travers le Monde montrent que la planification urbaine intelligente peut apporter des avantages significatifs, tels que la réduction de la congestion routière, l'amélioration de la qualité de l'air et de l'eau, l'augmentation de l'efficacité énergétique, et une meilleure gestion des déchets. Cependant, il est également important de s'assurer que la mise en œuvre de ces projets se fait de manière inclusive et équitable pour tous les citoyens.

Finalement, ces différentes approches de la planification urbaine peuvent être **combinées** de différentes manières pour répondre aux besoins locaux. Par exemple, une planification participative peut être combinée avec une planification environnementale pour garantir que les intérêts des habitants sont pris en compte dans les décisions en matière de durabilité environnementale. **Acteurs de la planification urbaine**

Suite à l'émergence de l'approche participative, la planification urbaine est passée d'un **modèle hiérarchique,** où les décideurs politiques prennent position de commandement et les techniciens et usagers étaient en position de subordination, à un **modèle négocié**, où la prise de décision est partagée entre tous les acteurs, dont chacun ayant une compétence reconnue. Les acteurs du processus de la planification urbaine sont regroupés en trois grands groupes, qui sont: les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre et les usagers (Berezowska-Azzag, 2012).

1) ***Les maîtres d'ouvrages :*** Ce sont les décideurs politiques (ministères, structures et organes parlementaires), les autorités locales et les élus. Ils ont comme mission de:
    - Exprimer la volonté politique;
    - Poser les objectifs thématiques, spatiaux et temporels;
    - Élaborer les orientations qualitatives;
    - Élaborer les études de définition;
    - Élaborer les thèmes de référence des cahiers de charge
        - **Thématiques:** Économiques (développement économique, emplois, service,..), sociaux (logements, équipements, qualité et niveau de vie,...) et environnementaux (biodiversité,

paysage, ressources, pollutions, risques majeurs, changement climatique,...).

- **Techniques:** Infrastructures techniques (voiries, eau, assainissements, énergies, communication), infrastructures de transport (route, rail, fleuve, mer) et orientations quantitatives (réduction des GES, économie d'énergie et de l'eau, recyclage de déchet, programme transport en commun,...)

- Diriger les appels d'offres;
- Contrôler la passation des marché;
- Assurer le portage financier du projet;
- Approuver le projet;
- Conduire et/ou déléguer les opérations d'aménagement.

2) ***Les maîtres d'œuvre:*** Ce sont les professionnels de l'urbanisme et de l'aménagement: Architectes, urbanistes, paysagistes, ingénieurs en aménagement; environnement; génie urbain; géographes urbains, écologistes, artiste, sociologues, économistes, ingénieurs en marketing, staticiens, anthropologues, programmateurs, spécialiste de la prospective, experts indépendants, etc. Ils sont comme missions principales de:
   - Aider les maîtres d'ouvrage dans toutes leurs tâches, précédemment citées;
   - Effectuer les études de prospectives;
   - Définir les concepts généraux du projet;
   - Élaborer le projet (études urbanistiques, étude techniques d'aménagement urbain, études technico-économiques: faisabilité, rentabilités, impacts, phasage, montage foncier, montage financier, marketing,...);
   - Assurer le suivi de la mise en œuvre;
   - Évaluer les impacts des actions.

3) ***Les usagers:*** Ce sont les habitants, les associations, les ONG, les comités de quartiers, les comités des zones d'intervention prioritaires,... tous les âges, toutes les catégories sociales doivent être consulter et concerter , les corporations des métiers (enseignants, chercheurs, commerçant, artisans, industriels, médecins, protection civile, transporteurs,...) les propriétaires

fonciers et immobiliers , les concessionnaires et entreprises publiques ou privées, les promoteurs des autres projets engagés sur le territoire, etc. Les usagers ont le pouvoir d'intervenir et d'influer les visions politiques.

Afin d'assurer une planification urbaine **efficace** et **efficiente**, il est essentiel que l'ensemble de ces acteurs collaborent et **coordonnent leurs efforts** dès le début du processus de la planification urbaine et la formulation des initiatives de commande publique.

4.2 Planification urbaine et l'action climatique

4.2.1 Intégration du climat dans la planification urbaine

Le Secrétaire Général des Nations Unies a déclaré en 2009 que: *« Les gouvernements locaux et nationaux doivent collaborer plus étroitement pour s'attaquer au problème posé par les changements climatiques si le monde souhaite élaborer une réponse efficace ».*

Pour faire face aux enjeux du changement climatique, les actions sectorielles ne suffisent pas. Il est désormais nécessaire de planifier l'intégration de l'action climatique au niveau urbain. En effet, la planification est un outil indispensable pour les gouvernements locaux dans leur recherche de mesures adéquates permettant de faire face aux effets des bouleversements climatiques. Elle les apporte une direction stratégique, des idées novatrices, des outils et une communauté de pratiques. Pour que la planification urbaine de l'action climatique soit véritablement transformatrice, elle nécessite une **approche transversale globale**; **intégrée** et **transparente**, et l'implication **inclusive** de plusieurs acteurs: multiples agences et services de l'administration municipale, acteurs économiques, spécialistes de divers secteurs, chercheurs, secteurs privés, organisations non gouvernementales et communautaires et le public (ONU-Habitat, 2015b).

Dans ce contexte, Vivre en Ville engage, en 2017, l'État, les municipalités, les institutions et les entreprises du Québec à adopter des pratiques de planification urbaine adaptées à l'urgence climatique. A cette fin, elle les a appelés à ;

1. **Limiter la part de la croissance dirigée vers les couronnes au pourtour des régions métropolitaines**

   L'augmentation des distances parcourues entre le centre et la périphérie accroître les émissions de GES.

2. **Limiter l'éparpillement des lieux d'emploi**

   Le dispersement des emplois, pour les rapprocher de la population, conduit à l'augmentation des distances parcourues au lieu de les réduire, contrairement aux pôles centraux qui regroupent une diversité d'activités.

3. **Déterminer des cibles précises et fermes de consolidation et de densification du tissu urbain existant**

   Les milieux urbains contiennent une multitude des espaces à réinvestir : les friches, les parcelles sous-utilisées, les stationnements de surface, etc. L'analyse du potentiel de consolidation et de requalification et la détermination de cibles à atteindre sont des étapes essentielles à intégrer systématiquement aux schémas d'aménagement et aux plans d'urbanisme.

4. **Mettre le développement des nouvelles technologies au service d'une mobilité partagée**

   Les nouvelles technologies d'information, de communication et d'automatisation doivent être développées en vue de réduire le nombre de véhicules, et de bénéficier aux autres modes de déplacement à faible impact climatique.

5. **Intégrer systématiquement des mesures d'adaptation aux changements climatiques**

   Tous les projets de développement urbain, qu'il s'agisse de nouveaux quartiers ou d'opérations de densification et de requalification, doivent :

   - Prévoir les infrastructures appropriées pour s'adapter aux changements climatiques;
   - Intégrer des mesures de verdissement, de gestion de l'eau, etc. afin de réduire leurs impacts.

6. **Investir massivement dans le développement de réseaux structurants de transport collectif**

   Le transport collectif est une ossature indispensable au développement d'une offre de mobilité durable qui pourra combiner divers modes actifs, collectifs et partagés. La disponibilité donc d'un service de transport collectif fiable, fréquent, confortable, performant et accessible à pied s'avère essentielle pour réduire le recours systématique à la voiture.

7. **Intégrer la lutte contre les changements climatiques aux documents d'aménagement et d'urbanisme**

   L'estimation des émissions de GES, les orientations, les cibles visées et les indicateurs de suivi de leurs effets devraient faire partie intégrante de chaque document de planification urbaine à différentes échelles spatiales.

4.2.2 Principes directeurs de la planification urbaine de l'action climatique

L'ONU-Habitat (2015b) a fourni aux gouvernements locaux et leurs partenaires les principes directeurs pour une planification de l'action climatique à l'échelle urbaine. Ces principes sont applicables au niveau mondial. Ils peuvent servir de base de référence commune pour les villes en appuyant la planification essentiellement axée sur: (i) l'atténuation du changement climatique par l'adoption de trajectoires de développement à faible émission de GES, (ii) l'adaptation aux aléas du changement climatique et (iii) le renforcement de la résilience au climat au niveau local.

Les principes directeurs sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.1 Principes directeurs pour la planification de l'action climatique à l'échelle urbaine.

Source: ONU-Habitat, 2015b.

Il est important de noter que lors de l'élaboration des stratégies cohérentes adaptées au contexte local, les responsables municipaux peuvent utiliser les principes directeurs

avec d'autres outils et guides plus spécifiques. Leur application doit rester flexible en appuyant les deux approches de la planification urbaine de l'action climatique. Au fait, certaines villes élaborent des plans transversaux indépendants centrés uniquement sur le changement climatique, tandis que d'autres l'intègre dans les processus publics de planification en cours (ONU-Habitat, 2015b).

4.2.3 Processus de la planification urbaine de l'action climatique

L'ONU-Habitat (2015b) a mis en place pour les villes un **modèle type** du processus de planification urbaine de l'action climatique. Ce modèle est **flexible**, **dynamique** et **récurrent**, impliquant un aller-retour constant entre les activités en fonction du contexte local. Ce processus doit être **intégré** ou **accompagne** d'autres processus de planification socio-économique, spatiale, environnementale et de réduction des risques de catastrophes, et ce à différentes échelles : de la ville, régionale et nationale.

Ce processus est basé essentiellement sur les étapes suivantes (ONU-Habitat, 2015b):

1) ***Établir les bilans et les évaluations de référence***

   Pour que la planification de l'atténuation et l'adaptation soit efficace, elle doit être conçue sur des preuves. En matière d'atténuation, il est indispensable d'établir des bilans des émissions de GES des villes en se basant sur les protocoles et méthodologies validées internationalement, tout en se conformant aux exigences locales et en prenant en compte les difficultés d'obtention des informations pertinentes de certaines villes. Ces protocoles et méthodologies permettant de comparer les avantages climatiques de chaque stratégie de manière **transparente** et d'évaluer la contribution des villes.

   Ainsi, il est nécessaire d'évaluer la vulnérabilité et la sensibilité des personnes, du patrimoine et des fonctions de la communauté aux impacts du changement climatique pour bien préparer les conditions d'adaptation et de résilience à ce dernier.

   Les bilans des émissions et les évaluations des vulnérabilités nécessitent d'énormes capacités et ressources locales. De ce fait, l'administration municipale doit soutenir ce travail en mettant à la disposition toutes les données, outils et programmes.

2) Réaliser les analyses de scénarios

Les villes doivent établir des analyses de scénarios permettant l'identification des:

- Tendances des futures émissions de GES en se basant sur les scénarios de la croissance socio-économique et d'atténuation des effets du changement climatique.
- Niveaux de risque selon les différentes hypothèses des impacts du changement climatique.

3) Évaluer les capacités locales

Pour combattre efficacement les effets du changement climatique, il est désormais indispensable d'évaluer la capacité locale des villes à mettre en œuvre les mesures d'adaptation et d'atténuation du changement climatique tout en tirant profit des politiques, plans, programmes et mesures qui existent

4) Définir les objectifs

Les résultats obtenus des analyses de scénarios et l'évaluation des capacités locales servent de fondement pour fixer des objectifs ambitieux en termes d'adaptation et d'atténuation à court, moyen et long terme à l'échelle locale, tout en se référant aux normes sur les objectifs nationaux et internationaux.

5) Identifier et hiérarchiser les actions

Après avoir identifié les objectifs, les actions d'atténuation et d'adaptation à envisager à différent niveaux de la ville sont déterminées. Ces actions concernent plusieurs secteurs du développement urbain et sont hiérarchisées, par ordre de priorité, selon une évaluation **multicritères transparente**, en coordination avec les autres processus de planification urbaine institutionnalisés. Ces actions pourraient être également pertinentes pour atteindre les cibles de développement, de trouver des solutions pour les défis sociaux et les préoccupations environnementales locales.

6) Élaborer un plan de mise en œuvre

Dans le but d'atteindre les résultats souhaités, les actions préalablement déterminées font l'objet d'élaboration d'un plan cohérent qui cadre leur mise en œuvre par les agences et organisations compétentes. Ce plan fournit des détails relatifs à la spécificité de l'action, à ses coûts ; bénéfices et sources de financement, à ses co-bénéfices ; synergies et compromis, à son calendrier de mise en œuvre, et à l'attribution des responsabilités.

Il est important de **surveiller** et d'**évaluer** régulièrement les progrès réalisés par rapport aux objectifs tracés, afin de s'assurer que les actions mises en place sont **efficaces** et **adaptées** aux besoins locaux. De ce fait, les plans d'action doivent contenir un programme pour le **suivi**, le **reporting**, l'**évaluation** des succès et échecs de la mise en œuvre, la **révision** et l'**amélioration continue** en fonction des circonstances ; des leçons apprises et de l'engagement des acteurs.

Ainsi, l'engagement du public dans ce programme et le recueil du feedback de la communauté permet d'inclure avec **équité** les connaissances locales en évolution dans le processus de planification.

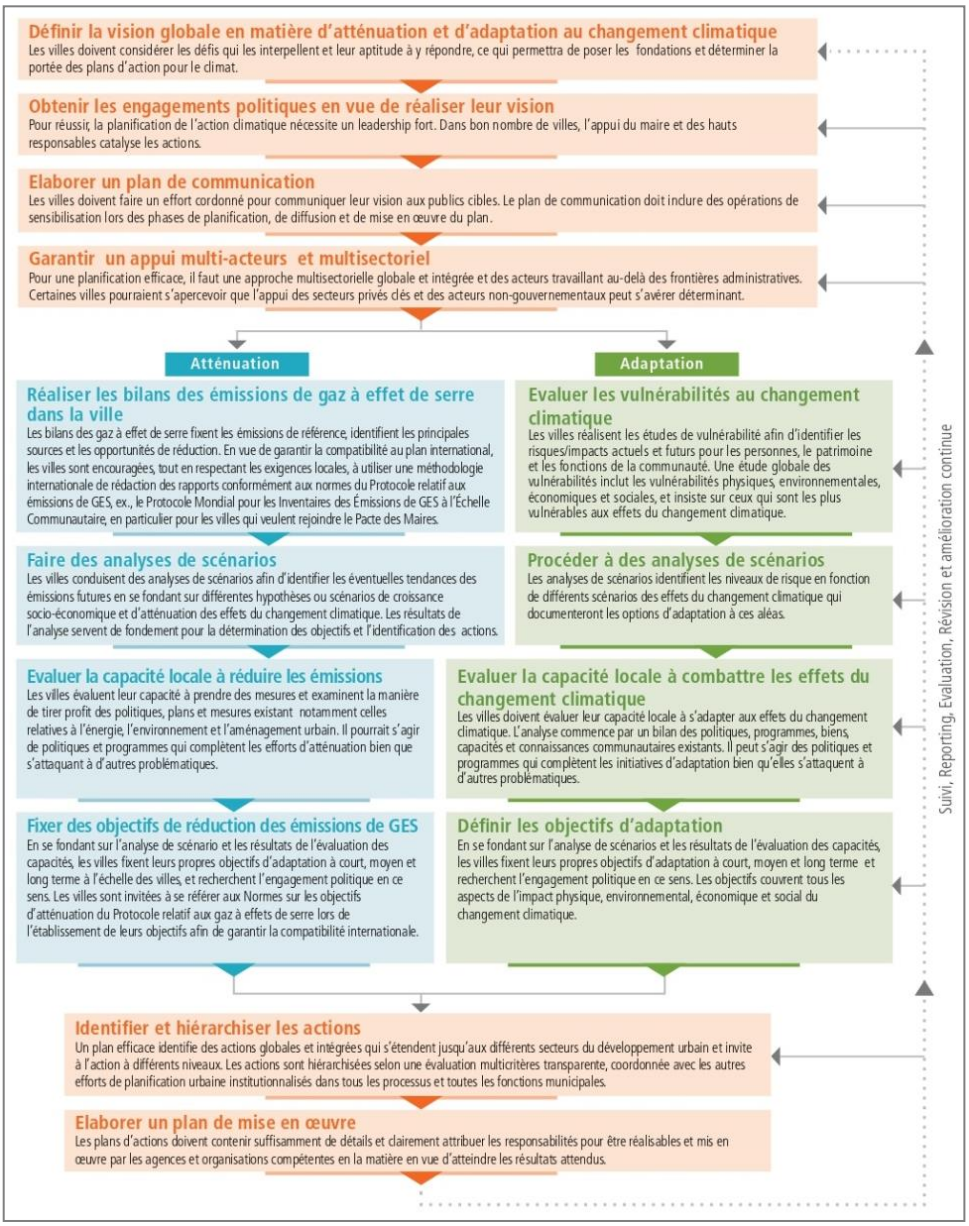


Figure 4.1 Modèle de planification de l'action climatique.
Source: ONU-Habitat, 2015b.

4.3 Planification urbaine bas carbone

4.3.1 Définition de la planification urbaine bas carbone

Le concept "bas carbone" ou bien " faible émission de carbone "provient du terme "économie à faible émission de carbone". Il a été proposé en 2003 par le gouvernement britannique, dans le Livre Blanc sur l'énergie, afin de faire un usage rationnel de l'énergie, de réduire les pertes pour l'environnement et de créer un environnement écologique et durable tout en réduisant les émissions de GES (Kahn, 2009; Hu, 2017).

En 2007, le Japon a proposé le concept de "société bas carbone". Avec son émergence, les villes à faible émission de carbone sont devenues le centre d'attention de l'économie et de la société (Shen et *al*., 2018). Au fait, les villes bas carbone utilisent l'espace urbain comme support pour développer une économie à faible émission de carbone, mettent en œuvre des transports et constructions écologiques, changent le comportement de consommation des résidents et s'investissent dans les nouvelles technologies à faible émission de carbone (Liu et *al*., 2016).

En outre, le concept bas carbone à été intégré dans la planification et le développement des villes. Il a été défini par la Banque Mondiale en tant qu'**approche intégrée** qui permet la mise en œuvre des politiques et des projets de développement urbain réduisant les émissions de GES et favorisant une croissance économique à faible émission de carbone. Au-delà de l'efficacité de la planification, cette approche offre également l'opportunité de **réunir** plusieurs parties prenantes et de **sensibiliser** aux avantages de la poursuite simultanée de la croissance socio-économique et de la réduction des émissions de carbone (World Bank, 2014).

Selon l'ADEME (2022), la planification urbaine bas carbone vise à intégrer dans les documents d'urbanisme les objectifs de sobriété carbone et de réduction des émissions de GES. Ces documents constituent un levier important pour les collectivités, car elles encadrent plusieurs thématiques : développement urbain, usage des sols, préservation du patrimoine, préservation de la biodiversité, logement et habitat, équipements publics, transport et mobilité, etc.

De sa part, Le GIEC voit que la planification urbaine bas carbone est une planification du développement urbain de manière à minimiser les émissions de GES et à

promouvoir le développement d'infrastructures et de technologies à faible émission de carbone (IPCC, 2022).

4.3.2 Conditions de la planification urbaine bas carbone

Selon le Président de Plaine Commune (Seine-Saint-Denis, Île-de-France) Patrick Braouezec: La construction d'une ville bas-carbone pour tous nécessite la jonction de sept conditions, à savoir (Voisin-Bormuth, 2020):

1. Le « 6P » : un « Projet Partenarial Public Privé Population Planète »,la ville de demain ne sera résiliente et bas-carbone qu'à condition de faire converger les intérêts de tous les acteurs de la ville autour d'un bien commun qui est la planète ;

2. La nouvelle construction d'un projet urbain, d'un bâtiment public ou privé ou d'un espace public s'appuie sur six expertises différentes et complémentaires, qui sont de: l'élu, le technicien (architecte, ingénieur, ...), l'usager-citoyen, le responsable de la gestion et de l'entretien, l'universitaire et l'artiste;

3. La « polycentralité » : Elle est nécessaire dans les métropoles afin de relever le défi de la ville bas-carbone pour tous. Elle s'appuie sur des circuits courts, des services publics de proximité et une économie circulaire; sociale et solidaire. Il faut remettre de la ville positive dans la métropolisation, parler de la question de la démesure et du grand face à la dimension humaine et palpable, retrouver une démocratie de proximité;

4. La croissance non maîtrisée de métropoles de plus en plus inhumaines n'est ni souhaitable ni inéluctable;

5. L'idée de la mobilité vue uniquement comme facteur d'émancipation doit être remise en question. Le droit à la ville et le droit à la centralité doivent permettre de revendiquer le droit à une mobilité consentie et voulue face à la mobilité contrainte que nous subissons le plus souvent;

6. Il est nécessaire de penser global et d'agir localement. La coopération internationale est importante pour échanger de bonnes pratiques;

7. Le numérique comme outil au service d'une nouvelle planification territoriale et comme enjeu de la justice sociale.

4.3.3 Recommandations de l'ADEME pour une planification bas carbone

L'ADEME a menée, entre 2019 et 2022, des travaux de l'expérimentation planification urbaine bas carbone, dont douze (12) collectivités territoriales françaises ont bénéficié d'un accompagnement individualisé afin d'intégrer les objectifs de lutte contre le changement climatique et les stratégies bas carbone dans leurs documents d'urbanisme (Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) et Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi)). Elle a mis à la disposition des porteurs de ces documents un cahier de recommandation axé sur quatre catégories principales (stratégie, gouvernance, transversalité et opérationnalité) qui sont le socle de la démarche de planification urbaine bas carbone. Ce cahier permet aux porteurs des documents d'urbanisme de (ADEME, 2022a):

- Trouver des éléments de méthode;
- Utiliser les outils présentés ;
- Construire leur propre projet en fonction des spécificités, des priorités locales et de la stratégie de la collectivité.

Figure4.2 Les quatre catégories du cahier de recommandations de l'ADEME.
Source: ADEME, 2022a.

Ce cahier développe 15 recommandations liées entre elles, sans aucune hiérarchie, et devisée selon les quatre catégories. Elles sont synthétisées par l'annexe D.

4.3.4 Outils de la planification urbaine bas carbone

Selon la Banque Mondiale (2013), uniquement 20 % des 150 plus grandes villes du Monde possèdent des outils d'analyse de base nécessaires pour la mise en place d'une planification urbaine bas carbone. Elle a lancé en 2013 une nouvelle initiative "*Low-Carbon Livable Cities*" (LC^2) dans le but d'aider les villes des pays en

développement du Monde entier dans leurs efforts de planification urbaine bas carbone et à obtenir des financements. En partenariat avec le réseau C40, l'ICLEI, le WRI et autres, et en déployant le Protocole mondial pour les émissions à l'échelle communautaire, l'initiative LC^2 a développé une nouvelle **méthodologie exhaustive** pour quantifier les émissions de GES liées à l'activité économique et à la consommation d'une ville.

En parallèle, la Banque Mondiale et ses partenaires ont mis en place un programme de formation et d'accréditation pour les autorités municipales et les professionnels du secteur privé afin de réaliser des inventaires des émissions de GES en utilisant cette méthodologie. Ces inventaires obtenus fourniront aux villes un aperçu de leurs profils d'émissions et leur permettront d'identifier les politiques et les investissements nécessaires pour réduire ces émissions. Cette initiative novatrice a le potentiel d'améliorer la qualité de vie de plus de 700 millions de personnes résidant dans les villes concernées et celle de milliards d'individus à l'échelle mondiale grâce à la réduction des émissions (Banque Mondiale, 2013).

Par ailleurs, dans le cadre de l'expérimentation planification urbaine bas carbone, menée par l'ADEME, une boite à outils a été mise à la disposition des collectivités pour une meilleure intégration des enjeux de transition écologique et des stratégies bas carbone dans les documents d'urbanisme. Ces outils allant de la **sensibilisation générale** sur la transition jusqu'à la **prise de décision** (ADEME, 2022a).

En effet, les outils encouragés par l'ADEME ont un objectif **pédagogique**, avec des **degrés de technicité variables**. Les outils transversaux tels que Clim'urba, GES-URBA, AEU2 et le Label climat-air-énergie permettent aux territoires de développer et d'améliorer leur **vision stratégique**. Les démarches Label climat-air-énergie et AEU2 travaillent sur le **long terme** et visent à mettre en place **une gouvernance efficace** au niveau des territoires. La formation Urbax 21 et le jeu ASCENS permettent de **mieux comprendre** les impératifs socioéconomiques et **d'expérimenter le dialogue** entre les acteurs afin de favoriser une meilleure gouvernance. Le GES-URBA est un outil technique qui vise l'**opérationnalité** des ambitions de transition portées par les documents d'urbanisme, tandis que la démarche AEU2 permet l'**évaluation** de ces ambitions. Ainsi, l'outil Clim'urba permet de **tester la compatibilité** entre les divers documents d'urbanisme et contribue à **renforcer les liens entre les différentes démarches**, tout comme le Label climat-air-énergie grâce à son approche systémique (ADEME, 2022a).

Conclusion

Ce chapitre a montré que l'évolution de la planification urbaine, depuis son approche traditionnelle passant par la planification urbaine stratégique, participative, durable, intégrée, intelligente jusqu'à l'intégration des considérations climatiques, reflète une **prise de conscience accrue** des impacts environnementaux des villes. La transition vers une planification urbaine bas carbone, qui s'appuie essentiellement sur des stratégies de réduction des émissions de GES, constitue aujourd'hui une **priorité incontournable** dans la lutte contre le dérèglement climatique. L'incorporation des technologies de l'intelligence artificielle, particulièrement de la *machine Learning*, représente une **avancée significative**, offrant des possibilités inédites d'optimisation des infrastructures et d'anticipation des dynamiques urbaines. Ces technologies permettent d'analyser des vastes quantités de données en temps réel, contribuant à la prise de décisions basées sur des simulations précises et des prédictions robustes. Ce nouveau paradigme de planification, à l'intersection des politiques environnementales et des innovations technologiques, offre un **cadre rigoureux** pour la conception des villes intelligentes, durables et résilientes.

Additionnellement, ce chapitre a démontré que, pour que la planification urbaine axée sur l'atténuation des changements climatiques soit **véritablement efficace**, il est **impératif** d'établir des bilans précis des émissions de carbone à l'échelle urbaine locale. Les ménages, en tant qu'unités de base du développement urbain, jouent un rôle **crucial** dans cette dynamique, étant à la fois des **sources significatives d'émissions** et **des acteurs potentiels dans les stratégies de réduction**. De ce fait, il est essentiel d'évaluer le bilan carbone des ménages afin d'affiner la planification urbaine et de garantir une réduction considérable des émissions de GES.

Dans cette optique, une question clé se pose : **Comment réaliser une évaluation précise et efficace des bilans carbone des ménages ? Quelles méthodes et quels outils sont les plus appropriés pour cette tâche ?** La réponse à ces interrogations fera l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE V

BILAN CARBONE MENAGE

Introduction

Les fondements de la quantification des émissions de GES remontent au 1992, année de l'adoption de la Convention -Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUC) lors du Sommet de la Terre à Rio. Cet évènement a marqué un tournant majeur, les États s'engagent à recenser et à rendre compte de leurs émissions de GES. À la fin des années 1990, les entreprises privées ont commencé à implémenter des pratiques de comptabilisation carbone, mais ce n'est qu'au milieu des années 2000 que la publication systématique des inventaires d'émissions a pris de l'ampleur (Brohé, 2013). Parallèlement, des chercheurs ont initié des travaux sur la quantification du bilan carbone ou de l'empreinte carbone des ménages. La première est souvent attribuée aux travaux de Mathis Wackernagel et William Rees dans les années 1990. Ils ont développé le concept d'empreinte écologique pour mesurer la quantité de terres et d'eau biologiquement productives nécessaires pour produire les ressources consommées par une population et pour absorber les déchets générés, les émissions de carbone représentent une composante clé dans le calcul du dépassement écologique (Wackernagel et Rees, 1996). Ce chapitre vise à offrir une synthèse approfondie des approches méthodologiques, des outils et des cadres théoriques existants pour la comptabilisation du bilan carbone des ménages. Il débutera par une compréhension de la notion du bilan carbone, son évolution, et ses différentes échelles de calcul. Par la suite, une revue des approches, méthodes et outils disponibles dans la littérature sera présentée, en mettant particulièrement l'accent sur la quantification des émissions des ménages. Puis, les principales étapes pour le calcul d'un bilan carbone ménage seront détaillées. Enfin, des exemples de calculs des bilans carbone ménage dans divers contextes urbains, en appliquant différentes méthodes, seront exposés afin d'illustrer la diversité des pratiques de mesure.

5.1 Notion du bilan carbone : Notion récente en pleine construction

5.1.1 Définition et évolution du bilan carbone

Le Bilan Carbone désigne une méthode spécifique et des outils permettant aux entreprises, administrations, collectivités, territoires et personnes de: (i) comptabiliser leurs émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre en couvrant les trois (03) scopes, (ii) identifier les sources émettrices de GES et (iii) mettre en place un plan d'action de réduction des émissions de GES. C'est la méthode la plus répondue en France. Elle a été

développée en 2004 par Jean-Marc Jancovici[14] pour le compte de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, nommée récemment Agence pour la transition écologique). En 2011, l'ADEME a confié à l'Association transition Bas Carbone (ABC, anciennement appelée Association Bilan Carbone) la gestion, le développement et la diffusion de cette méthode (Brohé, 2016 ; ABC, 2022a).

Le bilan carbone comptabilise les six gaz à effet de serre retenus dans le protocole de Kyoto 1997 et considère également l'effet de la vapeur d'eau en altitude, à savoir (Badillo, 2023) :

- Le dioxyde de carbone (CO_2) ;
- Le méthane (CH_4) ;
- Le protoxyde d'azote (N_2O) ;
- Les groupes hydrocarbure (HFC) et perfluorocarbure (PFC) ;
- L'hexafluorure de soufre (SF_6) ;
- Le trifluorure d'azote (NF_3).

L'ensemble de ces gaz sont exprimés en équivalent de CO_2. Le résultat final du bilan carbone est donné, par conséquent, en tonnes équivalent CO_2 (t eqCO_2).

Actuellement, il existe huit (08) versions de la méthode bilan carbone. Chaque version intègre les avancées en matière de comptabilité carbone, en évoluant les outils et en mettant à disposition des ressources supplémentaires pour accompagner les utilisateurs dans leurs démarches de transition bas carbone. La version 8 consiste d'approfondir la comptabilité des GES en renforçant la dimension stratégique de la comptabilité carbone et la capacité à se projeter sur les 30 prochaines années (ABC, 2022b).

Par ailleurs et suite au succès de la méthode en France, le terme bilan carbone est vulgarisé. Il désigne aujourd'hui toute démarche visant à évaluer les émissions de GES dans le cadre d'une stratégie environnementale de réduction des impacts (ABC, 2022a).

De sa part, Factor-X (2012) définie le bilan carbone comme étant un outil visant la comptabilisation des émissions de GES de l'ensemble des activités d'une organisation en identifiant ses activités les plus polluantes afin d'initier des changements dans une démarche d'amélioration continue. Cette démarche est cruciale pour pouvoir identifier les

[14] C'est un enseignant à Mines ParisTech et consultant en énergie-climat et co-fondateur du premier cabinet de conseil indépendant "Carbone 4" spécialisé dans la stratégie bas-carbone et l'adaptation au changement climatique.

sources principales d'émissions et pour cibler au mieux les marges de manœuvre prioritaires.

Toutefois, il ne faut surtout pas confondre entre bilan carbone, bilan de GES et empreinte carbone. En effet, l'empreinte carbone est un indicateur qui mesure la quantité de GES émise directement ou indirectement dans l'atmosphère par les activités humaines (Wiedmann & Minx, 2007). Tandis que le bilan GES (BEGES) est une démarche de comptabilisation des émissions de GES introduite et rendue obligatoire en France par l'article 75 de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010. Cette obligation concerne les personnes morales de droit privé employant plus de 500 salariés, les collectivités comptant plus de 50 000 habitants, ainsi que les établissements publics de plus de 250 agents et les services de l'État (Laurent, s.d.). Elle impose une réalisation périodique, avec une fréquence de quatre ans pour les entreprises et de trois ans pour les personnes morales publiques, incluant les collectivités et les organismes publics. Selon la loi française n°2019-1147 du 8 novembre 2019, relative à l'énergie et au climat, la non réalisation de ce bilan pour les « obligés » peut conduire à une amende. Contrairement au bilan carbone qui est une méthode de comptabilisation des émissions de GES intégrant les trois (03) scopes, le bilan GES se limite aux scopes 1 et 2 : émissions directes de GES, et émissions indirectes liées à la consommation d'électricité, de chaleur et de vapeur (Cabinet Lamy Environnement, s.d.).

De ce qui précédent, nous retournons que le bilan GES est un bilan de comptabilisation de GES simplifié tandis que le bilan carbone est un bilan complet. La seule différence qui existe entre ces deux concepts est le périmètre car le premier n'évalue pas tous les postes. Ainsi, le bilan carbone consiste à calculer l'empreinte carbone et identifier des pistes de réduction afin de minimiser l'impact environnemental.

5.1.2 Objectifs du bilan carbone

Selon l'ADEME (2012), les principaux objectifs du bilan carbone sont:

- L'évaluation de l'ensemble des émissions de GES afin d'évaluer l'impact en matière d'effet de serre ;
- L'identification des **sources** les **plus émetteurs** de GES;
- L'évaluation du **niveau de dépendance** aux **énergies fossiles**;
- L'évaluation de la **vulnérabilité énergétique** et **climatique**;

- L'élaboration d'un **plan de réduction** des émissions de GES à court, moyen et long terme;
- La mise en place d'une **démarche de stratégie bas-carbone**.

5.1.3 Échelles de calcul du bilan carbone

Les émissions de carbone sont calculées à différentes échelles spatiales et temporelles, des pays ou des individus, sur une base annuelle ou quotidienne (Peters, 2010; Marland et *al*., 2015). En effet, pour limiter les impacts environnementaux, plusieurs recherches ont été réalisées à plusieurs échelles spatio-temporelles afin de quantifier les émissions de carbone, citant à titre d'exemple :

a) À l'échelle nationale

Dans le cadre de la CCNUCC, tous les pays sont convenus de remettre annuellement leurs bilans des émissions de GES, qui sont publiés sur le site de CCNUCC. Ce bilan leur permet de (Ministère d'Aménagement du Territoire et Ministère de la Transition écologique, 2021):

- Objectiver la situation du pays en termes d'émission de GES;
- Vérifier l'évolution de la situation et le respect des engagements internationaux;
- Construire une stratégie de lutte contre le changement climatique;
- Évaluer l'efficacité des politiques et mesures une fois qu'elles ont été adoptées et mises en œuvre.

Selon Peters (2010), l'estimation des émissions de carbone à l'échelle nationale peut contribuer à établir des accords climatiques équitables et efficaces, empêchant le déplacement des problèmes vers d'autres territoires administratifs.

b) À l'échelle régionale

Tan et *al*. (2014) sur la région de Chongqing (Chine), Ricardo énergie et environnement sur les régions de la Royaume-Uni, pour la période 2005-2019 (BEIS, 2021)[15], et Zhu et *al*. (2022) sur trois régions chinoises (Guangdong, Chongqing et Hubei).

[15] Ricardo energie et environnement a établi un rapport technique des émissions locales et régionales de la Royaume-Uni, période 2005-2019 pour le compte du département des affaires, de l'énergie et de la stratégie industrielle.

La quantification des émissions régionales de carbone aide à la mise en œuvre des politiques locales alignées sur les objectifs nationaux de réduction des émissions (Peters, 2010).

c) À l'échelle de la ville

Minx et *al*. (2013) qui ont calculé les émissions de carbone de toutes les villes de la Royaume-Uni et d'autres établissements humains pour l'année 2004, ainsi que Chen et *al*. (2016) qui ont quantifié les émissions de carbone de cinq villes australiennes (Sydney, Melbourne, Brisbane, Adélaïde et Perth) et cinq villes chinoises (Pékin, Tianjin, Shanghai, Chongqing et Hong Kong), dans l'objectif d'analyser le transfert transnational d'émissions de carbone intrinsèques entre ces villes.

d) À l'échelle municipale

Larsen et Hertwich (2010) sur les municipalités norvégiennes, Angelakoglou et *al*. (2015) sur trois municipalités du Nord de la Grèce (Kavala, Alexandroúpolis et Drama) et Lombardi et *al*. (2018) sur la municipalité de Foggia (Italie).

e) À l'échelle de quartier

Petsch et *al*. (2011) sur les quartiers de comté de Maricopa en Arizona (Etats-Unis). Aussi, Les chercheurs du CREDS (*Centre for Researchinto Energy Demand Solutions*) ont lancé en2021 un nouvel outil gratuit calculant et cartographiant les émissions de carbone des quartiers de l'Angleterre, Appelé "*Place-Based Carbon Calculator*". Cet outil a pour but de fournir une ressource aux gouvernements locaux et aux organisations communautaires pour les aider à planifier et à mettre en œuvre les changements nécessaires pour atteindre les objectifs de neutralité carbone et leurs engagements face à l'urgence climatique (CREDS, 2021).

f) À l'échelle de l'entreprise

Depuis 2016, les entreprises françaises, de plus de 500 salariés en métropole et de plus de 250 salariés en Outre-mer, sont soumises à une obligation environnementale portée par l'ADEME, en évaluant tous les quatre ans leurs bilans carbone (limités aux mesures de scopes 1 et 2) (Badillo, 2023). À partir du 1er janvier 2023, il devient obligatoire pour ces entreprises de réaliser un bilan carbone complet (scopes 1, 2 et 3). Une amende de 10 000

euros sera imposée pour les manquements, contre 1 500 euros précédemment (Watrinet, 2023).

g) À l'échelle du secteur

Chung et Meltzer (2009) sur le secteur de la santé américain, Chowdhury (2010) sur le secteur des connaissances, Dwyer et *al*. (2010) sur le secteur du tourisme d'Australie, Muthu (2014) qui a publié un livre sur la quantification des émissions de carbone de différents secteurs industriels, Ramachandra et *al*. (2014) sur le secteur des déchets solides de Bangalore (Inde), Pandey & Agrawal, (2014) et Jaiswal & Agrawal (2020) sur le secteur agricole, Huang et *al*. (2017) sur le secteur des bâtiments de Xiamen (Chine), Yu et *al*. (2017) sur le secteur de la construction en Australie, Sun et *al*. (2018) sur le secteur de la gestion des déchets de la Chine et le Japon, Hu et *al*. (2019) sur le secteur de transports de la Suède et Rico et *al*. (2019) sur le secteur du tourisme de Barcelone (Espagne).

h) À l'échelle d'activité

Larsen et Hertwich (2011) sur les services publics, Dunlap (2013) sur les technologies de transport alternatif, Holmner et *al*. (2014) sur les activités de télémédecine en Suède et Rizan et *al*. (2020) sur les opérations chirurgicales.

i) Bilan carbone des produits

Quinteiro et *al*. (2014) sur les produits céramiques, Periyasamy et Duraisamy (2018) sur la fabrication du denim et Amirova et *al*. (2022) sur les produits céréaliers.

j) À l'échelle de famille (ménage)

Weber et Matthews (2008) sur des ménages américains, Fan et *al*. (2012) sur des ménages urbains chinois, Miehe et *al*. (2016) sur des ménages allemands, Ivanova et *al*. (2017) sur des ménages de 27 pays de l'Union Européenne et Tomás et *al*. (2020) sur des ménages espagnols.

k) À l'échelle d'individu

Boucher (2016) sur les individus des États-Unis, Lin (2016) sur des étudiants du secondaire, Chuvieco et *al*. (2021) sur des citoyens espagnoles et Fuso Nerini (2021) qui a montré le rôle important de l'intégration des quotas de carbone personnels dans les

politiques d'atténuation des changements climatiques, notamment dans les pays technologiquement avancés soucieux du climat.

5.2 Approches de calcul du bilan carbone ménage

Les approches de comptabilisation des émissions de GES sont actuellement grossièrement classées en trois approches, qui sont : l'approche basée sur la production, l'approche basée sur la consommation et l'approche combinée de production et de consommation (Ramaswami et *al*., 2011 ; Kanemoto et *al*., 2012; Lombardi et *al*., 2017).

5.2.1 Approche basée sur la production

L'approche basée sur la production concerne principalement toutes les émissions provenant de la production des biens et services, locaux ou importés, qui satisfont les besoins des ménages, Au fait, elle inclue les émissions du scope 1 et scope 2 mais aussi une partie des émissions du scope 3 (Ramaswami et *al*., 2011; Baynes et *al*., 2011; WRI et *al*., 2014). Cependant, cette approche donne une image incomplète aux émissions de GES en négligeant les impacts environnementaux liés à la consommation des ménages (Karakaya et *al*., 2019).

L'approche basée sur la production exploite souvent des données statistiques descendantes qui utilisent les mêmes catégories et définitions permettant des analyses comparatives (Grubler et *al*., 2012).

5.2.2 Approche basée sur la consommation

Il s'agit de prendre en considération, de manière centrale, la question de la consommation qui représente un poste très important en termes d'émission de GES. L'approche basée sur la consommation couvre toutes les émissions résultant de la consommation, par les ménages, des biens et services locaux et/ou importés. Elle prend en compte le scope 1 et le scope 2 et certaines émissions du scope 3, notamment celles liées aux activités des villes importatrices. A l'heure actuelle, l'approche basée sur la consommation est considérée comme l'approche de calcul la plus complète (Vetőné Mózner, 2013 ; WRI et *al*., 2014; Wiedmann et *al*., 2016 ; Dahal et Niemelä, 2017) et la plus rigoureuse (Lin et *al*., 2013). Elle est toujours fondée sur une enquête approfondie à l'échelle de l'entité d'étude (Grubler et *al*., 2012).

5.2.3 Approche combinée de production et de consommation

Dans certains cas, pour mieux représenter l'impact environnemental et climatique des ménages, une combinaison entre l'approche de production et l'approche de consommation a été utilisée. Les auteurs ont décidé de l'intituler "approche combinée de production et de consommation". Elle inclue toutes les émissions de GES directes et indirectes, provenant des activités d'importation et d'exportation (Peters et *al*., 2011; Richter, 2012; Chavez et Ramaswami, 2013; Lin et *al*., 2015; Shao et *al*., 2016; Dahal et Niemelä, 2017; Hu et *al*., 2017).

5.3 Méthodes et outils de réalisation du bilan carbone ménage

5.3.1 Méthodes de réalisation du bilan carbone ménage

Une fois l'approche de comptabilisation est choisie, il est nécessaire d'appliquer un modèle de collecte de données afin de réaliser le bilan carbone de l'entité souhaitée. Dans la littérature, trois principales méthodes ont été identifiées : la méthode des facteurs d'émission, l'ACV et l'IOA (Carloni et Green, 2017 ; Ohnishi et *al*., 2017 ; Larsen et Hertwich, 2010 ; Lin et *al*., 2013; Peters, 2010 ; Ramaswami et *al*., 2008).

5.3.1.1 Méthode des coefficients d'émission (Facteurs d'émission)

La méthode des coefficients d'émission est une méthode complète développée en 1996 par le Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) pour les inventaires de GES. Elle a été améliorée en 2006 et 2019; suite à l'invitation de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). Dans cette méthode, les quantifications des émissions de GES sont divisées en principaux secteurs, qui regroupent les procédés et les sources. Chaque secteur comprend des catégories individuelles (par ex. transport) et des sous-catégories (par ex. les voitures). En fin de compte. Cette méthode vise à calculer les émissions de GES des sous-catégories. Les émissions totales sont calculées par sommation. Par exemple, un total national est calculé en additionnant les émissions pour chaque gaz (GIEC, 2006).

L'estimation des émissions de GES consiste à combiner les informations sur l'étendue des activités humaines (appelées données sur les activités) avec les coefficients qui quantifient les émissions par activité d'unité (nommés facteurs d'émission). Donc, l'équation de base est (GIEC, 2006):

Émissions= donnée sur les activités x facteur d'émission

Cette méthode est conçue principalement afin d'aider les pays à réaliser leurs inventaires nationaux de GES de manière **standard** et **transparente** (GIEC, 2006). Néanmoins, Larsen et Hertwich (2010), Richter (2012) et Dong et *al*. (2016) avancent que cette méthode peut être appliquée pour l'estimation des émissions de GES de certains secteurs et des villes tout en utilisant ses facteurs. Aussi, plusieurs chercheurs ont démontré que cette méthode permet de calculer également les émissions directes de GES des ménages notamment celles liées à la consommation d'énergie (Kadian & *al*., 2007 ; Liu &*al*., 2013 ; Lee & Lee, 2014 ; Sanches-Pereira &*al*., 2016).

En revanche, Qu et *al*. (2013) ont montré que la méthode de coefficients d'émission ne peut être utilisée que pour calculer les émissions de GES du point de vue de l'utilisation finale, ce qui entraîne certaines parties indirectes qui ne peuvent pas être correctement mesurées.

5.3.1.2 Méthode de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV)

L'ACV est définie comme un moyen d'évaluation des charges environnementales potentielles et des ressources consommées à chaque étape de la chaîne d'approvisionnement d'un produit ou d'un service (c'est-à-dire l'extraction de matières premières, la production de biens, leur utilisation par les utilisateurs finaux ou la fourniture d'un service, le recyclage, l'énergie valorisation et élimination finale) (ISO, 2006 ; Strohbach et *al*., 2012; Hauschild et *al*., 2018).

Le développement de la méthode ACV remonte à la fin des années 60 suite aux préoccupations importantes sur l'utilisation des matières premières, la consommation d'énergie et le traitement des déchets. Elle a été appliquée pour la première fois en 1969 par Coca-cola, afin d'évaluer la pertinence de produire des cannettes métalliques.

En raison du manque de connaissance sur cette méthode pendant les années 1970 et 1980, l'utilisation de l'ACV était principalement limitée aux fabricants d'emballages et aux décideurs politiques chargés de la gestion des déchets.

Les années 1990 étaient la période de développement et d'harmonisation de l'ACV. Au fait, La Société de Toxicologie et de Chimie Environnementale (SETAC) a pris l'initiative d'organiser des conférences et des groupes de travail afin d'améliorer la

méthode. En parallèle, la *Society for the Promotion of Life Cycle Development* (SPOLD) a été élaborée en 1992 visant le développement des bases de données publiques et accessibles. Ainsi, en 1993 un code de conduite a été paru garantissant l'harmonisation des étapes nécessaires à une étude ACV. Les normes ISO 14040 et ISO 14044, ont été développées en 1998 et mises à jour en 2006, fournissant respectivement les principes et le cadre, ainsi que les directives techniques pour mener à bien une ACV. L'Union européenne, via le *Joint Research Center*, a également publié un guide de bonnes pratiques pour la réalisation précise d'une ACV (Léonard et *al*., 2019).

A partir des années 2000, l'ACV a été largement utilisée dans l'évaluation des impacts environnementaux dus aux activités humaines (Guinee et *al*., 2011). Son champ d'application s'est élargi, il est passé de l'évaluation des impacts environnementaux liés aux produits au ceux liés aux processus. Ainsi, plusieurs travaux ont été effectués afin de quantifier les impacts des activités humaines, impliquant divers processus, à l'aide de l'ACV, tels que: Alfredsson (2004), Weber et Matthews (2008), Pietrapertosa et *al*., (2009), Chen & Chen (2012), Basbagill et *al*., (2013), Goermer et *al*., (2020), etc.

Récemment, en 2021, Peng, Liang et Scheffranont développé un cadre d'évaluation du cycle de vie visant la quantification des émissions de GES des ménages ruraux en se basant sur les données d'enquête. En effet, ils figurent parmi les précurseurs de l'application de la méthode ACV pour l'évaluation des émissions de GES (GES) générées par l'ensemble des activités de production et de consommation des ménages. Afin d'en évaluer la faisabilité, les chercheurs ont expérimenté ce cadre méthodologique sur les ménages ruraux de la région du réservoir des Trois Gorges, située dans l'ouest de la Chine.

Cependant, Larsen-Hogne et Hertwich-Edgar (2010) voient que l'évaluation des émissions de GES par ACV n'est pas recommandée en raison de sa complexité. Ainsi, selon le cours de l'Université Virtuelle Environnement et Développement Durable (UVED), mis en ligne en 2012, l'ACV ne peut jamais prétendre être un outil universel et exhaustif en raison de la difficulté de quantifier certains paramètres, tel que l'évaluation de l'ensemble des flux utilisés pour la fabrication d'un produit ou la délimitation précise d'un système. Face à cette réalité, il est parfois nécessaire de recourir à des données génériques ou de restreindre le champ d'étude en utilisant des données moins précises (UVED, 2012).

5.3.1.3 Méthode de l'Analyse *Input - Output* (IO)

L'analyse *Input - Output* (*Input - Output Analysis*) est un type d'analyse macroéconomique, basée sur les interdépendances entre les différents secteurs économiques ou industries. Son utilisation courante consiste à estimer, en termes monétaires, les impacts des chocs économiques positifs ou négatifs et à analyser les effets d'entraînement au sein d'une économie (Lombardi&*al*., 2017). Cette méthode a étédéveloppée en 1936 par l'économiste soviéto-américain Wassily Leontief (Leontief, 1936) et enrichie durant les années 70 (Leontief, 1970; Leontief & Ford, 1972), ce qui lui a valu le prix Nobel d'économie en 1973.

Ce modèle d'*Input-Output* Monétaire a été évolué en modèle *Input-Output* Physique (*Physical Input-Output Analysis* (P-IOA)) permettant la quantification des transactions entre les activités en unités physiques, telles que les kilogrammes (kg), les kilowatts (kWh), etc. (Lombardi&*al*., 2017). Au cours de ces vingt dernières années, la P-IOA est devenue une méthode d'analyse **importante** et **universelle** (Han et *al*., 2022) , notamment dans le domaine de l'économie de l'environnement et de l'énergie (Bösch et *al*., 2015). Selon Hubacek et Giljum (2003), les analyses basées sur le modèle *Input-Output* Physique permettent une approximation beaucoup plus précise des flux physiques dans une économie comparativement aux analyses basées sur le modèle monétaire.

Ainsi, un large éventail des études a appliqué cette méthode afin d'estimer les émissions de GES des ménages, tels que les travaux de Parikh & *al*., (1997) en Inde, Munksgaard & *al*., (2000) en Danemark, Liu &*al*., (2011) et Fan &*al*. (2012) en Chine, et Yin & *al*., (2020) à Pékin.

Dans le cadre de la comptabilité environnementale, l'analyse *Input-Output* a été étendue à l'environnement, appelée " Analyse *Input-Output* Étendue à l'Environnement " (EE-IOA). Elle est basée sur une **approche descendante**, en combinant les informations sur la structure de l'économie avec les données environnementales (Miller & Blair, 2009).

L'EE-IOA est actuellement utilisée, de manière très répondue, pour l'évaluation des facteurs en amont, liés à la consommation, et les impacts environnementaux en aval. Elle permet également d'évaluer les impacts environnementaux incorporés dans les biens et services échangés entre les nations (Kitzes. 2013). Donc, c'est une analyse permettant une

évaluation **plus précise** des impacts environnementaux et offrant une **vision complète** des flux tout au long de la chaîne d'approvisionnement.

Plusieurs études ont appliqué l'EE-IOA, citant : Lenzen & *al*., 2012 et Kitzes, 2012 pour la quantification des empreintes biodiversité/faune, Bicknell & *al*., 1998 ; Wiedmann & *al*., 2006 et Galli &*al*., 2013 pour les évaluations écologiques, Hoekstra & Chapagain , 2006 et Mekonnen & Hoekstra2012 pour l'évaluation de l'empreinte eau et Peters & Hertwich, 2008 ; Minx & *al*., 2009; Wiedmann, 2009 ; Davis & Caldeira, 2010 et Davis & *al*., 2011pour l'estimation des émissions de carbone.

l'EE-IOA nécessite moins de temps et de travail que l'ACV. Elle a été étendue à l'analyse du commerce interrégional, ce qui a donné la naissance d'une nouvelle approche nommée " Analyse Multirégionale *Input-Output*" (MR-IOA). Cette analyse est largement utilisée en permettant une analyse à plusieurs niveaux régionaux, tout en évitant le double comptage des émissions (Peters, 2008; Minx et *al*., 2009; Boitier, 2012; Choi , 2015; Chen &*al*., 2016 ; Zheng et *al*., 2016) et en fournissant des informations détaillées sur les impacts environnementaux des actions politiques coordonnées entre les villes connectées par les chaînes d'approvisionnement et de demande (Choi, 2015).

Cette méthode est largement appliquée dans l'évaluation des charges environnementales globales notamment celles liées aux émissions de GES, citant, Ackerman et *al*. (2007) pour évaluer l'impact du commerce entre le Japon et les États-Unis sur les émissions mondiales de GES, Druckman & Jackson (2009) pour la quantification des émissions de carbone des ménages au Royaume-Uni, Vringer & *al*. (2010) afin d'estimer l'utilisation des sols et les émissions de GES induites par la consommation des ménages aux Pays-Bas, Hasegawa & *al*. (2015) pour le calcul des émissions de carbone au Japon, Brizga & *al*. (2017) pour l'évaluation des émissions de carbone des ménages aux Pays Baltes, Ivanova & *al*. (2017) afin de quantifier les émissions de carbone liées à la consommation des ménages pour 177 régions dans 27 pays de l'Union Européenne. Cependant, il existe des limitations lorsqu'il s'agit d'estimer la balance commerciale des émissions, car les données nécessaires sont souvent rares (Vetőné Mózner, 2013).

Afin de surmonter ces limitations notamment pour l'estimation des émissions de GES, des chercheurs ont proposé des méthodes hybrides combinant différentes approches. Par exemple, la méthode EE-IOA/ACV fusionne les forces de l'EE-IOA et de l'ACV, ce qui permet d'obtenir une évaluation plus complète des émissions de GES et de l'impact

environnemental (Wiedmann & Minx, 2008 ; Wright & *al*., 2011; Shirley & *al*., 2012; Onat & *al*., 2014; Kjaer & *al*., 2015). Cette méthode hybride est prédominante à l'échelle de la ville (Ramaswami & *al*., 2008 ;Chavez & Ramaswami, 2013; Vetőné Mózner, 2013; Kjaer & *al*., 2015), elle a été utilisée par Rama &*al*. (2021) pour quantifier les émissions de GES engendrées par les activités urbaines de la ville espagnole Cadix.

En outre, de nouveaux concepts ont été émergés, tels que *City Carbon Map* (CCM), Proposé par Wiedmann & *al*. (2016) et appliqué à la ville de Melbourne (Australie), ainsi que *City Carbon Network* (CCN), proposé par Chen &*al*. (2016). Ces concepts utilisent des approches hybrides pour évaluer les flux d'émissions à différentes échelles spatiales, du niveau urbain au niveau mondial. Ces approches cherchent à éviter le double comptage des émissions et à fournir des informations précises pour la conception des stratégies d'atténuation efficaces (Lombardi & *al*., 2017).

In fine, l'analyse *Input-Output* et ses variantes offrent une meilleure compréhension des interdépendances entre les secteurs économiques et permettent d'estimer de manière plus précise les flux physiques et les impacts environnementaux le long de la chaîne d'approvisionnement. En revanche, elles peuvent être limitées par la disponibilité des données nécessaires. L'estimation des émissions de GES des ménages à l'aide de cette méthode nécessite des données très détaillées sur les activités économiques et les flux de carbone associés. Cependant, ces données peuvent être limitées et sujettes à des incertitudes, ce qui peut affecter la précision des estimations. Ainsi, l'analyse *Input-Output* rencontre des difficultés lorsqu'il s'agit d'incorporer de manière précise les variables comportementales complexes dans le processus de calcul des émissions des ménages. Par conséquent, afin d'obtenir une évaluation précise et complète des émissions de ménages, l'analyse Input-Output doit être complétée par d'autres méthodes et approches.

5.3.2 Outils de réalisation du bilan carbone ménage

Il existe un éventail des outils permettant le calcul des émissions de GES. Ces outils sont crées en se basant sur les approches et les méthodes de quantification présentées dans les sections précédentes. Nous classons ces outils en trois (03) principales catégories : Tableurs, calculateur en ligne et logiciels.

5.3.2.1 Tableurs

Il s'agit d'une matrice de calcul contenant les sources d'émission de GES générées par les ménages classés par catégories et activités, les données des activités collectées auprès des ménages et les facteurs d'émission de carbone exprimés sous forme physique ou monétaire. Le calcul des émissions pour chaque activité est effectué à l'aide d'une équation basée sur la méthode et l'approche choisies.

Il est important de noter que le coefficient d'émission quantifie les émissions de GES liées à une unité d'activité. Par exemple, il indique le nombre de grammes de dioxyde de carbone émis par la consommation d'un litre d'essence (GIEC, 2006). Certains coefficients d'émission varient en fonction de la région. Par exemple, les coefficients d'émission liés à la consommation d'électricité différent d'une ville ou d'un territoire à l'autre, car chaque région utilise une combinaison différente d'énergies renouvelables et non renouvelables pour produire de l'électricité. Il est donc recommandé d'utiliser les coefficients d'émission correspondant le mieux à l'emplacement géographique de la zone d'étude (Campus Carbon Management Initiative, 2019).

Par ailleurs, des tableurs en version Excel ont été développés, permettant aux ménages, personnes et entreprises de calculer leur bilan carbone tout en présentant la répartition des émissions de GES par activité, identifiant les activités les plus émettrices et proposant des pistes d'amélioration ou de réduction. Citant à titre d'exemple :

a) Tableur Excel de l'outil MicMac

Avenir Climatique[16]et TACA[17] ont élaboré en 2010 un tableur Excel, principalement basé sur la Base carbone[18] de l'ADEME, appelé MicMac (Mon Impact Carbone, Mes Actions Concrètes). Ce tableur est l'un des premiers outils de calcul du bilan carbone, il est destiné aux individus et ménages dans le but d'estimer leurs émissions de carbone, à travers un questionnaire couvrant : logement, transport, alimentation, biens et services, finance et

[16]Avenir Climatique est une association française lancée en 2007 par Vincent Bryant, Emmanuel Risler et Jean-Marc Jancovici. Elle est engagée dans la sensibilisation et l'éducation du public sur les enjeux liés au changement climatique et à la transition énergétique, en se concentrant sur la diffusion des informations scientifiques et la promotion de solutions concrètes pour réduire les émissions de GES.

[17]TaCa (Agir pour le Climat) est une association citoyenne, établie à Bordeaux, qui s'occupe principalement des questions climatiques. Elle a pour but la réduction des émissions de GES, en mettant l'accent sur le rôle essentiel du consommateur, tant au niveau individuel que collectif.

[18]C'est une base de données publique, gérée par l'ADEME, de facteurs d'émissions nécessaires à la réalisation du bilan carbone.

services publics. Il aide à identifier les sources d'émissions et fournit de multiples actions de réduction. La première version complète de ce tableur a été développée en 2014, mise en ligne en 2017et régulièrement actualisée par l'ABC (Datagir, 2020).

Dans le cadre de leur travail de recensement et d'évaluation des calculateurs d'émissions de GES existants en libre accès, l'ABC déclare que MicMac constitue un excellent socle de sensibilisation aux émissions quotidiennes de GES résultants de nos actions. En collaboration avec le service Ecolab[19] de l'ADEME, cet outil a été amélioré en fin 2020 et transformé en calculateur en ligne appelée " **Nos Gestes Climat** " (ADEME, 2020b; Datagir, 2020).

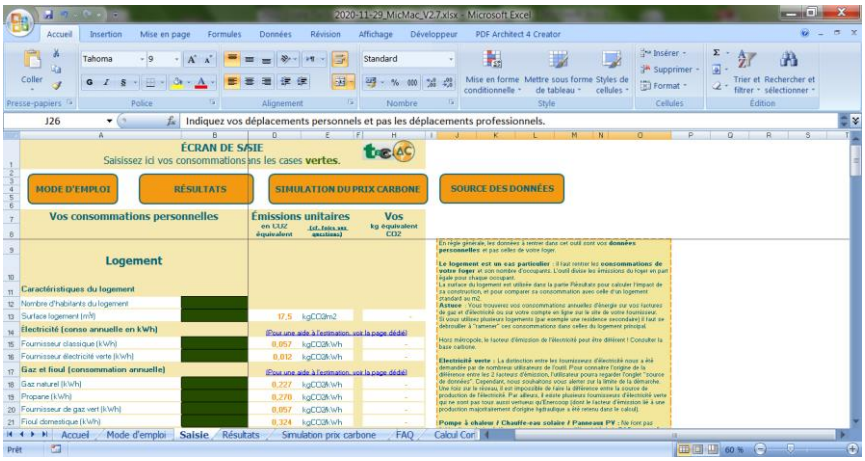


Figure 5.1 Outil MicMac en version tableur Excel (Version 2.7), Fenêtre de saisie des données d'activités. **Source:** Avenir Climatique.

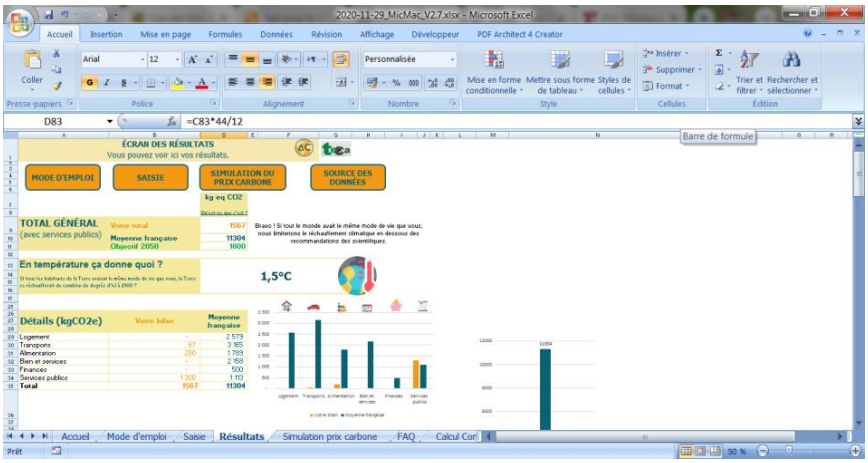


Figure 5.2 Outil MicMac en version tableur Excel (Version 2.7), Fenêtre des résultats d'évaluation. **Source:** Avenir Climatique.

[19] C'est un service créé par L'ADEME avec l'incubateur de services numériques de l'État français "beta.gouv.fr", afin de mettre à disposition les données nécessaires pour le calcul des émissions carbone des déplacements.

b) Tableur Excel de l'outil Bilan Carbone®

Le Bilan Carbone® de l'ADEME est un outil d'estimation des émissions de carbone, présenté sous la forme d'un tableur Excel téléchargeable, actualisé régulièrement par l'ABC. Cet outil est en adéquation avec la réglementation française et intègre des facteurs d'émissions spécifiques à la France, provenant majoritairement de la Base Carbone de l'ADEME. L'utilisation de cet outil requiert une formation obligatoire par l'Institut de Formation Carbone (IFC), partenaire de l'ABC, afin d'obtenir une licence gratuite pour son utilisation (ABC, 2018).

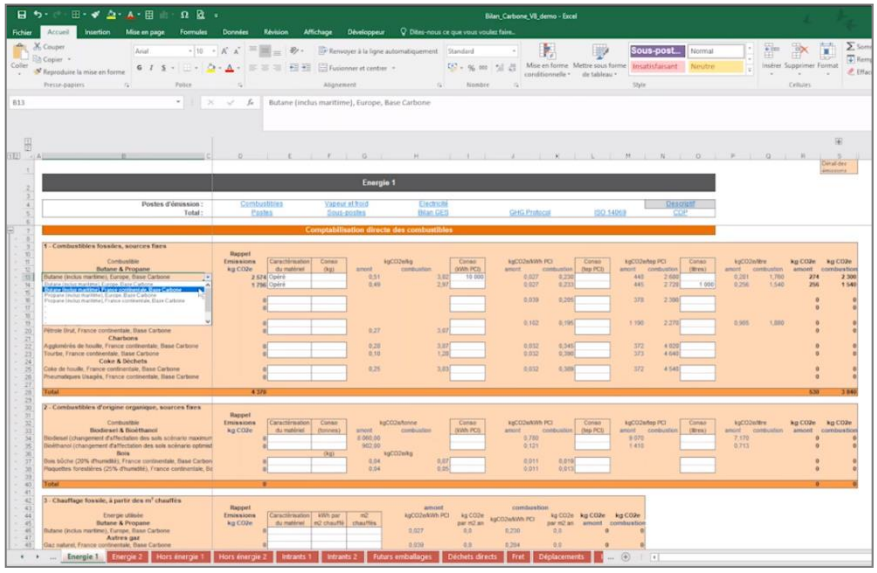


Figure 5.3 Tableur Excel de l'outil Bilan Carbone®.
Source: ABC, 2018.

c) Tableaux *Input-Output*

Les tableaux *Input-Output*, également connus sous le nom de tableaux d'entrées-sorties, sont inventés en 1939 par économiste Wassily Leontief. Ils fournissent une représentation structurée des relations économiques entre les secteurs de production et les secteurs de consommation. De ces tableaux de base se dérivent les autres tableaux spécifiques, tels que: les tableaux *Input-Output* Étendue à l'Environnement et les tableaux Multirégionale Input-*Output*.

Ces tableaux permettent entre autres de (Pasquier, 2016):

- Calculer les émissions de GES associées à la production et à la consommation de biens et de services;
- Suivre les flux d'émissions associés à chaque secteur;
- Identifier les moyens les plus efficaces de réduction des émissions.

Tableau 5.1 Exemple de tableau *Input-Output* Étendue à l'Environnement pour le calcul des émissions de carbone en Pakistan.

Sector/sector	Agriculture	Land	Energy	Chemicals	Metals	Manufacturing	Transport	Minerals	Others
Agriculture	1,308,454	2941	5	122	–	2,667,221	259,888	277	96,562
Land	29	154	–	1825	–	13,583	275	2396	1066
Energy	28,200	1354	1,344,013	16,285	8773	198,029	212,973	41,143	234,567
Chemicals	105,158	4049	38,328	33,360	1285	45,386	101,746	2076	94,159
Metals	–	–	428	1484	5449	40,297	54,183	1243	2673
Manufacturing	28,316	1599	95,209	77,223	10,757	577,896	462,676	22,400	322,492
Transport	178,021	1758	352,894	98,988	76,496	950,400	762,492	60,635	266,719
Minerals	7813	372	316,245	11,138	60,353	190,205	43,161	45,298	32,235
Others	42,114	13,849	34,411	26,832	7495	296,448	431,395	71,264	741,802
Imports	92,195	2159	449,215	123,401	18,864	405,480	542,083	55,359	168,277
Net taxes on production	57	332	120,395	8570	3809	92,332	80,063	12,303	13,460
Total at purchasers' price	1,790,357	28,569	2,751,143	399,229	193,280	5,477,278	2,950,935	314,395	1,974,014
CE	1,613,980	32,038	77,007	56,172	25,662	706,144	1,202,972	70,915	1,169,453
CFC	210,534	654	47,347	12,839	5866	154,226	192,426	36,061	379,329
Operating surplus, net	2,678,820	56,700	362,003	120,923	55,243	1,326,889	3,670,065	588,218	2,795,065
Operating surplus, gross	2,889,354	57,354	409,350	133,762	61,109	1,481,115	3,862,491	624,279	3,174,394
Value-added, gross	4,503,334	89,392	486,357	189,934	86,771	2,187,259	5,065,463	695,194	4,343,847
Total inputs at basic prices	6,293,690	117,960	3,237,500	589,163	280,051	7,664,536	8,016,398	1,009,589	6,317,861
Emission satellite: (Gg/t of CO_2 equivalent)									
CO_2	–	9671	47,251	3278	598	37,651	37,181	15,535	27,641
CH_4	83,790	–	21,903	–	–	63	189	–	,302
N_2O	78,120	–	1860	–	–	–	–	–	310
CO	950	–	21	–	–	67	2470	–	2432
NMVOCs	–	–	51	–	–	17	816	184	439
Final demand: (million PKR)									
Sector/sector	HC	CCEG	ICEG	GFCF	CI	EXPG	EXPS	Total output	
Agriculture	1,728,880	–	–	38,092	71,832	119,246	168	6,293,690	
Land	94,726	–	–	–	3686	220		117,960	
Energy	1,118,449	139	59	–	7302	26,083	130	3,237,500	
Chemicals	141,797	–	–	–	8409	13,411		589,163	
Metals	25,944	–	–	135,590	3351	9406	2	280,051	
Manufacturing	3,667,691	17,649	7505	1,101,774	90,494	1,155,114	25,742	7,664,536	
Transport	4,099,920	–	–	446,468	59,690	511,242	150,674	8,016,398	
Minerals	247,734	–	–	298	9345	43,715	1676	1,009,589	
Others	2,681,121	1,174,679	499,491	29,007	440	1143	266,369	6,317,861	
Imports	869,298	54,537	23,190	447,019	30,699	141,012	44,845	3,467,633	
Net taxes on production	155,731	1525	648	90,076	7776	38,854	3556	629,487	

Source: Zeshan, 2019.

5.3.2.2 Logiciels

Au début de l'année 2021, L'ABC a lancé le logiciel Bilan Carbone+ (BC+), qui constitue la version la plus complète et récente de l'outil Bilan Carbone®. Le développement de ce logiciel est motivé par l'objectif de simplifier et de faciliter l'utilisation des tableurs Excel de l'outil Bilan Carbone®, tout en incorporant de nouvelles fonctionnalités et en offrant des solutions aux contraintes rencontrées lors de leur utilisation, tels que le transfert de données entre les différentes versions et la gestion d'un grand nombre de fichiers, etc. Bien que principalement destiné aux organismes, ce logiciel peut également être utilisé par les particuliers et les ménages.

Le logiciel BC+ permet à ses utilisateurs de (ABC, 2021):

- Quantifier leurs émissions de carbone;
- Suivre les sources de leurs émissions;

- Approfondir l'approche stratégique de réduction des émissions de GES (identification des leviers d'actions, rapport d'améliorations, suivi des objectifs, etc.).

Il est important de souligner que l'acquisition de ce logiciel est soumise à des frais et nécessite l'adhésion à l'ABC, ainsi que le suivi de la formation sur le Bilan Carbone® dispensée par l'Institut de la Formation Carbone (ABC, 2021).

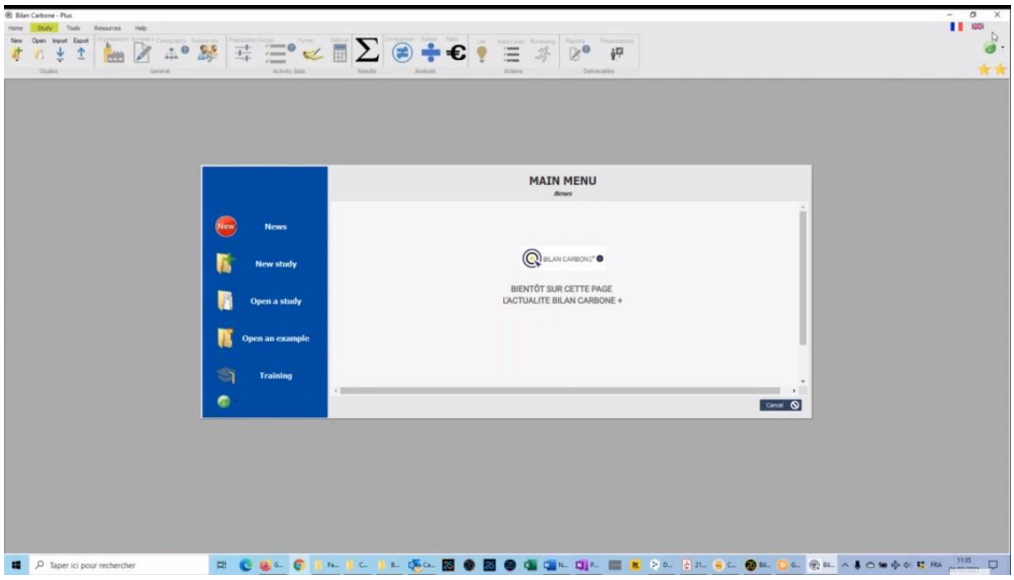


Figure 5.4 Interface du logiciel Bilan Carbone+.
Source: ABC, 2021.

5.3.2.3 Calculateurs en ligne

Les calculateurs en ligne des émissions de carbone sont des **outils interactifs** et **conviviaux**, fournissant une analyse approfondie sur le mode de vie et les comportements de consommation des ménages et des individus, à travers la ventilation de plusieurs catégories: énergie, alimentation, déplacements, biens et services, etc. Ces calculateurs reposent principalement sur des questionnaires visant à quantifier les émissions de carbone en adoptant une approche centrée sur la consommation, tout en proposant des recommandations et des actions de réduction. Ces dernières années, on constate une rapide expansion de ce type d'outils d'évaluation des émissions de carbone, qui connait une popularité croissante.

Les calculateurs en ligne constituent d'excellents outils de sensibilisation des ménages et des individus sur l'importance de réduction de leur empreinte carbone et de l'adoption d'un mode de vie plus durable.

Aujourd'hui, il existe une large gamme de calculateurs des émissions de carbone, destinés aux individus et aux ménages, dont la fiabilité peut varier considérablement. Certains outils sont fondés sur des méthodologies scientifiques rigoureuses et des données précises, garantissant ainsi des résultats plus fiables et précis. Ces calculateurs intègrent souvent des paramètres tels que les sources d'émissions spécifiques, les facteurs d'émissions actualisés et les méthodes de calcul reconnues par la communauté scientifique. En revanche, d'autres calculateurs peuvent être basés sur des approximations simplifiées, des données obsolètes ou des méthodologies moins rigoureuses, ce qui peut conduire à des estimations moins précises. Il est donc important de sélectionner attentivement un calculateur d'empreinte carbone en ligne qui repose sur des critères scientifiques et une transparence méthodologique, afin d'obtenir des résultats plus fiables et de prendre des décisions éclairées en matière de réduction des émissions de carbone.

Dans cette partie de manuscrite, nous présentons quelques calculateurs en ligne les plus fiables dans le domaine de l'estimation de l'empreinte carbone des individus et des ménages. Ces exemples ont été développés en suivant des méthodologies robustes et en utilisant des données actualisées. Parmi les calculateurs réputés pour leur fiabilité, on peut citer : le calculateur "Nos Gestes Climat", le calculateur *Carbon Footprint* et le calculateur *WWF Footprint*.

Ces calculateurs sont largement reconnus pour leur précision et leur exhaustivité, fournissant aux utilisateurs des estimations fiables de leur empreinte carbone. Il convient toutefois de noter que la majorité de ces calculateurs sont conçus pour des régions spécifiques et intègrent les facteurs d'émission spécifiques à ces régions. Ils prennent en compte les spécificités géographiques, les sources d'émissions dominantes et les mix énergétiques propres à chaque région. Il est donc important de choisir un calculateur qui correspond à la région géographique pertinente pour obtenir des estimations plus précises et pertinentes. De plus, il est essentiel de vérifier la méthodologie et les sources de données utilisées par le calculateur afin de s'assurer de leur pertinence pour la région concernée.

a) Calculateur "Nos Gestes Climat"

Comme précédemment mentionnée, le calculateur en ligne « Nos Gestes Climat » est la version web de l'outil MicMac. Il a été développé conjointement par l'Ecolab de l'ADEME, Beta.gouv. et l'ABC en 2020. Son principal objectif est d'estimer la contribution

individuelle et collective aux émissions annuelles de GES associées aux modes de consommation, tout en proposant des actions concrètes de réduction.

Les calculs reposent sur une approche de **consommation**, effectués à l'aide d'un **questionnaire** comprenant des **informations chiffrées**, exprimées en unités physiques ou monétaires, ainsi que des **réponses au choix**. Ce questionnaire concerne le transport, l'alimentation, les services sociétaux, le logement et divers aspects de consommation. Ces calculs englobent l'ensemble des GES. Les résultats obtenus sont présentés en unités de tonnes métriques d'équivalent CO_2 par personne (t eq CO_2/ pers.), et sont comparés à la moyenne nationale et la moyenne mondiale.

Cet outil novateur a été soumis à des tests par un nombre considérable de bêta-testeurs, soit environ 55 000 participants, démontrant ainsi son ampleur et son impact potentiel. Il est appelé à devenir l'outil d'estimation de référence (ADEME, 2020b; Datagir, 2020).

Actuellement, le calculateur "Nos Gestes Climat" permet de calculer les émissions de carbone individuel ou d'un groupe de 17 pays. Toutefois l'Algérie n'est pas encore intégrée dans cet outil.

Figure 5.5 Les pays intégrés dans le calculateur en ligne " Nos Gestes Climat", mise à jour Juin 2023.
Source: ADEME, Beta.gouv et ABC.

b) Calculateur Carbon Footprint

Le calculateur *Carbon Footprint* est le **premier calculateur international complet en libre accès**, développé en 2007 par la société *Carbon Footprint Ltd*.[20] basée à Basingstoke, au Royaume-Uni (Carbon Footprint Ltd., 2020). Il permet aux individus, aux ménages et aux entreprises de mesurer et de réduire leurs émissions annuelles ou d'une période plus appropriée (par exemple d'un mois) de GES. De plus, il offre la possibilité de compenser ou de neutraliser ces émissions en participant à l'un des projets écologiques proposés par *Carbon Footprint Ltd*. Ce calculateur a été examiné par Kim & Neff (2009). Il ressort comme l'un des calculateurs des émissions de carbone les plus complets et précis.

Figure 5.6 Logo de la société Carbon Footprint Ltd.
Source: Carbon Footprint Ltd.

Pour le calcul des émissions individuelles ou des ménages, le calculateur *Carbon Footpront* s'appuie sur la méthodologie décrite par le gouvernement et couvre **tous les pays du monde**. Il englobe un large éventail d'activités liées au mode de vie, telles que: l'énergie domestique, les transports, l'alimentation, les achats, les loisirs, l'éducation, etc.

Les Calculs sont réalisés en suivant une approche axée sur **la consommation**, en adoptant une **méthode hybride** qui combine l'EE-**IO** et **l'ACV**[21]. Cette approche est **basée** essentiellement sur l'introduction des **données chiffrées**, exprimées en unités physiques ou monétaires sur la consommation. Les facteurs d'émission utilisés sont spécifiques à chaque pays et sont régulièrement mis à jour. Ils prennent en compte tous les GES (tels que le CO_2, le N_2O, le CH_4, etc.) émis par les activités. Les résultats obtenus sont présentés en t eq CO_2/ pers. et sont comparés à la moyenne nationale et la moyenne mondiale provenant de la Banque Mondiale. Il convient de noter que les calculs n'incluent pas les émissions du scope 3 associées à l'extraction, au raffinage, à la distribution, au stockage et à la vente au détail des carburants.

[20] Fondée en 2005 par John Sauven et Jean Buckley. Elle englobe des consultants en environnement, des ingénieurs en changement climatique et des scientifiques. Elle est certifiée ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 et neutre en carbone.

[21] Le calculateur prend en compte les émissions de toutes les étapes d'un produit ou d'un service, de sa production à son élimination.

c) Le calculateur WWF Footprint

Le fonds mondial pour la nature (WWF: ***World Wildlife Fund***)[22] du Royaume-Uni, en partenariat avec *Stockholm Environment Institute* (SEI) de l'université de York et *Sustainability Research Institute* de l'Université de Leeds, a développé un calculateur en ligne permettant aux particuliers et aux ménages d'estimer leur empreinte annuelle de carbone et de leur suggérer des conseils de réduction. Ce calculateur a été élaboré en 2007 et mis à jour en 2012, 2015, 2018 et 2021 en utilisant des données fournies par le SEI (Harris &*al*., 2021). Il a été examiné par les professeurs Thomas Wiedmann et John Barrett, qui sont des leaders mondiaux dans le domaine de la comptabilisation des émissions de GES liées à la consommation (WWF, s.d.).

Ce calculateur est **convivial**, il repose sur une **approche de consommation** et utilise **un quiz** divisé en quatre séries de **questions simples à choix multiples**, portant sur le mode de vie de l'utilisateur, à savoir: l'alimentation, la maison, les déplacements et les achats des articles consommables (WWF, s.d.).

Le calculateur *WWF Footprint* couvre tous les GES signalés par la CCNUCC. Il utilise les données de l'Office National de Statistiques du Royaume-Uni et de la base de données Eora MRIO développée par l'Université de Leeds. Cette dernière a été soumise à des tests de fiabilité. Ces données sont également complétées par des informations provenant du département de l'environnement; de l'alimentation et des affaires rurales (Defra), du Service de Santé Nationale (NHS), de Shrink That Footprint et de l'*Energy Savings Trust* (Harris &*al*., 2021).

Cependant, ce calculateur est basé sur des **données britanniques** (Harris & *al*., 2021). Avant de fournir les résultats, il demande à l'utilisateur de préciser s'il se trouve au Royaume-Uni ou dans un autre pas, sans spécifier le lieu précis. Les résultats finaux sont exprimés en t eq CO_2/ pers. Ils sont comparés à la moyenne britannique et à la moyenne mondiale.

[22] Le WWF a été fondé le 29 avril 1961 par un petit groupe d'individus passionnés et engagés dans la protection des lieux et des espèces menacés par le développement humain. Il a été officiellement enregistré en tant qu'organisation caritative le 11 septembre 1961. Son siège international est basé à Gland (Suisse). Actuellement, le WWF bénéfice du soutien de plus de 6 millions de personnes, il est actif dans plus de 100 pays répartis sur les cinq continents.

Finalement, il convient de souligner que le choix d'un calculateur en ligne dépend de plusieurs facteurs:

- **La précision**: Le calculateur doit reposer sur des données scientifiques fiables et fournir des estimations précises.
- **La fiabilité**: Le calculateur doit être régulièrement mis à jour afin de refléter les évolutions en termes de consommation.
- **La facilité d'utilisation**: Il convient d'accorder une attention particulière à la simplicité d'utilisation et à la compréhension du calculateur.
- **Le coût**: Il est à noter que certaines calculatrices sont gratuites, tandis que d'autres impliquent un paiement.

Par ailleurs, il est crucial de répondre de manière honnête et précise à toutes les questions posées. En effet, le degré de précision de l'estimation dépendra de l'exactitude des données utilisées par le calcul et de la précision des informations introduites par l'utilisateur.

5.4 Étapes de calcul du bilan carbone ménage

Le bilan carbone ménage se structure autour de six (06) principales étapes, à savoir (Carbonexit Consulting, s.d. ; ADEME, s.d. ; Youmatter, 2016) :

Étape 01: Sensibilisation au réchauffement climatique et à ses effets

Cette étape consiste à expliquer aux principaux acteurs le bilan carbone et discuter les enjeux et les effets du changement climatique sur l'entité d'étude.

Étape 2 : Préparation et définition du périmètre d'étude

Dans cette étape, il s'agit de définir le périmètre d'étude, d'arrêter l'année de référence du bilan et de choisir la méthode et les outils permettant la réalisation du bilan carbone.

Étape 3: Collecte et traitement des données

En fonction du périmètre retenu, les données nécessaires pour la réalisation du bilan carbone seront recueillies auprès des offices de statistiques et organismes, etc. ou à l'aide des enquêtes effectuées in-situ sur les ménages.

L'ensemble de ces données seront traité selon les méthodologies et outils choisis et le bilan carbone ensuite sera calculé. En effet, la simplicité de calcul et la finesse des résultats seront très dépendantes des données collectées et de la méthode utilisée.

Étape 4 : Exploitation des résultats

Il s'agit de présenter en détail les émissions de GES évaluées et d'effectuer des zooms sur les sources les plus responsables à ces émissions tout en mettant en évidence la vulnérabilité climatique et énergétique de l'entité d'étude ; afin d'interpeler les décideurs sur leurs enjeux.

Étape 5 : Élaboration du plan de réduction des émissions de GES

Cette étape consiste pour les décideurs à identifier des actions en vue de la conception d'un plan de réduction des émissions de GES à court, moyen et long terme. Elle peut être complétée par une évaluation financière des actions proposées, garantissant ainsi un vrai management carbone.

Étape 6 : Lancement du plan de réduction des émissions de GES

Il s'agit de la phase de la mise en œuvre des actions définies et évaluées. Il est recommandé d'établir un tableau de bord contenant des indicateurs permettant le suivi structuré des actions envisagées.

5.5 Exemples de calcul du bilan carbone ménage

5.5.1 Cas des ménages français

Dans le cadre de la mise en place de sa Stratégie Nationale Bas Carbone en 2015, la France s'est engagée à réduire ses émissions de GES, notamment celles provenant des ménages. Dans cette perspective, l'Observatoire du Bilan Carbone des Ménages[23] a évalué en 2011 les émissions de CO_2 des ménages français, en s'appuyant sur la construction de bases de données de type *Multi-Regional Input-Output* (MRIO) qui intègrent les émissions de CO_2 liées à la production de chaque bien, et qui sont associées à des comptes environnementaux (Ipsos, 2011).

Cette évaluation repose sur une enquête en ligne, réalisée en 2010, auprès d'un échantillon représentatif de 2036 ménages français. Les questions de l'enquête portent sur

[23] C'est un outil innovant conçu par Ipsos en collaboration avec Green Inside, Danone, Mercur et l'Ademe.

trois grands postes de consommation : Le logement, les transports et l'alimentation (Ipsos, 2011).

L'Observatoire a pour objectifs de (Ipsos, 2011):

- Fournir une vue d'ensemble complète du bilan carbone des ménages français;
- Déterminer les niveaux d'émission moyens en kg CO_2 pour chaque poste de consommation des ménages;
- Identifier les ménages affichant les niveaux les plus élevés et les plus bas de bilan carbone;
- Examiner et identifier les comportements les plus et les moins vertueux en termes d'émissions de CO_2 au sein des ménages;
- Comprendre l'impact des profils sociologiques, des habitudes et comportements, ainsi que de la sensibilité environnementale sur le bilan carbone.

Les résultats obtenus ont montré que le bilan carbone moyen des ménages français s'élève à environ 14 179 $KgCO_2$ par an, soit 7 388 $KgCO_2$ par individu. Les transports représentent à eux seul plus de la moitié des émissions de CO_2 des ménages, soit 54% (3 972 Kg CO_2 par individu), suivis par le logement avec 30% (2 258 $KgCO_2$ par individu), puis l'alimentation avec 16% (Ipsos, 2011).

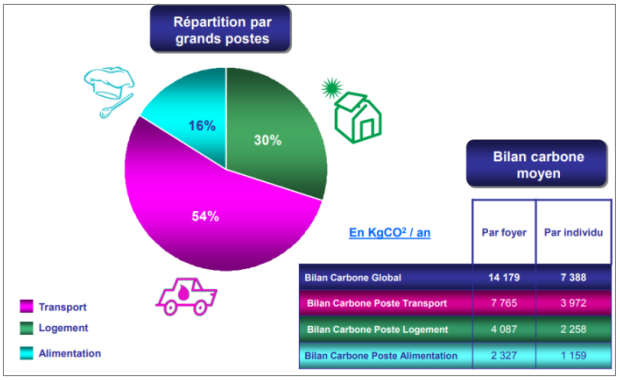


Figure5.7 Bilan carbone global des ménages français.
Source: Ipsos, 2011.

En ce qui concerne les transports, les principales sources d'émissions sont les véhicules personnels (79%) et les voyages en avion (19%). Pour le logement, ses principales sources d'émissions de CO_2 sont liées à l'énergie et au chauffage (84%) (Ipsos, 2011).

Par ailleurs, l'étude réalisée par l'Observatoire permet de constater des différences dans le bilan carbone des ménages français en fonction de leurs niveaux de revenus, de leurs catégories socioprofessionnelles, de la taille du ménage, des tranches d'âge et de la taille de l'agglomération (Ipsos, 2011).

Les ménages bénéficiant d'un niveau de revenus plus élevés et ayant la capacité de consommer des loisirs affichent généralement des bilans carbone plus élevés, par exemple les ménages de cadres supérieurs ont un bilan de 8580 Kg CO_2 par individu, comparé à 6585 Kg CO_2 pour les ménages de professions intermédiaires.

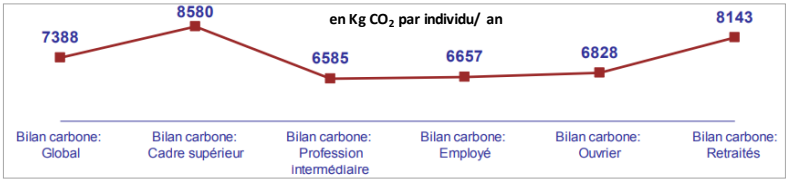


Figure 5.8 Bilan carbone des ménages français selon les niveaux de revenus.
Source: Ipsos, 2011.

De plus, les ménages les plus âgés et les plus jeunes émettent davantage de CO_2 que les autres, par exemple les ménages de plus de 65 ans ont un bilan carbone de 9092 Kg CO_2par individu, tandis que la tranche comprise entre 18 et 24 ans affiche un bilan de 8373 kg CO_2 par individu, contre 7388 Kg CO_2 par individu pour l'ensemble.

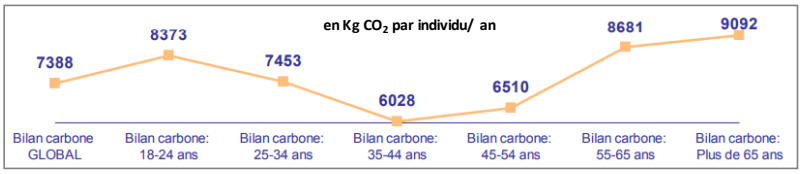


Figure 5.9 Bilan carbone des ménages français selon les tranches d'âge.
Source: Ipsos, 2011.

Ainsi, à mesure que le nombre de personnes au sein du foyer augmente, les émissions de CO_2 par individu diminuent. Les ménages composés d'une seule personne ont les bilans carbone les plus élevés, avec 10 685 Kg CO_2 par individu, tandis que les ménages de cinq personnes ou plus affichent des bilans carbone plus faibles, avec 3221 Kg CO_2 par individu.

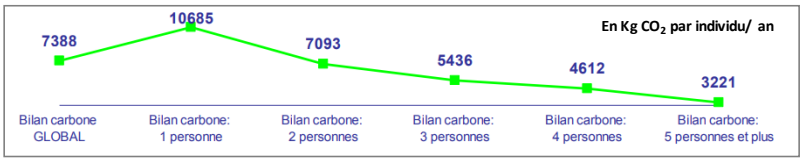


Figure 5.10 Bilan carbone des ménages français selon la taille du ménage.
Source: Ipsos, 2011.

Plus la taille de l'agglomération est faible, plus le bilan carbone des ménages augmente. Les plus petites agglomérations (moins de 20 000 habitants) affichent le bilan carbone le plus élevé, soit 4352 Kg CO_2 par individu, contre 3495 Kg CO_2 par individu pour celles de 100 000 à 199 999 habitants.

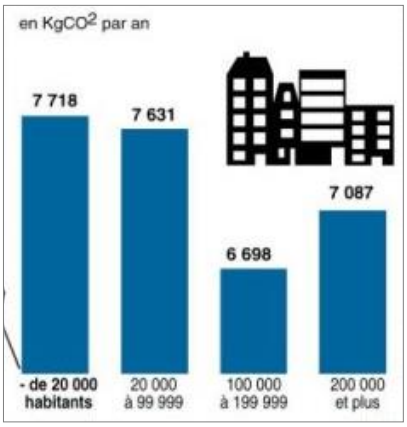


Figure 5.11 Bilan carbone des ménages français selon la taille de l'agglomération.
Source: Ipsos, 2011cité par Gatti, 2011.

Par ailleurs, l'Observatoire a mis en évidence un lien entre la sensibilité environnementale et le bilan carbone, bien que les différences observées soient relativement faibles. Les personnes ayant une sensibilité environnementale médiocre ont un bilan carbone légèrement plus élevé (7555 Kg CO_2 par individu) que celles ayant une bonne sensibilité (7066 Kg CO_2 par individu), mais la différence n'est pas très significative.

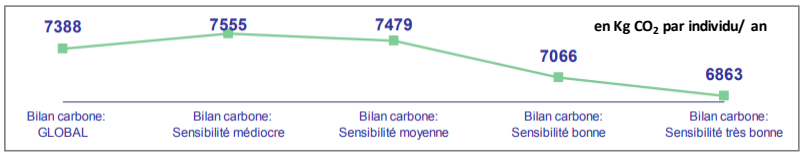


Figure 5.12 Bilan carbone des ménages français selon les niveaux de la sensibilité environnementale.
Source: Ipsos, 2011.

Enfin, à travers cette évaluation l'Observatoire a identifié les postes prioritaires pour l'action et proposé des pistes d'actions pour les ménages français afin d'améliorer leur bilan carbone. Il est recommandé de se concentrer en priorité sur les transports et le logement, en s'engageant dans les actions telles que (Ipsos, 2011):

- L'extinction des appareils en veille;
- L'achat de produits en fonction de leur étiquette énergie;
- La réduction de la fréquence de renouvellement des équipements et la réparation des équipements plutôt que de les jeter;

- L'éteint des lumières en quittant une pièce;
- L'utilisation des ampoules basse consommation;
- L'utilisation des réducteurs de débit pour l'eau;
- La réduction de la taille de la chasse d'eau:
- La réalisation de travaux d'isolation;
- L'installation de panneaux solaires pour le chauffage;
- L'acquisition des véhicules électriques ou hybrides.
- ...

En conclusion, l'Observatoire du Bilan Carbone des Ménages en France a joué un rôle important dans l'évaluation des émissions de CO_2 des ménages et dans l'identification des actions prioritaires pour réduire leur impact environnemental. Les résultats ont montré que les transports représentaient la plus grande part des émissions de CO_2, suivis par le logement et l'alimentation. De plus, des différences ont été observées en fonction du niveau de revenus, des catégories socioprofessionnelles, de la taille du ménage, de l'âge et de la taille de l'agglomération. La sensibilité environnementale a également été identifiée comme ayant une certaine influence sur le bilan carbone, bien que les différences constatées soient relativement faibles.

En utilisant ces résultats, les décideurs politiques et les acteurs de la société peuvent mettre en place des politiques et des actions spécifiques pour encourager la transition vers des modes de vie plus durables et réduire les émissions de CO_2 des ménages, contribuant ainsi aux objectifs de réduction des émissions fixés par la Stratégie Nationale Bas Carbone de la France.

5.5.2 Cas des ménages des États-Unis

Une étude menée par Kuishuang Feng, Klaus Hubacek et Kaihui Song, publiée en 2021,a évalué le bilan carbone des ménages aux États-Unis en fonction des niveaux de revenus, de la taille du ménage et des modes de consommation. L'objectif de l'étude était d'estimer les émissions de GES basées sur la consommation pour neufs (09) groupes de revenus et d'évaluer l'inégalité de carbone aux États-Unis pour 2015.

Dans cette étude les chercheurs ont utilisé les données de l'enquête sur les dépenses de consommation aux États-Unis, en les reliant à un modèle national américain imbriqué

dans un modèle mondial d'*input-output* multirégional. Cette approche permet de mesurer les émissions de GES tout au long des chaînes de production mondiales.

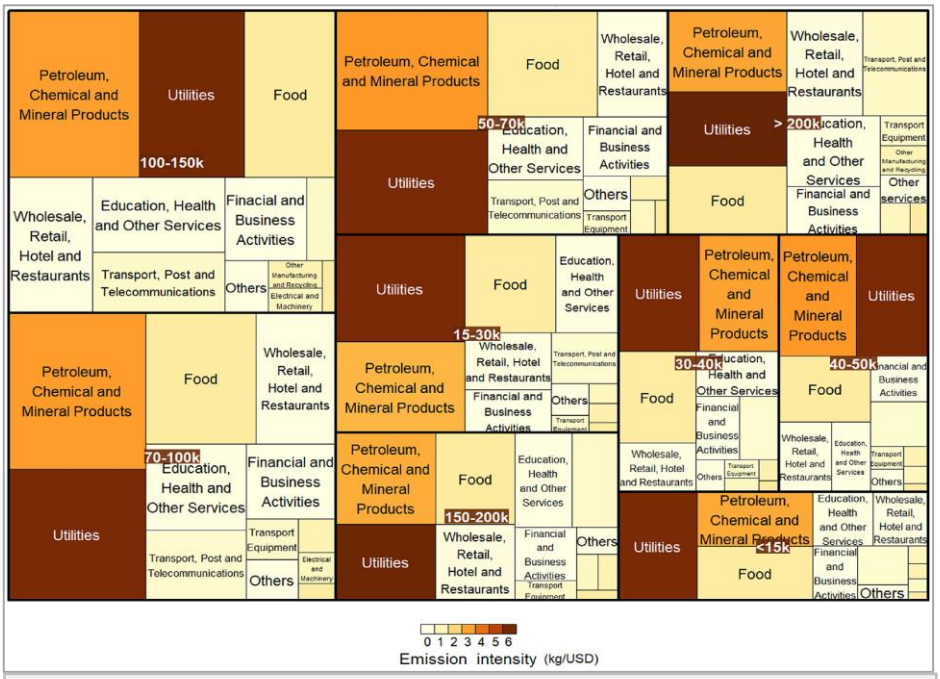
Les résultats de l'étude ont révélé des disparités significatives dans le bilan carbone des ménages en fonction des revenus. Par exemple, le bilan carbone par individu du groupe aux revenus les plus élevés (> 200k USD par an) est environ 2,6 fois supérieur à celui du groupe aux revenus les plus faibles (< 15k USD par an), soit respectivement 32,3 t eq CO_2et 12,3 t eq CO_2 (Feng &*al*., 2021).

Ainsi, La consommation de produits pétroliers et de services publics représente la plus grande part du bilan carbone des ménages, indépendamment de leur groupe de revenu. Les ménages à revenu dépassant les 40k USD ont une dépendance plus importante aux transports privés et aux véhicules de grande taille, tandis que les ménages à revenu inférieur à 40K USD consacrent une part plus importante de leurs revenus aux besoins essentiels tels que le chauffage, la climatisation et l'alimentation. Par exemple, les émissions liées aux services publics pour le groupe à revenu élevé, c'est-à-dire plus de 200k USD, ne représentent que 15% de leurs émissions totales, tandis que cette part est de 25 % pour le groupe à revenu le plus faible, avec une différence de 10 points de pourcentage. En revanche, les émissions provenant des produits pétroliers pour le groupe > 200k USD représentent 35 %, contre 26 % pour le groupe de revenu de 40k à 50k USD et 28 % pour le groupe de revenu inférieur à 15k USD. Cela explique également pourquoi l'intensité des émissions de carbone liées à la consommation des ménages à faible revenu est plus élevée que celle des ménages à revenu élevé. La consommation alimentaire est également une catégorie importante d'émissions pour les ménages à faible revenu (jusqu'à 19 % du bilan carbone des ménages) en raison de la part importante des dépenses alimentaires dans leur consommation totale (Feng & *al*., 2021).

Il convient de noter que la catégorie de revenus la plus courante parmi la population américaine est celle de 70k USD à 100k USD, représentant environ 17% de la population, avec un bilan carbone moyen de 18,8 t eq CO_2 par individu (Feng et *al*., 2021).

De plus, la taille du ménage constitue un autre facteur important influençant le bilan carbone des ménages. En effet, les ménages les plus grands aux États-Unis ont tendance à partager certains équipements ménagers et autres articles de consommation, ce qui réduit leur bilan carbone par individu. Cependant, le bilan carbone moyen par individu aux États-

Unis s'élève à 18,1 t eq CO_2, comparé à une moyenne mondiale d'environ 5 t eq CO_2 (Feng et *al.*, 2021).



La couleur indique l'intensité des émissions. La surface des rectangles entourant chaque catégorie de revenus, encadrée par un cadre plus sombre, reflète les bilans carbone des ménages de chaque groupe

Figure 5.13 Bilan carbone des ménages pour les neufs groupes de revenus aux États-Unis.
Source: Feng et *al.*, 2021.

En conclusion, les niveaux de revenus, la taille du ménage et les modes de consommation influencent le bilan carbone des ménages aux États-Unis. Les ménages aux revenus élevés ont des bilans carbone plus élevés en raison de leur volume de consommation plus important. La taille du ménage joue également un rôle, les ménages plus grands ayant tendance à avoir des bilans carbone par habitant plus bas en raison du partage des équipements et des articles de consommation. Ces résultats soulignent la nécessité de politiques d'atténuation du changement climatique qui prennent en compte ces inégalités et encouragent des modes de consommation plus durables.

5.5.3 Cas des ménages d'Iskandar en Malaisie

Une étude a été publiée en 2021 par le *Journal of Cleaner production* porte sur l'ampleur du bilan carbone des ménages et ses relations avec les activités quotidiennes et certaines variables socio-économiques et démographiques en Malaisie.

Cette étude, réalisée par Irina Safitri Zen, Abul Quasem Al-Amin, Md. Mahmudul Alam et Brent Doberstein, a mis en évidence l'influence des modes de vie ruraux et urbains sur le bilan carbone des ménages d'Iskandar en Malaisie. Elle a déterminé également

l'impact de l'urbanisation, du développement urbain-rural et de l'étalement urbain sur la répartition des émissions de carbone dans la région d'Iskandar en Malaisie.

L'estimation des émissions de carbone de chaque ménage a été basée sur un questionnaire réalisé selon le modèle du calculateur en ligne *Carbon Footprint*, en recueillant des données sur le mode de vie des ménages, y compris la consommation d'énergie domestique (électricité), les voyages aériens (nombre de vols nationaux et internationaux par an), les déplacements personnels (nombre de voitures, motos, type de carburant et kilométrage) et les transports publics (utilisation de taxis et de bus). Il a aussi pris en compte d'autres activités générant indirectement des émissions de carbone, telles que les préférences alimentaires des ménages, les vêtements, les appareils électroménagers, les activités récréatives, l'utilisation de produits biologiques, la mode, l'emballage, les meubles et les équipements électriques, le recyclage, l'assurance, l'éducation et les activités de loisirs. Les résultats de ce questionnaire ont été saisis dans le calculateur *Carbon Footprint* (Zen et *al*., 2021).

L'analyse des données de cette étude a été déroulée en deux phases. La première phase visait à calculer les émissions de carbone des ménages en extrayant des informations de l'enquête par questionnaire. La deuxième étape consistait à analyser les données à l'aide du logiciel SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). Cette analyse a permis d'explorer l'ampleur des émissions de carbone liées au type d'énergie et aux déplacements, en tenant comptes des catégories résidentielles, de la taille des ménages et du type. Une analyse statistique a été réalisée afin d'examiner la relation entre le bilan carbone des ménages et leurs différents modes de vie ainsi que les facteurs socio-économiques à Iskandar en Malaisie (Zen et *al*., 2021).

Les résultats de cette étude ont montré que le bilan carbone moyen des ménages d'Iskandar en Malaisie est d'environ 11,76 t eq CO_2 par an, soit 2,35 t eq CO_2 par individu par an. Ils ont également indiqué qu'il existe une relation positive entre le bilan carbone et la taille du ménage. Les familles avec des enfants adultes présentaient un bilan carbone plus élevé, avec 13,83 t eq CO_2, contre 7,78 t eq CO_2 pour les personnes vivant seuls et 6,58 t eq CO_2 pour les couples âgés (Zen et *al*., 2021).

Ainsi, les zones urbaines ont affiché un bilan carbone plus élevé que les zones rurales. Par exemple, le quartier le plus riche "*Taman University*" avait le bilan carbone le plus élevés, soit 20,14 teq CO_2, comparé à 11,51 t eq CO_2 pour les quartiers de coût moyen

(Les appartements Melana) et à10,18 t eq CO_2 ;9,76 t eq CO_2et 9,39 t eq CO_2respectivementpour les zones résidentielles non commerciales: Kampung Skudai Kiri, Bandar Seri Alam et Taman Pulai Perdana. De plus, cette étude a avancé qu'il n'existe aucune différence significative entre le bilan carbone des zones rurales (9,58 t eq CO_2 pour la zone rurale Kampong Ulu Pulai) et celui des zones résidentielles non commerciales (Zen et *al*., 2021).

Cette différence de bilan carbone entre les zones urbaines et rurales illustre les effets de l'urbanisation et de l'étalement urbain sur les modes de vie des ménages et leurs émissions de carbone (Zen et *al*., 2021).

En somme, les conclusions de cette étude ont indiqué que plus de la moitié (59,78 %) des émissions de carbone était générée par les déplacements personnels, dont 36,73 % étaient attribuables aux véhicules particuliers. La consommation d'énergie contribuait quant à elle à 40,22 % des émissions (Zen et *al*., 2021).

À partir de ces résultats, les chercheurs ont proposé une série de mesures et de recommandations visant à aider les décideurs dans le développement de stratégies complètes afin de réduire le bilan carbone des ménages d'Iskandar et de soutenir la transition vers une économie à faible émission de carbone. Ces mesures et recommandations comprennent (Zen et *al*., 2021):

- La mise en œuvre des initiatives d'atténuation axées sur la consommation, en ciblant les ménages émettant beaucoup de carbone et en offrant des incitations à adopter des pratiques à faible émission de carbone;
- l'élaboration des stratégies et des plans d'action adaptés aux modes de vie et aux caractéristiques des ménages, afin de diversifier les choix de consommation et de promouvoir des comportements à faible émission de carbone;
- L'Introduction des politiques progressives telles que des taxes ciblées sur les ménages à forte émission de carbone, des incitations à la réduction du carbone et des coûts plus élevés pour les transports privés;
- L'accent mis sur la planification à long terme et l'établissement d'une société plus durable pour gérer les modes de vie insoutenables;
- La priorisation du développement d'infrastructures et d'équipements de transport à faible émission de carbone, tout en sensibilisant le public aux

avantages de l'utilisation des transports en commun et des modes de déplacement actifs;

- La mise en œuvre des politiques et des programmes énergétiquement efficients, telles que l'utilisation d'appareils économes en énergie et l'adoption des énergies renouvelables;
- Le renforcement de la sensibilisation du public et des campagnes d'éducation sur l'importance de la réduction des émissions de carbone, les bénéfices des pratiques durables et les impacts négatifs des modes de vie à forte empreinte carbone.

Synthèse

L'analyse de trois exemples de contextes différents a révélé des disparités significatives dans les bilans carbone des ménages entre les États-Unis, la France et l'Iskandar en Malaisie. Les chiffres indiquent clairement que les ménages américains ont un bilan carbone extrêmement élevé, avec une moyenne de 18,1 t eq CO_2 par individu par an. Cela contraste fortement avec les ménages français, qui affichent une moyenne de 7,4 t eq CO_2 par individu par an, et les ménages d'Iskandar en Malaisie, avec seulement 2,35 t eq CO_2 par individu par an.

La principale source d'émissions de carbone des ménages dans les différentes villes analysées provient du transport personnel, en particulier de l'utilisation intensive de voitures particulières, suivie de la consommation d'énergie domestique puis de l'alimentation.

De plus, les résultats de ces exemples ont également souligné l'impact significatif du niveau de revenu, de la taille du ménage et du mode de vie sur le bilan carbone des ménages. En général, les ménages à revenu élevé ont tendances à avoir des bilans carbone plus élevés que les ménages à revenu faible. Les ménages vivant en zone urbaine ont des bilans carbone plus élevés que ceux vivant en zone rurale.

Cependant, il convient de noter que l'impact de la taille du ménage peut varier en fonction du contexte et des comportements de consommation spécifiques à chaque région. Dans le cas d'Iskandar en Malaisie, une plus grande taille des ménages entraîne une augmentation du bilan carbone. En revanche, dans les cas de la France et les États-Unis, l'augmentation de la taille du ménage induit une diminution du bilan carbone.

Par ailleurs, un autre élément essentiel à retenir est l'importance de l'utilisation de calculateurs en ligne fiables et complets pour estimer le bilan carbone des ménages. L'exemple d'Iskandar en Malaisie a démontré que l'utilisation d'un calculateur en ligne, basé sur une méthodologie rigoureuse, facilite énormément l'estimation du bilan carbone des ménages. Cet outil s'avère être excellent pour sensibiliser les citoyens sur l'impact de leurs modes de vie et de leurs comportements de consommations sur l'environnement tout en les aidant à identifier les domaines dans lesquels ils peuvent agir afin de diminuer leur impact carbone.

En outre, des recommandations concrètes ont été proposées permettant la réduction du bilan carbone de ménages, à savoir:

- La réduction de la consommation d'énergie en éteignant les appareils en veille, en privilégiant les ampoules basse consommation, en réalisant des travaux d'isolation et en installant des panneaux solaires;
- L'utilisation des transports en commun et la promotion de la mobilité douce (marche et vélo) pour réduire l'utilisation de la voiture individuelle;
- La participation aux actions de sensibilisation à l'environnement pour accroître la prise de conscience des enjeux liés au changement climatique;
- L'adoption des comportements de consommation éco-responsables.

En suivant ces recommandations, les ménages peuvent contribuer à réduire efficacement leurs émissions de carbone et à soutenir les efforts mondiaux de lutte contre le réchauffement planétaire.

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons vu que le bilan carbone consiste à **mesurer les émissions de GES** et à **identifier des actions de réduction**, dans le but de minimiser l'impact environnemental à différentes échelles, qu'elles soient nationales, régionales, urbaines (villes, municipalités, quartiers) ou encore au niveau des entreprises, des secteurs d'activité, des produits, des ménages et des individus. Cette démarche peut s'appuyer sur des approches fondées soit sur **la production**, soit sur l**a consommation** ou sur une **combinaison des deux**. Les méthodes utilisées sont la méthode des **coefficients d'émission** du GIEC, **l'ACV**, **l'analyse *input-output*** ou les **méthodes hybrides**, combinant ces différentes méthodes afin de pallier les limites inhérentes à chaque méthode. Ces derniers ont été proposés par divers chercheurs pour offrir une **vision plus complète** et **précise** des émissions.

Les outils de calcul du bilan carbone se présentent sous plusieurs formes. Ils peuvent prendre la forme de **tableurs**, comme le tableau Excel de MicMac, de **logiciels** spécialisés tels que le logiciel Bilan Carbone+, développé par l'ABC, ou encore de **calculateurs en ligne**. Ces derniers ont connu un développement et un **intérêt croissant** ces dernières années, notamment en tant qu'outil de **sensibilisation** pour les individus et les ménages, en les incitant à réduire leurs émissions de carbone et à adopter des modes de vie plus durable. Parmi ces outils, le calculateur *Carbon Footprint*, développé par la société *Carbon Footprint Ltd*, est l'un des **plus complets** et **accessibles**, intégrant des données pour l'ensemble des pays du Monde. Ce calculateur a été **testé** et **validé** par plusieurs études scientifiques, notamment celle menée par Irina Safitri Zen et *al*. sur les ménages d'Iskandar en Malaisie. Leur recherche, publiée en 2021, a montré que l'utilisation de ce calculateur en ligne, fondé sur une méthodologie rigoureuse, **facilite considérablement** l'estimation des émissions de carbone. Par conséquent, nous adopterons cet outil afin d'estimer les émissions de carbone des ménages dans notre cas d'étude.

CHAPITRE VI

ALGER ET LE CONTEXTE
DE RECHAUFFEMENT

Introduction

Alger est confrontée à une vulnérabilité croissante face aux phénomènes climatiques extrêmes. L'objectif de ce chapitre est de présenter le contexte climatique d'Alger, en explorant son climat actuel, son évolution au fil du temps, ainsi que les évènements climatiques extrêmes recensés, tout en mentionnant les projections futures relatives à ces phénomènes. Par la suite, nous mettrons en lumière la vulnérabilité d'Alger face au réchauffement climatique, en tenant compte de son développement urbain et de ses émissions de GES. Enfin, nous exposerons les initiatives algériennes pour lutter contre les changements climatiques, notamment à travers les actions inscrites dans le Plan National Climat adopté en 2019.

6.1 Contexte climatique de la ville d'Alger

6.1.1 Climat d'Alger

Alger, située à une altitude inférieure à 500 m et sous l'influence de sa proximité de la mer Méditerranée, se caractérise par un climat de type méditerranéen. Ses hivers sont doux, avec des amplitudes de température faibles, tandis que ses étés sont chauds et humides, présentant un faible écart de température (Dib, 1993). Selon Boucherf (2003), les caractéristiques climatiques d'Alger s'expliquent par sa situation géographique à cheval entre des régions tempérées et désertiques. Elles sont influencées par la présence de la chaîne montagneuse de l'Atlas Blidéen sur son flanc Sud et de la mer Méditerranée au Nord.

L'Atlas Blidéen, une chaîne de montagne qui s'étend parallèlement à la côte méditerranéenne, joue un rôle crucial en protégeant la région d'Alger contre les masses d'air sec et chaud venant du Sahara. Parfois, ces masses d'air Saharien parviennent à franchir ces montagnes et atteignent la côte, créant l'effet de Foehn[24]. Sous l'influence du vent, cet air s'assèche et se réchauffe, mais en raison de la proximité de la mer, il devient

[24] C'est un phénomène météorologique qui se produit lorsqu'une masse d'air arrive perpendiculairement à la direction de la chaîne montagneuse. Si l'angle et plus petit, seule une partie s'élève le long de la pente tandis que l'autre s'écoule parallèlement à la chaîne. La redescente de la masse d'air de l'autre côté engendre le phénomène de Foehn, l'air s'affaissent ; se comprime et se réchauffe. En conséquence, l'humidité relative diminue et un vent sec et chaud se forme.

saturé, entraînant des températures souvent insupportables surtout pendant la période estivale.

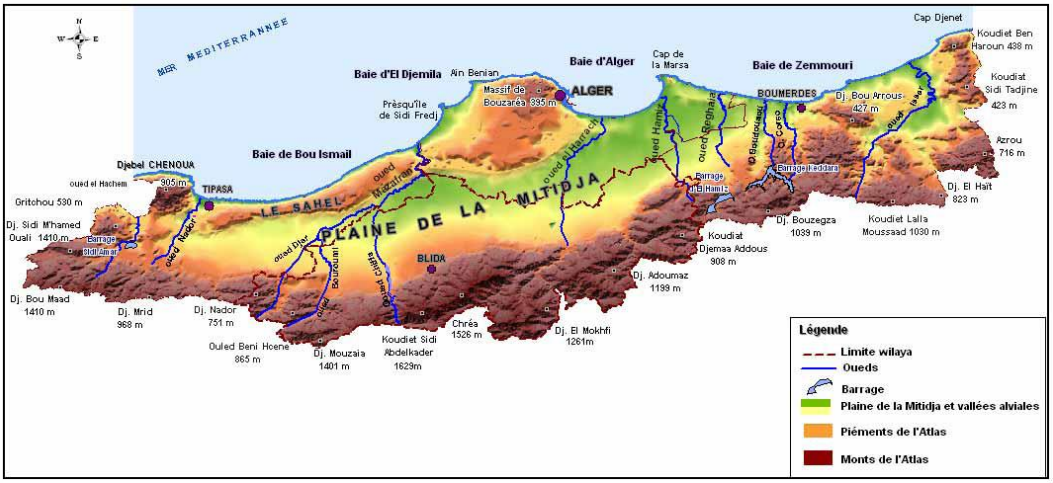


Figure 6.1 Géographie physique de la zone côtière du Nord-Centre algérien.
Source: MATE CAR/PAP, 2006.

6.1.2 Évolution du climat d'Alger et projections futures

À partir des données climatiques fournies par l'Office National de la Météorologie d'Alger (ONM) et Météo-France, des calculs ont été réalisés dans le cadre de l'étude sur la vulnérabilité et l'adaptation de la Wilaya d'Alger au changement climatique et aux risques naturels. Cette étude a défini la période 1961-1990[25] comme une référence climatique. Les résultats de ces calculs ont révélé une nette tendance à la hausse des températures de l'air minimales et maximales durant la période 1936-2010, avec une augmentation d'environ0,07°C par décennie pour les températures minimales et 0,14°C par décennie pour les températures maximales. Cette tendance s'est accentuée au cours des quatre dernières décennies, avec une augmentation de 0,5°C par décennie pour les températures maximales depuis 1970, et de 0,2°C par décennie pour les minimales (Egis Eau, IAU-îdf et BRGM, 2013).

De plus, au cours de la même période, les précipitations sont restées inférieures à 350 mm à quatre reprises, atteignant leur point le plus bas en l'an 2000 avec seulement 282,6 mm de précipitations (année la plus sèche). À l'opposé, le cumul annuel des précipitations a dépassé les 1000 mm pour 4 années, notamment en 1973 qui demeure l'année la plus pluvieuse enregistrée à Alger avec 1171,3 mm (Egis Eau, IAU-îdf et BRGM, 2013).

[25] Cette période reste la référence pour l'OMM. Actuellement, elle est utilisée dans tous les projets européens sur la régionalisation.

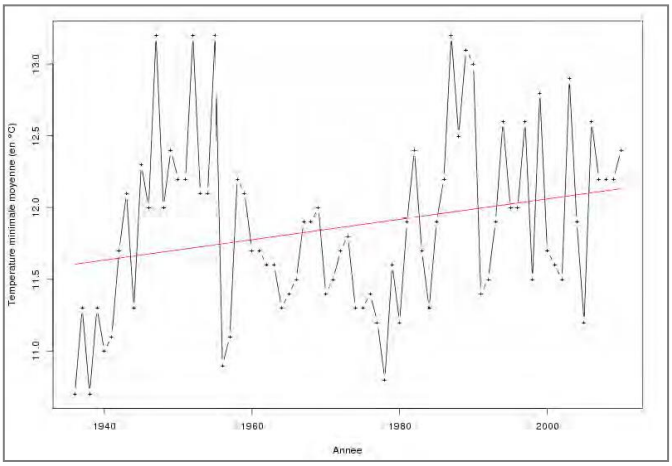


Figure 6.2 Evolution des températures minimales moyennes annuelles à Alger, de 1936 à 2010. **Source:** Egis Eau, IAU-îdf et BRGM, 2013.

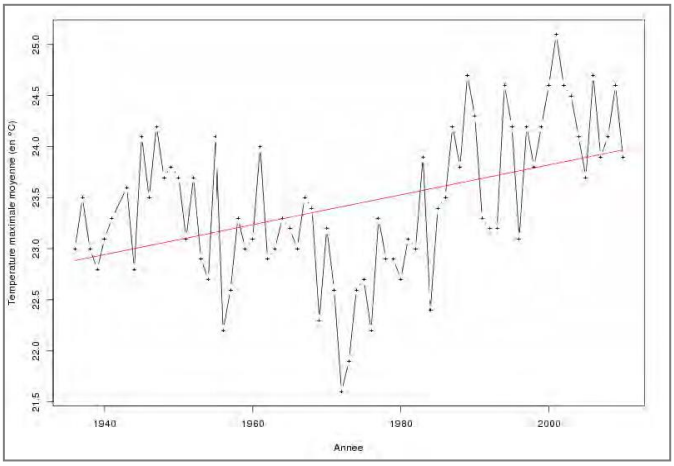


Figure 6.3 Evolution des températures maximales moyennes annuelles à Alger, de 1936 à 2010. **Source:** Egis Eau, IAU-îdf et BRGM, 2013.

Il est pertinent de noter que la période de référence 1961-1990 s'est caractérisée par des conditions de précipitations particulièrement abondantes.

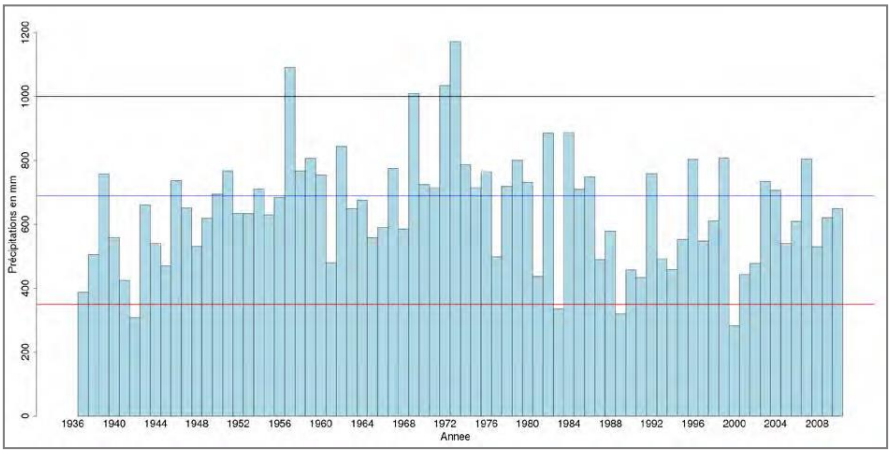


Figure6.4 Évolution des précipitations annuelles à Alger, de 1936 à 2010. Normale 1961-1990 en bleu, seuil 350 mm en rouge et seuil 1000 mm en noir. **Source:** Egis Eau, IAU-îdf et BRGM, 2013.

Par ailleurs, il convient de mentionner que Météo-France, en collaboration avec l'ONM, a mené des simulations relatives aux projections climatiques à l'horizon 2030 pour la ville d'Alger, en se basant sur les scénarios de croissance socio-économique élaborés par le GIEC. Les indicateurs climatiques à l'horizon 2030 ont été calculés en se référant à la période s'étendant de 2016 à 2045 (Egis Eau, IAU-îdf et BRGM, 2013).

Les résultats de ces simulations révèlent à l'augmentation des températures minimales maximales de l'air, quel que soit le scénario envisagé. À titre d'exemple, le scénario A1B[26] indique une diminution prévue dans le cumul annuel moyen de précipitations. Ainsi, on anticipe une augmentation située entre 1,4 et 1,6°C pour la température minimale annuelle moyenne et entre 1,3 et 1,5°C pour la température maximale annuelle moyenne, par rapport à la période de référence 1961-1990. Il est important de noter que cette augmentation est particulièrement marquée pendant la saison estivale, où l'écart attendu pourrait osciller entre 1,7 et 1,9°C pour la température minimale et entre 1,4 et 1,8°C pour la température maximale (Egis Eau, IAU-îdf et BRGM, 2013).

En complément, Boucherf (2004) a souligné que depuis les années 2000, nous avons observé une extension de la saison chaude sur les périodes du printemps et de l'automne. De notre, côté, nous avons constaté une accentuation de cette tendance au cours de ces dernières années, indiquant un changement progressif des schémas saisonniers traditionnels.

6.1.3 Évènements météorologiques exceptionnels à Alger

En raison de sa localisation géographique, Alger est soumise divers aléas climatiques, tels que des étés longs et chauds précipitations intenses, des inondations et des périodes de sécheresse. L'actuel réchauffement planétaire pourrait potentiellement aggraver ces évènements.

6.1.3.1 Précipitations intenses et inondations

Depuis le début des archives météorologiques à Alger, notamment depuis l'installation de la première station de mesure à Dar El Beida, plusieurs épisodes de fortes pluies ont été enregistrés. Ces événements marquants comprennent le 9 décembre 1936, où un cumul de précipitations de 173,8 mm a été enregistré en 24 heures, le 20 octobre 1959

[26] Le scénario A1B est associé à une croissance économique rapide, une population mondiale atteignant un maximum d'individus au milieu du siècle avant de décliner et de nouvelles technologies plus efficaces, respectant l'équilibre entre les différentes sources d'énergies.

avec 104,4 mm, le 26 novembre 1971 avec 136,6 mm, le 23 septembre 1973 avec 124,3 mm, le 2 novembre 1992 avec 92,5 mm, et du 24 au 26 février 1998 avec 30 mm. Du 30 janvier au 3 février 1999, des précipitations abondantes et des températures exceptionnellement froides ont été observées, avec un cumul de 106 mm sur 4 jours. Du 15 au 20 décembre 1999 un cumul de 155,5 mm a été enregistré en 6 jours. Le 10 novembre 2001, des pluies d'une rare violence ont été enregistrées, avec un cumul de 290 mm en moins de 17 heures dans la commune de Bab El Oued, causant des inondations catastrophiques qui ont entraîné la perte de plus de 800 vies. D'autres épisodes de fortes pluies notables comprennent ceux du 7 au 9 novembre 2002 avec un cumul de 62 mm en 24 heures, du 22 au 27 mai 2004 avec 52,6 mm le 24 mai et 29,8 mm le 25 mai, le 3 mai 2006 avec 61, du 28 octobre au 2 novembre 2007 avec 133,5 mm en 5 jours, et du 23 au 30 novembre avec 156 mm en 5 jours. De même, la ville d'Alger a été touchée par d'importantes précipitations du 21 au 24 novembre 2011, avec un cumul de 206 mm pour l'ensemble de l'épisode, dont 89 mm ont été enregistrés en 24 heures. Le 16 décembre 2016, 99 mm de précipitations ont été enregistrés en 24 heures (Egis Eau, IAU-îdf et BRGM, 2013).

Plus récemment, des précipitations diluviennes ont frappé Alger le 12 septembre 2019, le 8 septembre 2020, du 23 au 24 octobre 2021, le 9 novembre 2021, du 14 au 17 novembre 2021, et du 23 au 25 mai 2023. Ces averses torrentielles ont provoqué des inondations dans plusieurs quartiers de différentes communes algéroises, engendrant des dégâts matériels, la perturbation du trafic routier, des pertes de biens matériels, telles que des voitures et des camions, des effondrements partiels de bâtiments, en particulier les bâtisses vétustes, ainsi que des pertes de vies humaines.

En outre, les résultats des simulations portant sur la fréquence des précipitations intenses à l'horizon 2030 révèlent des projections divergentes d'un modèle à l'autre, rendant impossible toute conclusion sur l'évolution futur de leur fréquence. Les scénarios B1[27] et A2[28]indiquent une augmentation de la fréquence des épisodes extrêmes d'ici 2030, tandis que le scénario A1B suggère que la fréquence des fortes pluies connaît peu de variation, voire une légère diminution (Egis Eau, IAU-îdf et BRGM, 2013).

[27] Le scénario B1 décrit un monde convergent avec une population mondiale culminant au milieu du siècle. L'accent est placé sur des solutions mondiales orientées vers une viabilité économique, sociale et environnementale, y compris une meilleure équité.

[28] Le scénario A2 est associé à un monde très hétérogène avec un développement économique essentiellement régional, un accroissement continu de la population et une évolution technologique plus lente que pour les autres scénarios.

6.1.3.2 Vagues de chaleur

Les travaux de recherches menés par Faci (2018) sur l'évolution du nombre et de la durée de l'apparition des canicules en Algérie révèlent une tendance à la hausse du nombre de jours caniculaires et de vagues de chaleur[29] à Alger. Entre les périodes 1951-1980 et 1981-2010, le nombre de journées caniculaires a doublé, passant respectivement de 243 à 510 jours. De même, le nombre de vagues de chaleur a connu une augmentation significative, passant de 27 à 63 entre les deux périodes.

Parmi les épisodes caniculaires notables, la vague de chaleur de juin 2003 a marqué les annales climatiques de l'Algérie. Elle s'est distinguée par sa durée exceptionnelle, par son intensité et par son étendue géographique. A Alger, les températures maximales ont dépassé les normales pendant plus de 20 jours consécutifs. Ainsi, le mois d'Octobre 2006 a connu des températures maximales exceptionnellement élevées pendant la majeure partie du mois, atteignant 38,7°C le 2 octobre (Egis Eau, IAU-îdf et BRGM, 2013).

En outre, selon les données recueillies de Météo-France et les bulletins Météorologiques spéciales établies par l'ONM d'Alger, des vagues de chaleur ont été enregistrées sur Alger au cours de ces dernières années. En août 2007, la ville a connu une période de canicule qui a duré 5 jours consécutifs, avec des températures maximales atteignant 43,5°C. Des situations similaires se sont reproduites en août 2009, août 2013, où les températures ont continué à dépasser les normales saisonnières jusqu'au mois d'octobre. La fin du mois de juillet 2017 et le début du mois d'août 2017 ont été marqués par une vague de chaleur d'une durée de 5 jours, au cours de laquelle les températures maximales ont dépassé les 42°C, et ce pendant trois jours consécutifs. Cette tendance s'est poursuivie en juillet 2019, août 2019, août 2021, août 2022, et octobre 2022, avec des périodes de températures anormalement élevées. L'été de 2023 a atteint un niveau alarmant, avec un bulletin météorologique en juillet signalant des températures maximales qui ont non seulement établi de nouveaux records en dépassant 48.7°C à Alger, mais ont également maintenu des températures maximales supérieures à 44°C pendant plus de trois jours. Cela reflète une fréquence grandissante de tels événements caniculaire, observée à trois reprises au cours de cette période.

Les projections climatiques à l'horizon 2030 mettent en évidence une augmentation significative du nombre des journées caniculaires et de leur intensité dans l'ensemble des

[29]Une vague de chaleur est définie comme une période de trois jours ou plus de chaleur intense.

modèles étudiés. Il convient de souligner que l'analyse multimodales du scénario A1B démontre une multiplication par deux de cette fréquence entre la période de référence 1961- 1990 et l'horizon 2030 (Egis Eau, IAU-îdf et BRGM, 2013).

6.1.3.3 Sécheresse

La sécheresse est un phénomène devenant de plus en plus récurrent et préoccupant. Au cours des dernières décennies, plusieurs périodes de sécheresse ont été marquées, notamment la sécheresse30 de 1985, où les précipitations quotidiennes à Alger sont restées inférieures à 0,2 mm du 1er juin au 16 septembre inclus, soit pendant 108 jours consécutifs. La sécheresse de 1994 a également été significative, avec des précipitations inférieures à 0,2 mm du 12 mai au 3 septembre inclus, soit une période de 115 jours. De même, la sécheresse de l'année 2000 a connu des précipitations inférieures à 1 mm du 26 mai au 28 septembre inclus, couvrant ainsi une période de 126 jours. Durant cette période, seules deux journées ont affiché des précipitations comprises entre 0,5 et 0,9 mm, le 11 juillet (0,9 mm) et le 4 août (0,7 mm) (Egis Eau, IAU-îdf et BRGM, 2013).

Par ailleurs, les simulations climatiques pour l'horizon 2030 prévoient un allongement de la durée de la période de sécheresse annuelle la plus longue (Egis Eau, IAU-îdf et BRGM, 2013).

6.2 Vulnérabilité urbaine d'Alger au réchauffement climatique

6.2.1 Développement urbain de la ville d'Alger

Alger occupe une position prépondérante en tant que principal centre économique non lié aux hydrocarbures du pays, abritant les institutions gouvernementales et les sièges sociaux des grandes entreprises. En raison de son importance stratégique, la ville bénéficie d'un niveau d'équipement supérieur à celui des autres régions du pays.

Alger est une ville qui puise ses racines dans une histoire ancienne et riche remontant à plus de 3000 ans (Icheboudene, 2014), avec l'établissement d'un comptoir phénicien. Bien que des traces de l'occupation romaine (Icosium) aient été découvertes et que la ville ait été rétablie au Xe siècle après J.-C. par les Bani-Mezghana, elle est restée relativement insignifiante pendant une période considérable. Son activité commerciale était étroitement liée à son port, qui servait de point de convergence pour les routes reliant un

[30]L'indicateur choisi pour mesurer les sécheresses est le nombre maximal de jours consécutifs secs sur la période considérée.

réseau de petites villes de l'intérieur. Après avoir été sous le contrôle des Espagnols, la ville a principalement connu son essor pendant la domination ottomane.

Selon Ravéreau (1989), la Médina d'Alger, en tant qu'épicentre historique de la ville, a bénéficié d'un emplacement astucieux entre la montagne et la mer. Elle était située sur un site irrégulier qui lui a conféré sa forme distinctive et son orientation avantageuse. La médina d'Alger s'est démarquée par sa compacité, résultant d'une forte densité et de la diversité des fonctions, ce qui lui a permis de mieux résister aux aléas naturels. Elle a été structurée selon un schéma radioconcentrique, où la topographie a exercé une influence essentielle sur la disposition des différentes activités. Le centre a regroupé les fonctions commerciales et religieuses les plus importantes, ainsi que les bâtiments administratifs. Les quartiers résidentiels ont été disposés de manière irrégulière, avec des rues et des impasses qui ont offert de l'ombre et préservé l'intimité des maisons (Raymond, 1985 ; Cresti, 1993 cité par Srir, 2020). Chaque quartier a compris un petit marché, des boutiques et une mosquée, souvent accompagnée d'un bain. Enfin, les zones industrielles génératrices de pollutions et nuisances ont été délocalisées en dehors des remparts de la ville (Missoum, 2003 cité par Srir, 2020).

À partir de 1830, la colonisation française a initié un processus de transformation fondé sur de nouvelles valeurs européennes. Les objectifs étaient multiples : soumettre la ville autochtone et contrôler sa population, établir une nouvelle société d'immigrants et exploiter les ressources du territoire. Les travaux de réaménagement entrepris témoignaient à la fois de la nécessité d'adapter la ville aux besoins logistiques des convois militaires (Lespès, 1930) et de la volonté des autorités militaires de remplacer l'apparence de la vieille médina par une esthétique européenne (Cresti, 1993). Les premières démolitions entreprises dans la basse Casbah ont permis d'élargir les trois principales artères (les rues Bab Azzoun, Bab el Oued et la Marine) et d'aménager la Place d'Armes à leur point de convergence, qui a été ultérieurement renommée Place du Gouvernement (actuellement Place des Martyrs). Par l'adoption du projet François-Auguste (1832) des nouveaux quartiers français ont été créés (Srir, 2020).

En 1846, la ville fut dotée d’un premier plan d’extension, connu sous le nom de plan Guiauchain, qui a orienté son développement vers le Sud - Est (Bakour, 2006).

En 1870, l'Algérie a été politiquement et administrativement assimilée à la France. Alger a alors connu un développement vers le Sud, le long de la baie (Alger-centre et Sidi M'hamed), et vers les hauteurs (Srir, 2020).

Dans les années 1930, la municipalité d'Alger a adopté un Plan d'Aménagement, d'Embellissement et d'Extension (PAEE) qui a été élaboré entre 1929 et 1935. Ce plan, considéré comme le premier plan d'ensemble de la ville, visait à organiser le développement urbain selon les principes de l'urbanisme de régularisation. La préparation du plan a été confiée à René Danger, un technicien de l'urbanisme, qui a proposé l'élargissement systématique des rues et une limitation de la hauteur des bâtiments à cinq étages. Cependant, les grandes lignes du PAEE ont été développées par l'architecte Henri Prost. Avec le soutien de l'ingénieur-urbaniste Maurice Rotival, il a mis l'accent sur le respect des spécificités locales, la préservation des monuments historiques et des espaces ouverts, ainsi que le rejet de la destruction totale et du formalisme rigoureux. Le PAEE a fixé cinq principaux objectifs, à savoir (Srir, 2020):

- La répartition de cinq zones fonctionnelles avec un sens d'extension et une réglementation propre (zone A à caractère commercial située dans la partie basse de la ville entre Bab el Oued et le Jardin d'essai, zone B à caractère résidentiel dans la partie haute, zone C regroupant des habitations de plaisance sur les coteaux de Mustapha, zone D à caractère industrielle aux extrémités de la commune à Bab el Oued et près de Hussein Dey, zone E qui couvre le quartier de la Casbah);
- La création de nouveaux quartiers sur les terrains libérés par les militaires;
- Le réaménagement de la voirie (redressement, élargissement, nouvelles liaisons);
- La protection des espaces verts et des points de vue menacés par la construction ou l'extension d'immeubles de rapport;
- La reconstruction du quartier de la marine.

En complément du PAEE, Henri Prost a élaboré un Plan Régional d'Alger qui englobait les communes périphériques. Ce plan avait pour objectifs la régularisation de la circulation en facilitant l'accès des zones en hauteur vers le centre-ville grâce à des axes principaux et des voies souterraines, la réglementation des constructions dans les zones périphériques tout en préservant les monuments, l'assainissement des quartiers insalubres,

la création de nouvelles cités respectant les traditions des populations musulmanes, la préservation des espaces ouverts et des vues panoramiques, ainsi que le réaménagement du port pour accueillir une grande gare maritime et portuaire (Srir, 2020).

De 1938 et 1948, la construction a connu un déclin tandis que les bidonvilles ont été rapidement développés. Cependant, dans les années 1950, marquées par une crise du logement, l'abandon du logement social et le début de la guerre de libération nationale en 1954, deux tendances ont été émergées sur le plan urbanistique. D'une part, il y a eu une programmation progressive d'Habitation à Loyer Modéré (HLM) destinés aux classes moyennes européennes. D'autre part, des cités de recasement et des baraquements ont été mis en place pour reloger les musulmans déplacés et la population rurale.

En 1958, un changement d'approche significatif s'est produit, marqué par le lancement du Plan de Constantine, un programme de logements visant à apaiser la colère de la population musulmane. Ce plan se caractérisait par l'introduction de zones planifiées, de règles normatives et de standardisation de la construction. À Alger, des actions d'éradication des bidonvilles ont été entreprises, accompagnées du lancement de grands ensembles composés de tours et de barres, ainsi que de cités de recasement principalement en périphérie de la ville. Le développement de la zone industrielle de Rouiba-Réghaïa et la construction d'infrastructures scolaires et hospitalières ont également été réalisés dans le cadre de ces opérations (Deluz, 1988; 2010; Benbernou, 2016 cité par Srir, 2020). Cependant, malgré l'ampleur de ce programme, il s'est avéré être un échec sur le plan social. Les objectifs politiques de l'époque n'ont pas produit les effets escomptés sur les populations musulmanes, qui ont continué à faire face à l'isolement et à la précarité (Srir, 2020).

À partir de 1962, la politique urbaine de la ville d'Alger s'est développée en quatre périodes majeures, marquées par des expansions périphériques afin de préserver le tissu urbain consolidé, à la fois ottoman et européen:

De 1962 à 1977: Au lendemain de l'indépendance, les autorités algériennes ont adopté une approche réglementaire d'urbanisme héritée de l'époque coloniale dans le but de rationaliser le territoire et de le doter d'infrastructures, de services et de bâtiments publics importants. Les outils de planification français, appliqués en Algérie en 1960, ont été maintenus, tels que le Plan d'Urbanisme Directeur (PUD), les Zones à Urbaniser par Priorité (ZUP), les Zones d'Aménagement Différé (ZAD) et les Zones d'Aménagement

Concerté (ZAC). À partir de 1967, des nouvelles structures de planification ont été mises en place : l'ECOTEC (Bureau National d'Études Économiques et Techniques) relevant du ministère de la défense, l'ETAU (Bureau central d'Études, de Travaux publics, d'Architecture et d'Urbanisme) relevant du ministère des Travaux publics et de la Construction, et le COMEDOR (Comité permanent d'Études de Développement, d'Organisation et d'Aménagement de l'agglomération d'Alger) placé sous la tutelle de la Présidence de la République. Le COMEDOR avait pour tâche principale, en collaboration avec les directeurs de l'ETAU et de l'ECOTEC, le wali d'Alger et dans le respect du système socialiste, d'élaborer un nouveau Plan d'Orientation Générale pour le développement de l'agglomération d'Alger (POG) pour l'horizon 2000 (Srir, 2020). Ce plan a tracé comme objectifs (Sidi Boumedine, 2018):

- La limitation de l'accroissement de l'agglomération au profit d'un développement régional équilibré;
- L'amélioration du fonctionnement de la capitale et des conditions de vie de ses habitants, conformément aux options fondamentales du pays: plein emploi, enseignement primaire obligatoire, démocratisation de l'accès à l'enseignement supérieur et à la culture, médecine gratuite et droit au logement pour chaque citoyen;
- La définition des grandes lignes de l'aménagement de l'agglomération;
- L'indication sur la dynamique du développement sectoriel à l'intérieur de l'agglomération;
- L'indication des principes et de l'ordre préférentiel d'extension et de restructuration de l'espace urbain à court, moyen et long terme.

Les travaux de préparation du POG ont débuté en 1971 et sa promulgation a été effectuée par ordonnance en mars 1975.Ce plan a confirmé une orientation du développement vers l'Est et une répartition en unités urbaines fonctionnelles. Les équipes pluridisciplinaires du COMEDOR ont réalisé un travail rigoureux, basé sur des analyses approfondies du territoire algérois et des visions stratégiques pour un développement équilibré et progressif (Berezowska-Azzag, 2003; Sidi Boumedine, 2018; Srir, 2020). Cette approche novatrice a mis en œuvre des méthodes itératives et prospectives dans une perspective stratégique de métropolisation (Boukhenfouf, 2018 cité par Srir, 2020). Cependant, à la suite des changements politiques intervenus à partir de 1976 et de la transition de la présidence du COMEDOR vers le Ministre chargé de l'urbanisme, le POG

a perdu sa nature transversale pour devenir simplement un outil de ce ministère, puis un outil de la Wilaya d'Alger (Sidi Boumedine, 2018). Selon Srir (2020), le rejet officiel du POG et la dispersion de ses ressources seulement deux ans après son adoption s'expliquent par des changements de politiques, des influences et des confusions.

Parallèlement, un nouveau découpage territorial a été réalisé en 1974, accompagné de la création de réserves foncières communales (Srir, 2020).

De 1978 à 1988: Cette période a été marquée par d'importants changements structurels, induisant un changement des politiques urbaines, notamment à travers la création, en 1978, du Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la Construction, ainsi que l'établissement du Centre National d'Étude et de Recherche en Urbanisme (CNERU) en 1980. Le CNERU avait pour mission d'élaborer un nouveau Plan d'Urbanisme Directeur (PUD) qui a adopté une orientation de développement vers le Sud-Ouest afin de préserver les terres agricoles de la Mitidja. Les objectifs du PUD comprenaient la densification des zones urbaines existantes, la maîtrise de la croissance urbaine, l'intensification des Zones d'Habitat Urbain Nouveau (ZHUN) et l'autorisation de lotissements auto-construits autour des villes satellites. La mise en œuvre du PUD a été confiée aux organismes sectoriels, tout en maintenant une prise de décision centralisée (Srir, 2020).

De 1989 à 1999: Après l'ouverture à l'économie de marché en 1990, un nouveau régime foncier a été instauré pour reconnaître la propriété privée. Dans cette optique, la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme a introduit de nouveaux instruments tels que le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU), approuvé en 1995, ainsi que les Plans d'Occupation des Sols (POS), qui visaient à réglementer l'urbanisation.

Le zonage est resté l'outil privilégié pour l'aménagement, en classant de manière stricte les zones urbanisées, à urbaniser, les zones destinées à une urbanisation future et les zones soumises à des servitudes non aedificandi. Cependant, l'absence de l'administration et les troubles liés au terrorisme ont contribué à la détérioration du cadre bâti et urbain, entraînant une anarchie urbanistique et une dégradation du paysage urbain.

Durant cette période marquée par des tensions politiques et des crises socio-économiques, un projet majeur, appelé le Grand Projet Urbain (GPU), a été lancé dans le cadre du Gouvernorat du Grand Alger (GGA), créé par le ministre Cherif Rahmani en

1997. L'objectif de ce projet était de renforcer le statut particulier de la capitale, passant ainsi de 33 à 57 communes, tout en proposant une nouvelle vision stratégique. Le GPU s'est appuyé sur une approche de gouvernance axée sur la participation citoyenne, conformément aux recommandations des organisations internationales. Une attention particulière a également été accordée à l'animation culturelle, avec la création de l'Établissement Arts et Cultures. Sur le plan de la programmation territoriale, le GPU a prévu la création de plusieurs pôles thématiques le long de la baie et sur les crêtes. De plus, il a initié des projets de renouvellement urbain et programmé la construction de la ville nouvelle de Sidi Abdellah au Sud-Ouest d'Alger. Cependant, l'implémentation du GPU a subi une interruption abrupte en 2000 en raison de l'inconstitutionnalité de la fonction ministérielle et de l'annulation du gouvernorat, suite à l'accession au pouvoir du président Abdelaziz Bouteflika (Srir, 2020).

De 2000 à 2018: Suite à l'annulation du statut de gouvernorat, Alger est revenu à son statut initial de wilaya. En 2006, deux appels d'offres internationaux ont été lancés pour la révision du PDAU d'Alger et le réaménagement de la baie, conformément à la loi n°06-06 sur l'orientation de la ville (Srir, 2020).

Dans le même contexte, en 2011, Alger a adopté un Plan Stratégique de Développement d'Alger lors d'un conseil interministériel, avec l'approbation du Président de la République, bien qu'il ne dispose pas d'une base juridique. Cette validation est consignée dans deux correspondances du Premier Ministère concernant le programme d'embellissement et de développement de la wilaya d'Alger, adressées aux ministères responsables de sa mise en œuvre (Srir, 2020). Ce plan est soutenu par le nouveau PDAU, adopté en 2016, conçu sous une vision d'un Master Plan (Parquexpo, 2011).

En tant que maître d'ouvrage, la wilaya a fait appel à un consultant international en aménagement, Amine Benaïssa, pour coordonner le projet de révision du PDAU d'Alger, mené par le bureau d'études portugais Parquexpo, ainsi que le projet de réaménagement de la baie, dirigé par l'agence française Arte Charpentier, de 2006 à 2013. La première version du document a été élaborée en 2007 pour l'horizon 2020, conformément aux spécifications aux exigences du cahier des charges. Cependant, Les dates prévues ont subi plusieurs reports successifs : 2009-2029, 2010-2030, 2012-2031, puis 2015-2035 (Srir, 2020).

Le nouveau PDAU repose sur une approche systémique du territoire et sur une forte composante opérationnelle selon une vision stratégique, rompant avec la planification

fonctionnaliste. Il couvre l'ensemble du territoire administratif de la wilaya, en privilégiant une approche globale à l'échelle communale et intercommunale (Parquexpo, 2011).

Dans le but de façonner Alger de demain, le nouveau PDAU a défini sept ambitions, faisant d'Alger une ville emblématique, un moteur du développement tertiaire de l'Algérie, une ville belle qui maîtrise son étalement, une éco-métropole de la méditerranée et ville jardin, une ville axée des mobilités et des proximités, une ville sûre et une ville empreinte de bonne gouvernance (Parquexpo, 2011).

La réalisation de ces défis repose sur six piliers du Master Plan, comprenant un total de 82 projets structurants. Ces piliers concernent le développement économique, l'ouverture de la ville au monde, la cohésion territoriale, l'environnement, le modèle territorial et la gouvernance. Chaque pilier est décomposé en projets structurants et actions. Leur développement se déroule en quatre étapes séquentielles sur une période de 20 ans, à savoir (Parquexpo, 2011; Srir, 2020):

- **2015-2020: l'étape de l'embellissement, le cinquantenaire de l'Indépendance**

La première phase d'intervention territoriale à Alger est axée sur l'embellissement de la ville, en commémoration du cinquantenaire de l'Indépendance de l'Algérie en 2012. Les principaux axes d'intervention comprennent la reconquête du front de mer, la réhabilitation du centre historique, l'établissement d'une structure verte pour la Wilaya, le réaménagement et le développement de certains quartiers périphériques, ainsi que la mise en place d'un macro-maillage pour des raisons fonctionnelles. Ces projets visent à améliorer l'image de la ville, restaurer les équilibres écologiques et renouveler les espaces publics.

- **2020-2025: L'étape de l'aménagement de la baie, le grand événement international**

Au cours de cette phase, l'aménagement de la baie d'Alger se poursuivra avec la mise en œuvre d'interventions stratégiques et d'envergure. Ces projets, symbolisés par un "collier de perles" autour de la baie, visent à préparer la ville à accueillir un événement international. Ils comprennent la construction d'un nouveau port à conteneurs et industriel, la reconversion de friches industrielles près de la côte, ainsi que des interventions dans les zones d'aménagement des transversales pour créer une liaison équilibrée entre les zones

éloignées et la baie. La restructuration de la périphérie et la création d'agriparcs font également partie des projets prévus pour cette phase. Ces initiatives visent à libérer des espaces importants pour accueillir de nouvelles fonctions et activités en soutien à la structure économique d'Alger, notamment dans les secteurs des services et de l'agriculture.

- **2025-2030: l'étape de la requalification de la périphérie, l'éco-métropole de la Méditerranée**

Durant cette phase, le développement de la périphérie de la Wilaya d'Alger sera une priorité, avec des interventions telles que l'extension de la baie d'Alger et l'aménagement des avenues transversales périphériques. Parallèlement, la mise en œuvre du projet de tram-train de la rocade et la consolidation de l'axe logistique de l'autoroute Est-Ouest joueront un rôle fondamental dans la rénovation du système de mobilité de la ville et le renforcement des activités économiques dans la capitale.

- **2030-2035: l'étape de la consolidation, Alger, ville monde**

La dernière étape stratégique se concentre sur la zone Est de la ville d'Alger, qui connaîtra une croissance démographique. Des règlements d'occupation territoriale permettront de transformer cette zone en un secteur d'expansion de qualité, capable d'accueillir confortablement la population jeune et qualifiée d'Alger. Outre l'extension de la ville vers l'est grâce à un plan urbanistique spécifique, la conclusion de l'extension de la baie, entamée lors de la première phase, est également prévue, ainsi que le renforcement de l'axe logistique initié lors de la phase précédente. Ces initiatives visent à soutenir le succès socio-économique de la Wilaya et à améliorer son image.

De ce qui précède, nous constatons qu'Alger a mis en place plusieurs plans d'aménagement au cours de son développement urbain. Cependant, ces plans ont souvent été abandonnés après leur approbation en raison de changements de politiques et de personnes responsables de leur mise en œuvre. Cette situation a entraîné une certaine instabilité dans la planification urbaine de la ville. Il est essentiel de mettre en place des mécanismes durables pour assurer la continuité et la cohérence des projets urbains à Alger, afin de garantir un développement harmonieux et efficace de la ville.

Par ailleurs, l'équipe GUEST du laboratoire VUDD de l'EPAU, dirigée par Berezowska-Azzag, a mené une étude sur les performances urbaines locales des communes algéroises et a développé un outil d'aide à la décision stratégique. Cette étude a été réalisée

sur la période 2008-2013. Les résultats obtenus ont mis en évidence un déséquilibre significatif dans les performances urbaines locales, notamment en termes d'efficacité environnementale, d'efficience socioéconomique et de qualité de vie urbaine des communes (cartes en annexe E) (Berezowska-Azzag et *al*., 2015).

6.2.2 Émission de GES à Alger

Hachaichi et *al*. (2020) ont mené une étude visant l'évaluation de l'empreinte carbone d'Alger ainsi que sa capacité de stockage du carbone. Conformément aux directives du GIEC, les chercheurs ont calculé les émissions de carbone dans les limites administratives d'Alger en se concentrant sur les secteurs: résidentiel, tertiaire, transport, agriculture et industrie. Seules les émissions des scopes 1 et 2 ont été estimées, en utilisant les données fournies par l'APRUE et l'ANCC.

Les résultats de cette estimation révèlent que les émissions de carbone d'Alger s'élèvent à environ 3 929 243, 44 t. eq CO_2/ an, soit 1,24 t. eq CO_2/an par habitant. Le secteur des transports représente la plus grande part des émissions totales de carbone d'Alger, avec une contribution de 51%, suivi du secteur résidentiel avec 25% et de l'industrie avec 12%. Cette situation s'explique principalement par le fait qu'Alger abrite environ 2,8 millions d'habitants générant quotidiennement plus de 6,5 millions de déplacements. En conséquence, le manque d'une infrastructure de transport public adéquate et efficace dans la ville contraint les citoyens à recourir aux voitures particulières. Il est important de signaler que le nombre des véhicules particuliers à Alger est passé de 628 093 voitures en 2000 à 1 150 077 voitures en 2011, soit une augmentation totale de 55 %. De plus, le prix du carburant est très bas, ce qui encourage davantage les citoyens à utiliser les véhicules particuliers, entraînant par conséquent des émissions de carbone (Hachaichi et *al*., 2020).

Dans le cadre de la même étude, les chercheurs ont également évalué la capacité des puits de carbone d'Alger, tels que les forêts, les sols (prairies et terres cultivées) et les zones humides, en se basant sur les données de l'année 2016 provenant de la Direction des Services Agricoles d'Alger (DSA) et de la Direction des Forêts et des Espaces Verts d'Alger (DFCV). Cette capacité a été calculée selon les lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de GES (Hachaichi et *al*., 2020).

Les résultats obtenus indiquent que la capacité des puits de carbone d'Alger s'élève seulement à 157 4044 t. CO_2/ an. Les terres forestières, qui séquestrent le carbone grâce à la photosynthèse des arbres, jouent un rôle mineur dans la séquestration des émissions de carbone d'Alger, représentant seulement 2% de la capacité totale des puits de carbone. En revanche, les zones humides représentent 70% de cette capacité, suivies par les sols avec une part de 28%. Il convient de noter que les zones forestières d'Alger sont principalement fragmentées, dégradées et menacées, et qu'elles diminuent chaque année en raison de l'urbanisation (Hachaichi et *al*., 2020).

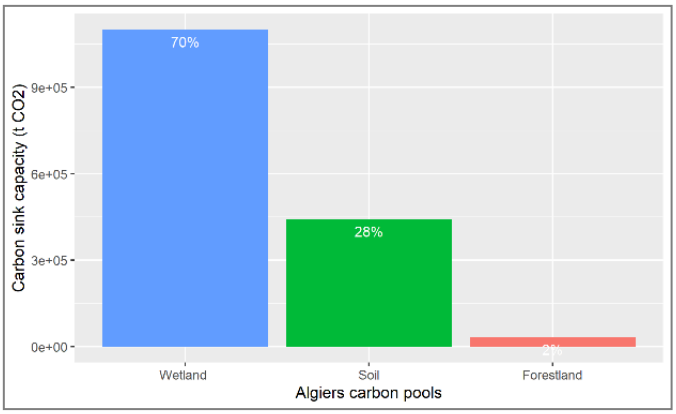


Figure 6.5 Capacité des puits de carbone d'Alger.
Source: Hachaichi et *al*., 2020.

Les chercheurs soulignent également qu'Alger connaît un important excès de carbone, car seuls 40% des émissions global de carbone d'Alger sont séquestrés par des processus naturels, tandis que les 60% restant sont rejetées dans l'atmosphère. Cette situation préoccupante met en lumière le constat selon lequel Alger est encore loin d'atteindre le statut d'une ville durable qui vit en harmonie avec les seuils environnementaux (Hachaichi et *al*., 2020).

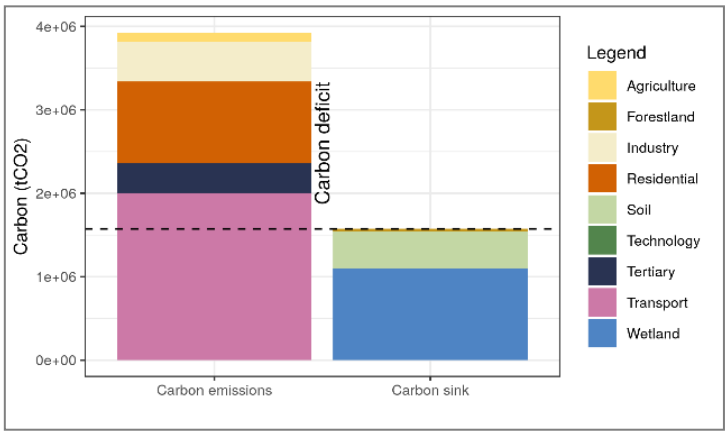


Figure 6.6 Excès du Carbone à Alger.
Source: Hachaichi et *al*., 2020.

6.2.3 Ampleur de la vulnérabilité urbaine d'Alger au réchauffement climatique

Dans le cadre de notre travail de Magister, établi en 2016, nous avons effectué un diagnostic du territoire des 57 communes d'Alger afin de déterminer leur degré de vulnérabilité locale au réchauffement climatique. Ce diagnostic a été réalisé selon une approche d'évaluation, développée dans le cadre dudit travail, qui se base sur un système de critères contenant des paramètres climatiques mesurables et des facteurs anthropiques contribuant au réchauffement local (Bouattou, 2016).

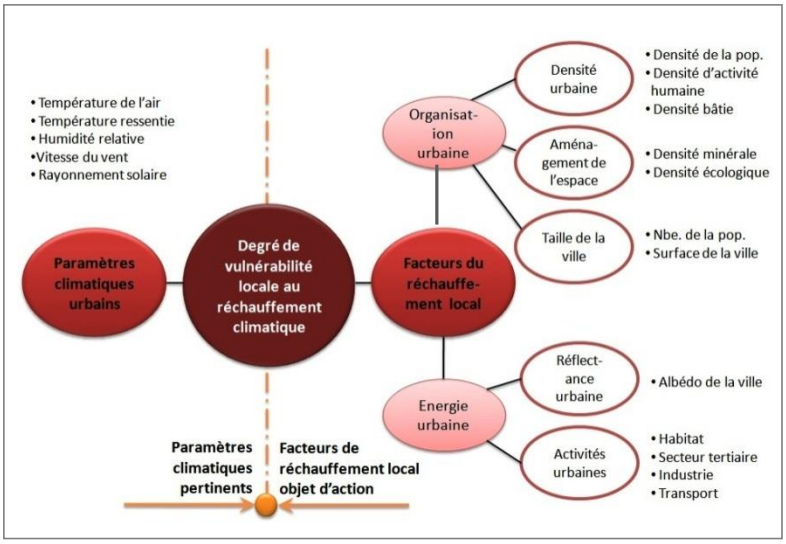


Figure 6.7 Système de critères d'évaluation de la vulnérabilité urbaine au réchauffement climatique. **Source:** Bouattou, 2016.

Les résultats de cette évaluation révèlent que les communes de: Bab Ezzouar, El Harrach, Oued Smar, Baraki, Dar El Beida, Bordj El Kiffan, Les Eucalyptus et Rouiba présentent la plus grande vulnérabilité au réchauffement climatique. Une mobilisation urgente est donc nécessaire pour faire face à cette situation (Bouattou, 2016).

Cette vulnérabilité thermique s'explique principalement par la densité élevée du plan bâti et la minéralisation du sol, limitant la place aux espaces verts et bleus. De plus, la concentration des activités humaines, notamment les activités industrielles, aggrave cette vulnérabilité. Ces facteurs se combinent à leur situation géographique défavorable, tels que: la nature du sol, l'altitude, l'exposition au vent dominant, le couvert végétal, etc., ce qui influe sur leurs conditions climatiques.

D'autre part, certaines communes sont considérées comme peu vulnérables ou très peu vulnérables en raison de la faible pression du développement urbain (comme Mahelma, Souidania, Khraicia, etc.) ou de leur situation géographique favorable bénéficiant de la proximité de la mer (comme Alger Centre, Rais Hamidou, Bologhine,

etc.) ou situées en hauteur avec une densité écologique[31] élevée (comme Bouzareah, Ben Aknoun, Hydra, etc.) (Bouattou, 2016).

Il convient de prendre en compte que les communes les moins vulnérables au réchauffement climatique peuvent être exposées à des menaces potentiellement dangereuses découlant des pressions exercées par le développement urbain. Par conséquent, il est essentiel d'envisager les perspectives de développement et d'aménagement à long terme dans le but de préserver l'état actuel de ces communes et d'anticiper les évolutions futures (Bouattou et Berezowska-Azzag, 2017).

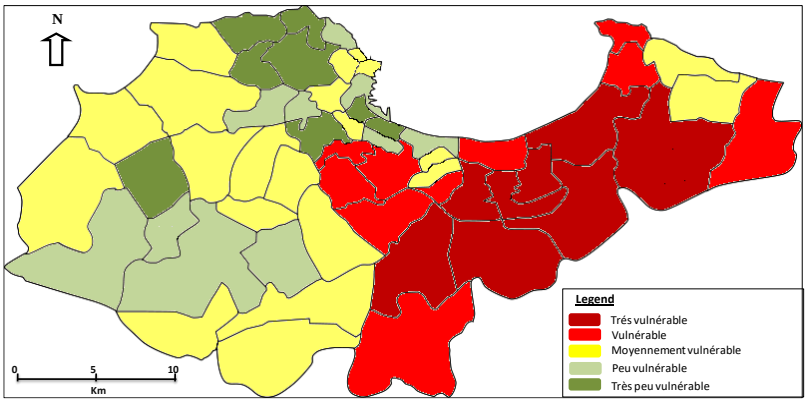


Figure 6.8 Degré de vulnérabilité locale au réchauffement climatique. des communes algéroises. **Source:** Bouattou, 2016.

Il est important de souligner qu'en 2013, Egis Eau, l'IAU-îdf et le BRGM ont réalisé une étude sur la vulnérabilité et l'adaptation de la Wilaya d'Alger au changement climatique et aux risques naturels. Elle a été menée dans le cadre du programme « villes et changement climatique » du CMI (Centre de Marseille pour l'Intégration en Méditerranée), co-piloté par la Banque Mondiale et la CDC (Caisse des dépôts et Consignations). Ce programme vise à promouvoir l'adaptation des villes d'Afrique du Nord aux changements climatiques et aux risques naturels.

L'évaluation de la vulnérabilité a été réalisée en croisant les différents aléas auxquels Alger est exposée avec la sensibilité de ses espaces urbanisés. Cependant, cette étude s'est principalement axée sur la vulnérabilité d'Alger aux inondations, aux glissements de terrain et aux séismes, en se basant sur les données fournies par le SDAAM et le PDAU d'Alger. Elle n'a pas inclus l'évaluation de la vulnérabilité d'Alger aux effets du réchauffement climatique, en particulier ceux liés aux vagues de chaleur, faute d'analyses spécifiques

[31]La densité écologique étant comprise entre densité verte et bleue conjuguées.

préalables. Néanmoins, une étude portant sur l'évolution actuelle et prospective de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur a été menée dans le cadre de ce travail.

6.3 Initiatives de l'Algérie pour contrer le changement climatique

En juin 1992, l'Algérie a signé la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) et a procédé à sa ratification par le décret présidentiel 93-99 du 10 Avril 1993. En tant que partie contractante, l'Algérie a respecté ses obligations conformément à l'article 12 de la CCNUCC en soumettant deux communications nationales: la communication nationale initiale (CNI) en 2001 et la seconde communication nationale (SCN) en 2010. En outre, le pays a entrepris les préparatifs pour une troisième communication nationale (TCN) ainsi qu'un Premier Rapport Biennal Actualisé (RBA1), qui doivent être soumis avant la fin de 2023.

L'Algérie a également ratifié le protocole de Kyoto de 1997 par le décret présidentiel 04-144 du 28 avril 2004, et l'Accord de Paris sur les changements climatiques de 2015 par le décret présidentiel 16-262 du 13 octobre 2016. Dans le but de mettre en œuvre les mesures nécessaires pour ratifier l'Accord de Paris, le gouvernement algérien a créé en juillet 2015 le Comité National Climat (CNC) présidé par le Ministère de l'Environnement.

La Contribution Déterminée au niveau National (CDN) constitue l'instrument principal de ratification de cet accord, dans lequel l'Algérie s'est engagée à réduire ses émissions de GES de 7 % en utilisant ses propres ressources., avec la volonté d'augmenter cet objectif à 22 % en cas de soutien technique, financier et de transferts de technologie appropriés.

Pour honorer ses responsabilités, l'Algérie a mis en place un ensemble d'initiatives visant à atténuer les effets néfastes du changement climatique et à s'adapter à ses conséquences. Parallèlement, le pays a lancé divers programmes de formation, de recherche et de développement spécifiquement axés sur les enjeux liés au changement climatique.

6.3.1 Actions d'atténuation des effets du changement climatique entreprises en Algérie

D'après le livre blanc, paru en 2021, sur l'impact des changements climatiques en Algérie, qui a été réalisé par Sonatrach, le Ministère de l'Énergie et le Ministère de la Transition Énergétique et des Énergies Renouvelables, en réponse à la demande de l'ancien

Premier Ministre Abdelaziz Djerad, l'Algérie a mis en œuvre diverses initiatives visant l'atténuation des effets du changement climatique, en entreprenant des actions ciblées ayant pour objectif principal la réduction de son empreinte carbone et la préservation de son environnement naturel. Ces mesures, axées sur l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables, le reboisement et la reforestation, démontrent l'engagement de l'Algérie aux efforts mondiaux de lutte contre les perturbations climatiques (cf. annexe F).

Toutefois, il est important de signaler qu'à ce jour, l'Algérie a très peu profité des financements internationaux en matière de lutte contre le changement climatique. Pour endiguer cette lacune, il y a lieu de développer la promotion de la coopération scientifique et technique au niveau régional et international (Sonatrach, Ministère de l'Énergie et MTEER, 2021).

6.3.2 Actions d'adaptation aux effets du changement climatique entreprises en Algérie

Le Gouvernement Algérien s'engage activement afin de renforcer la capacité d'adaptation du pays aux conséquences du changement climatique. Des efforts ont été entrepris comprenant la lutte contre les catastrophes naturelles telles que les inondations, les incendies de forêts et la sécheresse, ainsi que la préservation des ressources naturelles (eau, agriculture, biodiversité, etc.) et la conservation du patrimoine culturel. Ces efforts sont résumés dans l'annexe F.

De plus, il convient de souligner que des stratégies sectorielles sont en cours d'élaboration, visant la prévention contre les incendies de forêts, les séismes et la désertification. Dès leur finalisation, elles seront présentées au gouvernement en vue de leur adoption. Ces stratégies sectorielles constituent un élément essentiel dans l'élaboration de la stratégie nationale de gestion des risques majeurs, en alignement avec les dispositions législatives en vigueur de la loi 04-20 du 25 Décembre 2004 (Sonatrach, Ministère de l'Énergie et MTEER, 2021).

6.3.3 Formation, Recherche et Développement

Des efforts significatifs ont été déployés en Algérie en matière de formation, de recherche et de développement visant le renforcement de la résilience du pays face aux bouleversements climatiques, la réduction des émissions de GES et la promotion du développement durable, citant à titre indicatif et non exhaustif (Sonatrach, Ministère de l'Énergie et MTEER, 2021):

- La mise en place, depuis 2010, de plusieurs masters dans les domaines des énergies renouvelables, risques majeurs et risques naturels;
- L'ouverture, en octobre 2013, de l'Institut Africain de l'Eau, de l'Énergie et des Changements Climatiques à Tlemcen, accueillant des étudiants de différents pays Africains;
- L'inauguration, en octobre 2020, de l'École Nationale Supérieure des Énergies Renouvelables, de l'Environnement et du Développement Durable à Batna;
- Le renforcement des capacités en matière de risques majeurs par des formations intensives en faveur de groupes impliqués directement ou indirectement dans la gestion des risques et/ou de situation de crise, ainsi que dans la transition énergétique, citant à titre d'exemple les cycles de formations menés par: l'APRUE, Le CRSTRA, etc.;
- Le renforcement du dispositif de la recherche prenant en charge les questions environnementales et socio-économiques en rapport avec les menaces climatiques : CDER, CRSTRA, INRF, INRAA, INRF, CNERIB, CREAD, etc.;
- L'identification de stations d'observation (2010) par le CRSTRA en étroite collaboration avec le HCDS (organisme chargé de développement de la steppe) pour le suivi-évaluation du milieu steppique d'Est en Ouest;
- Le lancement d'un réseau de veille phénologique concernant le palmier dattier pour le suivi -évaluation des effets éventuels en milieu Oasien;
- La contribution au cours international sur les changements globaux, intitulé «Gestion du risque climatique ». Ce cours a été organisé en septembre 2012 à Paris par le Centre Universitaire des Biens Culturels d'Italie, dans le cadre de l'Accord Euro-méditerranéen sur les risques majeurs.
- La promulgation de la loi d'orientation sur la recherche 08-05 du 23 Février 2008, définit clairement les orientations stratégiques du Plan National de la Recherche, a permis le lancement et le soutien de 34 Programmes Nationaux de Recherche (PNR) pour lesquels une enveloppe de 05 milliards de dinars a été débloquée sur le Fonds National de Recherche (FNR). Parmi les 34 programmes retenus, 14 sont spécifiquement dédiés aux problématiques environnementales dans une vision de durabilité, à savoir :
    - PNR 1: Environnement et promotion de développement durable ;
    - PNR2: Agriculture, alimentation, forêts, espaces naturels et ruraux;
    - PNR 3: Pêche et aquaculture ;

- PNR 4: Ressource en eau prospective participative ;
- PNR 5: Préventions des catastrophes naturelles, prévention et protection contre les risques majeurs ;
- PNR 6: Exploration et exploitation des matières premières ;
- PNR 7: Valorisation des matières premières et industries ;
- PNR 8: Énergies renouvelables ;
- PNR 9: Biotechnologie ;
- PNR 10: Technologie spatiale et leurs applications ;
- PNR 11: Aménagement du territoire ;
- PNR 12: Développement des régions arides et semi arides, montagneuses et lutte contre la désertification ;
- PNR 13: Habitat, construction et urbanisme ;
- PNR 14: Transport.

- Le choix de trois grands programmes dans le cadre de la 3ème loi sur la recherche scientifique, à savoir:
  - La sécurité alimentaire ;
  - La sécurité énergétique ;
  - La santé des citoyens.
- Le développement des coopérations nationales et internationales, tels que: APRUE-ADEME (2015-2017), APRUE-MEDENER (2018-2020), APRUE- GIZ, etc.

Actuellement, plus de 80 projets à impacts socio-économiques et intégrant la dimension risques liés aux changements climatiques sont en cours d'exécution.

6.4 Actions du Plan National Climat d'Algérie

Le Plan National Climat (PNC) a été adopté en Septembre 2019 dans le cadre du plan quinquennal du Plan National d'Action pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAEDD). Ce plan a été élaboré par le Comité National Climat (CNC), présidé par la Ministre de l'Environnement et des Énergies Renouvelables (MEER), selon une approche participative impliquant l'ensemble des acteurs concernés, y compris les secteurs public et privé ainsi que la société civile. Il est conçu de manière évolutive, ce qui signifie que de nouvelles initiatives peuvent être introduites au fur et à mesure de sa mise en œuvre, en fonction de l'évolution socio-économique de l'Algérie, des ressources budgétaires disponibles et des avancées technologiques.

Le PNC vise à définir les projets et les actions à court et moyen termes pour lutter contre les changements climatiques, en fixant les objectifs suivants:

- Identifier, grâce à la participation des secteurs institutionnels et la société civile, des actions d'atténuation et d'adaptation à mettre en œuvre;
- Déterminer des actions dont la mise en œuvre est prioritaire (court terme);
- Proposer d'un cadre de gouvernance en identifiant les tâches à remplir et en les attribuant aux acteurs de la politique climatique nationale en fonction de leurs missions et attributions;
- Proposer des mesures permettant de renforcer la mise en œuvre du PNC et à l'accès aux financements internationaux publics et privés et de favoriser le partenariat technologique et financier étranger;
- Identifier des possibilités de mobilisation des ressources nationales supplémentaires pour financer la mise en œuvre du PNC.

Le PNC comprend un total de 155 actions, réparties entre 63 actions liées à l'adaptation socio-économique aux changements climatiques, 76 actions axées sur l'atténuation des émissions de GES et 16 actions transversales visant à renforcer les capacités nécessaires à sa mise en œuvre sur la période 2020-2035.

Afin d'assurer le succès du PNC, diverses recommandations seront mises en place. Cela inclut le renforcement du cadre juridique environnemental en impliquant les collectivités locales et la société civile, ainsi que la révision du statut de l'Agence Nationale des Changements Climatiques pour lui permettre de répondre aux engagements pris par l'Algérie dans le cadre de l'Accord de Paris, qui a été ratifié par décret présidentiel le 13 octobre 2016.

Par ailleurs, un guide de plans climat locaux est en cours d'élaboration dans deux wilayas pilotes, à savoir Djelfa et Guelma. Une fois finalisé, ce guide sera généralisé aux autres wilayas.

6.4.1 Actions d'adaptation aux changements climatiques

Les actions d'adaptation font allusion aux mesures et initiatives essentielles qui sont entreprises pour réduire les conséquences néfastes ou accroître les bénéfices des changements climatiques. Les besoins en matière d'adaptation diffèrent considérablement selon les endroits, les populations et les secteurs concernés. Une planification stratégique et

efficace de l'adaptation se concentre principalement sur les systèmes les plus exposés aux impacts négatifs des changements climatiques.

L'identification de ces actions découle des observations réalisées au cours des dernières décennies par les secteurs qui ont effectué des analyses des risques et des vulnérabilités liés aux changements climatiques. Seuls les secteurs de l'eau, de l'agriculture et des forêts ont entrepris une telle évaluation des risques et des vulnérabilités auxquels ils sont confrontés. À partir de ces évaluations, ils ont identifié les mesures d'adaptation qui sont intégrées dans le PNC (cf. annexe G). Par conséquent, les enseignements tirés des expériences menées à l'échelle régionale et méditerranéenne ont également été pris en compte.

En outre, le PNC prévoit deux phases temporelles pour les actions d'adaptation :

- **Le programme d'actions à court terme (2020-2025):** Il vise à répondre aux urgences et comprend 36 actions concrètes qui peuvent être réalisées dans les années à venir. Les compétences et les capacités en ressources humaines nécessaires à leur mise en œuvre sont déjà présentes. La principale contrainte pour leur réalisation réside dans l'obtention des moyens financiers.
- **Le programme d'actions à moyen terme (2020-2035):** Il englobe 27 actions qui nécessitent à la fois plus de temps pour être mises en œuvre et le renforcement du cadre organisationnel, ainsi que des ressources humaines et matérielles nécessaires. Leur mise en œuvre requiert une coordination intersectorielle et la réalisation d'analyses préliminaires.

6.4.2 Actions d'atténuation des changements climatiques

Le volet d'atténuation se compose d'un ensemble de 76 actions axées sur la réalisation des objectifs de la Contribution Déterminée au niveau National (CDN). Ces actions ont été spécifiquement conçues pour être mises en œuvre à court terme. Elles couvrent un large éventail de domaines, notamment l'industrie, les déchets, l'énergie, les forêts, les transports, les collectivités locales, les bâtiments et l'habitat, ainsi que le tourisme (cf. annexe G).

Chaque secteur a élaboré son propre programme d'action en identifiant les actions prioritaires qui permettront d'obtenir des résultats significatifs dans les plus brefs délais.

6.4.3 Actions transversales

Le volet transversal englobe 16 actions visant la création des conditions préliminaires indispensables à la mise en œuvre du PNC. Ces conditions comprennent le renforcement des capacités, la recherche-développement, le financement, la sensibilisation, la communication, la formation et la gouvernance des changements climatiques. Elles sont spécifiquement axées sur le court terme.

Tableau 6.1 Les actions transversales à court terme (2020-2025).

	Actions	Pilote
1	Mise en place du système d'inventaire national des émissions de GES	MEER
2	Renforcement des institutions nationales sur la thématique des changements climatiques	MEER
3	Mise en place d'un système MRV des actions du PNC	MEER
4	Élaboration d'un programme national de recherche en changement climatique et leur intégration dans les autres programmes de recherche existants	MEER
5	Intégration des changements climatiques dans les cursus d'enseignement scolaire et universitaire	MEER
6	Renforcement de la veille technologique et scientifique sur les mesures d'adaptation et d'atténuation des CC	MEER
7	Renforcement des capacités des institutions financières à la finance climatique	MEER
8	Élaboration de nouveaux mécanismes pour le financement de mesures d'adaptation et d'atténuation aux changements climatiques	MEER
9	Réalisation de campagnes de sensibilisation et d'information sur les changements climatiques	MEER
10	Installation d'une station atmosphérique de mesure de polluants climatiques de courte durée (Short-Lived Climate Pollutants)	MEER
11	Mise en place d›un laboratoire d›essai accrédité de contrôle de qualité des chauffe-eau solaires	MEER
12	Mise en place d›un laboratoire accrédité de contrôle de qualités des modules photovoltaïques	MEER
13	Projets de recherche à impacts socio-économiques en énergies Renouvelables	MEER
14	Mise en place d›un laboratoire de métrologie accrédité pour l›étalonnage des pyranomètres	MEER
15	Intégration du changement climatique dans le programme de réhabilitation des zones industrielles	MEER
16	Aménagement de nouvelles zones industrielles résilientes aux effets du changement climatique	MEER

Source: PNC, 2019.

Conclusion

Ce chapitre a présenté les caractéristiques climatiques du territoire algérois, en mettant en exergue les transformations observées au cours des quatre dernières décennies. Parmi ces changements, on note une **élévation significative des températures** et une **diminution du cumul annuel des précipitations**. Selon les projections climatiques établies par Météo-France en collaboration avec l'ONM, cette tendance devrait **se poursuivre** dans les années à venir. Ces évolutions s'accompagnent d'une **modification progressive des schémas saisonniers traditionnels**, marquée notamment par une extension de la saison chaude. En raison de sa position géographique, Alger est exposée à une **diversité** de risques climatiques, incluant des précipitations intenses suivies d'inondations, des vagues de chaleur, ainsi que des périodes prolongées de sécheresse. Le réchauffement climatique global pourrait exacerber ces phénomènes, augmentant ainsi la vulnérabilité de la région. De plus, ce chapitre a montré que le développement urbain d'Alger s'inscrit dans une **dynamique complexe** où s'entrelacent des enjeux économiques, sociaux et environnementaux. L'**expansion horizontale rapide** de la ville, marquée par un étalement urbain prononcé, a exercé une pression accrue sur les infrastructures, les services publics et les ressources naturelles. Ce modèle de développement soulève de nombreux défis environnementaux, notamment en matière d'émissions de GES. Alger a connu un **important excès de carbone**, dont 60% sont **libérés** dans l'atmosphère, contribuant ainsi à l'aggravation des problèmes climatiques locaux (Hachaichi et *al*., 2020)

Il est cependant important de souligner que des initiatives algériennes ont été mises en place, témoignant de l'engagement à atténuer les effets des changements climatiques et à préparer les villes à des défis climatiques futurs. Elles fournissent un cadre essentiel pour orienter les stratégies de gestion et de planification urbaine locale, permettant ainsi de répondre aux défis croissant en matière de **développement durable** et de **résilience climatique**. Ce qui exige la **mobilisation conjointe** des acteurs publics et privés, ainsi qu'une sensibilisation accrue des citoyens.

Enfin, nous avons mis en évidence qu'El Harrach fait partie des territoires urbains algérois **les plus vulnérables** aux questions climatiques. Elle constituera ainsi le sujet central de notre étude, dans laquelle nous procéderons à calculer le bilan carbone de ses ménages pour mieux appréhender les **interactions locales** à l'origine des émissions de GES.

CHAPITRE VII

APPLICATION DU REFERENTIEL *LOCAL CLIMATE ZONE* A EL HARRACH

Introduction

Le présent chapitre a pour but de procéder à la classification d'El Harrach en zones climatiques locales, afin de définir les **entités homogènes sur le plan climatique et urbain**. Pour y atteindre, nous commencerons par présenter le contexte local de notre recherche, à savoir El Harrach, en mettant l'accent sur son développement urbain, ses caractéristiques climatiques et sa vulnérabilité aux aléas climatiques. Par la suite, nous identifierons ses îlots morphologiques urbains, qui seront ensuite classés en zones climatiques locales par l'application du système de classification international «*Local Climate Zone* ".

7.1 Présentation du contexte local de la recherche

7.1.1 Développement urbain à El Harrach

El Harrach, située dans la banlieue Est d'Alger à une distance d'environ 12 km de la capitale, fait partie intégrante de la Mitidja et du Sahel algérois. Elle s'étend sur une superficie totale de 24,35 km². Actuellement, elle est délimitée géographiquement par: La Commune de Mohamadia au Nord, la commune d'Oued Smar à l'Est, les communes de Bourouba et Bach Djarrah à l'Ouest et les communes de Baraki et Eucalyptus au Sud.

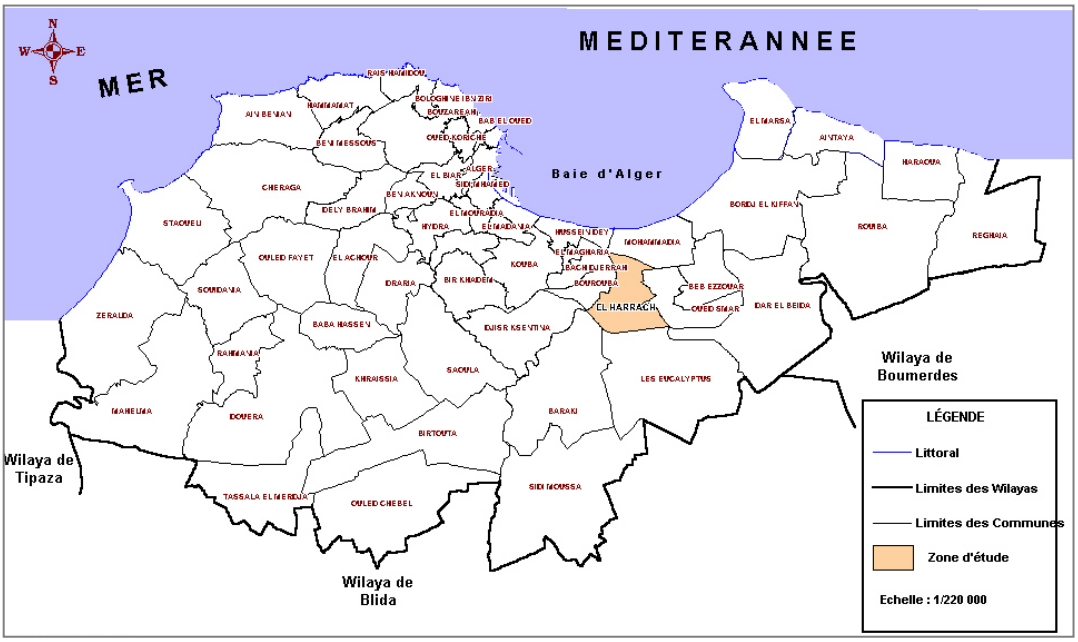


Figure 7.1 Localisation géographique d'El Harrach.
Source: Bakour, 2006.

Le nom El Harrach trouve son origine dans le terme arabe ḥirâc (aḥrâc), qui signifie forêt, bois, maquis, et qui prend ici le sens de lieu très boisé, abondant en végétation dense (Haddadou, 2012).

Son développement urbain remonte à l'époque turque, notamment en 1724, année de la construction d'un poste militaire appelé "Bordj El Kantara" ou "Bordj Agha Yahia", qui servait de siège des Turcs de l'Agha chargés de collecter les impôts des tribus réfractaires (Khodja, 1985 cité par Aroua, 2012; Berezowska-Azzag et al., 2015). Initialement axé sur des activités agricoles, la ville fut occupée par le Gouvernement français après l'arrivée de ses troupes en 1830. Le Fort d'El Kantra[32], situé sur la rive droite de l'Oued El Harrach, fut saisi et rebaptisé "Maison Carrée" (Busson, 1898 cité par Aroua, 2012).

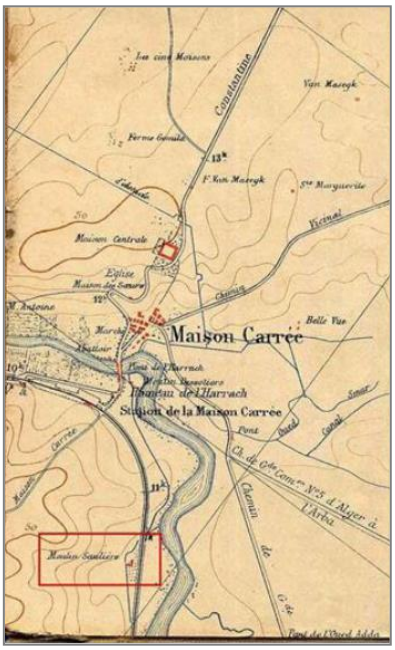


Figure 7.2 Plan de Maison Carrée en 1873.
Source: mitidja.free.fr/cartes/alger1873, cité par Aroua, 2012.

Pendant près d'une décennie (1830-1840), la propagation de la Malaria suscita un sentiment de pessimisme au sein de l'administration militaire française quant à l'établissement durable d'une population dans la région de la Mitidja. Par conséquent, leur occupation se limita aux collines du Sahel. Néanmoins, des colons agricoles ont commencèrent à s'installer sur la rive droite, où quelques maisons furent érigées (Cahiers du centenaire de l'Algérie cité par Aroua, 2012).

En 1844, par décision ministérielle, le hameau fut rattaché à la commune voisine d'Hussein Dey, située sur la rive gauche de l'Oued El Harrach. A cette époque, la population se composait principalement de soldats, de commerçants et de quelques

[32] C'est un bâtiment de forme carrée de 85m de côté.

agriculteurs. Depuis lors, la croissance démographique de la région a été entravée par les crues périodiques de l'oued, considérées comme catastrophiques à l'époque. Le Gouvernement Français entreprit de développer l'exploitation agricole de la plaine de la Mitidja, ce qui a conduisit à l'établissement du célèbre marché aux bestiaux dès 1862, suivi de l'implantation des premiers ateliers à partir de 1880. Cette orientation donna définitivement à la ville une vocation commerciale et industrielle, limitant ainsi son développement (Aroua, 2012).

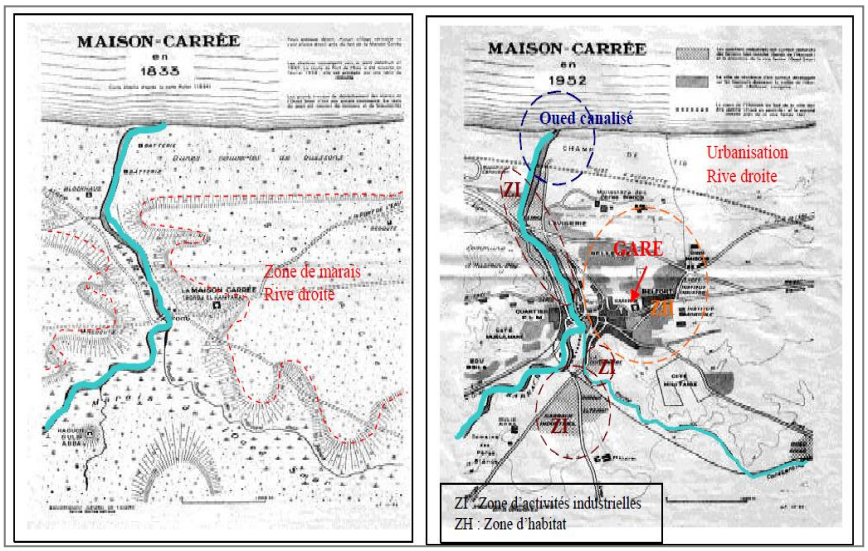


Figure 7.3 Développement urbain de la Maison Carrée entre 1833 et 1852.
Source: De Lemps et Huertz, 1952 cité par Aroua, 2012.

En 1869, la Maison Carrée était devenue Chef-lieu de sa commune, par le décret du 14 Août 1869. Elle est composée de deux zones urbaines distinctes et inégales en termes de la superficie, séparées par l'Oued El Harrach. Sa population totale s'élève à 5588 habitants, englobant les communes actuelles de Bordj El Bahri, Aïn Taya, Rouiba, Cap Matifou, situées sur la rive droite des marais.

La proximité du port, des routes et de la ligne de chemin de fer a constitué un levier stratégique pour le développement industriel de la ville tout en entraînant une augmentation de sa population. A partir de 1862, le chemin de fer relie la Mitidja au port d'Alger, facilitant ainsi l'exportation des produits vers la Métropole française. Pendant l'entre-deux guerres, de nombreux usines et ateliers furent installés dans la région, en particulier dans la zone de confluence avec l'Oued Smar (Aroua, 2012).

Cependant, la région fut confrontée à des inondations meurtrières à partir de 1846, causant des pertes humaines et la destruction de plusieurs maisons. Ces inondations, survenues durant l'automne et l'hiver, étaient provoquées par les crues de l'Oued El

Harrach et de ses affluents, notamment l'Oued Djemaa et l'Oued Smar (ANRH, 2007 cité par Aroua, 2012).

Les activités industrielles polluantes telles que les distilleries et les usines de produits chimiques ont été également implantées à proximité de l'Oued. Ce qui a contribué à la pollution de l'Oued El Harrach jusqu'à présent. Malgré les inconvénients liés à la salubrité et le microclimat défavorables de la ville, des quartiers résidentiels continuaient à se développer sur la rive droite de l'Oued, à l'abri des inondations et des mauvaises odeurs (LESPES, 1933 cité par Aroua, 2012).

Au fil du temps, l'expansion de l'industrie a exercé une pression croissante sur les terres agricoles, entraînant la conversion de ces dernières en terrains résidentiels à des prix abordables. À partir de 1950, de nouvelles cités ouvrières ont émergé près de la gare ferroviaire, tandis que les lotissements de maisons avec jardins ont progressé au détriment des terrains agricoles (Aroua, 2012).

Dans le but d'éviter les embâcles et les risques de crues dangereuses aux extrémités de l'Oued El Harrach, des travaux de canalisation, de rectification et d'endiguement ont été entrepris entre 1833 et 1952 (Cahiers du Centenaire de l'Algérie, cité par Aroua, 2012). Ces interventions ont perturbé l'équilibre hydrodynamique de l'Oued, provoquant des modifications permanentes de ses caractéristiques physiques (Aroua, 2012).

A partir de 1959, El Harrach a connu un vaste programme de construction de logements de type HLM dans le cadre du plan de Constantine, en réponse à une croissance démographique élevée entraînant une demande pressante de logements. Cependant, ces logements se distinguaient principalement par des blocs identiques allongés, dépourvus d'une véritable expression architecturale (Bakour, 2006).

Après l'Indépendance, les premiers villages près du Fort d'El Kantara ont été transformés en agglomérations urbaines, certaines chefs-lieux de communes. L'urbanisation de la plaine orientale s'est ensuite étendue dans toutes les directions, principalement à travers la création des lotissements et de quartiers d'habitat collectif (DELUZ, 2001 cité par Aroua, 2012). Par la suite, le noyau urbain de Maison Carrée a été divisé en trois communes distinctes: El Harrach, Oued Smar et Mohammadia. Les communes environnantes, telles que Ain Taya, Bordj el Bahri (Fort de l'Eau), Dar el Beida

(Maison Blanche), Reghaïa, Rouiba, sont également devenues des communes indépendantes (Aroua, 2012).

El Harrach s'est développée en tant que centre axé sur les activités commerciales et industrielles. Elle abrite une importante zone industrielle d'une superficie de 53 ha comportant 53 unités (27 étatiques et 26 privées). On y trouve également divers équipements commerciaux, notamment huit marchés (cinq municipaux et trois hebdomadaires, dont l'un est dédié aux véhicules automobiles), deux champs de forage, ainsi que des infrastructures éducatives, culturelles, de santé, sportives et de loisirs. De plus, elle contient des établissements universitaires importants et la plus grande prison d'Algérie (Berezowska-Azzag et *al*., 2015). La population d'El Harrach s'est passée de 46 285habitants en 1987 à48869 habitants en 2008, avec un taux d'accroissement annuel moyen d'environ 0,1 et une densité d'environ 50,41 hab. /ha (RGPH, 2008).

El Harrach présente deux processus d'urbanisation diachronique. Au Nord, on observe une urbanisation historique planifiée, tandis qu'au Sud, un développement récent qui semble avoir été réalisé en urgence, à l'exception de la zone industrielle préexistant. Ce développement de la partie Sud est le résultat des circonstances sociopolitiques de la fin des années 80, qui ont entraîné une prolifération des constructions informelles et précaires (Aroua, 2012).

D'après Bakour (2006), l'ancien PDAU d'Alger, élaboré en 1990 et approuvé en 1995, a devisé le territoire d'El Harrach en sept POS. Cependant, à l'exception de la réalisation de la phase de diagnostic du POS NU1, aucun de ces POS n'a été étudié. Le PDAU avait identifié la zone de ce POS avait été identifiée par le PDAU comme étant inondable et inadaptée à la construction.

En raison du manque de documents d'urbanisme servant de référence pour les interventions urbaines et les retards accumulés, il y a eu une surconsommation des terres agricoles et des terrains peu propices à la construction, exposant ainsi aux risques naturels. C'est notamment le cas du quartier les 3 caves, qui est entièrement urbanisé actuellement, bien qu'il ait été désigné comme un secteur non urbanisable dans le POS "NU1" (Bakour, 2006; Fernini – Haffif, 2008).

D'autre part, Aroua (2012) a découpé le territoire d'El Harrach en trois entités urbaines homogènes, séparées d'une part par la voie ferrée et d’autre part par le tracé de

son extension le long du Domaine Kourifa. La première entité urbaine, la plus ancienne, comprend le vaste domaine militaire (Caseme) et les Champs d'Expérimentation (Ferme modèle du XIXe siècle), ainsi que le centre-ville d'El Harrach et les Cités résidentielles de Belle vue, Hassen Badi, Aissat Idir, Larmaf et la radieuse.

La deuxième entité est traversée par l'Oued El Harrach et ses affluents, l'Oued Smar et l'Oued Adda. Elle est généralement précaire et englobe les cités de Boumaâti, Sidi M'barek, les 3 caves et la zone industrielle. En 2010, plus de 75% du budget communal était consacré à cette entité, principalement pour les travaux d'assainissement. En 2011, elle recevait déjà plus de 45% du budget annuel (PCD El Harrach, 2011; cité par Aroua, 2012). Cela démontre à quel l'impact financier important des négligences passéessur les finances communales actuelles (Aroua, 2012).

La troisième entité, bénéficiant du statut de secteur non urbanisable décrété par le PDAU de 1995, reste principalement agricole et rurale (Aroua, 2012).

Cependant, il est actuellement observé une expansion urbaine sur cette entité de terrains agricoles protégés. Un ensemble de 2000 logements et des équipements de proximité ont été construits sur une partie de ces terres agricoles dans le cadre du programme de résorption de l'habitat précaire.

En 2009, les travaux de réaménagement de la décharge municipale de l'Oued Smar en parc urbain ont été entrepris, avec une ouverture au grand public prévue en 2018 mais repoussée à 2024.Selon la Ministre de l'Environnement et des Énergies Renouvelables, Fazia Dahleb (APS Online, 2023) ces travaux ont coûté plus de 7 milliards de DA.

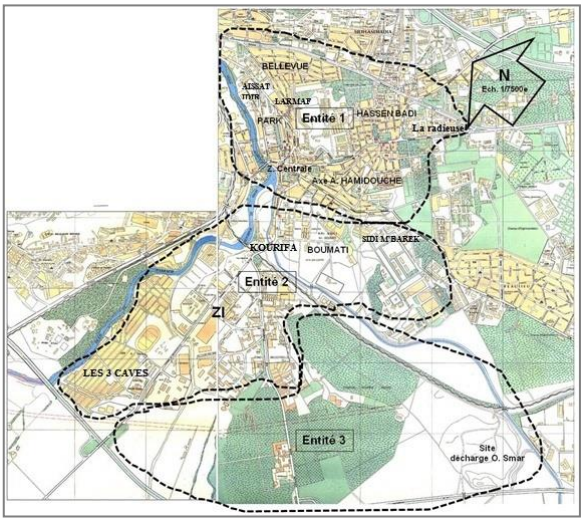


Figure 7.4 Les entités urbaines homogènes d'El Harrach.
Source: Aroua, 2012.

Figure 7.5 Étalement urbain sur les terres agricoles d'El Harrach.
Source: Google Earth, 2022 traité par l'Auteur.

Il convient de souligner qu'El Harrach a mis en place deux modes de transport en commun essentiels pour la mobilité de ses habitants, à savoir le tramway et le métro, qui ont été mis en service respectivement en 2012 et en 2015.

Par ailleurs, en tirant profit de son emplacement géographique avantageux, à proximité des centres administratifs, commerciaux, industriels et éducatifs, et étant stratégiquement située à la jonction des voies d'accès à Alger du côté Est, El Harrach se trouve au carrefour d'un important réseau routier et ferroviaire. Dans le cadre du plan stratégique d'Alger 2035, des projets stratégiques et ambitieux sont prévus pour El Harrach, notamment (Parque Expo, 2011; Vies de Villes, 2012):

- Le parc urbain d'El Harrach: Ce projet vise à réhabiliter l'Oued El Harrach et ses berges, avec un coût estimé à environ 38 milliards de DA. Les mesures envisagées incluent la dépollution de l'Oued, la restauration de la biodiversité et l'aménagement d'infrastructures récréatives telles que des promenades, des pistes cyclables, des terrains de sport et des piscines. Les travaux, confiés au groupement algéro-coréen Cosider TP et Daewoo E&C ont officiellement débuté en juin 2012.
- Le pôle de régénération urbaine El Harrach/Baraki: Ce projet consiste à réorganiser et la requalifier la ville d'Alger en créant une nouvelle centralité urbaine qui servira de lien entre la ville et la baie, tout en développant un espace urbain de haute qualité environnementale.

- Les pôles de compétitivité (Baraki-El Harrach, Bab Ezzouar et Sidi Abdellah): Ces pôles seront conçus afin d'accueillir des activités entrepreneuriales qualifiées axée sur l'innovation et le développement.

Pour la mise en œuvre de ces projets structurant conformément aux orientations de la nouvelle révision du PDAU d'Alger, approuvée en 2016, le territoire d'El Harrach est soumis aux réglementations de trois (03) POS: le POS 42 (El Harrach), le POS 43 (El Harrach-Hussein Dey- Mohamadia) et le POS 44 (Baraki- El Harrach- Les Eucalyptus) (cf. annexe H).

Figure 7.6 Pôle de régénération urbaine El Harrach/Barakï.
Source : Parque Expo, 2011.

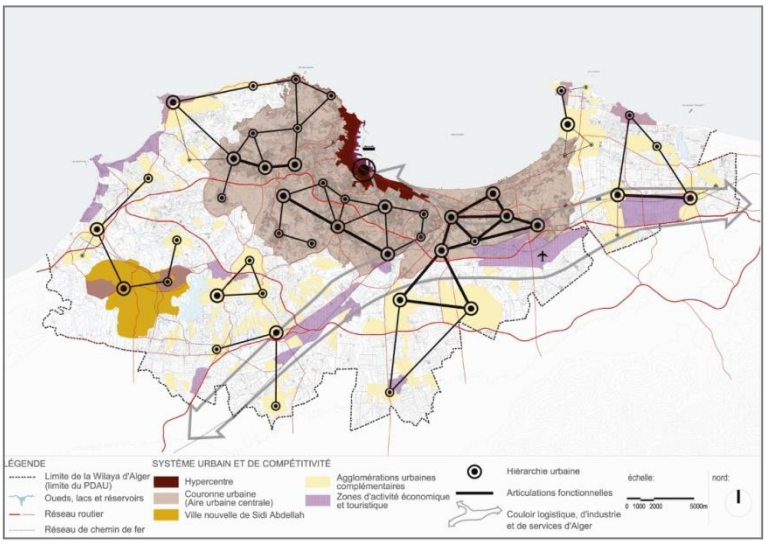


Figure 7.7 Système urbain de compétitivité.
Source: Parque Expo, 2011.

7.1.2 Caractéristiques climatiques d'El Harrach

Comparativement aux autres communes algéroises, notamment celles situées sur le littoral et en altitude, El Harrach se distingue par ses caractéristiques météorologiques particulières. En effet, les données provenant de la station météorologique de Dar Beida,

qui présente des caractéristiques climatiques et de localisation similaire à celles d'El Harrach, révèlent des températures de l'air et une humidité relativement élevée, en particulier pendant la période estivale.

Selon les données de l'Office National de Météorologie d'Alger, diffusées par Météo-France sur la page web d'Infoclimat, les températures moyennes annuelles de l'air ont montré une tendance à la hausse pendant la période 1980-2022.

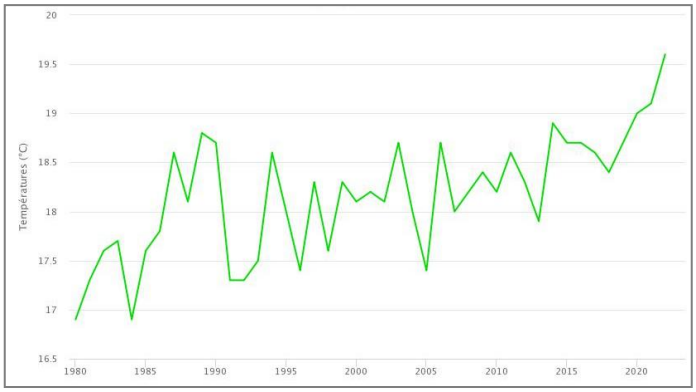


Figure 7.8 Températures moyennes annuelles de l'air à El Harrach entre 1980 et 2022.
Source: Infoclimat.

Durant les mois estivaux, de Juin à Septembre, les températures sont généralement élevées, atteignant leur maximum en Juillet. On peut observer un pic autour de 45°C, témoignant de conditions très chaudes le long de cette période. De plus, par rapport à la période de référence 1971-2000, une augmentation significative de la température de l'air a été enregistrée, notamment au cours de la dernière décennie. Des records ont été battus en 2020, 2021et 2022, avec des écarts respectifs de +1,2°C, +1,3°C et +1,4°C.

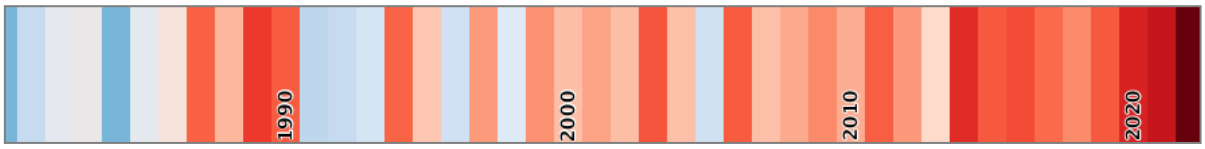


Figure7.9 Évolution de la température moyenne annuelle de l'air à El Harrach entre 1980 et 2022.
Source: Infoclimat.

De 1980 à 2022, El Harrach connu une période pluvieuse s'étendant d'Octobre à Ma, tandis que les mois de Juin à Septembre sont caractérisés par une période sèche et chaude. Les données du diagramme indiquent que les mois les plus pluvieux se situent généralement entre Novembre et Mars, avec des précipitations atteignant plus de 60 mm. Les mois d'Octobre et d'Avril présentent également des niveaux de précipitations relativement élevées, dépassant les 30 mm. En revanche, les mois de Mai à Septembre enregistrent des cumuls plus faibles, inférieurs à 30 mm.

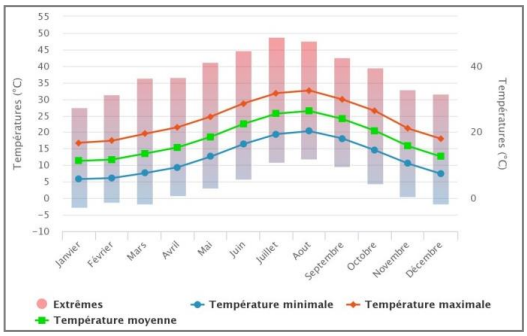


Figure 7.10 Moyennes de températures de l'air à El Harrach entre 1980 et 2022.
Source: Infoclimat.

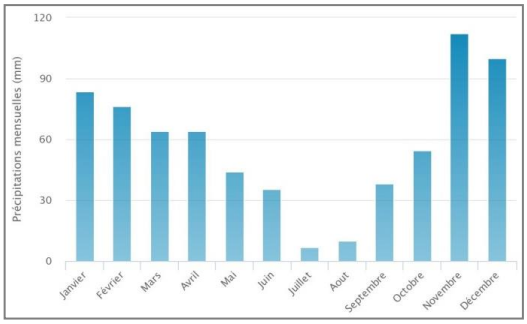


Figure7.11 Précipitations mensuelles à El Harrach entre 1980 et 2022.
Source: Infoclimat.

Ainsi, El Harrach est également affecté par les conséquences de la sécheresse persistante qui sévit à l'échelle nationale, régionale et locale depuis environ quarante ans. Au cours d'une période d'environ un siècle (1900-2010), le manque de précipitations aurait été en moyenne de 15% à 20% par rapport aux normales. Selon le bilan de SEAAL publié en 2009, la nappe de la Mitidja affiche une diminution de 20% par rapport à son niveau en 1970, témoignant par conséquent un déséquilibre entre le débit d'apport et les prélèvements intensifiés en réponse à la demande croissante en eau (Aroua, 2012).

Additivement, dans le cadre de notre étude de Magister, nous avons évalué les conditions climatiques des communes algéroises pendant l'été 2012, en utilisant des paramètres climatiques objectifs et mesurables tels que la température de l'air, la température ressentie[33], l'humidité relative et la vitesse du vent. Les données nécessaires ont été fournies par la station météorologique auxiliaire d'El Harrach, installée par l'ONM d'Alger et entrée en fonction pendant la période 2010-2012. Les résultats obtenus indiquent qu'El Harrach présente les conditions climatiques les plus défavorables, en raison de sa localisation géographique et la vitesse de l'air très faible, soit une moyenne d'environ 1,8 m/s, qui limite considérablement la ventilation naturelle d'El Harrach et la dissipation de

[33] La température ressentie correspond à l'Humidex (indice de chaleur) lorsque la température est supérieure à 20 °C.

chaleur. En conséquence, la température ressentie dépasse les 41°C. Il convient de souligner que cette situation s'est aggravée au cours de la dernière décennie.

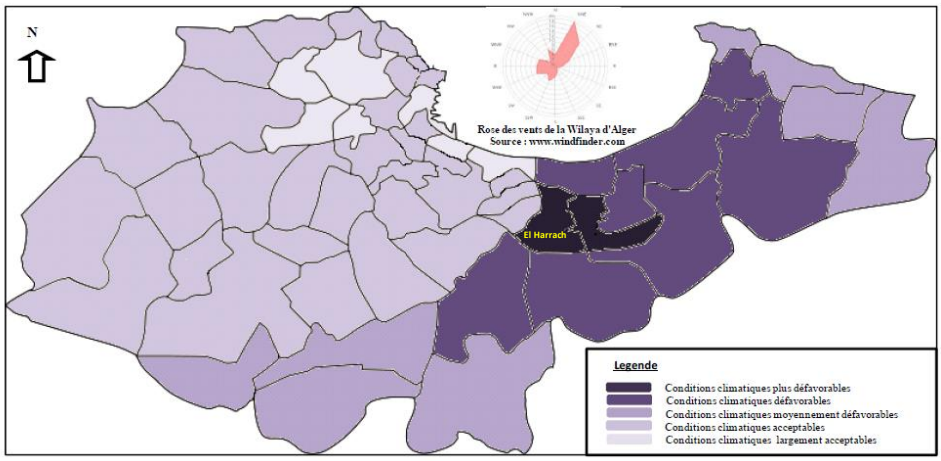


Figure 7.12 Conditions climatiques estivales des communes algéroises.
Source: Bouattou, 2016.

7.1.3 Vulnérabilité d'El Harrach aux aléas climatiques

Au-delà de sa localisation dans la zone III de la faille active de la Mitidja et de la présence des phénomènes d'érosion et de subsidence, avec un affaissement estimé à environ 9 mm par an (W.Alger, 2005 cité par Aroua, 2012), El Harrach est identifiée comme une zone prioritaire présentant une vulnérabilité accrue qui découle de la combinaison de risques naturels notamment les inondations, ainsi que de la pollution et des risques technologiques liés à la présence d'une importante zone industrielle. Par conséquent, une approche multirisque étroitement associée à la planification urbaine locale est nécessaire (CE. 2004-2007, cité par Aroua, 2012).

En effet, la croissance urbaine, l'expansion industrielle et le développement agricole ont joué un rôle déterminant dans l'aggravation des problématiques liées aux inondations, en influençant à la fois l'aménagement urbain, les choix architecturaux et la répartition des activités socio-économiques. Ces activités ont entraîné l'imperméabilisation des sols, l'encombrement du lit de l'oued et une pollution intense causée par divers types de déchets liquides et solides. De plus, les caractéristiques structurelles et fonctionnelles de l'écosystème urbain d'El Harrach exposent des vulnérabilités humaines et matérielles en raison de leur fragilité et de la gestion urbaine en place (Aroua, 2012).

Dans l'éventualité d'une inondation, les quartiers riverains seraient submergés par des eaux fortement polluées. Cette situation préoccupante découle du fait que l'Oued El Harrach reçoit les eaux usées provenant de la majorité des communes d'Alger, ainsi que de

Blida (MRE, 2008 cité par Aroua, 2012). De plus, la plaine d'inondation de la région constitue une zone marécageuse. Ainsi, il existe un risque de dommages considérables et de catastrophe imminente qui menacent les enjeux sociaux liés à la santé ; à la sécurité et à l'hygiène publique, les enjeux urbains liés à la structure ; à la morphologie et à la densité du bâti, ainsi que les enjeux économiques liés aux activités de production; de distribution; de commerce; de protection et d'assurance. En outre, la préservation de toutes les composantes de l'hydrosystème revêt également une importance cruciale sur le plan écologique. Par ailleurs, El Harrach est confrontée à des conditions précaires, essentiellement dues à la vétusté et à l'insalubrité, qui sont exacerbées par des services insuffisants en matière d'hygiène et d'élimination des déchets urbains. Ce désordre urbain constitue un facteur de risque important en raison du non-respect des normes de sécurité lors du choix des sites de construction et des techniques et matériaux utilisés (Aroua, 2012).

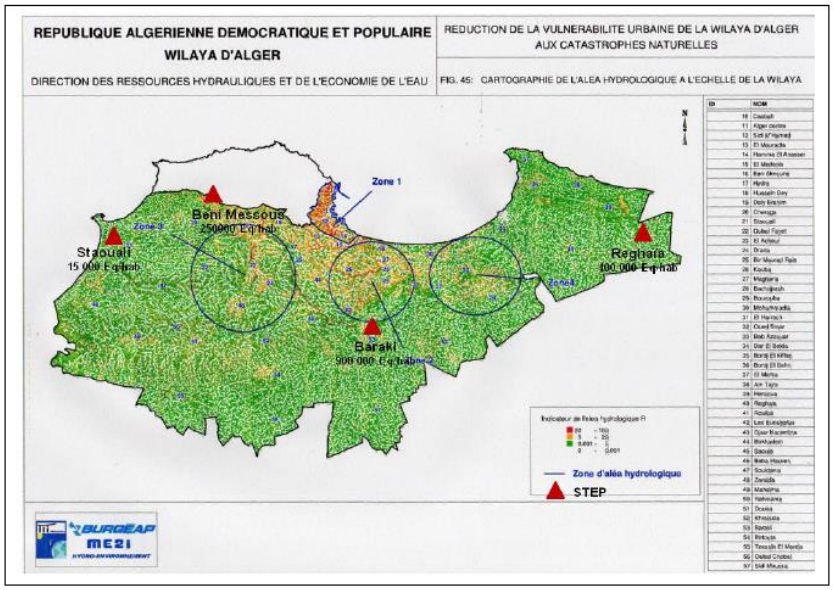


Figure 7.13 Zones d'étude prioritaires vulnérables aux risques naturels d'Alger.
Source: Fond W. Alger, 2005 cité par Aroua, 2012.

De surcroît, El Harrach est exposée à divers risques technologiques. Elle est traversée par plusieurs pipelines transportant du pétrole brut, du fuel, du gasoil, de l'essence et du kérosène. De plus, elle abrite un centre de stockage de gaz, dont l'audit environnemental réalisé en 2006 a conclu à sa faisabilité technique, mais a émis des inquiétudes concernant son impact environnemental. Par conséquent, il a été recommandé de déplacer le marché et les habitations précaires avoisinantes afin de prévenir les risques graves de pollution hydrique et d'incendie. Ainsi, il est impératif de respecter

rigoureusement les périmètres de sécurité établis (Bureau d'études BETE, 2006 cité par Aroua, 2012; Parque Expo, 2011).

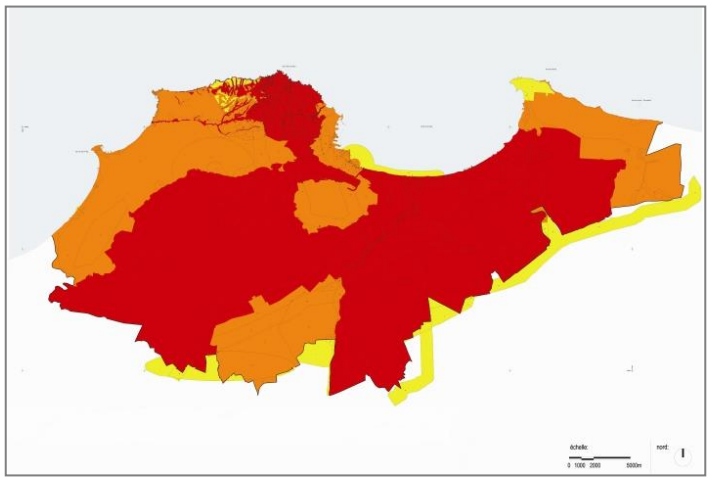
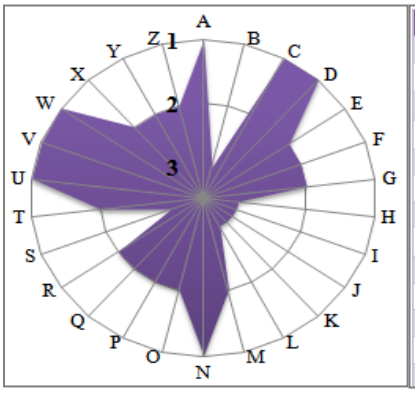


Figure7.14 Carte des risques naturels et technologiques à Alger.
Source: Parque EXPO, 2011.

En 2005, l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) a mené une étude révélant une forte présence de polluants chimiques tels que le plomb, le chlore, le zinc et le chrome dans la région d'El Harrach. Les taux de ces polluants étaient 30 fois supérieurs à la moyenne acceptable et 400 fois supérieurs aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (YOSHIDA et *al*., 2005).Cette situation est due essentiellement à deux facteurs: (i) les rejets liquides et organiques des abattoirs d'El Harrach dans le réseau d'assainissement, qui ont été contraints de fermer en Février 2010 en raison de leur non-conformité aux normes d'hygiène et d'assainissement, et (ii) les entreprises produisant des matériaux de construction très polluantes, tels que les briques et les tuiles, qui ont également été définitivement arrêtées (APC El Harrach, Service économique, 2011 cité par Aroua, 2012). De même, d'après le premier Carnet de l'Agence du Bassin Hydrographique Algérois-Hodna-Soummam, paru en Mai 2002, les installations de production déversaient leurs eaux usées brutes fortement chargées dans les cours d'eau d'El Harrach et d'Oued Smar, contribuant ainsi à l'aggravation des risques sanitaires. Cette situation fait l'objet d'une surveillance régulière de la part du Bureau d'Hygiène Communal (Aroua, 2012).

En complément, à la suite d'une analyse microbiologique effectuée dans les années 2010, des conclusions alarmantes ont été tirées quant aux sources d'eau potable (puits individuels, forages, etc.) et aux produits alimentaires commercialisés. En effet, la détection des agents pathogènes a conduit à de nombreux avertissements, mises en demeure et même à des propositions de fermeture (Bilan du BHC, 2010 cité par Aroua, 2012).

D'autre part, comme nous l'avons précédemment mentionné dans la section V.2.3, le territoire urbain d'El Harrach est extrêmement vulnérable aux effets néfastes du réchauffement climatique en raison de sa localisation géographique défavorable, qui favorise le piégeage de la chaleur et l'accumulation de polluants. Cette vulnérabilité est exacerbée par l'urbanisation anarchique, le manque de considération pour l'environnement et le climat local, l'imperméabilisation du sol, le déficit en termes d'espaces verts et la présence des activités industrielles polluantes (Bouattou et Beresowska-Azzag, 2017).



Symbole	Indicateurs	Symbole	Indicateurs
A	Nbe. de pop.totale / Surface de la commune	N	Surface totale de la commune
B	Taux d'urbanisation	O	Nbe. de population de la commune
C	Densité d'activité humaine	P	Taux de consommation d'énergie
D	Nbe. de logt. / Surface de la commune	Q	Taux d'émission des GES
E	Taux du parc précaire	R	Taux des ménages ayant le climatiseur
F	Densité du plan bâti	S	Présence des activités industrielles polluantes
G	Densité d'emploi	T	Présence des TCSP
H	Surface minérale / Surface de la commune	U	Nbe. des VP /1000 hab.
I	Surface minérale / Surface de l'espace ouvert	V	Emission des GES par VP
J	Surface espace vert et bleu / Surface de la commune	W	Nbe. total des déplacements
K	Surface espace vert urbain / Nbe. habitant	X	Part des déplacements MAP
L	Surface espace vert et bleu / Surface espace ouvert	Y	Part des déplacements TMM
M	Présence des plans d'eau	Z	Part des déplacements VP

Figure 7.15 Profils de vulnérabilité thermique d'El Harrach au réchauffement climatique.
Source: Bouattou et Beresowska-Azzag, 2017.

In fine, il est désormais nécessaire de mettre en place une planification urbaine locale responsable et adéquate pour El Harrach. La gestion de la pollution, l'éducation et la sensibilisation des habitants sont des recommandations clés pour encourager des comportements respectueux de l'environnement, favoriser la conservation des ressources naturelles, réduire les risques et renforcer la résilience d'El Harrach face aux défis auxquels elle est confrontée.

7.2 Identification des îlots morphologiques urbains à El Harrach

7.2.1 Définition des îlots morphologique urbains

L'Ilot Morphologique Urbain (IMU) est un **référentiel géographique** de la typo-morphologie des îlots urbains et des îlots d'espaces ouverts sans bâti. Selon Cordeau (2016) :

« *….Il s'apparentera dans les villes, les bourgs et les villages à un « pâté de maison», ainsi dans les espaces ouverts sans bâti, à une occupation du sol dominante (artificialisée, agricole, naturelle ou boisée)* ».

Ce référentiel a été développé en 2016 par un groupe d'échange transdisciplinaire de l'Institut Paris Région, anciennement connu sous le nom l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la région Île- de- France (IAU-îdf), dans le but de découper de manière plus homogène possible les formes urbaines. Sa création repose sur trois principes fondamentaux: **La transversalité**, **l'exhaustivité** et **la reproductibilité** (Cordeau, 2016).

En effet, le référentiel IMU a été développé afin de répondre au besoin de disposer d'une échelle de lecture intermédiaire, entre la parcelle et le quartier, facilitant l'analyse des morphologies urbaines et les enjeux climatiques locaux. Chaque IMU se compose d'une ou plusieurs parcelles délimitées par des infrastructures de transport, telles que des voies routières circulées, des lignes ferroviaires ou des cours d'eau, et se caractérise par une occupation homogène du sol. Ils sont alors déterminés à partir de deux ensembles de données (Cordeau, 2016): Les îlots viaires (routes, voies ferrées, réseau hydrologique) et des îlots de modes d'occupation du sol simplifiés.

Figure 7.16 Les îlots morphologiques urbains de la région de l'Île-de-France.
Source: Cordeau, 2016.

En outre, le référentiel IMU a été appliqué dans plusieurs régions françaises, notamment dans la région de l'Île-de-France en 2016 (Cordeau, 2016), la ville de Rennes en 2019 (AUDIAR, 2019) et le pôle métropolitain Loire Angers en 2022 (Leulier-Ledoux et *al*., 2022). Par conséquent, la région de l'Île-de-France et le pôle métropolitain Loire Angers ont mis en ligne leurs **cartes interactives** des îlots morphologiques urbains. Ces cartes offrent aux utilisateurs un accès libre aux informations détaillées sur les caractéristiques typo-morphologiques de chaque îlot de ces régions.

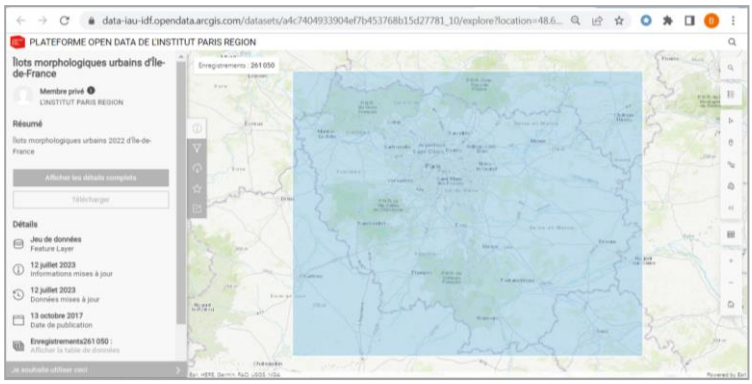


Figure 7.17 Carte interactive des îlots morphologiques urbains de la région de l'Île-de-France.
Source: IAU-îdf, 2022.

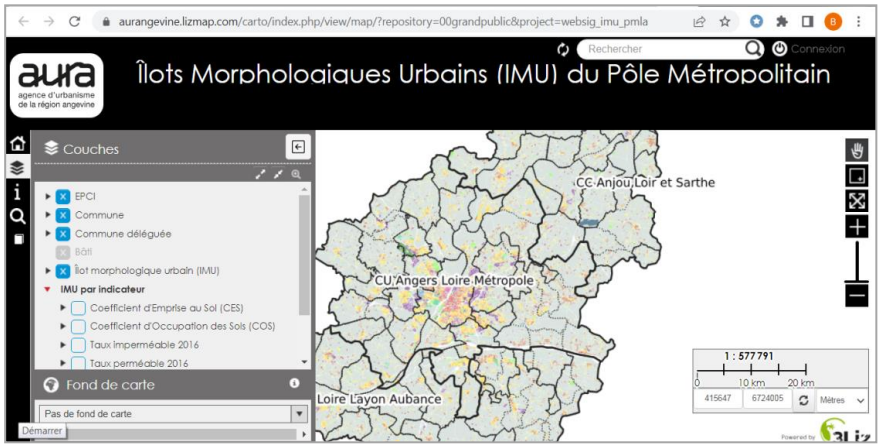


Figure 7.18 Carte interactive des îlots morphologiques urbains du pôle métropolitain Loire Angers.
Source: AURA Angers.

7.2.2 Indicateurs des îlots morphologiques urbains

Chaque IMU se caractérise par une batterie d'indicateurs comprenant des indicateurs relatifs à :

- La morphologie urbaine tels que: le volume des bâtis et réservoirs, la hauteur des constructions, la rugosité urbaine, le taux de végétation, etc.;
- La densité citant: la densité des volumes construits, le Coefficient d'Emprise au Sol, le Coefficient d'Occupation des Sols, la densité résidentielle, etc.;
- L'usage comme le mode d'occupation du sol, la densité d'emplois, etc.

Afin de maintenir **la pertinence** du référentiel, ces indicateurs sont **régulièrement mis à jour**. Ils permettent de dresser un état des lieux précis des tissus urbains, ce qui contribuera à résoudre les problèmes urbains et climatiques locaux. L'ensemble de ces indicateurs, définis par Cordeau (2016), est présenté par le tableau 7.1.

7.2.3 Champs d'exploitation du référentiel IMU

L'échelle des IMU apporte un nouveau regard et une analyse des tissus urbains. L'application de du référentiel IMU permet de suivre l'évolution des tissus urbains et de trouver des solutions équilibrées afin de répondre aux questions d'artificialisation et de climat urbain. Ce référentiel constitue un support d'analyse et d'aide à la décision crucial pour la collectivité locale, en l'exploitant dans des domaines et des champs varies, notamment:

a) L'aménagement urbain:

Les IMU permettent la mise en place d'une densité urbaine soutenue et acceptable, en mettant en évidence les typologies architecturales et climatiques, en évaluant les secteurs en mutation et en suivant l'évolution de la morphologie des tissus urbain. Cette densité doit favoriser le lien social, les pratiques urbaines et la durabilité. Ainsi, les indicateurs fournis par l'IMU permettent une meilleure appréhension des densités et des formes urbaines. Ils incluent la densité bâtie (surface de m² de plancher rapportée à la surface de l'îlot), la densité résidentielle (nombre de logements par hectare), la densité volumique et le coefficient d'emprise au sol (CES).

b) L'amélioration de la qualité de vie urbaine :

L'IMU fournit des informations sur la minéralité et la porosité naturelle des îlots (taux d'imperméabilisation approximatif, taux et type de couverture végétale, CES, etc.) ainsi que sur l'occupation du sol et la présence humaine (densité de population et d'emplois, type d'occupation du sol dominant et son indice d'hétérogénéité, etc.). L'IMU permet également d'apprécier l'hétérogénéité des tissus urbains à l'échelle pertinente du pâté de maisons, témoignant de leur diversité, de leur mixité fonctionnelle et de la qualité de vie qu'ils offrent.

c) La lutte contre la vulnérabilité climatique:

Les indicateurs des IMU permettent l'étude et la compréhension des enjeux climatiques locaux, notamment les îlots de chaleur urbain, et ce en associant chaque îlot à la classification Internationale « *Local Climate Zone*" (LCZ) de Stewart et Oke. Les informations fournies par ces indicateurs aident à identifier les zones urbaines particulièrement sujettes aux îlots de chaleur urbains et celles qui sont plus favorables à la régulation thermique. Grâce à cela, des mesures d'atténuation des îlots de chaleur urbains

et d'amélioration de la résilience climatique urbaine peuvent être déterminées et mises en place.

d) La transition énergétique :

L'IMU facilite l'estimation des émissions de GES à l'échelle locale, il permet une compréhension plus fine des impacts environnementaux liés à la consommation énergétique des zones urbaines. Cela est crucial pour élaborer des politiques efficaces visant la réduction de l'empreinte carbone et la lutte contre le réchauffement climatique.

Ainsi, les données fournis par l'IMU aident à quantifier la demande énergétique actuelle et future et à déterminer par conséquent des d'approvisionnement énergétique plus efficaces et durables.

Tableau 7.1 Les indicateurs des îlots morphologiques urbains.

Indicateurs	Définition
Type urbain ou rural	La dominante urbaine ou rurale d'après le type d'occupation du sol simplifié.
Mode d'occupation du sol majoritaire en superficie	Le mode d'occupation du sol le plus présent en surface.
Hétérogénéité du mode d'occupation du sol	Le caractère homogène ou hétérogène selon les (s) modes (s) d'occupation du sol.
Type(s) de viaire délimitant l'IMU	La nature des différents types de viaires délimitant physiquement l'IMU.
Surface au sol en m² des impasses et des chemins	La surface totale des emprises des éventuelles voies qu'elles soient revêtues (tronçons de rue en impasse de lotissement, routes empierrées, pistes cyclables, pistes d'aérodrome…) ou non revêtues (chemin, sentier, …) qui se trouvent dans l'IMU.
Surface au sol en m² des impasses revêtues	La surface des voies revêtues (tronçons de rue en impasse) , de pistes cyclables et de pistes d'aérodromes. Les voies revêtues comprennent les routes recouvertes d'un revêtement et les routes empierrées. Il sert notamment à calculer la surface des routes (voies revêtues + voies non revêtues) dans un IMU ainsi que la surface au sol des emprises construites.
Surface au sol en m² des chemins	La surface des chemins et des sentiers qui sillonnent éventuellement les IMU. Il s'agit de voies non revêtues par définition.
Surface au sol en m² des volumes construits (bâtiments + réservoirs)	L'emprise totale au sol des bâtiments et des réservoirs non souterrains (dépôts pétroliers, …) de plus de 10 mètres de haut. Cet indicateur sert notamment à calculer la surface au sol des emprises construites, le coefficient d'emprise au sol et la hauteur moyenne pondérée.
Surface au sol en m² des bâtiments	La surface au sol des bâtiments.
Surface au sol des emprises bâties, construites et revêtues dans l'IMU, en m²	la surface au sol des bâtiments et des voies revêtues (les chemins et sentiers non revêtus ne sont donc pas pris en compte).Cet indicateur permet de calculer le taux d'imperméabilisation approché des sols.
Taux d'imperméabilisation approché.	La somme des surfaces au sol des bâtiments et des voiries revêtues rapportée à la surface de l'IMU.
Coefficient d'Emprise au Sol (CES)	La surface au sol des masses construites rapportée à la surface de l'IMU.
Densité bâtie ou « COS approché »	Surface totale des m² de planchers rapportée à la surface de l'IMU.
Densité des volumes construits	Volume global (Hauteur x Surface au sol) des masses construites (bâtiments et réservoirs) rapportée à la surface de l'IMU.
Densité résidentielle	Le nombre de logements par hectare
Densité de parcelles	Le nombre de parcelles rapporté à la surface en hectare de l'IMU.
Densité humaine (population + emplois)	La somme de la population et de l'emploi rapportés à la surface de l'IMU.
Densité d'habitants	Le nombre d'habitants par mètre carré
Densité de la population des ménages par m² de planchers « ménages »	Population des ménages de l'IMU rapportée à la surface en m² de plancher du bâti résidentiel (habitat individuel et habitat collectif).
Densité d'emplois	Nombre d'emplois salariés des entreprises et établissements rapporté à la surface de l'IMU.
Volume du bâti et des réservoirs	Volume en mètres cubes des masses construites (bâtiments et réservoirs non souterrains de plus de 10 mètres de haut : château d'eau, réservoir d'eau, réservoir industriel).
Nombre de planchers moyen	Rapport entre la densité bâti surfacique et le coefficient d'emprise au sol(CES).
Hauteur moyenne pondérée du bâti en mètres	Rapport entre le volume des masses construites (bâtiments et réservoirs) et la surface au sol qu'elles occupent.
Hauteur maximale du bâti, en mètres	Hauteur du plus grand bâtiment (en mètres) dans l'IMU.
Hauteur minimale du bâti, en mètres	Hauteur du plus petit bâtiment (en mètres) dans l'IMU.
Surface totale de plancher, en m²	Surface totale en m² de planchers des bâtiments résidentiels, légers, tertiaires et industriels (dont agricoles).
Surface de plancher de l'habitat individuel, en m²	Surface de plancher de l'habitat individuel (maisons), en m².
Surface de plancher de l'habitat collectif, en m²	Surface de plancher de l'habitat collectif (appartements,…), en m².
Surface de plancher du bâti léger, en m²	Surface de plancher du bâti léger, en m².
Surface de plancher du bâti industriel, en m²	Surface de plancher du bâti industriel, en m².
Surface de plancher du bâti tertiaire, en m²	Surface de plancher du bâti tertiaire, en m².
Nombre de parcelles	Nombre de parcelles dans l'IMU.
Nombre de logements	Nombre de logements dans l'IMU.
Nombre d'habitants	Population totale résidant dans l'IMU.
Nombre d'emplois	Nombre de l'ensemble d'emplois dans l'IMU.
Type(s) de propriétaire(s)	Le(s) type(s) de propriétaire : aucun propriétaire connu, Copropriété, HLM, individu (personne physique), personne morale, Public (Région, Commune, Etat,...).
Epoque de construction majoritaire	Époque de construction majoritaire des bâtiments les plus représentés en surface de planchers au sein de l'IMU.
Date de construction du local le plus ancien	Époque de construction du bâtiment (ou local) le plus ancien au sein de l'IMU.
Date de construction du local le plus récent	Époque de construction du bâtiment (ou local) le plus récent au sein de l'IMU.
Taux de végétation haute	Pourcentage de surface planimétrique de végétation haute de type arbres (plus de 6 mètres approximativement) au sein de l'IMU.
Taux de végétation basse	Pourcentage de surface de végétation basse de type pelouse et mélange (moins de 6 mètres, approximativement), à caractère non agricole, au sein de l'IMU.
Taux de végétation agricole	Pourcentage de surface de végétation de type agricole au sein de l'IMU.
Taux de surface en eau	La somme des surfaces en eau (cours d'eau, plans d'eau, mares, piscines, bassins ouverts) rapporté à la surface de l'IMU.
Surface en eau (m²)	Surface en eau (cours d'eau, plans d'eau, mares, piscines, bassins ouverts) au sein de l'IMU en m².
Rugosité urbaine	La rugosité de l'îlot est déterminée à partir des valeurs de: Coefficient d'emprise au sol (CES), densité des volumes construits, hauteur moyenne pondérée du bâti et taux de végétation.

Source: Cordeau, 2016, adapté par l'Auteur.

En outre, l'IMU joue un rôle clé dans l'évaluation des besoins en réhabilitations énergétiques des bâtiments existants, en identifiant les bâtiments énergivores et en priorisant les actions d'amélioration énergétique. Cela contribue non seulement à réduire la consommation d'énergie et les émissions de GES, mais aussi à améliorer le confort des habitants et à diminuer les coûts énergétiques à long terme.

Enfin, l'IMU offre une opportunité d'explorer les possibilités de la production locale d'énergies renouvelables. En analysant les caractéristiques morphologiques des îlots, il est possible d'identifier les endroits propices à l'installation de panneaux solaires, d'éoliennes ou d'autres sources d'énergie renouvelable. Cette approche favorise une approche décentralisée de la production d'énergie, réduisant ainsi la dépendance aux sources d'énergie fossile et contribuant à la résilience énergétique des villes.

En somme, l'IMU représente un **outil puissant** et **polyvalent** pour les collectivités locales. Il fournit des informations **précises** et **détaillées** orientant la planification urbaine durable, améliorant la qualité de vie des habitants et assurant une transition énergétique efficace.

7.2.4 Délimitation des îlots morphologiques urbains d'El Harrach

La délimitation des îlots morphologiques urbains d'El Harrach est réalisée selon la méthodologie décrite par Cordeau (2016) pour la délimitation des îlots morphologiques urbains de la région de l'Île-de-France. Cette méthodologie est basée essentiellement sur trois (03) étapes. Nous utilisons pour cette opération le fond de carte d'El Harrach de Google Earth.

Étape 01: Création des îlots « viaires »

L’entité IMU doit être préalablement délimitée par la voirie et les autres viaires structurantes, notamment les voies ferrées et le réseau hydrographique principal, à l’exclusion des cours d’eau souterrains. À cette fin, nous nous appuyant d'abord sur la carte du système viaire issue du PDAU d'Alger 2016, ainsi que la carte satellitaire de Google Earth, afin de délimiter les IMU en se basant sur le réseau routier et ferroviaire. Il convient de noter que les impasses de lotissement et les sentiers ne sont pas pris en compte dans la délimitation d’un îlot viaire. Ensuite, nous complétons la délimitation des îlots viaires en utilisant la carte du réseau hydrologique non souterrain d'El Harrach, fournie par le PDAU d'Alger 2016. Enfin, nous créons des polygones représentant les îlots viaires par

le regroupement et l'exportation des couches de délimitation par le réseau routier, le réseau ferré et le réseau hydrologique sur ArcGis 10.2.1.

Figure 7.19 Création des îlots viaires à El Harrach.
Source: Auteur, 2019.

Étape 02: Création de l'IMU « jointif »

Dans cette étape, nous effectuons une analyse des îlots viaires, préalablement délimités, en les confrontant aux informations sur les typologies d'occupation et d'homogénéité des îlots provenant des cartes d'occupation des sols d'El Harrach.

Selon Cordeau (2016): *« Il apparaît clairement que les routes circulées composant principalement les « îlots viaires » ne séparent pas assez bien les différentes fonctions urbaines lorsque les îlots atteignent une certaine superficie. Nous retrouvons par exemple des polygones de grande taille comprenant des espaces verts et des équipements, du tissu pavillonnaire avec des équipements sportifs, ou bien des grands polygones comprenant principalement des cultures mais avec un lotissement non délimité et quelques grands équipements éparses ».*

De ce fait, des seuils de redécoupage des îlots viaires ont été fixés par le groupe de travail d'IAU-îdf. Il considère:

- Les espaces ouverts de surface inférieure à 1,5 ha en tant que cœur d'îlot qui fait une partie intégrante de ce dernier, Exemple d'un espace vert au sein d'une résidence;
- Les espaces ouverts au-delà de 1,5 ha en tant qu'îlot à part, tel que les grands parcs;

- les îlots viaires de plus de 5 ha en tant qu'îlots morphologiquement hétérogènes nécessitant une séparation des grands ensembles bâtis des grands espaces ouverts non bâtis, et ce en s'appuyant sur les informations relatives aux modes d'occupation des sols.

Ce redécoupage et respect des seuils nous permettent d'obtenir les îlots jointifs d'El Harrach.

Étape 03: Création finale de l'IMU

Cette étape consiste a délimité le contour final d'un îlot morphologique urbain, en retirant les emprises des routes, la voie ferrée et les cours d'eau, et en alignant les contours des IMU sur ceux des parcelles cadastrales. Delà, une carte des îlots morphologiques urbains d'El Harrach est créée.

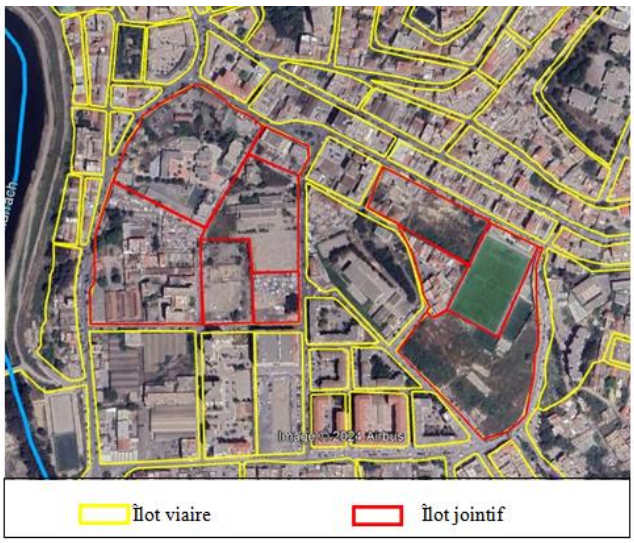


Figure 7.20 Création des îlots morphologiques jointifs à El Harrach.
Source: Auteur, 2019.

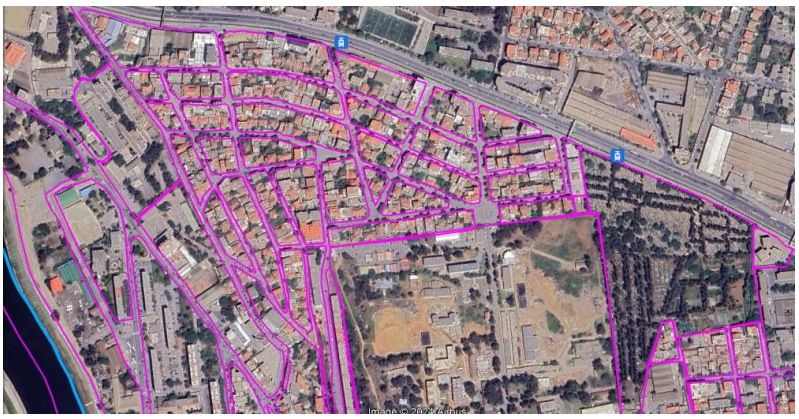


Figure 7.21 Carte des îlots morphologiques urbains d'El Harrach.
Source: Auteur, 2019.

7.3 Présentation du référentiel de classification *local climate zone*

7.3.1 Définition des zones climatiques locales

Les zones climatiques locales ont été définies par Stewart et Oke (2012) comme des entités spatiales qui présentent des caractéristiques similaires, telles que: la couverture du sol, la structure de surface, les matériaux et les activités anthropiques. Elles s'étendent sur une distance allant de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres sur un plan horizontal. Chaque LCZ se distingue par une géométrie spécifique et un type d'occupation du sol particulier, influençant la formation d'un climat local propre. Ces caractéristiques engendrent une signature thermique unique, notamment en conditions de temps calme et de ciel dégagé. Les différentes zones climatiques locales se distinguent par leurs propriétés de surface qui ont une incidence directe sur la température de référence, mesurée à une hauteur de 1,5 à 2m au-dessus du sol.

En se basant sur ce concept, Steawart et Oke ont développé un système de classification LCZ afin de caractériser de manière cohérente les environnements urbains et ruraux, et de standardiser le langage utilisé pour leur description et leur observation, notamment pour les études sur les îlots de chaleur urbains (Stewart et Oke, 2012).

Ce système de classification est devenu une référence universelle (Landes et *al*., 2020), bénéficiant d'une adhésion très forte de la communauté de climatologie urbaine (Mhedhbi et Hidalgo, 2017). Son utilisation a connu une croissance significative, avec environ 190 articles publiés sur Web of Science (WoS) et Elsevier entre Janvier 2012 et Mars 2022, selon les estimations de Feng et Liu (2022).

Ainsi, plusieurs études ont démontré l'importance et l'adaptabilité du système de classification LCZ dans différents contextes et pays à travers le Monde, en parvenant à découper des zones d'étude en LCZ. Citant à titre d'exemple : Villadiego et *al*. (2012) pour Barranquilla (Colombie), Unger et *al*. (2014) pour Szeged (Hongrie), IAU îdF (2014) pour le territoire de l'Île de France (cité par Cordeau, 2014), Perera et Emmanuel (2016) pour Colombo (Sri Lanka), Mhedhbi et Hidalgo (2017) pour la zone MENA (Moyen-Orient et Afrique du Nord), Yihan et *al*. (2018) pour Shanghai (Chine), Landes et al. (2020) pour Strasbourg.

Par ailleurs, il convient de noter que la méthodologie de classification LCZ a connu une progression significative depuis son apparition (Kim and *al*., 2021). Les premières

études de classification LCZ utilisaient des données ponctuelles ou basées sur une grille obtenues à partir de simulations des propriétés climatiques (Stewart et Oke, 2012). Avec l'avènement de la télédétection , des SIG et de l'analyse d'images basée sur les objets , les études ont adoptés des méthodes de classification LCZ supervisées faisant appel à des classificateurs d'apprentissage automatique (Bechtel et Daneke, 2012; Lelovics & *al*., 2014; Weng, 2014; Bechtel et *al*., 2015; Gal &*al*., 2015; Casonne & Deriving, 2016; Geletič & Lehnert, 2016 ; Bechtel et *al*., 2017). En particulier le lancement en 2015 de la plateforme communautaire internationale " *World Urban Database and Access Portal Tools*" (WUDAPT), visant à produire une base de données mondiale à haute résolution qui capture des informations sur la forme et la fonction urbaines, et à les mettre à disposition de la communauté scientifique spécialisée dans l'étude du climat (Bechtel et *al*., 2015).

Cette plateforme permet également de créer des cartes LCZ cohérentes pour des villes du Monde entier à l'aide des données open source Landsat 8 et le logiciel SAGA GIS (wudapt.org; Mills et *al*., 2015; Bechtel et *al*., 2017, Ching et *al*., 2018;Bechtel et *al*., 2019; Demuzere & *al*., 2019). Selon Demuzere & *al*., (2021), environ 150 villes ont été cartographiées sur cette plateforme. Cependant, Bechtel et *al*. (2015); Bechtel et *al*. (2019) soulignent que certaines caractéristiques de cette procédure par défaut entravent la mise à l'échelle globale dans un délai raisonnable. Par exemple, cela inclut la nécessité de télécharger et de prétraiter les données Landsat 8 à partir de Earth Explorer de l'U*nited States Geological Survey* (USGS), le traitement du classificateur LCZ intégré dans SAGA GIS sur un ordinateur local, l'absence de validation croisée automatisée et l'examen manuel par un opérateur expérimenté avant que les données ne soient rendues publiques, etc.

Afin de remédier à ces lacunes et de faciliter l'accessibilité et la diffusion des cartes LCZ à haute résolution et de leurs métadonnées pour les villes du monde entier, Demuzere et *al*. (2021) ont amélioré cette plateforme en développant une application Web dynamique, appelée" *LCZ Generator* ". Cette application adopte des stratégies de cartographie LCZ basées sur le *cloud* en utilisant Google Earth Engine. Elle est régulièrement mise à jour en fonction de l'évolution des techniques de cartographie et des fonctionnalités d'entrée à l'échelle mondiale.

En outre, des études récentes ont montré que les modèles basés sur les réseaux neuronaux convolutifs démontrent une plus grande précision de classification et une meilleure capacité de généralisation par rapport aux classificateurs basées sur la

télédétection et l'apprentissage automatique , en produisant par conséquent des cartes LCZ très précises (Qiu et *al*., 2018;Yoo et *al*., 2019; Rosentreter et *al*., 2020; Zhu et *al*., 2020; Kim and *al*., 2021).

7.3.2 Caractéristiques des zones climatiques locales

Les milieux urbains et ruraux sont classés en 17 classes LCZ standards en fonction des caractéristiques distinctives de leur surface, principalement la hauteur et l'agencement des objets de rugosité. Les classes LCZ se composent de dix (10) classes de types bâtis, numérotées de 1 à 10, et de sept (07) classes de types naturels ou non bâtis, numérotées de A à G. Les types bâtis sont caractérisées par des éléments construits sur une couverture terrestre prédominante : pavés pour les zones compactes et des plantes basses ou arbres dispersés pour les zones ouvertes (Stewart et Oke, 2012; Cordeau, 2016). De plus, la couverture terrestre peut être à son tour classée selon les propriétés saisonnières ou éphémères, telles que la présence des arbres dénudés, de sol enneigé ou de sol sec / humide (Stewart et Oke, 2012). La classification LCZ est principalement fondée sur des indicateurs climatiques mesurables, qui sont indépendants du temps et de la localisation géographique, permettant de donner le caractère neutre à cette classification. Les indicateurs utilisés englobent la géométrie et la morphologie urbaines, la couverture du sol, les matériaux urbains ainsi que le métabolisme urbain (Stewart et Oke, 2012, Landes et *al*., 2020).

Tableau 7.2 Les indicateurs climatiques associés à chaque LCZ.

Catégories	Indicateurs climatiques
Propriétés géométriques et de couverture du sol	Facteur de vue du ciel
	Rapport d'aspect H/L
	Hauteur des éléments de rugosité
	Classe de rugosité des terrains
	Taux de surface imperméable
	Taux de surface bâtie
	Taux de surface perméable
Propriétés thermiques, radiatives et métaboliques	Effusivité thermique
	Albédo de surface
	Flux de chaleur anthropogénique

Source: Stewart et Oke, 2012 adapté par l'Auteur.

En conséquence, Stewart et Oke (2012) ont établi 17 fiches techniques illustratives pour la classification LCZ, fournissant des définitions et des caractéristiques physiques pour chaque classe LCZ. À l'aide de ces fiches, les chercheurs en climat urbain peuvent classer de manière cohérente et efficace les différents sites (Stewart et Oke, 2012; Landes et *al*., 2020).

Tableau 7.3 Système de classification *local climate zone* de Stewart et Oke.

Types bâtis

LCZ 1. Ensemble de tours compactes

Un mélange dense de bâtiments de grande hauteur (plus de 10 étages). Peu ou pas d'arbres . La couverture terrestre en grande partie pavée. Les matériaux de construction: Béton, acier, pierre et verre.

LCZ 2. Ensemble d'immeubles compacts

Un mélange dense de bâtiments de taille moyenne (3 à 9 étages). Peu ou pas d'arbres. La coverture terrestre en grande partie pavée. Les matériaux de construction: Béton, pierre , brique et tuile.

LCZ 3. Ensemble de maisons compactes

Un mélange dense de bâtiments de faible hauteur (1 à 3 étages). Peu ou pas de végétation . La couverture du sol en grande partie pavée. Les matériaux de construction: Béton, pierre, brique et tuile.

LCZ 4. Ensemble de tours espacées

Un agencement ouvert de bâtiments de grande hauteur (plus de 10 étages). Une abondance de couverture terrestre perméable (plantes basses, arbres épars). Les matériaux de construction: Béton, acier, pierre et verre.

LCZ 5. Ensemble d'immeubles espacés

Un agencement ouvert de bâtiments de taille moyenne (3 à 9 étages). Une abondance de couverture terrestre perméable (plantes basses, arbres épars). Les matériaux de construction: Béton, acier, pierre et verre.

LCZ 6. Ensemble de maisons espacées

Un agencement ouvert de bâtiments de faible hauteur (1 à 3 étages). Une abondance de couverture terrestre perméable (plantes basses, arbres épars). Les matériaux de construction: Béton, bois, pierre, brique et tuile.

LCZ 7. Constructions légères

Un mélange dense de bâtiments à un étage. Peu ou pas d'arbres. La couverture du sol en grande partie dure. Les matériaux de construction légers comme le bois, le chaume et la tôle ondulée.

LCZ 8. Grande emprise tertiaire, bâtis bas

Un agencement ouvert de larges bâtiments de faible hauteur (1 à 3 étages). Peu ou pas d'arbres. La couverture du sol en grande partie pavée. Les matériaux de construction: Béton, acier, pierre et métal.

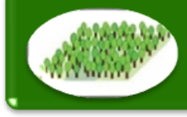
LCZ 9. Maison éparses, construction isolée

Un agencement épars de bâtiments de petite ou de moyenne taille dans un cadre naturel. Une abondance de couverture terrestre perméable (plantes basses, arbres épars).

LCZ 10. Industrie lourde

Des structures industrielles de faible et de moyenne hauteur (tours, réservoirs, cheminées). Peu ou pas d'arbres. La couverture du sol majoritairement pavée ou damée. Les matériaux de construction: Métal, acier et béton.

Types naturels (non bâtis)



LCZ A. Arbres denses

Un paysage fortement boisé, d'arbres caduques et/ou persistants. La couverture du sol est majoritairement perméable (plantes basses). La fonction de la zone: Une forêt naturelle, une arboriculture ou un parc urbain.

LCZ B. Arbres épars

Un paysage légèrement boisé, d'arbres caduques et/ou persistants. La couverture du sol est majoritairement perméable (plantes basses). La fonction de la zone: Une forêt naturelle, une arboriculture ou un parc urbain.

LCZ C. Buissons, broussailles

Une disposition ouverte de buissons, d'arbustes et d'arbres courts et ligneux. La couverture terrestre est majoritairement perméable (sol nu ou sable). La fonction de la zone: Une garrigue naturelle ou une agriculture.

LCZ D. Plantes basses

Un paysage sans relief d'herbes ou de plantes/ cultures herbacées. Peu ou pas d'arbres. La fonction de la zone: Une prairie naturelle, une agriculture ou un parc urbain.

LCZ E. Roche nue, pavés, macadam

Un paysage sans relief composé de roches ou de couverture pavée. Peu ou pas d'arbres ou de plantes. La fonction de la zone: Un désert naturel (roche) ou une emprise pour le transport urbain.

LCZ F. Terrain nu ou sable

Un paysage sans relief composé de sol ou de sable. Peu ou pas d'arbres ou de plantes. La fonction de la zone: Un désert naturel ou une agriculture.

LCZ G. Eau

Une grandes étendues d'eau libres telles que les mers et les lacs, ou de petites étendues telles que les rivières, les réservoirs et les lagons.

Variables des propriétés de couverture du sol

Les variables ou l'éphémère des propriétés de couverture du sol qui changent de maniére significative en fonction des régimes météorologiques synoptiques, des pratiques agricoles et/ou des cycles saisonniers.

b. Arbres nus	Arbres à feuilles caduques sans feuilles par exemple, en hiver). Augmentation du facteur de vue du ciel. Albédo réduit.
s. La couverture de neige	Couverture de neige >10 cm d'épaisseur. Faible admission. Albédo élevé.
d. Sol sec	Sol sec. Faible admission. Grand rapport Bowen. Augmentation de l'albédo.
w. Terrain humide	Sol humide. Admission élevée. Petit rapport Bowen. Albédo réduit.

Source: Stewart et Oke, 2012 [Traduit et traité par l'Auteur].

7.3.3 Application des zones climatiques locales

Le système de classification LCZ apporte une assise à la recherche pour les études sur les îlots de chaleur urbaine, en facilitant la normalisation des échanges d'observation de températures urbaines à l'échelle mondiale. Toutefois il présente également diverses utilisations pour les urbanistes, les écologistes du paysage et les chercheurs en environnement et en changements climatiques (Stewart et *al*., 2018). En revanche, il convient de noter que ce système est intrinsèquement généraliste, il ne peut pas prendre en compte les particularités propres à chaque site urbain et rural. Sa vision du paysage est donc limitée et simplifiée. Comme toute classification, ses capacités descriptives et explicatives sont restreintes (Stewart et Oke, 2012). Nous citons à titre d'exemple certaines applications :

a) Définitions de l'ampleur des îlots de chaleur urbains

La classification LCZ offre un nouveau cadre pour l'observation locale des températures et l'étude des îlots de chaleur urbains. Contrairement à la différence "urbain - rural" (ΔTu-r), qui est souvent utilisée, l'ampleur des îlots de chaleur urbains est évaluée en termes de différence de température LCZ (Exp. ΔTLCZ 1- LCZ D). Les différences LCZ sont plus propices à l'analyse et moins sujettes à la confusion, car elles mettent en évidence les caractéristiques de surface et d'exposition communes des sites étudiés. De plus, elles favorisent des explications physiquement fondées de l'ampleur des îlots de chaleur urbains (Stewart et Oke, 2012).

b) Modélisation climatique et gestion des risques

Les zones climatiques locales permettent l'amélioration des modèles climatiques numériques et l'évaluation des risques climatiques locaux. Elles fournissent des données d'entrée aux modèles en intégrant les paramètres de la couverture urbaine dans leurs formulations, ce qui permet de prévoir avec précision des variables, telles que la température, le vent, les précipitations, etc. (Stewart et Oke, 2012; Demuzere et *al*., 2020). Cela permet de prédire plus efficacement les tendances futures du climat et de formuler des politiques d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques.

Additivement, les observations effectuées en utilisant les classes LCZ, plutôt que la simple distinction entre " urbain et rural", offrent des évaluations plus précises dans le cadre des études sur les changements climatiques (Steawart et Oke, 2012). Ainsi, en

construisant l'historique des LCZ d'une station météorologique à l'aide de techniques d'archives, il est possible de révéler les influences de la surface sur les tendances de température à long terme, qui auraient autrement pu rester inconnues (Stewart et Oke, 2012).

c) Planification urbaine et gestion environnementale

Les zones climatiques locales aident les urbanistes, les architectes et les ingénieurs dans la conception de villes et de bâtiments durables, écoénergétiques et résilients face aux conditions climatiques (Stewart et Oke, 2012; Perera et Emmanuel, 2016; Vandamme et *al*., 2019; Maharoof et *al*., 2020). Elles permettent une prise en compte précise et une exploitation efficace des caractéristiques microclimatiques. De plus, elles facilitent la création des bases de données spatiales sur la forme urbaine, la couverture du sol et les effets thermique associés, couvrant les villes du monde entier (Stewart et Oke, 2012).

d) Surveillance et gestion des émissions de gaz à effet de serre

Les zones climatiques locales peuvent aider à estimer les émissions urbaines de GES et à élaborer des stratégies de réductions adaptées. Elles permettent d'identifier les sources spécifiques d'émissions locales et de comprendre de manière approfondie les conditions locales influençant la dispersion des polluants atmosphériques (Santos et *al*., 2020).

e) Amélioration de la qualité de vie

D'après l'étude menée par Sapena et *al*. (2021), la caractérisation des villes en zone climatique locale permet de mieux comprendre la structure spatiale des zones urbaines, ce qui a un impact significatif sur la qualité de vie des habitants. En conséquence, la conception des espaces qui intègrent les caractéristiques des zones climatiques locales permet l'amélioration de la qualité de vie des résidents en atténuant les effets néfastes du climat urbain et en offrant un environnement de vie confortable et résilient.

7.4 Cartographie des zones climatiques locales des îlots morphologiques urbains d'El Harrach

7.4.1 Méthodologie de classification des îlots morphologiques urbains d'El Harrach en zones climatiques locales

Nous avons procédé à la classification des îlots morphologiques urbains d'El Harrach, préalablement définis, en appliquant le système de classification LCZ développé par Stewart et Oke en 2012. Cette classification s'appuie sur l'exploitation des métadonnées des îlots morphologiques urbains recueillies, ainsi que sur l'utilisation d'images satellitaires

et d'un logiciel SIG. La procédure de classification s'est déroulée selon les étapes suivantes (Bouattou et *al*., 2022):

Étape 1: Collecte des métadonnées de chaque îlot

Compte tenu de l'absence de bases de données à El Harrach relatives aux propriétés thermiques ; radiatives et métaboliques, notre attention s'est portée sur la collecte des métadonnées concernant les propriétés géométriques et de couverture du sol de chaque IMU. Nous avons réalisé cette collecte en effectuant des enquêtes in-situ; en utilisant les images satellitaires provenant de Google Earth Pro, Géopédia et satellites.pro. De plus, nous avons exploité les informations et cartes fournies par le PDAU d'Alger 2016, l'APC d'El Harrach et le bureau d'étude algéro-corréen[34].

Étape 2: Calcul des propriétés géométriques et de couverture du sol des îlots d'El Harrach

Dans le cadre de cette étude, nous avons calculé six (06) des sept (07) propriétés géométriques et de couverture du sol, initialement proposées par Stewart et Oke dans leur système de classification. Ces propriétés ont été calculées et traitées à l'aide des méthodes du Système d'Information Géographiques (SIG) sur le logiciel ArcGIS 10.2.1, en se basant les métadonnées collectées.

Tableau 7.4 Les valeurs de référence des propriétés géométriques et de couverture du sol des LCZ.

Zone climatique locale (LCZ)	facteur de vue du ciel	Rapport d'aspect H/L	Taux de surface bâtie	Taux de surface imperméable	Taux de surface perméable	Hauteur des éléments de rugosité	Classe de rugosité des terrains
LCZ 1	0.2–0.4	> 2	40–60	40–60	< 10	> 25	8
LCZ 2	0.3–0.6	0.75–2	40–70	30–50	< 20	10–25	6–7
LCZ 3	0.2–0.6	0.75–1.5	40–70	20–50	< 30	3–10	6
LCZ 4	0.5–0.7	0.75–1.25	20–40	30–40	30–40	>25	7–8
LCZ 5	0.5–0.8	0.3–0.75	20–40	30–50	20–40	10–25	5–6
LCZ 6	0.6–0.9	0.3–0.75	20–40	20–50	30–60	3–10	5–6
LCZ 7	0.2–0.5	1–2	60–90	< 20	<30	2–4	4–5
LCZ 8	>0.7	0.1–0.3	30–50	40–50	<20	3–10	5
LCZ 9	> 0.8	0.1–0.25	10–20	< 20	60–80	3–10	5–6
LCZ 10	0.6–0.9	0.2–0.5	20–30	20–40	40–50	5–15	5–6
LCZ A	<0.4	>1	<10	<10	>90	3–30	8
LCZ B	0.5–0.8	0.25–0.75	<10	<10	>90	3–15	5–6
LCZ C	0.7–0.9	0.25–1.0	<10	<10	>90	<2	4–5
LCZ D	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	<1	3–4
LCZ E	>0.9	<0.1	<10	>90	<10	<0.25	1–2
LCZ F	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	<0.25	1–2
LCZ G	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	-	1

Source: Stewart et Oke, 2012 [Traduit et traité par l'Auteur].

[34]Bureau d'étude chargé pour le projet de dépollution d'Oued El Harrach et d'aménagement de ses abords.

Les propriétés calculées dans le cadre de ce travail sont les suivantes :

- Les propriétés géométriques : Le rapport d'aspect H/L, la hauteur des éléments de rugosité et la classe de rugosité des terrains.
- Les propriétés de couverture du sol: Le taux de surface imperméable, le taux de surface bâtie et le taux de surface perméable.

Il convient de noter que, en raison de la complexité de calcul du facteur de vue du ciel, qui implique la combinaison de plusieurs logiciels et une base de données 3D spécifique à chaque îlot, ce paramètre a été négligé dans cette étude.

- Le Rapport d'aspect H/L a été déterminé à partir de la moyenne des hauteurs des éléments bâtis sur la moyenne des largeurs des voies délimitant l'îlot.
- La hauteur des éléments de rugosité a été déterminée à partir de la moyenne des hauteurs des bâtiments et/ou arbres et plantes.
- Le taux de surface imperméable a été calculé à partir du rapport entre les surfaces ouvertes imperméables et la surface totale de l'îlot.
- Le taux de surface bâtie a été estimé à partir du rapport entre les surfaces bâties et la surface totale de l'îlot.
- Le taux de surface perméable a été calculé à partir du rapport entre les surfaces ouvertes perméables et la surface totale de l'îlot.
- La classe de rugosité des terrains a été déterminée à l'aide de la méthode de classification de la rugosité de Davenport (Tableau 7.5).

Tableau 7.5 Classification de la rugosité des terrains.

Classe de rugosité	Longueur de rugosité z0 (m)	Description du paysage	Correspondance en LCZ
1	0.0002	Mer ou lac dégagé, plaine couverte de neige, désert sans relief, goudron et béton.	E, F, G
2	0.0005	Surface terrestre sans relief, sans obstacles notables et pratiquement sans végétation.	E, F
3	0.03	Paysage avec une végétation basse et des obstacles isolés, séparés entre eux d'environ 50 fois la hauteur des obstacles.	D
4	0.10	Zone naturelle ou cultivée comprenant des plantes ou des cultures de faible hauteur. Territoire ouvert avec des obstacles occasionnels (distance entre les obstacles égale à 20 fois leur hauteur).	7, C, D
5	0.25	Zone naturelle ou cultivée comprenant des cultures hautes ou des hauteurs variées, et des obstacles épars, séparés de 8 à 15 fois la hauteur des obstacles ; selon leur porosité.	5–10, B, C
6	0.5	Paysage cultivé de façon intensive présentant de nombreux groupes d'obstacles de taille importante (par exemple de grandes fermes, ou des bosquets) séparés par des espaces dégagés d'environ 8 fois la hauteur des obstacles. Zones urbaines contenant des bâtiments bas, espacés d'environ 3 à 7 fois la hauteur des bâtiments, et sans grands arbres.	2, 3, 5, 6, 9, 10, B
7	1.0	Paysage couvert de façon régulière par de grands obstacles de taille similaire, avec des espaces dégagés du même ordre de grandeur que la hauteur des obstacles. Zones urbaines dense ; sans variation importante de la hauteur des bâtiments.	2, 4
8	≥ 2	Paysage contenant des obstacles irréguliers (par exemple : zone urbaine dense alternant bâtiments hauts et bâtiments bas. Grandes forêts comprenant des arbres de tailles variées et des clairières).	1, 4, A

Source: Davenport, 2000 [Traduit par l'Auteur].

Étape 3 : Détermination de la classe LCZ de chaque îlot d'El Harrach

Dans le but de déterminer la classe la plus adaptée à chaque îlot, nous avons comparé les valeurs calculées avec les valeurs de référence de chaque classe, telles qu'elles sont présentées dans le tableau 7.4. Cependant, pour certains îlots, les valeurs estimées ne concordent pas parfaitement avec les standards établis. Dans ce cas, conformément à la méthode de Stewart et Oke, le processus de sélection de la classe la plus appropriée pour ces îlots devient une interpolation plutôt qu'une correspondance directe. Par conséquent, nous avons attribué une classe à ces îlots en nous basant sur une interprétation visuelle des images satellitaires ainsi que sur nos enquêtes in-situ. Il convient de noter que les IMU de Belfort sont composés d'un mélange de bâtiments allant de R+2 à plus de R+3. Ils sont classés en LCZ2, en tenant compte du gabarit prédominant au sein de l'îlot.

7.4.2 Résultats de classification

Nous avons classé les 527 îlots morphologiques urbains constituant le territoire d'El Harrach en zone climatique locale, et nous avons produit une cartographie de ces zones, comme illustré dans la figure ci-dessous.

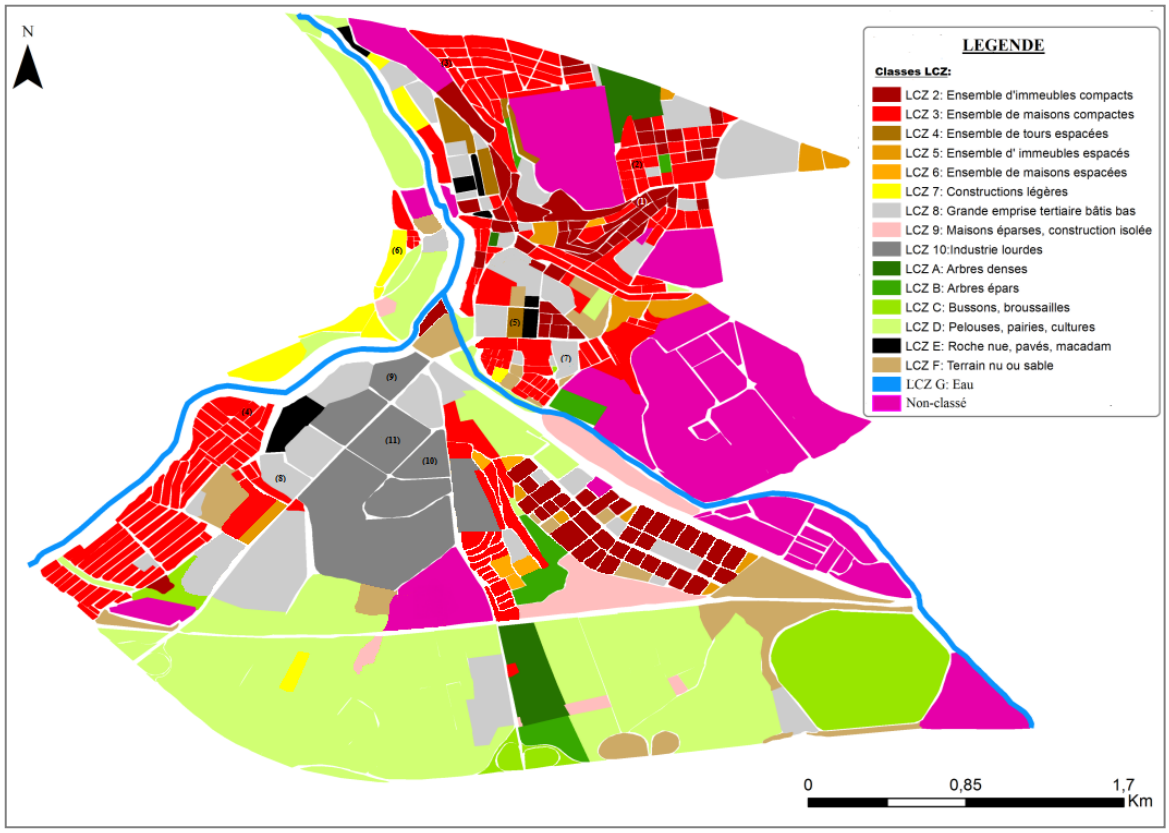


Figure7.22 Carte de classification en Local Climate Zones (LCZ) des îlots morphologiques urbains d'El Harrach. **Source**: Bouattou, 2019.

Les résultats obtenus ont révélé la présence de différentes classes de zones climatiques locales à El Harrach. La classe prédominante est LCZ3, qui correspond à un ensemble de maisons compactes. Cependant, El Harrach ne contient pas la classe LCZ1, qui représente un ensemble de tours compactes. Il est à signaler que les îlots en chantiers et les zones militaires n'ont pas été classés (Bouattou et *al*., 2022).

7.4.3 Discussion des résultats

La classification des îlots morphologiques urbains nous a permis de constater que les valeurs calculées, des propriétés géométriques et de couverture du sol, correspondent majoritairement aux intervalles des zones de référence du système de classification, présentés dans le tableau. En revanche, nous avons observé des écarts entre les valeurs de référence et les valeurs calculées pour certains îlots. Ces écarts sont principalement remarqués dans les zones des industries lourdes (LCZ10), les zones de constructions légères (LCZ7) et quelques îlots des classes LCZ2, LCZ3, LCZ4 et LCZ8 (Tableau 7.6). Comme indiqué précédemment, ces îlots ont été classés par interpolation.

Par exemple, pour les îlots classés LCZ10, la valeur de référence du taux de surface bâtie est comprise entre 20 à 30%, tandis que la valeur calculée est supérieure à 30 %. La valeur de référence du taux de surface bâtie des îlots de classe LCZ7 est entre 60 à 90%, tandis que la valeur estimée est inférieure à 40%. De même, pour certains îlots classés LCZ3, la valeur de référence du taux de surface imperméable est de 20 à 50%, tandis que la valeur calculée est inférieure à 20 % (Bouattou et *al*., 2022).

Ces écarts entre les valeurs de référence et les valeurs calculées rejoignent les constatations faites par Villadiego et *al*., dans leur étude visant à valider le système de classification LCZ dans la ville Barranquilla (Colombie) en 2012. Au fait, leurs résultats ont également montré des décalages entre les valeurs de référence attendues et les valeurs calculées. A titre d'exemple, dans les zones classées LCZ1 de la ville de Barranquilla, le rapport d'aspect H/L attendu était supérieur à 2, tandis qu'en réalité, il variait entre 1 et 2 (Villadiego et *al*., 2012).

Dans cette optique, les concepteurs de ce système de classification ont avancé que les valeurs calculées ou estimées des indicateurs des classes LCZ devraient inciter les chercheurs à établir une correspondance, qui n'est pas nécessairement exacte, entre leurs zones d'étude et les classes LCZ les plus proches. Par conséquent, il est important de

mettre en évidence les principales divergences entre ces zones et leurs équivalents LCZ le plus proche (Stewart et Oke, 2012).

Tableau 7.6 Les valeurs des propriétés géométriques et de couverture du sol de quelques îlots morphologiques urbains d'El Harrach (LCZ).

Classes LCZ		Rapport d'aspect H/L	Hauteur des éléments de rugosité (m)	Classe de rugosité du terrain	Taux de surface bâtie (%)	Taux de surface imperméable (%)	Taux de surface perméable (%)
LCZ 2	**Zone de référence**	0,75-2	10-25	6-7	40-70	30-50	< 20
	(1)	1,5	12,75	7	93,06	3,5	3,44
LCZ 3	**Zone de référence**	0,75-1,5	3-10	6	40-70	20-50	< 30
	(2)	0,9	10	6	84,37	9,38	6,25
	(3)	0,9	9	6	90,29	3,26	6,45
	(4)	1,4	10	6	85,85	11,01	3,14
LCZ 4	**Zone de référence**	0,75-1,25	> 25	7-8	20-40	30-40	30-40
	(5)	1	31,5	7	17,15	75,23	7,62
LCZ 7	**Zone de référence**	1-2	2-4	4-5	60-90	< 20	< 30
	(6)	0,6	7,5	4	38,88	34,43	26,69
LCZ 8	**Zone de référence**	0,1-0,3	3-10	5	30-50	40-50	< 20
	(7)	0,1	4,5	5	18,28	77,72	4
	(8)	0,2	6	5	30,04	68,15	1,81
LCZ 10	**Zone de référence**	0,2-0,5	5-15	5-6	20-30	20-40	40-50
	(9)	0,1	40	6	30,66	46,77	22,57
	(10)	0,2	5	6	32,05	58,02	9,93
	(11)	0,2	5	6	43,45	51,54	5,01

Source: Bouattou et *al*., 2022.

Par ailleurs, il est important de noter que la correspondance entre les îlots et les classes LCZ peut varier en fonction des changements physiques et culturels du paysage, notamment dans les îlots urbains actifs où se produisent des défrichements et des développements. La mise à jour des désignations LCZ est cruciale pour ces îlots. Les sites situés à la périphérie des villes, où la croissance urbaine et les changements environnementaux sont rapides, ainsi que ceux situés au cœur des villes où des projets de réaménagements et de verdissement sont en cours, devraient être étudiés et classés après chaque opération mise en œuvre (Stewart et Oke, 2012; Bouattou et *al*., 2022).

Conclusion

Ce chapitre a exploré le contexte urbain et climatique d'El Harrach. Il a révélé les enjeux environnementaux majeurs auxquels elle est confrontée. Ces derniers sont **accentués** par une **expansion urbaine hétérogène** et **anarchique** sur des terres agricoles, **amplifiant les risques d'inondations et d'exposition accrue à la vulnérabilité thermique**. En parallèle, la position stratégique d'El Harrach fait d'elle une **zone clé** pour le déploiement de **projets ambitieux** dans le cadre du Plan Stratégique de Développement d'Alger 2035. Cela souligne l'**urgence d'adopter une planification urbaine locale durable et résiliente** face aux **pressions climatiques** et aux **transformations urbaines**.

Dans ce chapitre, nous avons également identifié les IMU d'El Harrach en utilisant le référentiel géographique développé par un groupe d'échange transdisciplinaire de l'Institut Paris Région. Cet outil s'est avéré particulièrement **pertinent** pour les collectivités locales, en fournissant des informations **précises** et **détaillées** favorisant la planification urbaine durable et résiliente. En effet, il permet, entre autres, une meilleure **estimation des émissions de GES** et l'**identification des zones énergivores**. De plus, les IMU d'El Harrach ont été classés en zones climatiques locales selon le système de classification LCZ proposé par Stewart et Oke. Cette classification a été effectuée à l'aide de six propriétés géométriques et de couverture du sol; parmi les sept définies par Stewart et Oke (2012). Elle nous permettra de sélectionner des **échantillons représentatifs** pour l'étude.

Par ailleurs, l'adaptabilité de ce système aux différents contextes urbains, tout en tenant compte des **spécificités locales**, a été démontrée à travers ce chapitre. Ces spécificités se manifestent notamment par des écarts entre les valeurs de référence et les valeurs des propriétés calculées pour El Harrach. Les résultats de la classification ont révélé une **diversité** des classes LCZ au sein d'El Harrach, la plus dominante est LCZ3.À partir de ces résultats, un échantillonnage représentatif sera sélectionné pour chaque classe LCZ comprenant des ménages, c.-à-d. seules les **classes à vocation résidentielle seront retenues** pour cette étude. Ces échantillons serviront à quantifier le bilan carbone ménage dans le cadre du chapitre suivant.

CHAPITRE VIII

CALCUL DU BILAN
CARBONE MENAGE
A EL HARRACH

Introduction

L'objectif de ce chapitre est de calculer le bilan carbone des ménages au sein des échantillons représentatifs sélectionnés dans El Harrach, en recourant à un calculateur en ligne choisi parmi ceux préalablement exposés dans la partie théorique. A travers le présent chapitre, nous décrirons en détail la méthodologie de calcul des émissions de carbone des ménages. Puis, nous procéderons à la sélection des échantillons d'études représentatifs. Ensuite, nous effectuerons la quantification des émissions de carbone des ménages dans les échantillons choisis selon la méthodologie décrite. En fin, sur la base des résultats obtenus, nous identifierons les leviers d'action possibles pour la réduction des bilans carbone des ménages étudiés.

8.1 Méthodologie de calcul du bilan carbone des ménages

Dans le cadre de la présente étude, notre choix est porté sur un outil de calcul des émissions de carbone des ménages **interactif**, *open acces*, fiable et facile à manipuler, soit le calculateur en ligne " *Carbon footprint calculator*". Comme mentionnée précédemment, ce calculateur intègre tous les pays du monde, il est considéré comme le **premier calculateur international** complet et précis.

Ce calculateur permet d'évaluer les émissions de carbone des ménages selon une approche de consommation, en s'appuyant sur une **méthode hybride** qui combine l'**EE-IO** et **l'ACV**. Il prend en compte toutes les émissions résultant de la consommation liée aux scopes 1 et 2, ainsi que certaines émissions du scope 3.

Selon Carbon Footprint Ltd., l'outil repose principalement sur l'introduction des **données chiffrées**, exprimées en unités physiques ou monétaires. Il intègre une base de données des facteurs d'émission prenant en compte l'ensemble des GES. Les résultats obtenus sont présentés en tonnes métriques d'équivalent CO_2 (t eq CO_2). La méthodologie de calcul adoptée dans ce travail se décompose en quatre (04) étapes clés:

- Exploration de l'outil et sélection du type de bilan carbone à calculer ;
- Estimation des émissions de carbone des ménages;
- Analyse des résultats obtenus;
- Identification des mesures de réduction des émissions.

8.1.1 Exploration de l'outil et sélection du type de bilan carbone à calculer

La première étape de la méthodologie suivie dans cette thèse pour calculer le bilan carbone des ménages d'El Harrach consiste en une exploration détaillée de l'outil "*carbon footprint calculator*". Pour y accéder, il est nécessaire de se rendre sur la page d'accueil du site web (https://www.carbonfootprint.com/), puis de cliquer sur l'onglet " calculer", et enfin de choisir le type de bilan carbone à estimer, soit "individuel". Cette option permet d'évaluer le bilan carbone des individus et des ménages

Une analyse minutieuse de chaque aspect et onglet du calculateur nous permettra de développer une compréhension approfondie de cet outil, d'appréhender pleinement ses fonctionnalités et d'acquérir une vision claire de l'approche et de la méthode de calcul employées ainsi que des catégories incluses, telles que la consommation d'énergie, les transports, les biens et services, etc. Cette phase est désormais cruciale afin d'optimiser l'utilisation de l'outil, d'assurer une estimation précise et clair des émissions de carbone des ménages dans notre cas d'étude et de facilité la transition vers les étapes suivantes.

Figure 8.1 Interface principale du calculateur en ligne *carbonfootprint*.
Source: Carbon Footprint Ltd.

8.1.2 Estimation des émissions de carbone des ménages

Cette deuxième étape de la méthodologie vise à estimer les émissions de carbone des différentes catégories liées aux activités de mode de vie des ménages. Elle se déroule en plusieurs phases :

Phase 1: Saisie des informations de base

Dans la fenêtre d'accueil du calculateur, il est requis de renseigner les informations de base, telles que le pays et la période de calcul souhaitée. Il est également possible de modifier la langue utilisée dans l'outil.

Figure 8.2 Fenêtre d'accueil du calculateur en ligne *carbon footprint*.
Source: Carbon Footprint Ltd.

Phase 2: Calcul des émissions de carbone pour chaque catégorie

L'interface du calculateur est composée de plusieurs onglets, chacun étant dédié à une catégorie spécifique. Tout d'abord, afin d'estimer les émissions de carbone totales du ménage, il faut sélectionner "1" dans la section.

a) Calcul des émissions de carbone liées à la consommation d'énergie domestique

Dans cet onglet, il est nécessaire de saisir les valeurs de consommation pour chaque type d'énergie utilisé par le ménage, exprimées en unité physiques. Ces valeurs seront ensuite automatiquement multipliées par les facteurs d'émission adéquats.

Il est important de noter que le calculateur intègre le facteur d'émission de l'électricité spécifique à chaque pays. Ce facteur dépend de la manière dont l'électricité est produite dans le pays en question.

Figure 8.3 Fenêtre de calcul des émissions de carbone associées à la consommation de l'énergie domestique.
Source: Carbon Footprint Ltd.

b) Calcul des émissions de carbone liées aux déplacements

- Émissions des vols:

  Il est essentiel de préciser les aéroports de départ et d'arrivée, la classe de vol, le nombre de voyages effectués, ainsi que le type de vol, qu'il s'agisse d'un aller-retour ou d'un aller simple. Le calculateur conjugue ces informations fournies avec les facteurs d'émission appropriés en fonction du type de vol, la classe et de la distance parcourue.

  Il est fortement recommandé de cocher la case " forçage radiatif", dont la valeur est de l'ordre de 1,891. Cette option prend en compte les émissions de carbone des avions en haute altitude, qui exacerbent le réchauffement climatique.

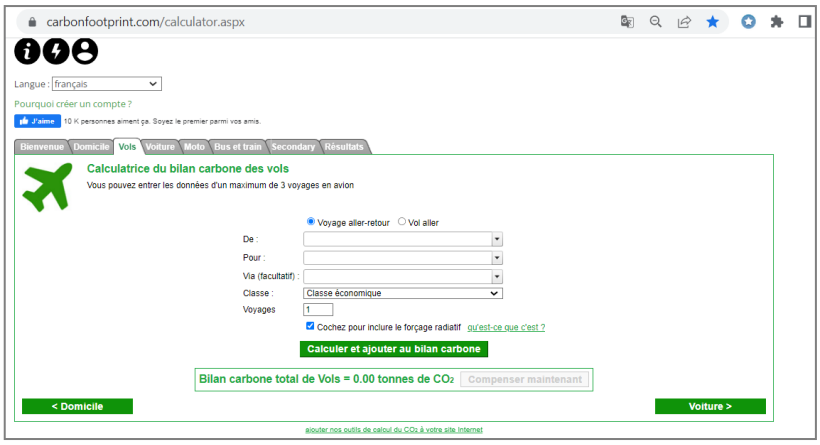


Figure 8.4 Fenêtre de calcul des émissions de carbone associées aux vols.
Source: Carbon Footprint Ltd.

- Émissions des voitures particulières:

  Le calculateur propose deux méthodes de calcul différentes. La première se base sur la distance parcourue pendant la période de calcul choisie, ainsi que sur la marque et le modèle de la voiture. La deuxième méthode évalue les émissions de carbone liées à la voiture en fonction de son efficacité, exprimée en L/100km, et du type de carburant utilisé (essence, diesel, GPL ou CNG). Le calculateur multiplie ces données introduites par le facteur d'émission spécifique.

  Il est à noter que le calculateur permet de calculer les émissions pour un maximum de deux (02) voitures.

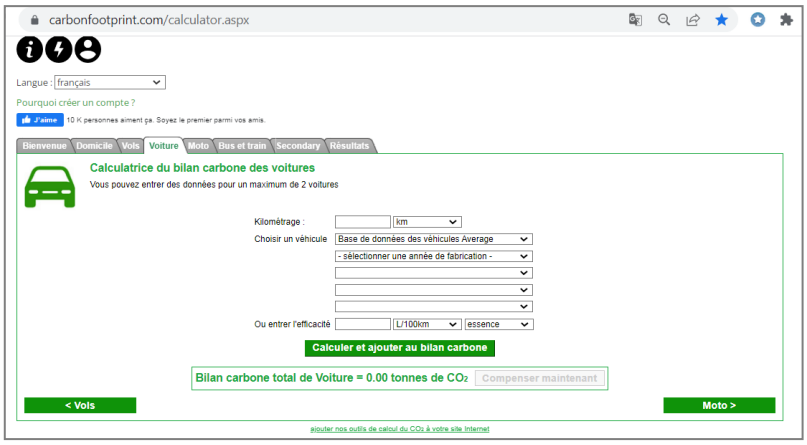


Figure 8.5 Fenêtre de calcul des émissions de carbone associées à l'utilisation de la voiture particulière.
Source: Carbon Footprint Ltd.

- <u>Émissions des motos</u>:

  Le calculateur utilise également deux méthodes de calcul distinctes. La première comprend le kilométrage parcouru durant la période de calcul sélectionnée et le type de la moto (Petite, moyenne, grosse), tandis que la deuxième méthode s'appuie uniquement sur l'efficacité de la moto, exprimée en L/100km. Le calculateur multiplie ces données saisies par le facteur d'émission adéquat.

  Il est à signaler que le calculateur estime les émissions pour un maximum de deux (02) motos.

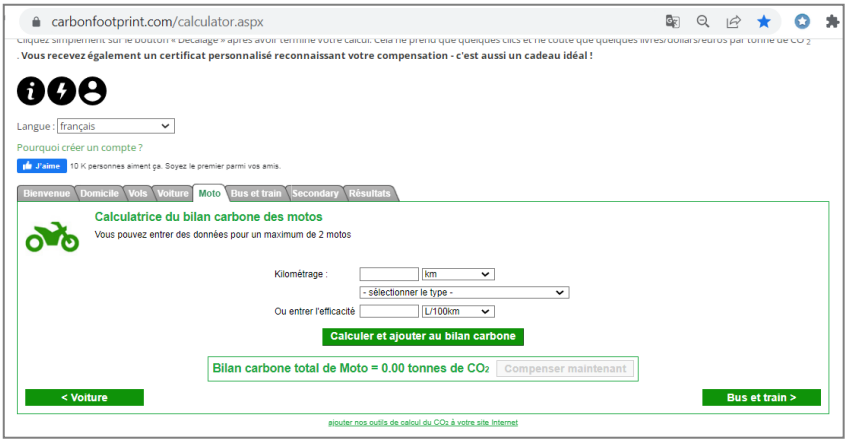


Figure8.6 Fenêtre de calcul des émissions de carbone associées à l'utilisation de la moto.
Source: Carbon Footprint Ltd.

- <u>Émissions des transports en commun</u> :

  Il convient de saisir les distances parcourues pendant la période d'étude prédéfinie, exprimées en kilomètres, pour les modes de transports suivants : le bus, le train, le tramway, le métro et le taxi.

Ces distances ainsi fournies seront automatiquement multipliées par les facteurs d'émission spécifiques à chaque mode.

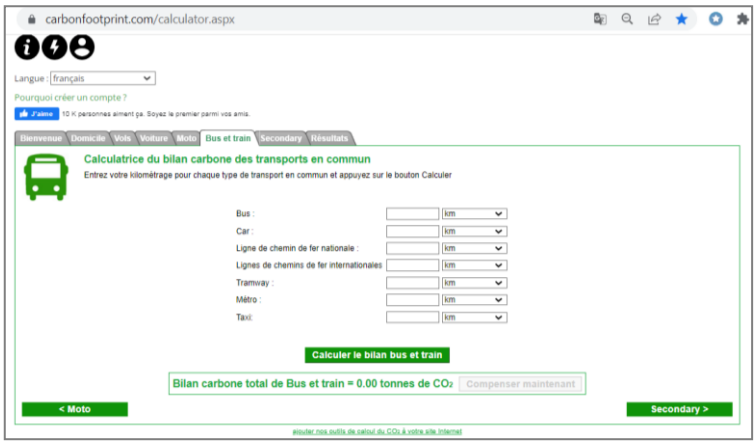


Figure 8.7 Fenêtre de calcul des émissions de carbone associées à l'utilisation des transports en commun.
Source: Carbon Footprint Ltd.

c) Calcul des émissions de carbone liées à la consommation des biens et services

La dernière catégorie, désignée dans le calculateur sous le terme "secondaire", regroupe une large variété de biens et services consommés par les ménages, reflétant ainsi leurs comportements de consommation. Cette catégorie englobe les préférences alimentaires (végétation, poisson, viandes rouges ou viandes blanches), les produits pharmaceutiques, les vêtements, les textiles, les chaussures, les produits à base de papiers, les appareils électroménagers, les équipements informatiques, les meubles et autres biens manufacturés, la maintenance des véhicules, l'hôtellerie , la restauration, les services bancaires et financiers, les assurances, l'éducation, ainsi que les activités récréatives, culturelles et sportives.

Cette catégorie permet d'évaluer les émissions résultant de la fabrication, de la livraison et de l'élimination des produits et services consommés par les ménages. Les émissions associées à cette catégorie ont exprimé en unités monétaires. Il convient de sélectionner la période correspondant aux valeurs saisies (par semaine, par mois ou par année). Le calculateur multiplie ces valeurs par les facteurs d'émission appropriés.

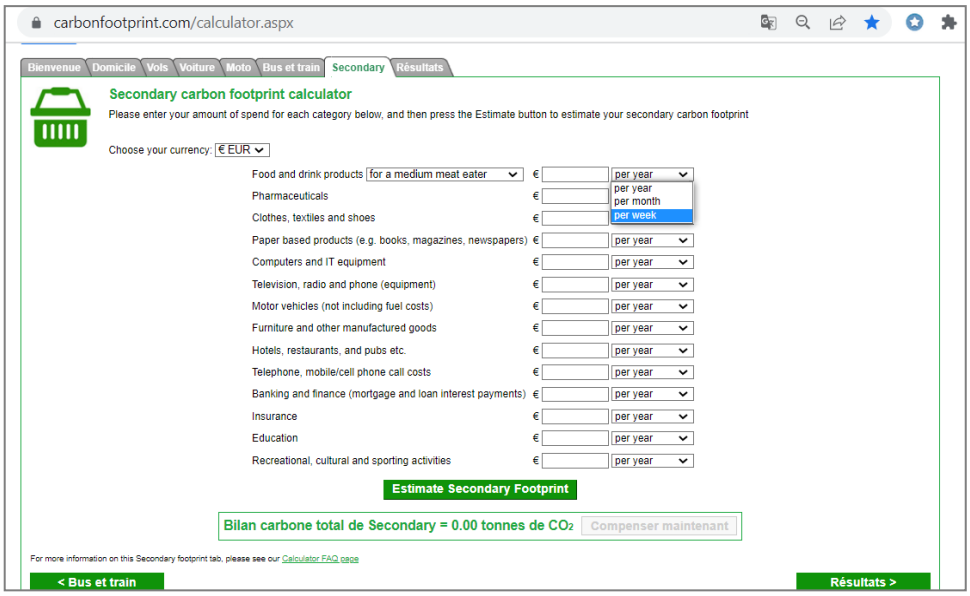


Figure 8.8 Fenêtre de calcul des émissions de carbone associées à la consommation des biens et services.
Source: Carbon Footprint Ltd.

8.1.3 Obtention des résultats

Une fois que l'ensemble des données a été saisi avec précision, l'onglet "Résultat" affiche les émissions de carbone pour chaque catégorie, exprimées en t eq CO_2, ainsi que les émissions totales des ménages. Ce total est ensuite comparé à la moyenne nationale et à la moyenne mondiale.

Figure8.9 Fenêtre affichant les résultats de calcul des émissions de carbone.
Source: Carbon Footprint Ltd.

8.1.4 Identification des leviers de réduction

La dernière étape de la méthodologie de calcul consiste à identifier les leviers de réduction en agissant directement sur les activités qui contribuent le plus aux émissions de

carbone des ménages. Par une analyse approfondie des résultats obtenus et les activités les plus émettrices de carbone, nous proposons des actions d'atténuation spécifiques et efficaces seront ciblées tout en s'appuyant sur les actions présentées par l'annexe B.

8.2 Identification de l'échantillon d'étude et collecte des données

8.2.1 Sélection de l'échantillon d'étude

Nous rappelons que l'objectif principal de la présente étude consiste à estimer le bilan carbone des ménages d'El Harrach durant l'année 2019. Pour y atteindre, nous avons procédé à la sélection d'un échantillon représentatif et pertinent.

Dans un premier temps, nous avons choisi un îlot morphologique urbain résidentiel représentatif pour chaque classe de zone climatique locale d'El Harrach. Les classes LCZ d'El Harrach, contenant des logements, retenues pour cette étude sont les suivantes: LCZ2, LCZ3, LCZ4, LCZ5, LCZ6 et LCZ9. Sachant que les ménages sont répartis de façon hétérogène sur les différents quartiers d'El Harrach (Bakour, 2006; ONS, 2008), la sélection de ces IMU s'est appuyée sur les critères suivants:

- La taille de l'IMU, en choisissant des IMU ayant une surface pratiquement équivalente et un nombre de ménage significatif ;
- Les caractéristiques socio-économiques, la diversité des profils de ménages, leur niveau de revenu, leur niveau d'éducation, leur taille et leur composition, afin de capturer les différences potentielles dans les comportements de consommation et le mode de vie.

Par la suite, nous avons inclus tous les ménages résidant dans chaque IMU représentatif dans notre échantillon d'étude. Nous avons choisi un échantillonnage exhaustif afin de minimiser les biais de sélection et d'obtenir des résultats qui peuvent être significativement généralisés. En tout, notre échantillon d'étude comprend 344 ménages (Tableau 8.1).

8.2.2 Collecte des données

Afin de recueillir les données nécessaires au calcul des bilans carbone de notre échantillon d'étude pour l'année 2019, nous avons mené une enquête à l'aide d'un questionnaire spécialement conçu à cet effet. Les questions formulées dans ce questionnaire ont été alignées de manière identique à celles posées par le calculateur

en ligne choisi pour cette étude. Elles étaient conçues sous forme de choix multiple ou fermées avec une réponse numérique qui portent sur les habitudes et les comportements de consommation des ménages. Cela nous permet d'assurer **la cohérence** et **la précision** des calculs effectués.

Le questionnaire s'est structuré en trois (04) sections principales dans le but de recueillir des informations détaillées et complètes sur les divers aspects des comportements de consommation et des modes de vie de ménage (cf. annexe I). Ces sections sont les suivantes :

1. **Informations générales sur l'enquêté:** Cette section vise à collecter des données de base concernant les participants à l'enquête, telles que la taille du ménage, le type et la superficie du logement et la profession du ménage.
2. **Sources des émissions directes de carbone des ménages:** Elle s'intéresse à la consommation d'énergie domestique et à l'utilisation des transports, tant personnels que publics, qui contribuent directement aux émissions de carbone.

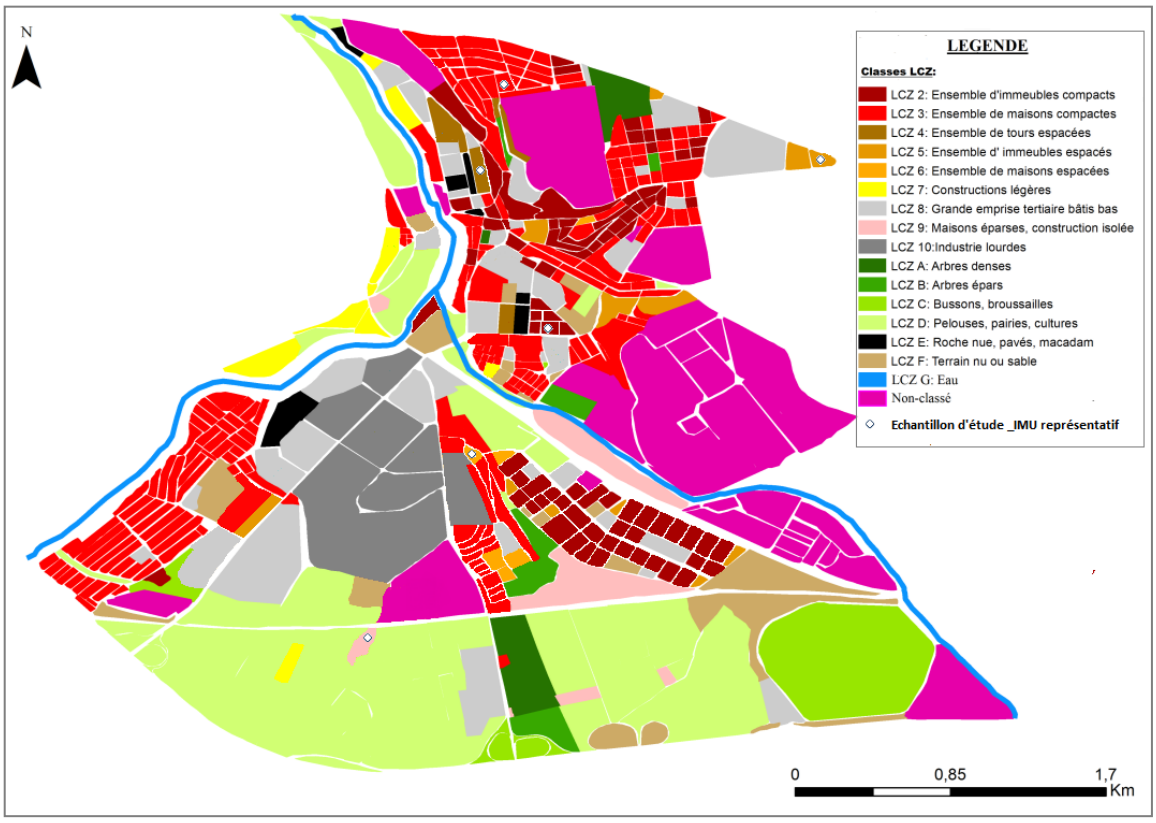
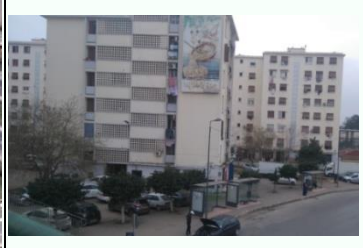


Figure 8.10 Les îlots morphologiques urbains représentatifs sélectionnés pour l'étude.
Source: Auteur, 2019.

Tableau 8.1 Les îlots morphologiques urbains représentatifs et la taille de l'échantillon d'étude.

Classe LCZ	Vues aérennes des IMU représentatifs	Photos des IMU représentatifs	Quartiers	Fonctions	Surfaces (ha)	Nbe. de ménages
LCZ 2			Boumaâti	Résidences collectives et commerces	0,51	70
LCZ 3			Belle vue	Résidences individuelles	0,59	23
LCZ 4			Cité HLM	Résidences collectives et commerces de proximité	0,58	127
LCZ 5			Cité panorama	Résidences collectives et quelques commerces de proximité	0,59	108
LCZ 6			El Mokrania (ex. Altairac)	Résidences individuelles et mosquée	0,55	15
LCZ 9		/	/	Maison rurale isolée	0,87	1
				Total	**344**	

Source: Auteur, 2019.

3. **Sources des émissions indirectes de carbone des ménages:** Cette section couvre toutes les activités des ménages, qui génèrent indirectement des émissions de carbone, incluant la consommation de biens (tels que les aliments, les vêtements, les appareils électroniques, les produits pharmaceutiques, etc.) et de services (tels que l'éducation, les assurances, les services bancaires, les loisirs, etc.).
4. **Sensibilité environnementale :** Cette section vise à évaluer le niveau de sensibilité environnementale des ménages enquêtés.

Dans le but d'assurer un taux de réponse élevé et d'interagir directement avec les ménages ciblés, nous avons opté pour une enquête porte à porte. Chaque enquêté s'est vu accorder environ 20 minutes pour remplir le questionnaire. Ce dernier a été distribué par nos soins dans les deux langues, français et arabe, selon le choix de chaque enquêté. Toutefois, il convient de souligner que la période de collecte des données, qui s'est étendue de Mars 2020 à Novembre 2021, a été grandement impactée par les restrictions liées à la pandémie de COVID-19 et les mesures de confinement qui ont été imposées. Ces contraintes ont significativement prolongé le processus de collecte des données.

Les données collectées auprès des 344 ménages ont ensuite été saisies dans le calculateur en ligne "*Carbon footprint*", qui a utilisé ces informations pour évaluer les émissions de carbone de chaque ménage de nos échantillons d'étude. Les valeurs des émissions de carbone obtenues sont traitées par Excel.

8.3 Évaluation des émissions de carbone des ménages d'El Harrach

8.3.1 Résultats

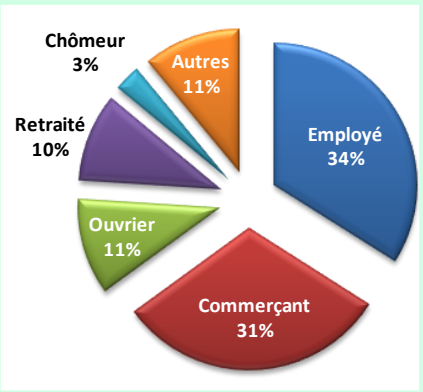
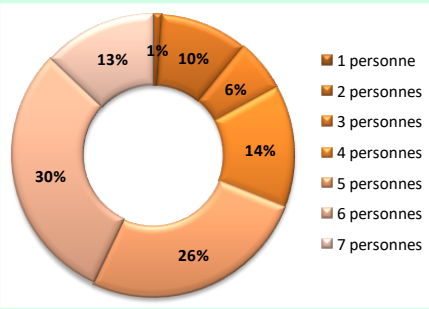
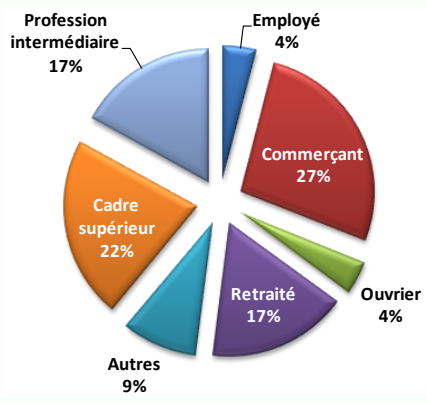
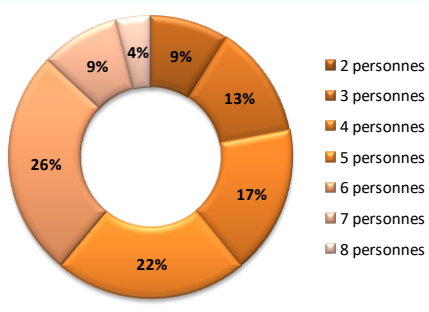
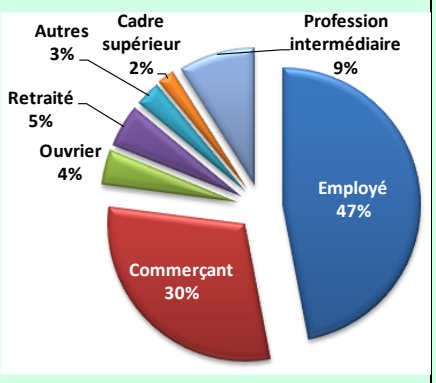
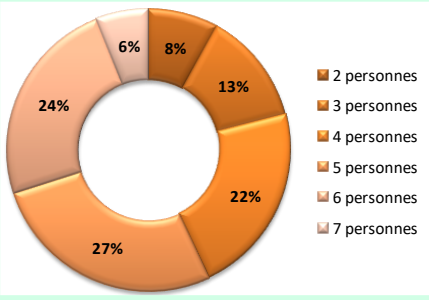
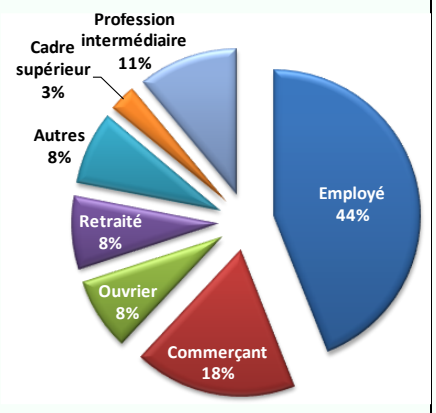
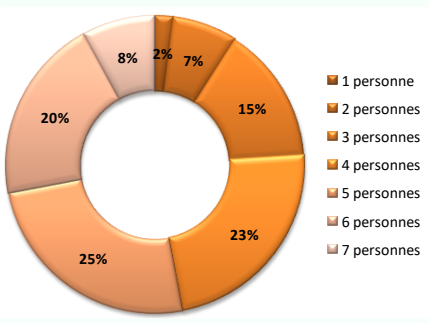
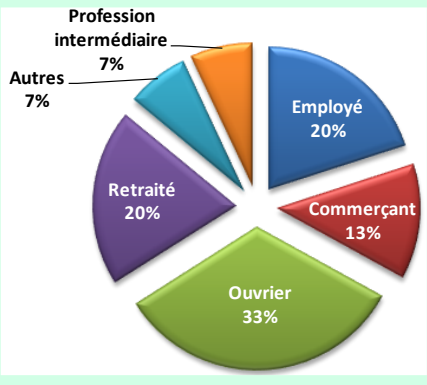
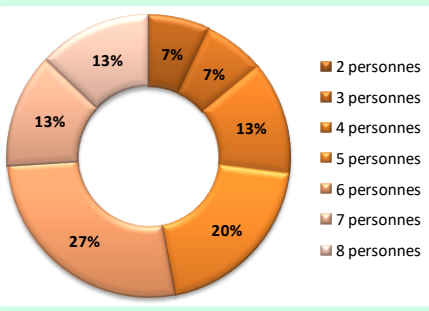
8.3.1.1 Profil socio-économique des ménages

Dans le cadre de la présente étude, nous avons pris en considération deux caractéristiques prépondérantes des profils socio-économiques des ménages lors de la collecte des données à l'aide du questionnaire. Tout d'abord, la profession du chef de ménage, faisant référence à la fonction occupée par ce dernier. Ensuite, la taille du ménage, représentant le nombre d'individus résidant dans le foyer. Ces deux variables ont été identifiés comme étant des déterminants significatifs des émissions de carbone des ménages.

Il est à noter que d'autres caractéristiques socio-économiques, omises dans cette étude, pourraient également influencer les émissions de carbone d'un ménage. Parmi ces caractéristiques, on peut citer la composition du ménage, le type de ménage, le niveau de revenu, le niveau d'éducation, l'âge et le sexe du chef de ménage, etc. Cependant, il est crucial de souligner que les informations collectées dans cette recherche sur les professions des ménages peuvent fournir une indication quant au niveau de revenu de ménage.

Les résultats de ces informations recueillies auprès des ménages constituant notre échantillon d'étude sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8.2 Résultats des professions et des tailles des ménages de l'échantillon d'étude.

IMU échantillon d'étude		Profils socio-économiques des ménages			
Classe	**Quartier**	**Professions des ménages**		**Tailles des ménages**	
LCZ 2	**Boumaâti**		Les employés et les commerçants, exerçant principalement les petits commerces, sont les professions les plus représentées dans cet IMU, constituant respectivement 34% et 31% des ménages résidants dans cet îlot. Les ouvriers représentent 11%, tandis que les retraités et les chômeurs représentent 10% et 3% respectivement. Enfin, 11% des ménages sont impliqués dans d'autres activités.		La prépondérance des ménages se caractérisait par une composition de 06 personnes, représentant 30%, suivie par ceux comprenant 05 et 04 personnes, respectivement à hauteur de 26 % et 14%.
LCZ 3	**Belle vue**		Dans cet IMU, les commerçants et les cadres supérieurs se démarquent comme les professions les plus prédominantes, avec respectivement 27% et 22%, suivies par les professions intermédiaires et les retraités, chacun avec17%. Les ouvriers et les employés représentent chacun 4 %. Les ménages exerçant autres activités représentent 9%.		La majorité des ménages étaient constitués de 06 personnes, totalisant 26%, suivis par ceux contenant 05 et 04 personnes, représentant respectivement 22 % et 17%.
LCZ 4	**HLM**		Les employés constituent la part la plus importante de profession des ménages de cet IMU, soit 47%, suivis par les commerçants avec 30%. Les professions intermédiaires, les retraités, les ouvriers et les cadres supérieurs représentent respectivement 9%, 5%, 4% et 2%. 3% des ménages de cet IMU exercent d'autres activités.		La plupart des ménages étaient composés de 05 personnes, représentant ainsi 27%, suivis par ceux comprenant 06 et 04 personnes, représentant respectivement 24% et 22%.
LCZ 5	**Cité panorama**		Cet IMU est principalement composé d'employés, représentant 44% des professions des ménages résidant dans cet îlot, suivis par les commerçants et les professions intermédiaire avec respectivement 18% et 11%. Les retraités, les ouvriers et les ménages pratiquant d'autres activités représentent chacun 8%. Enfin, 3% des ménages sont des cadres supérieurs.		La prédominance des ménages était caractérisée par une composition de 05 personnes, représentant 25%, suivie par ceux contenant 04 et 06 personnes, respectivement 23 % et 20%.
LCZ 6	**El Mokrania (ex. Altairac)**		Les ouvriers représentent la part la prédominante des professions des ménages dans cet IMU, avec 33%, suivis par les employés et les retraités, représentant chacun 20%. Les commerçants constituent 13% des ménages, tandis que les professions intermédiaires et les ménages exerçant d'autres activités représentent chacun 7%.		La plupart des ménages se composaient de 06 personnes, représentant 27% du total, suivis par ceux comprenant 05 personnes à 20%, et ceux de04, 07 et 08 personnes, à13% chacun.
LCZ 9	**Zone rurale**	/	Ce ménage pratique l'agriculture.	/	Ce ménage se composait de 08 personnes.

Source: Auteur, 2019.

8.3.1.2 Les émissions de carbone des différentes classes LCZ

Les résultats des estimations des émissions de carbone des ménages résidants dans les IMU d'El Harrach, choisis comme échantillons pour cette étude, ont révélé des **disparités significatives**. En effet, les ménages habitant dans l'îlot de classe LCZ 3 se sont démarqués avec un taux moyen d'émission de carbone élevé, totalisant 20,30 t eq CO_2/ménage, soit 4,87 t eq CO_2/pers., suivi par les ménages de LCZ 4 et LCZ 5, atteignant respectivement 13,58 t eq CO_2/ménage et 12,89 t eq CO_2/ménage, avec une moyenne de 3,01 t eq CO_2/pers. pour chacun. L'IMU de la classe LCZ6 a enregistré des émissions de 9,98 t eq CO_2/ménage, avec 1,94 t eq CO_2/pers., tandis que l'IMU de la classe LCZ 9, principalement situé dans la zone rurale d'El Harrach, a affiché des émissions de l'ordre de 9,40t eq CO_2/ménage, correspondant à 1,18t eq CO_2/pers.

Il convient de rappeler qu'en 2019, la moyenne des émissions de carbone par individu en Algérie était de 3,59 t eq CO_2/ pers. Par ailleurs, la limite mondiale fixée pour atténuer le changement climatique est de 2 teq CO_2/pers. Nous relevons de ces résultats que les émissions de carbone par individu du LCZ 3 dépassent nettement la moyenne nationale ainsi que la limite mondiale. En revanche, celles des classes LCZ 4 et LCZ 5 sont marginalement inférieures à la moyenne nationale, tout en demeurant supérieures à la limite mondiale. Pour ce qui est des classes LCZ 6 et LCZ 9, Leurs émissions sont se situent en deçà à la fois de la moyenne nationale et la limite mondiale.

Tableau 8.3 Résultats des calculs des émissions de carbone des ménages dans les échantillons d'étude.

Échantillons d'étude			Émissions directes de carbone (t eq CO_2)					Total des émissions directes de carbone (t eq CO_2)	Total des émissions indirectes de carbone (t eq CO_2)	Total des émissions de carbone (t eq CO_2)	
Classe LCZ	Quartier	Nbe. de ménages	Énergie domestique	Vols	Voiture	Moto	Transport en commun		Secondaires	Par ménage	Par individu
LCZ 2	Boumaâti	70	7,94	0	1,68	0	0,08	9,7	1,28	10,98	2,34
LCZ 3	Belle vue	23	11,65	1,22	3,99	0	0,06	16,92	3,38	20,30	4,87
LCZ 4	Cité HLM	127	8,71	0,37	2,52	0	0,16	11,76	1,82	13,58	3,01
LCZ 5	Cité Panorama	108	8,69	0,28	1,47	0	0,68	11,12	1,77	12,89	3,01
LCZ 6	El Mokrania	15	7,24	0	1,47	0	0,09	8,8	1,18	9,98	1,94
LCZ 9	Zone Rurale	1	6,54	0,00	1,68	0,00	0,13	8,35	1,05	9,40	1,18

Source: Auteur, 2022.

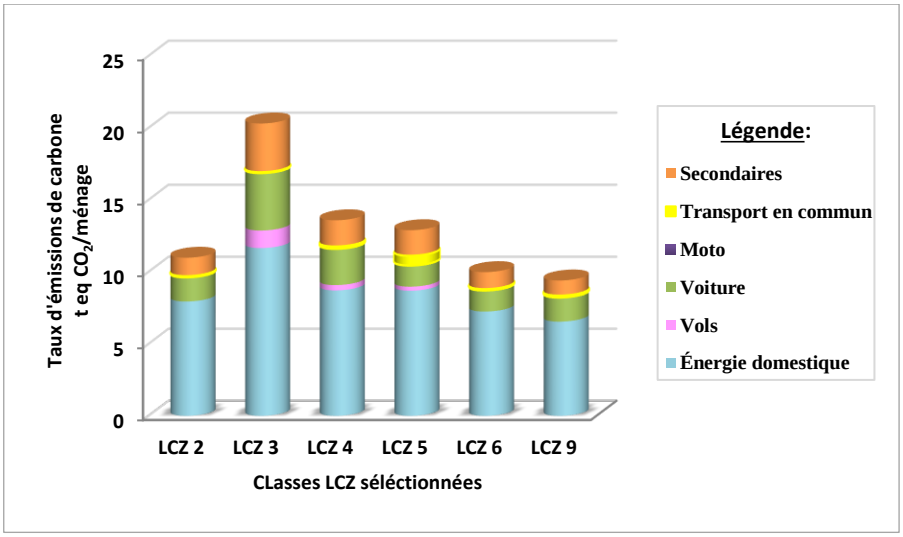


Figure 8.11 Répartition des émissions de carbone des ménages dans les échantillons d'étude par catégorie. **Source:** Auteur, 2022.

En outre, nous constatons que la consommation d'énergie domestique émerge comme la principale source des émissions de carbone des ménages dans l'ensemble des classes étudiées, suivie par les déplacements en voitures particulières et les émissions secondaires associées à la consommation des biens et services.

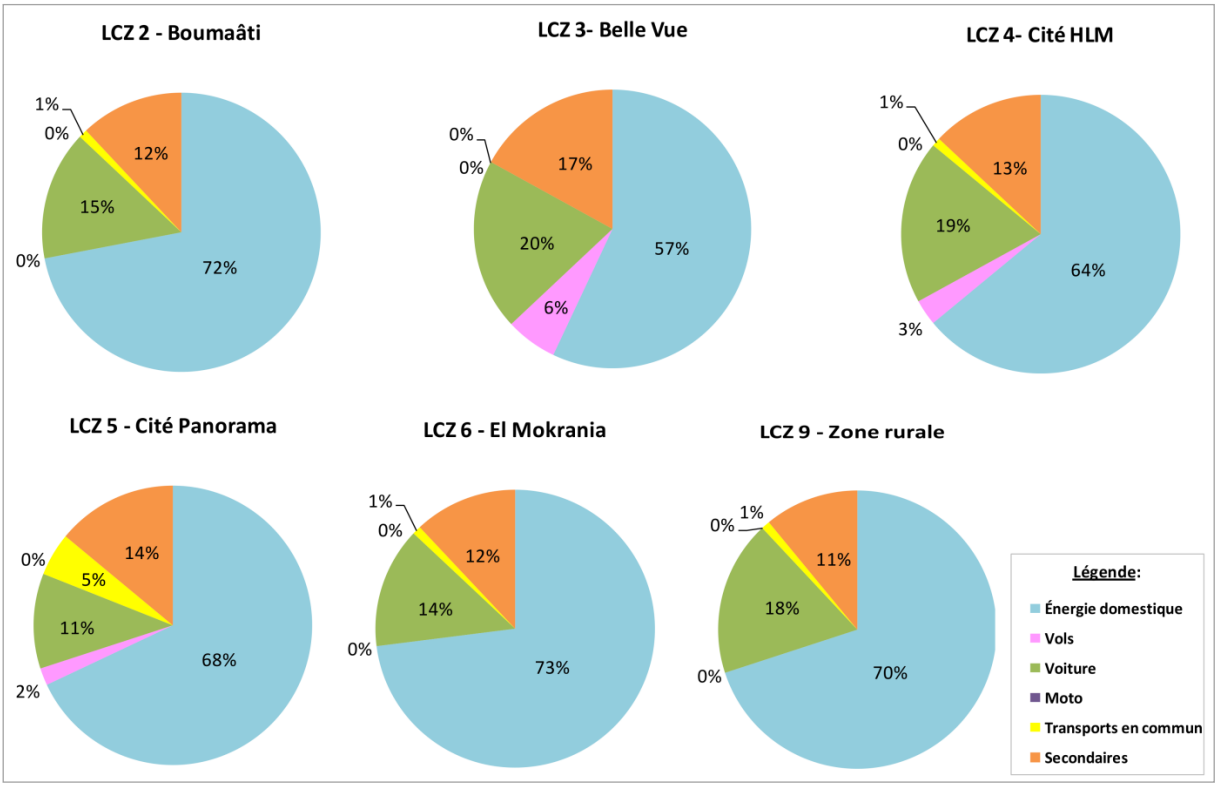


Figure 8.12 Contribution de chaque catégorie aux émissions de carbone des ménages dans les échantillons étudiés. **Source:** Auteur, 2022.

8.3.2 Discussion et interprétation des résultats

L'analyse des données recueillies dans les différents IMU étudiés révèle une homogénéité notable dans la taille des ménages, ce qui nous permet de concentrer notre interprétation sur le facteur principal influençant les émissions de carbone des ménages, à savoir leur profession. Les résultats montrent que les ménages de l'IMU de classe LCZ 3, situé dans le quartier de belle vue, ont un taux d'émissions de carbone supérieur de plus de 1,5 fois que celui des ménages des IMU de classe LCZ 4, LCZ 5 et LCZ 2 respectivement la cité HLM, la cité Panorama et la cité Boumaâti, et plus de 2 fois que ceux des restes. Cette différence est principalement explicable par les professions dominantes dans chaque IMU étudié. Les cadres supérieurs et les commerçants qui se concentrent essentiellement dans LCZ 3, bénéficiant d'un niveau de revenue relativement élevé, consomment davantage d'énergie, de biens et de services, ce qui entraîne une émission de carbone plus élevé. Leurs logements dans cet IMU sont de grande taille et de coût élevé, nécessitant des besoins accrus en chauffage et en climatisation. En outre, ces ménages possèdent souvent plusieurs véhicules, ce qui contribue à leur faible taux d'utilisation des transports en communs, malgré la proximité d'un arrêt de tramway. Leur mode de vie inclut des activités coûteuses telles que les loisirs, les voyages en avion et l'utilisation des équipements technologiques avancés et d'appareils électroménagers de haute gamme plus énergivore. Ainsi, le pouvoir d'achat élevé de ces ménages leur conduit à la consommation des produits de luxe, des produits importées et à une alimentation riche en viande, augmentant par conséquent leurs émissions de carbone. En revanche, les ménages des IMU où les professions prédominantes sont des employés, ouvriers ou petits commerçant affichent des niveaux des émissions de carbone significativement plus bas. Ces ménages tendent à adopter des modes de vie moins énergivores, limitant leur consommation de biens et de services à forte intensité de carbone.

En effet, les ménages résidant dans les IMU classés LCZ 4 et LCZ 5 dans des appartements à coût moyen (cités HLM et Panorama), affichent des taux d'émissions de carbone des ménages moyen, soit respectivement 13,58 et 12,89 t eq CO_2/ménage. Ces ménages, principalement constitués d'employés à revenus intermédiaires, montrent une consommation modérée. Ils possèdent généralement une seule voiture et utilisent couramment les transports en commun, notamment les bus et les taxis. Ils possèdent des appareils électroniques et électroménagers de gamme moyenne, achètent des produits locaux, et consomment modérément de la viande. Leur consommation énergétique est plus

élevée de celle des ménages ruraux, mais inférieure à celle des cadres supérieurs et des commerçants.

Les ménages des IMU de classe LCZ 2 et LCZ 6, respectivement Boumaâti et El Mokrania, composés majoritairement d'ouvriers et de petits commerçant et caractérisés par des logements de coût abordable, affichent un taux d'émission de carbone plus bas, respectivement 10,98 et 9,98 t eq CO_2 / ménage, en raison de leurs revenus plus modestes, limitant leur capacité à consommer de biens et de services à forte émissions de carbone. Leur consommation est principalement locale et moins énergivore.

L'îlot rural, où les ménages se concentrent principalement sur l'autoproduction alimentaire, présente les émissions les plus faibles, soit 9,40 t eq CO_2/ ménage, en raison de: (i) la typologie de leur habitation nécessitant moins de chauffage et de climatisation grâce à la bonne isolation thermique et la forte présence des espaces verts , et (ii) l'adoption d'un mode de vie moins axé sur la consommation des biens et des services, ce qui se traduit par des émissions indirectes de carbone réduites 1,05 t eq CO_2, comparé aux ménages des IMU de classe LCZ 3 (3,38 t eq CO_2), LCZ 4 (1,82 t eq CO_2) et LCZ 5 (1,77 t eq CO_2).

Il est notable que l'IMU de classe LCZ3, avec une densité élevée de construction et une végétation relativement absente, exacerbe l'effet d'îlot de chaleur urbain, augmentant ainsi la demande énergétique, notamment durant la saison estivale. En revanche, les autres IMU, caractérisés par un espacement entre les constructions et/ou la présence de végétation présente un niveau d'émission de carbone, notamment celui associé à la consommation d'énergie domestique, plus bas. Ces observations soulignent l'impact significatif des propriétés géométrique et de la couverture du sol sur les émissions de carbone. Toutefois, nous constatons que la classification en LCZ seule ne suffit pas à expliquer entièrement les différences d'émissions de carbone entre les classes. D'autres facteurs, notamment la taille du ménage et la profession, jouent un rôle déterminant. Cela est confirmé par les résultats obtenus, particulièrement de l'IMU de classe LCZ 2. Malgré qu'il se caractérise par une densité élevée de construction et un déficit en espaces verts, il affiche un taux d'émission de carbone deux fois moins élevé que celles du LCZ 3 et inférieures également à celles des IMU de classe LCZ 4 et LCZ 5. Par conséquent, il serait pertinent de développer une nouvelle classification des îlots urbains et ruraux en **zones de dynamiques énergétiques homogènes locales**, combinant la couverture du sol, les propriétés géométriques, radiatives, thermiques et métabolique, ainsi que les facteurs socio-économiques,

énergétiques et comportementaux, afin de faciliter l'évaluation et la comparaison des émissions de carbone des ménages. De ce qui précède, les résultats obtenus dans cette étude ne peuvent pas être généralisés à l'ensemble des IMU d'El Harrach appartenant à la même classe.

8.4 Leviers d'action pour la réduction du bilan carbone ménage dans les échantillons d'étude d'El Harrach

Comme évoqué antérieurement, la réduction des émissions de carbone au niveau local requière des interventions ciblées sur les principales sources d'émissions des ménages par la mise en place des actions de réduction appropriées. Les résultats obtenus dans cette étude ont permis de quantifier la contribution de chaque catégorie aux émissions de carbone des ménages étudiés, tout en identifiant les sources responsables de ces émissions. En s'appuyant sur ces données et de la littérature scientifique développée précédemment, nous proposons des actions visant à diminuer les émissions de carbone provenant des sources identifiées et à optimiser ainsi le bilan carbone des ménages. à cet effet, nous nous concentrons exclusivement sur les classes étudiées présentant des taux d'émission de carbone par personne supérieurs à la limite mondiale, à savoir les classes LCZ 3 (Belle vue), LCZ 4 (Cité HLM), LCZ 5 (Cité Panorama) et LCZ 2 (Boumaâti) (tableau 8.4).

Outre ces actions visant les sources d'émission, Il est impératif que l’ensemble des ménages adopte des pratiques durables telles que le recyclage des eaux usées et des eaux grises, la récupération des eaux pluviales et la préservation des espaces verts existants dans leur environnement résidentiel, malgré la couverture végétale très insuffisante. De plus, un effort de verdissement est essentiel, à travers:

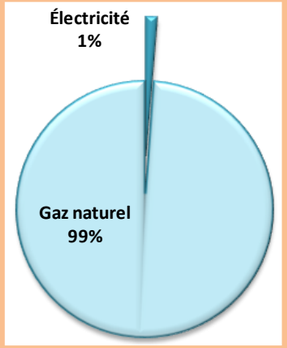
- La plantation des arbres et de végétations grimpantes;
- La végétalisation des toits;
- La création des potagers communautaires;
- Le choix d'espèces locales, adaptées aux conditions microclimatiques, non allergènes, peu gourmandes en eau et faciles à entretenir;
- La priorité accordée aux espèces générant une biomasse importante.

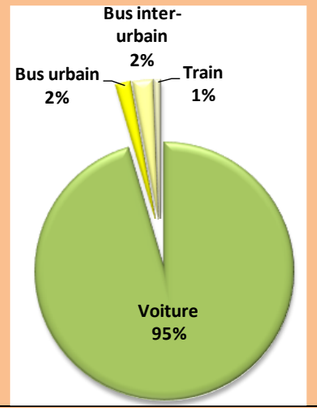
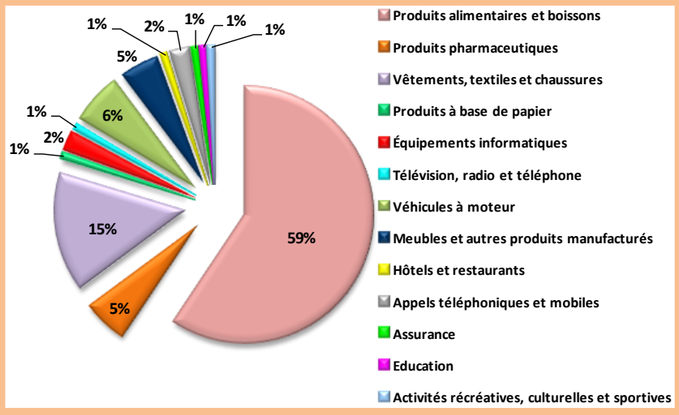
Ces actions contribuent à la réduction de la consommation d'énergie domestique, notamment durant la période estivale, par la création des îlots de fraîcheur urbains, tout en participant à la compensation et l'absorption du carbone.

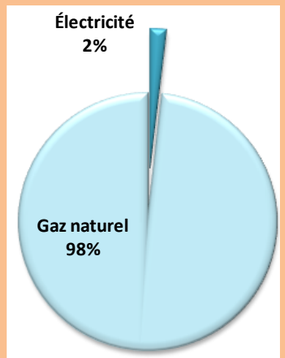
Par ailleurs, il est crucial de souligner que la mise en œuvre de ces actions par les ménages d'El Harrach requiert un soutien actif des collectivités locales, notamment par des mécanismes incitatifs et des aides financières. Ces derniers sont particulièrement nécessaires pour encourager l'adoption des énergies renouvelables au sein des ménages, l'amélioration de l'isolation thermique de leurs logements et la végétalisation de leurs milieux résidentiels. En outre, le développement des infrastructures de déplacement durables, écologiquement responsables performantes et diversifiées constitue un levier essentiel afin d'assurer la transition vers des modes de vie sobre en carbone.

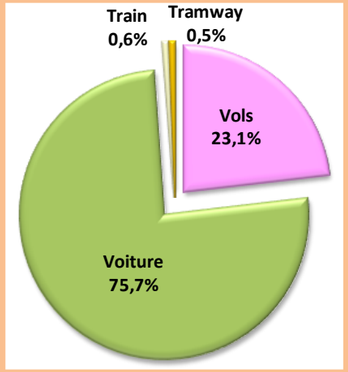
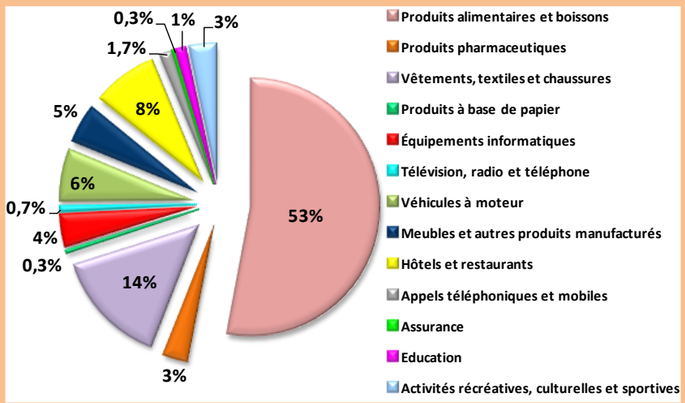
.

Tableau 8.4 Les sources d'émission de carbone des ménages dans les échantillons d'étude et la proposition de leviers d'action pour la réduction.

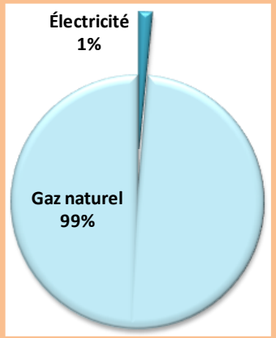
Échantillons d'étude	Sources d'émission de carbone			Leviers d'action possibles	
				Mesures	**Actions**
LCZ 2 Boumaâti	**Énergie domestique** 	**Électricité**	**Éclairage**	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éviter l'éclairage en plein jour
					Éteindre la lumière inutilisée
					Installer des détecteurs de présence d'éclairage
				Favoriser les équipements moins énergivores.	Mettre en place des lampes basses consommation
			Appareils électroménagers et électroniques	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éteindre les appareils inutilisés
					Éviter les appareils en mode veille
					Favoriser les dispositifs débranchant automatiquement les appareils inutilisés
					Assurer un entretien régulier des appareils afin qu'ils fonctionnent à leur efficacité maximale
				Favoriser les équipements moins énergivores	Choisir des appareils ménagers à moins consommation d'énergie
					Choisir des appareils labélisés
			Climatisation	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Baisser les stores et mettre les volets
					Se procurer des persiennes à l'italienne, moucharabiehs, ou des volets épais
					Minimiser les apports intérieurs de chaleur en éteignant les appareils électriques inutilisés
					Limiter les activités physiques de personnes du logement
					Ouvrir les fenêtres la nuit pour diffuser la fraîcheur nocturne
					Garder les fenêtres fermées durant la journée
					Réduire l'utilisation des climatiseurs
					Assurer un entretien régulier du système de climatisation
				Favoriser les équipements moins énergivores	Mettre en place un bon système de ventilation
					Favoriser la circulation d'eau froide dans les plafonds
			Pompes et autres équipements domestiques	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Réduire le temps d'utilisation, si nécessaire
					Assurer un entretien régulier pour que les pompes et les équipements fonctionnent à leur efficacité maximale
				Favoriser les pompes et les équipements domestiques moins énergivores	Choisir des pompes et des équipements domestiques à moins consommation d'énergie
					Alimenter le système de pompage et les autres équipements par des panneaux solaires
					Installer des pompes à chaleur
			Dépendance aux énergies fossile	Développer les énergies renouvelables	Installation des panneaux solaires photovoltaïque
					Exploiter la biomasse pour la production de l'électricité domestique
		Gaz naturel	**Chauffage**	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Empêcher l'échappement de chaleur
					Assurer une isolation thermique du logement
					Trouver la bonne température sans excès
					Éviter de chauffer les locaux inoccupés
				Favoriser les équipements moins énergivores	Choisir des appareils efficaces et en bonne état
					Choisir un mode de chauffage adapté
				Exploiter les énergies renouvelables	Installer des capteurs solaires thermiques
					Utiliser la biomasse pour le chauffage domestique
			Cuisson	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éviter que l'énergie de cuisson parte en fumée
					Trouver la juste quantité d'eau et éviter le surplus d'eau dans la casserole
					Mettre en couvercle sur la casserole pendant la cuisson
					Réduire la puissance du feu désque l'eau est à ébullition
					Adapter le diamètre du feu à celui de l'ustensile de cuisine
					Éteindre la plaque avant le terme de la cuisson en profitant de la chaleur latente
					Bien isoler la casserole du froid extérieur

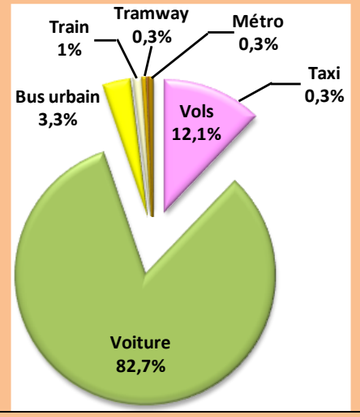
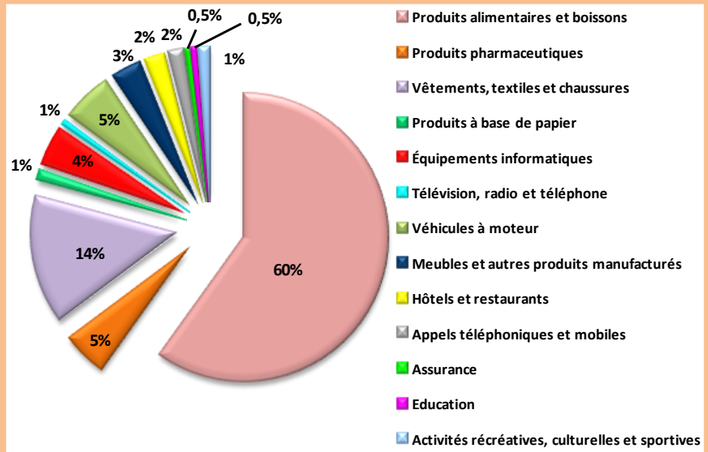
					Optimiser la chaleur du four en y mettant plusieurs plats en même temps
					Favoriser les cuissons avec un étouffé ou une cocotte minute
				Favoriser les équipements moins énergivores	Choisir des appareils de cuisson à moins consommation d'énergie
					Choisir des appareils de cuisson labélisés
			Eau chaude	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éviter de laisser couler l'eau avant d'avoir la température désirée
					Réduire les distances entre chauffe -eau et robinet
					Recouvrir les canalisations d'eau chaude avec des manchons d'isolant
					Régler la température du chauffe-eau sur 60°C
					Mettre un programmateur au chauffe-eau afin de l'ajuster
					Sur-isoler le chauffe-eau
				Favoriser les équipements moins énergivores	Utilisation des chauffe-eau solaire
					Favoriser des robinets thermostatiques et des mitigeurs
					Favoriser les pommettes de douche à faible débit
	Transport 		**Voiture**	Réduire les fréquences et les distances de déplacements	Optimiser les trajets
					Faire des courses en revenant du travail
					Se faire livrer ses courses à domicile
					Privilégier les achats de proximité
				Réduire la consommation des carburants par les véhicules	Veiller à bien gonfler les pneus
					Régler le moteur
					Conduire souplement et respecter les limitations de vitesse
					Couper le contact en cas d'un arrêt prolongé
					Démarrer en douceur les moteurs à froid
					Déplacer avec la voiture la plus adaptée aux besoins et la moins émettrice de CO_2
				Utiliser des carburants alternatifs	Encourager l'acquisition des véhicules: - Au gaz de pétrola liquéfié (GPL) - Au gaz naturel véhicule (GNV)
				Privilégier les modes de déplacement durables	Utiliser les transports en commun écologiques (tramway, métro, train)
					Favoriser l'utilisation du vélo
					Favoriser la marche à pied
					Favoriser le covoiturage, l'autopartage, le taxi-partage
	Secondaires 		**Produits alimentaires et boissons**	Limiter la consommation des produits à impact environnemental	Implanter des potagers sur les terrasses, les balcons, et les jardins communautaires
					Choisir des produits de la saison
					Consommer des aliments biologiques
					Favoriser les aliments d'origine végétale
					Favoriser l'utilisation des cabas/paniers
					Éliminer les sacs plastiques
					Adapter les consommations aux besoins
					Consommer de manière optimale
					Limiter les emballages
					Privilégier les produits durables plutôt que les produits jetables
				Réduire le gaspillage alimentaire	Éviter l'achat excessif de produits alimentaires
					Conserver correctement les aliments
				Optimiser la consommation d'eau	Préparer les repas en économisant de l'eau
					Favoriser le recyclage des eaux usées et les eaux pluviales
				Diminuer la production des déchets à la source	Valoriser le recyclage domestique des déchets
					Favoriser le compostage
					Trier les déchets selon leur catégorie
			Produits pharmaceutiques	Réduire le gaspillage et la surconsommation	Gérer efficacement le stock de médicaments disponibles à la maison
				Privilégier les médicaments à base de plantes et les traitements naturels	Opter, dans certains cas, pour des traitements naturels ou des alternatives phytothérapeutiques
				Promouvoir des pratiques de santé préventive	Adopter des comportements de santé préventive
			Vêtements, textiles et chaussures	Choix de matériaux durable	Privilégier des vêtements, textiles et chaussures fabriqués à partir des de matériaux durables
					Éviter les vêtements et textiles en matières synthétiques
				Favoriser un achat responsable	Acheter moins tout en privilégiant les pièces de qualité qui durent plus

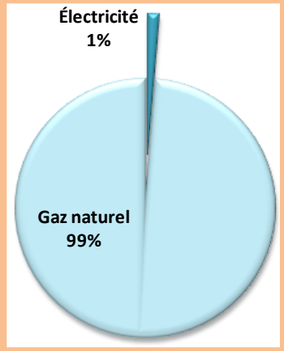
					Acheter auprès de marques et d'entreprises éco-responsables
		Véhicules à moteur		Optimiser l'entretien et la durée de vie de véhicule	Assurer un entretien régulier de véhicule
				Réparer et recycler les pièces	Favoriser le recyclage et la réparation des pièces détachées
		Meubles et autres produits manufacturés		Optimiser la durabilité et la réparabilité	Choisir des meubles conçus pour durer plus longtemps
					Encourager l'adoption de meubles modulaires et réutilisables
				Choisir des produits à faible impact environnemental	Opter pour des meubles et produits manufacturés certifiés, fabriqués à partir des matériaux durables et écologiques
				Promouvoir le recyclage et la réutilisation	Recycler le vieux meuble
					Acheter de meubles d'occasion ou reconditionner
LCZ 3 Belle vue	**<u>Énergie domestique</u>** 	**Électricité**	**Éclairage**	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éviter l'éclairage en plein jour
					Éteindre la lumière inutilisée
					Installer des détecteurs de présence d'éclairage
				Favoriser les équipements moins énergivores	Mettre en place des lampes basses consommation
			Appareils électroménagers, électroniques et de divertissements	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éteindre les appareils inutilisés
					Éviter les appareils en mode veille
					Favoriser les dispositifs débranchant automatiquement les appareils inutilisés
					Assurer un entretien régulier des appareils afin qu'ils fonctionnent à leur efficacité maximale
				Favoriser les équipements moins énergivores.	Choisir des appareils ménagers à moins consommation d'énergie
					Choisir des appareils labélisés
			Climatisation	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Baisser les stores et mettre les volets
					Se procurer des persiennes à l'italienne, moucharabiehs, ou des volets épais
					Minimiser les apports intérieurs de chaleur en éteignant les appareils électriques inutilisés
					Limiter les activités physiques de personnes du logement
					Ouvrir les fenêtres la nuit pour diffuser la fraicheur nocturne
					Garder les fenêtres fermées durant la journée
					Réduire l'utilisation des climatiseurs
					Assurer un entretien régulier du système de climatisation
				Favoriser les équipements moins énergivores.	Installation des puits provençal
					Mettre en place un bon système de ventilation
					Favoriser la circulation d'eau froide dans les plafonds
			Pompes et autres équipements domestiques	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Réduire le temps d'utilisation, si nécessaire
					Assurer un entretien régulier pour que les pompes et les équipements fonctionnent à leur efficacité maximale
				Favoriser les équipements moins énergivores.	Choisir des les pompes et les équipements domestiques à moins consommation d'énergie
					Alimenter le système de pompage et les autres équipements par des panneaux solaires
					Installer des pompes à chaleur
			Cuisson	Favoriser les équipements moins énergivores.	Favoriser les cuisinières à gaz
					Éviter les plaques électriques et le four à micro-ondes
			Dépendance aux énergies fossile	Développer les énergies renouvelables	Installation des panneaux solaires photovoltaïque
					Exploiter la biomasse pour la production de l'électricité domestique
		Gaz naturel	**Chauffage**	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Empêcher l'échappement de chaleur
					Assurer une isolation thermique du logement
					Trouver la bonne température sans excès
					Éviter de chauffer les locaux inoccupés
				Favoriser les équipements moins énergivores.	Choisir des appareils efficaces et en bonne état
					Choisir un mode de chauffage adapté
				Exploiter les énergies renouvelables	Installer des capteurs solaires thermiques
					Utiliser la biomasse pour le chauffage domestique
			Cuisson	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éviter que l'énergie de cuisson parte en fumée
					Trouver la juste quantité d'eau et éviter le surplus d'eau dans la casserole
					Mettre en couvercle sur la casserole pendant la cuisson
					Réduire la puissance du feu dès que l'eau est à ébullition
					Adapter le diamètre du feu à celui de l'ustensile de cuisine
					Éteindre la plaque avant le terme de la cuisson en profitant de la chaleur latente
					Bien isoler la casserole du froid extérieur
					Optimiser la chaleur du four en y mettant plusieurs plats en même temps
					Favoriser les cuissons avec un étouffé ou une cocotte minute
				Favoriser les équipements moins	Choisir des appareils de cuisson à moins consommation d'énergie

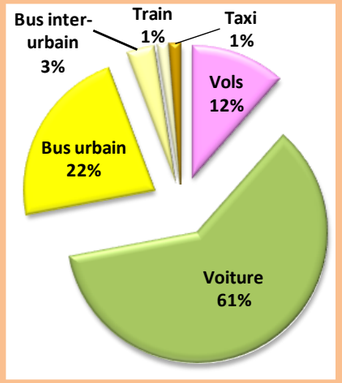
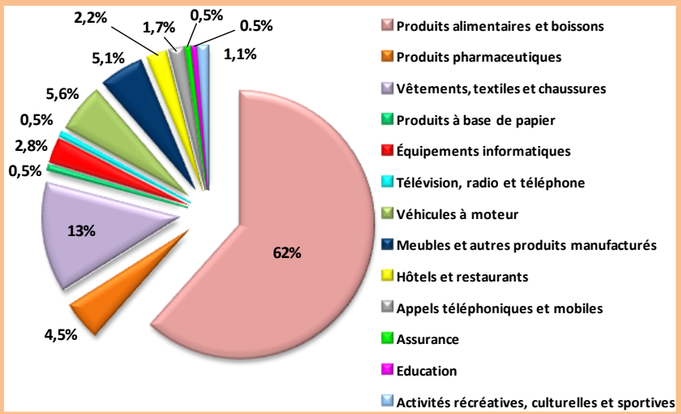
				énergivores.		Choisir des appareils de cuisson labélisés
			Eau chaude	Lutter contre le gaspillage de l'énergie		Éviter de laisser couler l'eau avant d'avoir la température désirée
						Réduire les distances entre chauffe -eau et robinet
						Recouvrir les canalisations d'eau chaude avec des manchons d'isolant
						Régler la température du chauffe-eau sur 60°C
						Mettre un programmateur au chauffe-eau afin de l'ajuster
						Sur-isoler le chauffe-eau
				Favoriser les équipements moins énergivores.		Utilisation des chauffes-eau solaire
						Favoriser des robinets thermostatiques et des mitigeurs
						Favoriser les pommettes de douche à faible débit
	Transport 		**Voiture**	Réduire les fréquences et les distances de déplacements		Optimiser les trajets
						Faire des courses en revenant du travail
						Se faire livrer ses courses à domicile
						Privilégier les achats de proximité
				Réduire la consommation des carburants par les véhicules		Veiller à bien gonfler les pneus
						Régler le moteur
						Conduire souplement et respecter les limitations de vitesse
						Couper le contact en cas d'un arrêt prolongé
						Démarrer en douceur les moteurs à froid
						Déplacer avec la voiture la plus adaptée aux besoins et la moins émettrice de CO_2
				Utiliser des carburants alternatifs		Encourager l'acquisition des véhicules: - Au gaz de pétrola liquéfié (GPL) - Au gaz naturel véhicule (GNV)
				Privilégier les modes de déplacement durables		Utiliser les transports en commun écologiques (tramway, métro, train)
						Favoriser l'utilisation du vélo
						Favoriser la marche à pied
						Favoriser le covoiturage, l'auto-partage, le taxi-partage
			Vols	Pour les voyages touristiques	Favoriser le tourisme local et régional	Limiter les longs trajets
						Découvrir des destinations proches
						Explorer les richesses locales
					Favoriser les compagnies aériennes engagées	Choisir des compagnies aériennes écologiques ayant des programmes de compensation de leurs émissions
						Privilégier les compagnies aériennes certifiées
				Pour les voyages d'affaires	Privilégier les réunions à distance	Utiliser les technologies de communication afin d'éviter les déplacements non essentiels
						Limiter les longs trajets
					Favoriser les compagnies aériennes engagées	Choisir des compagnies aériennes écologiques ayant des programmes de compensation de leurs émissions
						Privilégier les compagnies aériennes certifiées
	Secondaires 		**Produits alimentaires et boissons**	Limiter la consommation des produits à impact environnemental		Privilégier les circuits courts de production, de distribution et de consommation
						Privilégier les produits locaux
						Implanter des potagers sur les terrasses, les balcons, et les jardins communautaires
						Choisir des produits de la saison
						Consommer des aliments biologiques
						Acheter des produits frais chez le producteur ou dans les commerces de proximité
						Diminuer la consommation de viande et de produits laitiers
						Favoriser les aliments d'origine végétale
						Favoriser l'utilisation des cabas/paniers
						Éliminer les sacs plastiques
						Adapter les consommations aux besoins
						Consommer de manière optimale
						Limiter les emballages
						Privilégier les produits durables plutôt que les produits jetables
				Réduire le gaspillage alimentaire		Éviter l'achat excessif de produits alimentaires
						Conserver correctement les aliments
				Optimiser la consommation d'eau		Préparer les repas en économisant de l'eau
						Favoriser le recyclage des eaux usées
				Diminuer la production des déchets à la source		Valoriser le recyclage domestique des déchets
						Favoriser le compostage
						Trier les déchets selon leur catégorie

		Produits pharmaceutiques		Réduire le gaspillage et la surconsommation	Gérer efficacement le stock de médicaments disponibles à la maison
				Privilégier les médicaments à base de plantes et les traitements naturels	Opter, dans certains cas, pour des traitements naturels ou des alternatives phytothérapeutiques
				Promouvoir des pratiques de santé préventive	Adopter des comportements de santé préventive
		Vêtements, textiles et chaussures		Choix de matériaux durable	Privilégier des vêtements, textiles et chaussures fabriqués à partir des de matériaux durables
					Éviter les vêtements et textiles en matières synthétiques
				Favoriser un achat responsable	Acheter moins tout en privilégiant les pièces de qualité qui durent plus
					Acheter auprès de marques et d'entreprises éco-responsables
				Éviter les achats impulsifs	Planifier les achats selon les besoins réels
					Entretenir correctement les vêtements, chaussures et textiles afin de prolonger leur durée de vie
		Équipements informatiques		Prolonger la durée de vie des équipements informatiques	Privilégier la réparation des équipements informatiques plutôt que leur remplacement
					Effectuer régulièrement des mises à jour logicielles afin d'améliorer la performances des équipements informatiques
				Acheter des équipements reconditionnés ou d'occasion	Opter pour des équipements informatiques d'occasion en bon état
				Gérer les déchets électroniques de manière responsable	Recycler correctement les équipements informatiques en fin de vie via des filières spécialisées tout en récupérant les matériaux précieux
					Donner ou revendre si l'équipement informatique est encore fonctionnel
		Véhicules à moteur		Optimiser l'entretien et la durée de vie de véhicule	Assurer un entretien régulier de véhicule
				Réparer et recycler les pièces	Favoriser le recyclage et la réparation des pièces détachées
		Meubles et autres produits manufacturés		Optimiser la durabilité et la réparabilité	Choisir des meubles conçus pour durer plus longtemps
					Encourager l'adoption de meubles modulaires et réutilisables
				Choisir des produits à faible impact environnemental	Opter pour des meubles et produits manufacturés certifiés, fabriqués à partir des matériaux durables et écologiques
				Promouvoir le recyclage et la réutilisation	Recycler le vieux meuble
					Acheter de meubles d'occasion ou reconditionner
		Hôtels et restaurants		Privilégier les établissements et les pratiques écoresponsables	Choisir des hôtels et restaurants durables
					Favoriser les chaînes hôtelières qui mettent en place des politiques de réduction de l'énergie et d'utilisation des énergies renouvelables
				Encourager le tourisme local et durable	Limiter les voyages à longue distance
					Privilégier les séjours locaux ou régionaux
				Consommer des produits locaux et de la saison	Choisir des restaurants qui mettent en avant les produits locaux et de la saison
				Adopter une alimentation à faible empreinte carbone	Réduire la consommation des viandes, en particulier la viande rouge
					Choisir des options végétariennes
				Éviter le gaspillage alimentaire	Commander uniquement ce qui sera consommé
		Activités récréatives, culturelles et sportives		Privilégier les loisirs à faible impact environnemental	Choisir des activités en plein air à faible impact, telles que la randonnée, le vélo, etc.
					Réduire les loisirs gourmands en énergie (jeux vidéo, cinéma 3D; 7D;...) et les loisirs motorisés (scooters des mers, quads,...)
				Encourager le tourisme local et durable	Participer à des visites culturelles, des festivals locaux ou des excursions proches
				Utiliser des infrastructures et équipements durables	Choisir des infrastructures de loisirs écologique (parcs de loisirs, musées, centres sportifs) intégrant l'efficacité énergétique, le recyclage et les énergies renouvelables
					Opter pour la location ou le partage des équipements de loisirs
				Adopter des pratiques de loisirs communautaires et collaboratifs	Participer à des loisirs communautaires favorisant l'interaction sociale
					Réduire la surconsommation lors des loisirs, en évitant les achats jetables
LCZ 4 Cité HLM		**Électricité**	**Éclairage**	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éviter l'éclairage en plein jour
					Éteindre la lumière inutilisée
					Installer des détecteurs de présence d'éclairage
				Favoriser les équipements moins énergivores	Mettre en place des lampes basses consommation
			Appareils électroménagers et électroniques	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éteindre les appareils inutilisés
					Éviter les appareils en mode veille
					Favoriser les dispositifs débranchant automatiquement les appareils inutilisés
					Assurer un entretien régulier des appareils afin qu'ils fonctionnent à leur efficacité maximale

	Énergie domestique 	**Gaz naturel**		Favoriser les équipements moins énergivores	Choisir des appareils ménagers à moins consommation d'énergie
					Choisir des appareils labélisés
			Climatisation	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Baisser les stores et mettre les volets
					Se procurer des persiennes à l'italienne, moucharabiehs, ou des volets épais
					Minimiser les apports intérieurs de chaleur en éteignant les appareils électriques inutilisés
					Limiter les activités physiques de personnes du logement
					Ouvrir les fenêtres la nuit pour diffuser la fraicheur nocturne
					Garder les fenêtres fermées durant la journée
					Réduire l'utilisation des climatiseurs
					Assurer un entretien régulier du système de climatisation
				Favoriser les équipements moins énergivores	Mettre en place un bon système de ventilation
					Favoriser la circulation d'eau froide dans les plafonds
			Pompes et autres équipements domestiques	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Réduire le temps d'utilisation, si nécessaire
					Assurer un entretien régulier pour que les pompes et les équipements fonctionnent à leur efficacité maximale
				Favoriser les équipements moins énergivores	Choisir des les pompes et les équipements domestiques à moins consommation d'énergie
					Alimenter le systéme de pompage et les autres équipements par des panneaux solaires
					Installer des pompes à chaleur
			Dépendance aux énergies fossile	Développer les énergies renouvelables	Installation des panneaux solaires photovoltaïque
					Exploiter la biomasse pour la production de l'électricité domestique
			Chauffage	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Empêcher l'échappement de chaleur
					Assurer une isolation thermique du logement
					Trouver la bonne température sans excès
					Éviter de chauffer les locaux inoccupés
				Favoriser les équipements moins énergivores	Choisir des appareils efficaces et en bonne état
					Choisir un mode de chauffage adapté
				Exploiter les énergies renouvelables	Installer des capteurs solaires thermiques
					Utiliser la biomasse pour le chauffage domestique
			Cuisson	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éviter que l'énergie de cuisson parte en fumée
					Trouver la juste quantité d'eau et éviter le surplus d'eau dans la casserole
					Mettre en couvercle sur la casserole pendant la cuisson
					Réduire la puissance du feu dés que l'eau est à ébullition
					Adapter le diamètre du feu à celui de l'ustensile de cuisine
					Éteindre la plaque avant le terme de la cuisson en profitant de la chaleur latente
					Bien isoler la casserole du froid extérieur
					Optimiser la chaleur du four en y mettant plusieurs plats en même temps
					Favoriser les cuissons avec un étouffé ou une cocotte minute
				Favoriser les équipements moins énergivores	Choisir des appareils de cuisson à moins consommation d'énergie
					Choisir des appareils de cuisson labélisés
			Eau chaude	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éviter de laisser couler l'eau avant d'avoir la température désirée
					Réduire les distances entre chauffe -eau et robinet
					Recouvrir les canalisations d'eau chaude avec des manchons d'isolant
					Régler la température du chauffe-eau sur 60°C
					Mettre un programmateur au chauffe-eau afin de l'ajuster
					Sur-isoler le chauffe-eau
				Favoriser les équipements moins énergivores	Utilisation des chauffes-eau solaire
					Favoriser des robinets thermostatiques et des mitigeurs
					Favoriser les pommettes de douche à faible débit
		Voiture		Réduire les fréquences et les distances de déplacements	Optimiser les trajets
					Faire des courses en revenant du travail
					Se faire livrer ses courses à domicile
					Privilégier les achats de proximité
				Réduire la consommation des carburants par les véhicules	Veiller à bien gonfler les pneus
					Régler le moteur
					Conduire souplement et respecter les limitations de vitesse
					Couper le contact en cas d'un arrêt prolongé
					Démarrer en douceur les moteurs à froid
					Déplacer avec la voiture la plus adaptée aux besoins et la moins émettrice de CO_2
				Utiliser des carburants alternatifs	Encourager l'acquisition des véhicules: - Au gaz de pétrola liquéfié (GPL) - Au gaz naturel véhicule (GNV)
				Privilégier les modes de déplacement durables	Utiliser les transports en commun écologiques (tramway, métro, train)
					Favoriser l'utilisation du vélo

	Transport 				Favoriser la marche à pied
					Favoriser le covoiturage, l'auto-partage, le taxi-partage
		Transport en commun	Réduire l'utilisation des modes de transport motorisés		Favoriser la marche à pied et le vélo
					Utiliser les transports en commun écologiques (tramway, métro, train)
		Vols	Pour les voyages touristiques	Favoriser le tourisme local et régional	Limiter les longs trajets
					Découvrir des destinations proches
					Explorer les richesses locales
				Favoriser les compagnies aériennes engagées	Choisir des compagnies aériennes écologiques ayant des programmes de compensation de leurs émissions
					Privilégier les compagnies aériennes certifiées
			Pour les voyages d'affaires	Privilégier les réunions à distance	Utiliser les technologies de communication afin d'éviter les déplacements non essentiels
					Limiter les longs trajets
				Favoriser les compagnies aériennes engagées	Choisir des compagnies aériennes écologiques ayant des programmes de compensation de leurs émissions
					Privilégier les compagnies aériennes certifiées
	Secondaires 	**Produits alimentaires et boissons**	Limiter la consommation des produits à impact environnemental		Privilégier les circuits courts de production, de distribution et de consommation
					Privilégier les produits locaux
					Implanter des potagers sur les terrasses, les balcons, et les jardins communautaires
					Choisir des produits de la saison
					Consommer des aliments biologiques
					Acheter des produits frais chez le producteur ou dans les commerces de proximité
					Diminuer la consommation de viande et de produits laitiers
					Favoriser les aliments d'origine végétale
					Favoriser l'utilisation des cabas/paniers
					Éliminer les sacs plastiques
					Adapter les consommations aux besoins
					Consommer de manière optimale
					Limiter les emballages
					Privilégier les produits durables plutôt que les produits jetables
			Réduire le gaspillage alimentaire		Éviter l'achat excessif de produits alimentaires
					Conserver correctement les aliments
			Optimiser la consommation d'eau		Préparer les repas en économisant de l'eau
					Favoriser le recyclage des eaux usées
			Diminuer la production des déchets à la source		Valoriser le recyclage domestique des déchets
					Favoriser le compostage
					Trier les déchets selon leur catégorie
		Produits pharmaceutiques	Favoriser les produits ayant un emballage recyclable ou biodégradable		Opter pour des produits pharmaceutiques qui utilisent des emballages écologiques
			Réduire le gaspillage et la surconsommation		Gérer efficacement le stock de médicaments disponibles à la maison
			Privilégier les médicaments à base de plantes et les traitements naturels		Opter, dans certains cas, pour des traitements naturels ou des alternatives phytothérapeutiques
			Promouvoir des pratiques de santé préventive		Adopter des comportements de santé préventive
		Vêtements, textiles et chaussures	Choix de matériaux durable		Privilégier des vêtements, textiles et chaussures fabriqués à partir des de matériaux durables
					Éviter les vêtements et textiles en matières synthétiques
			Favoriser un achat responsable		Acheter moins tout en privilégiant les pièces de qualité qui durent plus
					Acheter auprès de marques et d'entreprises éco-responsables
			Éviter les achats impulsifs		Planifier les achats selon les besoins réels
					Entretenir correctement les vêtements, chaussures et textiles afin de prolonger leur durée de vie
		Équipements informatiques	Prolonger la durée de vie des équipements informatiques		Privilégier la réparation des équipements informatiques plutôt que leur remplacement
					Effectuer régulièrement des mises à jour logicielles afin d'améliorer la performances des équipements informatiques
			Acheter des équipements reconditionnés ou d'occasion		Opter pour des équipements informatiques d'occasion en bon état
			Gérer les déchets électroniques de manière responsable		Recycler correctement les équipements informatiques en fin de vie via des filières spécialisées tout en récupérant les matériaux précieux
					Donner ou revendre si l'équipement informatique est encore fonctionnel
		Véhicules à moteur	Optimiser l'entretien et la durée de vie de véhicule		Assurer un entretien régulier de véhicule

			Réparer et recycler les pièces	Favoriser le recyclage et la réparation des pièces détachées
		Meubles et autres produits manufacturés	Optimiser la durabilité et la réparabilité	Choisir des meubles conçus pour durer plus longtemps
				Encourager l'adoption de meubles modulaires et réutilisables
			Choisir des produits à faible impact environnemental	Opter pour des meubles et produits manufacturés certifiés, fabriqués à partir des matériaux durables et écologiques
			Promouvoir le recyclage et la réutilisation	Recycler le vieux meuble
				Acheter de meubles d'occasion ou reconditionner
LCZ 5 Cité Panorama	**Énergie domestique** 	**Électricité**	**Éclairage**	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éviter l'éclairage en plein jour
					Éteindre la lumière inutilisée
					Installer des détecteurs de présence d'éclairage
				Favoriser les équipements moins énergivores	Mettre en place des lampes basses consommation
			Appareils électroménagers et électroniques	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éteindre les appareils inutilisés
					Éviter les appareils en mode veille
					Favoriser les dispositifs débranchant automatiquement les appareils inutilisés
					Assurer un entretien régulier des appareils afin qu'ils fonctionnent à leur efficacité maximale
				Favoriser les équipements moins énergivores	Choisir des appareils ménagers à moins consommation d'énergie
					Choisir des appareils labélisés
			Climatisation	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Baisser les stores et mettre les volets
					Se procurer des persiennes à l'italienne, moucharabiehs, ou des volets épais
					Minimiser les apports intérieurs de chaleur en éteignant les appareils électriques inutilisés
					Limiter les activités physiques de personnes du logement
					Ouvrir les fenêtres la nuit pour diffuser la fraicheur nocturne
					Garder les fenêtres fermées durant la journée
					Réduire l'utilisation des climatiseurs
					Assurer un entretien régulier du système de climatisation
				Favoriser les équipements moins énergivores	Mettre en place un bon système de ventilation
					Favoriser la circulation d'eau froide dans les plafonds
			Pompes et autres équipements domestiques	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Réduire le temps d'utilisation, si nécessaire
					Assurer un entretien régulier pour que les pompes et les équipements fonctionnent à leur efficacité maximale
				Favoriser les équipements moins énergivores	Choisir des les pompes et les équipements domestiques à moins consommation d'énergie
					Alimenter le systéme de pompage et les autres équipements par des panneaux solaires
					Installer des pompes à chaleur
			Dépendance aux énergies fossile	Développer les énergies renouvelables	Installation des panneaux solaires photovoltaïque
					Exploiter la biomasse pour la production de l'électricité domestique
		Gaz naturel	**Chauffage**	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Empêcher l'échappement de chaleur
					Assurer une isolation thermique du logement
					Trouver la bonne température sans excès
					Éviter de chauffer les locaux inoccupés
				Favoriser les équipements moins énergivores	Choisir des appareils efficaces et en bonne état
					Choisir un mode de chauffage adapté
				Exploiter les énergies renouvelables	Installer des capteurs solaires thermiques
					Utiliser la biomasse pour le chauffage domestique
			Cuisson	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éviter que l'énergie de cuisson parte en fumée
					Trouver la juste quantité d'eau et éviter le surplus d'eau dans la casserole
					Mettre en couvercle sur la casserole pendant la cuisson
					Réduire la puissance du feu dés que l'eau est à ébullition
					Adapter le diamètre du feu à celui de l'ustensile de cuisine
					Éteindre la plaque avant le terme de la cuisson en profitant de la chaleur latente
					Bien isoler la casserole du froid extérieur
					Optimiser la chaleur du four en y mettant plusieurs plats en même temps
					Favoriser les cuissons avec un étouffé ou une cocotte minute
				Favoriser les équipements moins énergivores	Choisir des appareils de cuisson à moins consommation d'énergie
					Choisir des appareils de cuisson labélisés
			Eau chaude	Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Éviter de laisser couler l'eau avant d'avoir la température désirée
					Réduire les distances entre chauffe -eau et robinet
					Recouvrir les canalisations d'eau chaude avec des manchons d'isolant
					Régler la température du chauffe-eau sur 60°C
					Mettre un programmateur au chauffe-eau afin de l'ajuster
					Sur-isoler le chauffe-eau
				Favoriser les équipements moins énergivores	Utilisation des chauffes-eau solaire
					Favoriser des robinets thermostatiques et des mitigeurs

					Favoriser les pommettes de douche à faible débit
	Transport 	**Voiture**	Réduire les fréquences et les distances de déplacements		Optimiser les trajets
					Faire des courses en revenant du travail
					Se faire livrer ses courses à domicile
					Privilégier les achats de proximité
			Réduire la consommation des carburants par les véhicules		Veiller à bien gonfler les pneus
					Régler le moteur
					Conduire souplement et respecter les limitations de vitesse
					Couper le contact en cas d'un arrêt prolongé
					Démarrer en douceur les moteurs à froid
					Déplacer avec la voiture la plus adaptée aux besoins et la moins émettrice de CO_2
			Utiliser des carburants alternatifs		Encourager l'acquisition des véhicules: - Au gaz de pétrola liquéfié (GPL) - Au gaz naturel véhicule (GNV)
			Privilégier les modes de déplacement durables		Utiliser les transports en commun écologiques (tramway, métro, train)
					Favoriser l'utilisation du vélo
					Favoriser la marche à pied
					Favoriser le covoiturage, l'auto-partage, le taxi-partage
		Transport en commun	Réduire l'utilisation des modes de transport motorisés		Favoriser la marche à pied et le vélo
					Utiliser les transports en commun écologiques (tramway, métro, train)
		Vols	Pour les voyages touristiques	Favoriser le tourisme local et régional	Limiter les longs trajets
					Découvrir des destinations proches
					Explorer les richesses locales
				Favoriser les compagnies aériennes engagées	Choisir des compagnies aériennes écologiques ayant des programmes de compensation de leurs émissions
					Privilégier les compagnies aériennes certifiées
			Pour les voyages d'affaires	Privilégier les réunions à distance	Utiliser les technologies de communication afin d'éviter les déplacements non essentiels
					Limiter les longs trajets
				Favoriser les compagnies aériennes engagées	Choisir des compagnies aériennes écologiques ayant des programmes de compensation de leurs émissions
					Privilégier les compagnies aériennes certifiées
	Secondaires 	**Produits alimentaires et boissons**	Limiter la consommation des produits à impact environnemental		Privilégier les circuits courts de production, de distribution et de consommation
					Privilégier les produits locaux
					Implanter des potagers sur les terrasses, les balcons, et les jardins communautaires
					Choisir des produits de la saison
					Consommer des aliments biologiques
					Acheter des produits frais chez le producteur ou dans les commerces de proximité
					Diminuer la consommation de viande et de produits laitiers
					Favoriser les aliments d'origine végétale
					Favoriser l'utilisation des cabas/paniers
					Éliminer les sacs plastiques
					Adapter les consommations aux besoins
					Consommer de manière optimale
					Limiter les emballages
					Privilégier les produits durables plutôt que les produits jetables
			Réduire le gaspillage alimentaire		Éviter l'achat excessif de produits alimentaires
					Conserver correctement les aliments
			Optimiser la consommation d'eau		Préparer les repas en économisant de l'eau
					Favoriser le recyclage des eaux usées
			Diminuer la production des déchets à la source		Valoriser le recyclage domestique des déchets
					Favoriser le compostage
					Trier les déchets selon leur catégorie
		Produits pharmaceutiques	Favoriser les produits ayant un emballage recyclable ou biodégradable		Opter pour des produits pharmaceutiques qui utilisent des emballages écologiques
			Réduire le gaspillage et la surconsommation		Gérer efficacement le stock de médicaments disponibles à la maison
			Privilégier les médicaments à base de plantes et les traitements naturels		Opter, dans certains cas, pour des traitements naturels ou des alternatives phytothérapeutiques
			Promouvoir des pratiques de santé préventive		Adopter des comportements de santé préventive

		Vêtements, textiles et chaussures	Choix de matériaux durable	Privilégier des vêtements, textiles et chaussures fabriqués à partir des de matériaux durables
				Éviter les vêtements et textiles en matières synthétiques
			Favoriser un achat responsable	Acheter moins tout en privilégiant les pièces de qualité qui durent plus
				Acheter auprès de marques et d'entreprises éco-responsables
			Éviter les achats impulsifs	Planifier les achats selon les besoins réels
				Entretenir correctement les vêtements, chaussures et textiles afin de prolonger leur durée de vie
		Équipements informatiques	Prolonger la durée de vie des équipements informatiques	Privilégier la réparation des équipements informatiques plutôt que leur remplacement
				Effectuer régulièrement des mises à jour logicielles afin d'améliorer la performance des équipements informatiques
			Acheter des équipements reconditionnés ou d'occasion	Opter pour des équipements informatiques d'occasion en bon état
			Gérer les déchets électroniques de manière responsable	Recycler correctement les équipements informatiques en fin de vie via des filières spécialisées tout en récupérant les matériaux précieux
				Donner ou revendre si l'équipement informatique est encore fonctionnel
		Véhicules à moteur	Optimiser l'entretien et la durée de vie de véhicule	Assurer un entretien régulier de véhicule
			Réparer et recycler les pièces	Favoriser le recyclage et la réparation des pièces détachées
		Meubles et autres produits manufacturés	Optimiser la durabilité et la réparabilité	Choisir des meubles conçus pour durer plus longtemps
				Encourager l'adoption de meubles modulaires et réutilisables
			Choisir des produits à faible impact environnemental	Opter pour des meubles et produits manufacturés certifiés, fabriqués à partir des matériaux durables et écologiques
			Promouvoir le recyclage et la réutilisation	Recycler le vieux meuble
				Acheter de meubles d'occasion ou reconditionner

Source: Auteur; 2023.

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons procédé à une sélection des échantillons représentatifs d'El Harrach, en choisissant un échantillon pour chaque classe LCZ résidentielle. Nous avons calculé les bilans carbone de l'ensemble des ménages résidants dans ces échantillons, à l'aide du calculateur en ligne *Carbon Footprint*, basé sur une **méthode hybride** combinant l'**EE-IO** et l'**ACV**, tout en suivant la démarche méthodologique exposé dans ce chapitre. Les résultats mettent en lumière des **disparités significatives** entre les émissions de carbone des ménages. Les ménages de l'IMU du quartier Belle vue, classé LCZ 3, présentent des émissions **plus importantes**, principalement en raison de **leurs profils socioéconomiques** bénéficiant de **revenus relativement élevés**. Ces derniers leur permettent d'adopter un **mode de vie plus énergivore**. À l'inverse, les ménages des IMU, issus de catégories socio-professionnelles **plus modestes**, affichent des émissions **plus faibles**. La **consommation d'énergie domestique** est identifiée comme la **principale source d'émissions**, suivie des déplacements en voiture et de la consommation des biens et services. À partir de ces résultats, nous avons proposé une série des leviers de réduction visant la diminution des émissions de GES à la source. Ces leviers ciblent spécifiquement les classes qui affichent un taux d'émission par personne dépassant la limite mondiale.

Toutefois, les résultats obtenus **ne sont pas généralisables** à l'ensemble des LCZ d'El Harrach, en raison des **spécificités propres** à chaque îlot. La classification LCZ **seule** ne suffit pas à expliquer ces différences. Une classification complémentaire en **zones de dynamiques énergétiques homogènes locales**, prenant en compte la couverture du sol, les propriétés géométriques, radiatives, thermiques et métabolique, ainsi que les facteurs socio-économiques, énergétiques et comportementaux, est **recommandée**. De plus, il convient de prendre en compte que les ménages dont les émissions de carbone sont inférieures à la limite mondiale peuvent potentiellement connaître une augmentation de revenus et une évolution de leur profil socioéconomique. Ces changements pourraient, à terme, influencer leurs émissions de carbone. Il est donc crucial qu'ils **maintiennent des pratiques durables**. De plus, les ménages à revenus élevés, souvent responsables de dépassements d'émissions, **doivent être sensibilisés à des choix de vie plus durables**.

Dans le chapitre qui suit, nous explorerons comment la planification urbaine locale peut **intégrer** les actions proposées afin de réduire les bilans carbone des ménages.

CHAPITRE IX

PRISE EN CHARGE DES LEVIERS DE REDUCTION DU BILAN CARBONE MENAGE PAR LA PLANIFICATION URBAINE LOCALE

Introduction

Ce chapitre du présent manuscrit vise à démontrer l'importance de l'introduction des leviers de réductions des bilans carbone, en particulier ceux des ménages, dans le processus de planification urbaine locale. Il débutera par une présentation de la démarche méthodologique permettant de quantifier l'impact GES des actions de réduction précédemment identifiées, tout en passant en revue d'exemple la mise en pratique de cette méthodologie, et l'appliquer à notre contexte d'étude. Ensuite, le chapitre exposera des retours d'expériences sur l'élaboration de plans de réduction des émissions de carbone et proposera une démarche méthodologique pour la construction d'un plan de réduction des émissions de carbone adapté à l'échelle domestique. Enfin, il explorera la possibilité d'intégrer la méthodologie de réduction des émissions de carbone des ménages dans le processus de la planification urbaine locale propre à notre cas d'étude, en évaluant ainsi la capacité des instruments d'urbanisme actuels orientant la planification urbaine d'El Harrach à prendre en compte ces questions afin de renforcer la résilience climatique d'El Harrach.

9.1 Quantification de l'impact GES d'une action de réduction du bilan carbone ménage

9.1.1 Démarche méthodologique de quantification de l'impact GES d'une action de réduction du bilan carbone

L'ADEME a développé une méthode **itérative** et **robuste**, nommée "QuantiGES", dans le but d'évaluer l'impact GES d'une action de réduction. Cette méthode, introduite initialement en 2014, est périodiquement mise à jour afin d'intégrer les retours d'expérience collectés par l'ADEME à travers ses utilisateurs. Fondée principalement sur les lignes directrices du *GreenHouse Gas Protocol* (GHG Protocol)[35] et les principes de l'ISO 14064-2[36], elle complète et enrichit les méthodes existantes pour le calcul des émissions de carbone, tel que la Méthode réglementaire pour la réalisation des BEGES, la méthode Bilan Carbone® et la méthode ADEME pour l'évaluation des PCAET. Cette méthode

[35] C'est un ensemble de normes internationales fournissant des outils et des cadres méthodologiques pour la comptabilisation des émissions de GES.

[36] L'ISO 14064-2: 2006 spécifie des principes et des exigences, tout en fournissant des lignes directrices pour la quantification, la surveillance et le reporting des activités visant à réduire les émissions des GES ou à renforcer leur absorption dans le cadre des projets.

s'adresse aux organisations et aux collectivités afin de les guider dans la construction et le pilotage efficace de leurs plans d'action visant la réduction des émissions de GES (ADEME, 2021b).

Selon l'ADEME (2021b): *« L'impact GES d'une action de réduction des émissions GES est la variation des émissions de GES, mesurée en tonne équivalent CO_2, résultant de la mise en œuvre de ladite action. Sa quantification est complexe et ne se limite pas à la simple différence des émissions observées avant/après mise en œuvre de l'action. Par définition, l'impact GES se calcule à partir de la comparaison, sur la période d'observation considérée, entre les émissions de GES du scénario de référence (sans action) et celles du scénario avec action ».*

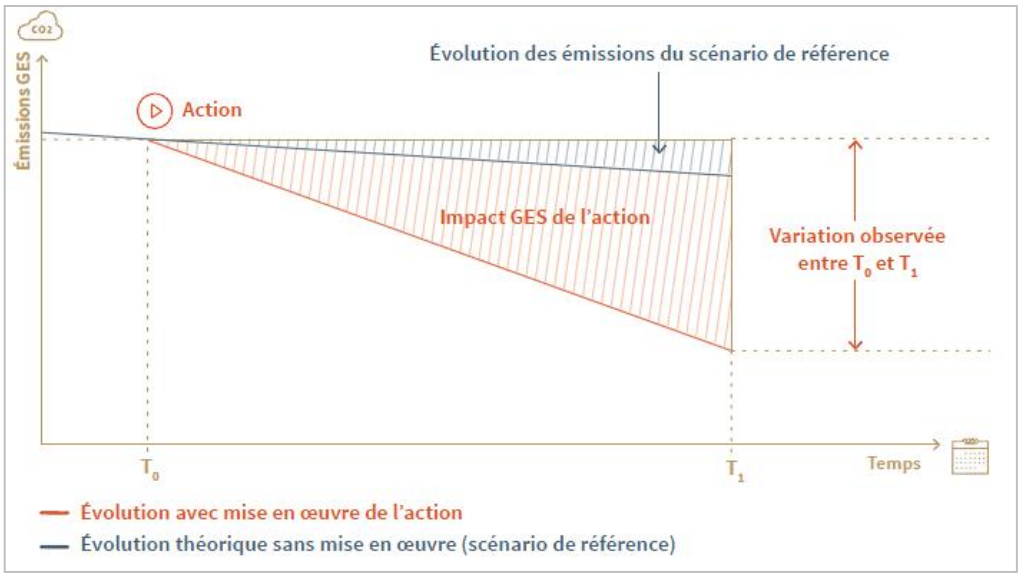


Figure 9.1 Impact GES d'une action.
Source: ADEME, 2021b.

La méthode QuantiGES s'appuie sur une **démarche séquentielle** structurée en huit étapes, organisée en trois phases distinctes (cf. annexe J). Ce cadre aide l'utilisateur dans la caractérisation de l'action visée, la construction de l'arbre des conséquences de cette action, et enfin la mise en œuvre des calculs nécessaires à la quantification des impacts (ADEME, 2021b).

Tableau 9.1 Phasage et étape de la démarche de quantification de l'impact GES d'une action de réduction.

PHASE 1 - CADRAGE	
ÉTAPES 1 et 2	Il s'agit du démarrage de l'exercice : le porteur de l'action et le pilote décrivent en détail l'action et confirment l'objectif de la quantification. C'est également à cette étape qu'ils identifient les acteurs qu'ils mobiliseront lors des phases suivantes de l'exercice, éventuellement sous la forme d'une équipe-projet unique pour l'ensemble de l'exercice.
PHASE 2 - CARACTÉRISATION DE L'ACTION	
ÉTAPES 3 et 4	Les enjeux majeurs de cette phase de l'exercice sont (1) de caractériser de façon aussi précise et fiable que possible les scénarios d'évolution dans le cas où l'action est mise en œuvre (scénario avec action) et dans le cas où elle n'est pas mise en œuvre (scénario de référence) et (2) d'identifier les sources et puits pertinents à travers l'exercice de construction de l'arbre des conséquences.
PHASE 3 - QUANTIFICATION	
ÉTAPES 5 à 8	Une fois les scénarios décrits avec la précision nécessaire, il s'agit de traduire ces descriptions de façon quantitative pour aboutir à l'impact GES de l'action. En pratique, ceci nécessite un travail potentiellement important de collecte des données nécessaires au calcul, lors duquel le pilote pourra être amené à solliciter des personnes ressources internes et/ou externes à l'entité porteuse de l'action.

Source: ADEME, 2021b.

Tableau 9.2 Logigramme de synthèse de la démarche de quantification de l'impact GES d'une action de réduction.

Source: ADEME, 2021b.

La méthode permet de quantifier l'impact GES d'une action de réduction à différents moments clés (ADEME, 2021b):

- ✓ **En amont du lancement de l'action (quantification ex ante):** Cela permet de déterminer le potentiel d'une action, d'établir un objectif pertinent et approprié au contexte et/ou de contribuer à la sélection de l'action parmi diverses alternatives en fonction de leur efficacité en matière de réduction des émissions de GES..
- ✓ **En cours de mise en œuvre de l'action (quantification à mi-parcours):** Cela permet d'évaluer, tout au long de la mise en œuvre de l'action, son alignement avec l'objectif préalablement défini et d'ajuster son cadre d'exécution en fonction des résultats observés.
- ✓ **En aval, après la réalisation de l'action (quantification ex post):** Cela permet de vérifier l'atteinte des objectifs, de documenter les résultats et/ou

d'alimenter les réflexions en vue d'ajuster les orientations futures de l'organisation et d'actualiser son plan d'action.

Il convient de noter que cette quantification est réalisée selon un indice de confiance approprié à l'objectif de la quantification et à l'exploitation prévue des résultats, à savoir (ADEME, 2021b):

- **Faible:** Cet indice de confiance est généralement utilisé pour la quantification ex ante, impliquant un investissement modéré en termes de temps et de ressources.
- **Correct:** Cet indice de confiance est généralement requis pour une quantification ex ante ou à mi-parcours, nécessitant un investissement significatif en termes de temps et de ressources.
- **Optimal:** Cet indice de confiance est généralement adapté pour une quantification ex post, impliquant un investissement substantiel en termes de temps et de ressources.

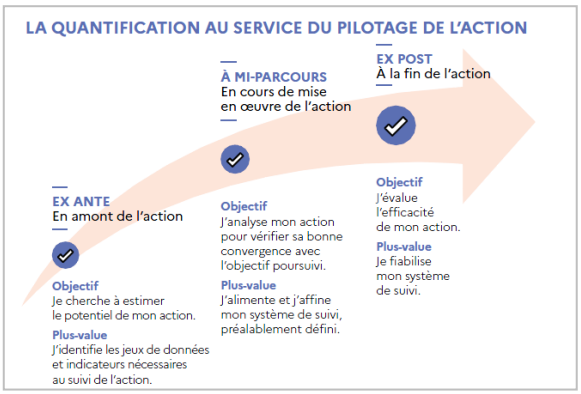


Figure 9.2 Différents moments de quantification de l'impact GES d'une action de réduction. **Source:** ADEME, 2021b.

Par ailleurs, il est à souligner que la méthode QuantiGES peut être étendue aux actions de séquestration du carbone ou d'adaptation au changement climatique, dans le contexte de stratégies climatiques intégrées. Elle vise à renforcer les synergies entre les mesures d'atténuation et d'adaptation (ADEME, 2021b).

9.1.2 Revue de la mise en pratique de la méthode de quantification de l'impact GES d'une action de réduction

Dans cette sous-section, nous présentons des exemples pratiques illustrant l'application de la méthode QuantiGES en France, recueillis par L'ADEME. Chaque

exemple est choisi pour représenter un moment différent de quantification de l'impact GES d'une action de réduction: Ex-ante, à mi-parcours et ex-post (cf. annexe K).

Il est essentiel de souligner que les résultats de quantification obtenus sont spécifiques à l'action et à son contexte particulier, ils ne peuvent pas être généralisés pour des actions similaires dans d'autres contextes. Autrement dit, des actions identiques donneraient des résultats différents selon le contexte.

9.1.3 Application de la démarche méthodologique de quantification de l'impact GES sur une action de réduction du bilan carbone ménage d'El Harrach

Nous avons employé la méthode QuantiGES afin de quantifier, en phase ex-ante, l'impact GES de l'une des actions de réduction retenues pour les ménages de la cité panorama (LCZ5). Cette action porte sur l'isolation thermique des logements, visant à réduire la consommation énergétique des logements et à améliorer, par conséquent, leur performance énergétique.

D'après les données recueillies lors de notre enquête, le logement type sélectionné pour évaluation entraîne des émissions directes de carbone de 9,12 t eq CO_2. L'isolation à envisager pour ce logement englobe plusieurs interventions: L'isolation des murs intérieurs et extérieurs, l'isolation de la toiture, l'isolation du plancher, ainsi que l'isolation de l'ensemble des ouvertures (portes et fenêtres).

Afin de procéder à la quantification de l'impact GES de cette action, nous avons utilisé le modèle de la fiche action développée par l'ADEME pour cet effet. Ce modèle, accessible sous forme d'un fichier Excel téléchargeable, a permis la saisie précise des informations et des données nécessaires à la quantification.

Les résultats obtenus, présentés dans les figures 9.3 et 9.4, indiquent une **diminution significative** des émissions de carbone associée à la consommation de l'énergie domestique, estimée à 57%, grâce à la mise en place des travaux d'isolation thermique préconisés pour le logement étudié. Ces résultats soulignent l'efficacité des mesures d'amélioration énergétique dans la réduction des émissions de carbone des ménages.

Isolation thermique des logements

PORTEUR DE L'ACTION	Collectivités Locales-El Harrach

ACTION PHYSIQUE

CADRAGE DE L'ACTION

L'ACTION

OBJECTIF :
Réduire la consommation énergétique des logements

DATE DE DÉBUT : N/A

POSTES ÉMETTEURS VISÉS :
Poste 1 - Emissions directes des sources fixes de combustion
Poste 12 - Transport de marchandise amont
Poste 11 - Déchets

STATUT : En réflexion

DURÉE DE L'ACTION : N/A

INDICE DE CONFIANCE VISÉ	MOMENT DE LA QUANTIFICATION
CORRECT	Ex-ante

DESCRIPTION DE L'ACTION

L'isolation thermique des logements consiste à réduire les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment pour améliorer son efficacité énergétique. Cette action vise à minimiser les pertes de chaleur en hiver et à limiter les gains de chaleur en été, ce qui permet de maintenir une température intérieure confortable avec une consommation énergétique réduite.

Les techniques d'isolation thermique concerne:
- L'isolation des murs extérieurs;
- L'isolation des murs intérieurs;
- L'isolation des toitures;
- L'isolation des planchers;
- L'isolation des ouvertures.

CARACTERISATION DE L'ACTION

L'ARBRE DES CONSEQUENCES DE L'ACTION

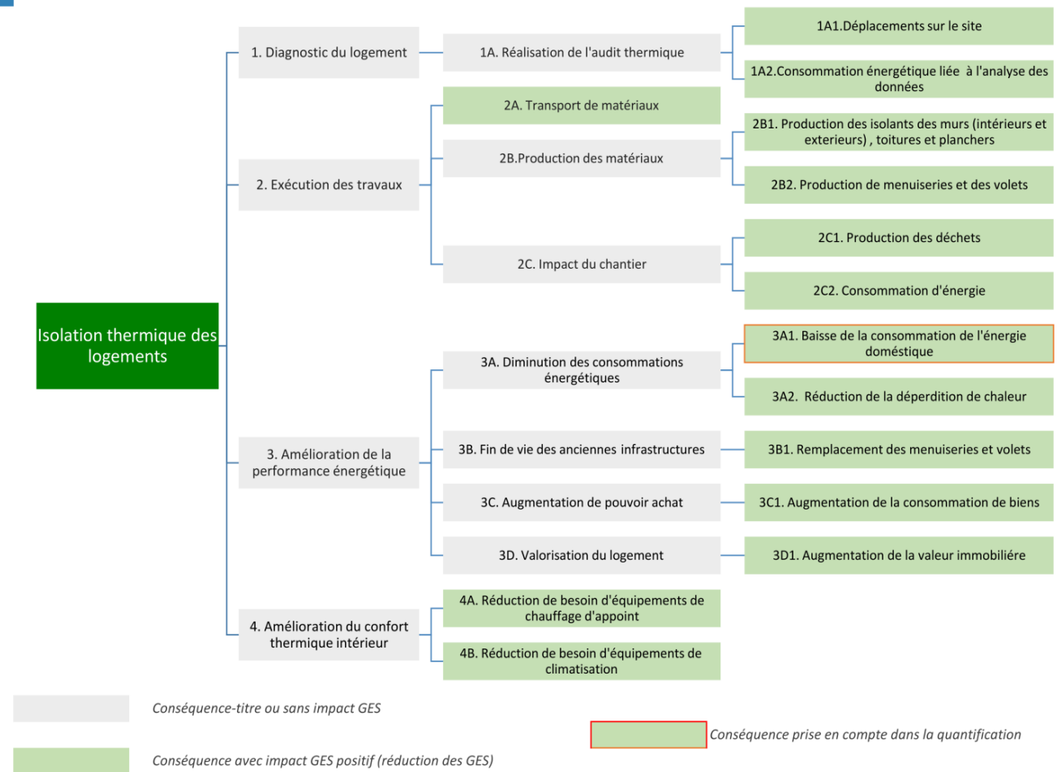


Figure 9.3 Fiche action pour la quantification ex-ante de l'impact GES de l'isolation thermique d'un logement à la cité Panorama, El Harrach.
Source: Auteur, 2024.

LE PÉRIMÈTRE DE QUANTIFICATION DE L'ACTION

FACTEUR EXTERNE 1	**Climat**	Les besoins en chauffage et en climatisation sont intrinsèquement liés aux conditions climatiques locales. Par exemple, pendant un hiver rigoureux, la demande de chauffage au sein des ménages peut considérablement augmenter. De même, durant des étés marqués par des vagues de chaleur intenses, les besoins en climatisation peuvent croître de	**Non pris en compte**
FACTEUR EXTERNE 2	**Autre**	Les économies d'énergie réalisées par un ménage peuvent être partiellement ou totalement compensées par une augmentation de la consommation d'énergie liée à une hausse de la consommation de biens.	**Non pris en compte**

LE SCENARIO DE REFERENCE

La prolongation de la situation historique. Elle se manifeste par l'absence d'initiatives des ménages pour l'amélioration de l'isolation thermique de leurs logements. Ils ne prévoient aucun travaux destinés à réduire leurs dépenses énergétiques tout en optimisant leur confort thermique intérieur. En conséquence, les logements continuent de fonctionner avec leurs niveaux actuels d'efficacité énergétique.

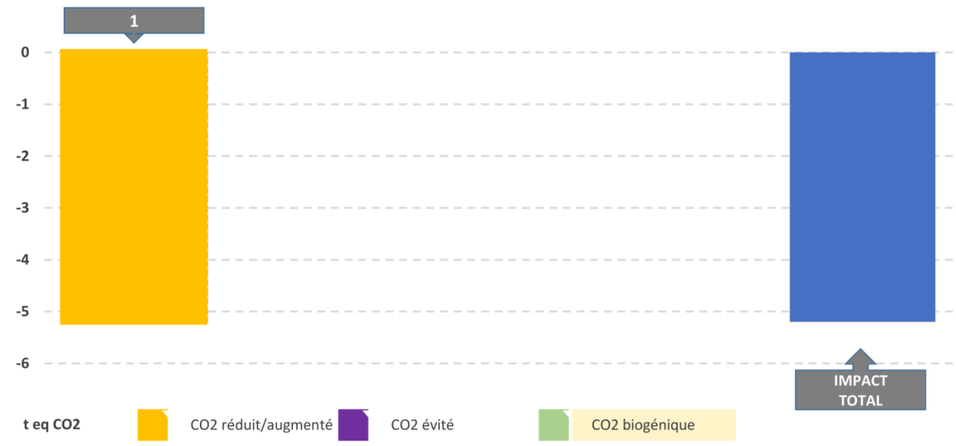
QUANTIFICATION DE L'ACTION

L'IMPACT GES DE L'ACTION

RESULTAT :

PERIODE DES CONSEQUENCES :	Illimitée
PERIODE D'OBSERVATION :	30 ans (la vie moyenne des matériaux utilisés)

1	**3A1. Baisse de la consommation de l'énergie doméstique**	**-5,20**	**t eq CO2/an**
	TOTAL CO2e RÉDUIT / AUGMENTÉ	**-5,20**	**t eq CO2/an**
	TOTAL CO2e ÉVITÉ	**0,00**	**t eq CO2/an**
	TOTAL CO2 BIOGÉNIQUE	**0,00**	**t eq CO2/an**
IMPACT TOTAL		**-5,20**	**t eq CO2/an**
INDICE DE CONFIANCE		**CORRECT**	



L'INDICE DE CONFIANCE

INDICE DE CONFIANCE DU RÉSULTAT: CORRECT

Indice de confiance par étape :

Scénario de référence : **CORRECT**
Périmètre de quantification: **CORRECT**
Qualité des données : **ÉLEVÉ**
dont qualité des données d'activité : *Elevé*
dont qualité des facteurs d'émissions : *Elevé*

INDICE	COMMUNICATION	PRISE DE DECISION
Faible	En interne : avec prudence En externe : aucune	Intégration dans un processus de décision : hasardeuse
Correct	En interne : possible En externe : avec précaution	Intégration dans un processus de décision : envisageable
Optimal	En interne : possible En externe : possible	Intégration dans un processus de décision : favorable

Figure 9.4 Suite de la fiche action pour la quantification ex-ante de l'impact GES de l'isolation thermique d'un logement à la cité Panorama, El Harrach.
Source: Auteur, 2024.

9.2 Plan d'action de réduction des émissions de carbone des ménages

9.2.1 Retours d'expériences d'élaboration des plans de réduction des émissions de carbone

9.2.1.1 Cas de Luxembourg

En 1997, le Luxembourg s'est engagé, dans le cadre du protocole de Kyoto, à réduire ses émissions de carbone de 28 % au cours de la période 2008-2012 par rapport aux niveaux de 1990, en raison de ses émissions par habitant parmi les plus élevées au Monde. Conscients de la nécessité d'agir contre le changement climatique et de l'importance de sa contribution, un plan d'action de réduction des émissions de carbone a été élaboré au Luxembourg en 2006. Ce plan vise la proposition de nouvelles mesures de réduction et la confirmation ou la réorientation des mesures existantes. Il constitue également la base d'une stratégie à long terme pour lutter contre le dérèglement climatique. Le plan d'action de réduction du Luxembourg comprend des mesures sectorielles de réduction des émissions de carbone, déclinées en actions spécifiques, tout en identifiant les acteurs responsables et les échéanciers de mise en exécution de chaque action envisagée (cf. annexe L).

Ainsi, un suivi régulier de la mise en œuvre du plan d'action a été instauré par la création d'une taskforce gouvernementale, sous la présidence du Ministre de l'Environnement. Cette taskforce réunit les Ministres de l'Agriculture, de l'Économie, des Finances, de l'Intérieur, du Logement, des Transports et des Travaux Publics. Son rôle est de présenter périodiquement un bilan des progrès accomplis au gouvernement. Des ateliers réguliers sont également organisés afin d'évaluer les résultats du plan d'action et de discuter d'éventuelles réorientations avec l'ensemble des parties prenantes. Un comité interministériel préparatoire est ainsi mis en place (Ministère de L'Environnement de Luxembourg, 2006).

Au cours de la période ciblée, le Luxembourg n'a réussi à atteindre qu'une réduction moyenne de 9%, contre les 28% visés (Hive power, 2022). Cette performance limitée s'explique principalement par la crise financière de 2009 et 2012. Tous les secteurs, à l'exception de l'agriculture, ont contribué à cette diminution, notamment les transports (-22 %), les industries productrices d'énergie (-80 %) et les industries manufacturières (-19 %) (EPRS, 2021). Actuellement, le Luxembourg s'efforce à respecter les objectifs

climatiques de l'UE pour 2030, conformément à la CNUCC et à l'Accord de Paris. Le pays a pris l'engagement de réduire ses émissions de carbone de 40 % d'ici 2030 et de 55% d'ici 2050 par rapport aux niveaux de 2005, tout en visant la neutralité climatique (EPRS, 2021).

9.2.1.2 Cas de Beloeil (Canada)

La Ville de Beloeil, située au Québec (Canada), s'est engagée à contribuer activement à l'effort mondial et national de lutte contre les changements climatiques, conformément à l'Accord de Paris 2015. Cet engagement se manifeste à travers diverses initiatives, à savoir:

- L'adhésion en 2021 au programme Partenaires dans la Protection du Climat(PPC)[37];
- La production d'un inventaire des émissions de GES, avec l'année de référence 2019;
- La réalisation d'une Planification Stratégique couvrant la période 2018-2028;
- L'élaboration d'un Plan d'Action en Développement Durable (PADD) en 2008;
- La publication de la Politique Environnementale de Beloeil en 2014;
- L'adhésion en 2013 au Programme Climat Municipalités du Gouvernement du Québec, incluant la réalisation d'un inventaire et d'un plan d'action pour la réduction des émissions de carbone de la ville.

En Février 2023, la ville de Beloeil a lancé un nouveau plan d'action ambitieux et innovant afin d'établir sa stratégie de réduction de ses émissions de carbone pour les décennies à venir. Ce plan a été élaboré dans le cadre du projet PGES (Inventaire et Plan GES), intégrant d'une manière exhaustive les travaux, activités et projets en cours ou prévus pour réduire les émissions de carbone et relever les défis climatiques. Le PGES repose sur une approche intégrée et dynamique de concertation entre le public et les équipes municipales.

En outre, le plan d'action pour la réduction des émissions de carbone adopté vise à aider la ville de Beloeil et sa communauté à :

- Réduire la dépendance aux énergies fossiles;

[37]C'est un réseau d'administrations municipales canadiennes engagées à réduire les émissions de GES et à lutter contre les changements climatiques.

- Encourager la transition vers des solutions de transport à faible émission;
- Réduire la consommation d'énergie, les coûts et les émissions de carbone;
- Promouvoir et mettre en œuvre des mesures d'efficacité énergétique.

Ce plan d'action est structuré en deux volets: Le volet corporatif et le volet collectivité. Le premier volet vise une réduction des émissions de carbone de 35 % d'ici 2035, tandis que le deuxième volet vise une réduction de 22 % d'ici 2030, puis de 51 % d'ici 2040, par rapport à l'année de référence 2019.

Le plan d'action de réduction englobe des projets de réduction multisectoriels pour les deux volets, avec une évaluation de leur impact sur les émissions de carbone, ce qui permet d'établir des cibles ambitieuses et réalistes. Au fait, le volet corporatif regroupe neuf (09) projets et cinq (05) actions phares, dont les réductions potentielles sont estimées à 351,7 t eq CO_2 à l'horizon 2035 (Tableaux 9.3 et 9.4). Le volet collectivité contient dix-huit (18) projets et deux (02) actions phares, avec des réductions potentielles évaluées à 48791 t eq CO_2 à l'horizon 2040 (Tableau 9.5 et 9.6) (YHC Environnement, 2022).

Tableau 9.3 Les projets de réduction des émissions de carbone pour le volet corporatif de la ville de Beloeil.

Projet (MT)		Réduction de GES		Horizon (terme)	Impact à prioriser
		teCO2	%	Court (2022-2025) Moyen (2025-2030) Long (2030-2035)	1, 2 ou 3
Parc de véhicules		61,69	5,9%		
Électrification des transports		14,61	1,4%		
1- Électrification - Renouvellement de la flotte	Nombre d'unités 7	14,61	1,4%	Moyen (2025-2030)	2
Gestion des transports		47,07	4,5%		
2- Renouvellement de la flotte		26,98	2,6%	Long (2030-2035)	1
3- Politique contre la marche au ralenti	Continue	0,77	0,1%	Court (2022-2025)	3
4- Politique de conduite écoénergétique	Continue	19,32	1,9%	Court (2022-2025)	1
Infrastructure		284,27	27,4%		
Énergies propres : Conversion - Énergies renouvelables - récupération de chaleur		274,09	26,4%		
5- Quatre bâtiments - Conversion du gaz naturel	Réalisation 2022-2035	274,08	26,4%	Long (2030-2035)	1
6- Éclairage photovoltaïque	Réalisation 2022-2035	0,02	0,0%	Moyen (2025-2030)	3
Efficacité énergétique		10,17	1,0%		
7- Bâtiments - EÉ (électricité & gaz naturel)	Réalisation 2023-2035	10,14	1,0%	Long (2030-2035)	2
8- Éclairage public - Conversion au DEL	Réalisation 2022-2035	0,03	0,0%	Court (2022-2025)	3
Matières résiduelles		5,77	0,6%		
9- Réduction de l'élimination	Réalisation 2030	5,77	0,6%	Moyen (2025-2030)	2
Total		**351,7**	**33,9%**		

Source: YHC Environnement, 2023.

Tableau 9.4 Les actions phares de réduction des émissions de carbone pour le volet corporatif de la ville de Beloeil.

		Réduction de GES	
		t eCO_2	%
Parc de véhicules		12,1	1,2%
1- Optimisation de la taille de la flotte	Nombre d'unités 7	7,6	0,7%
2- Renouvellement de la flotte	Nombre d'unités 14	n/d	n/d
3- Électrification des petits outils	Nombre d'unités 15	4,5	0,4%
Infrastructure		0,8	0,1%
4- Éclairage public - Conversion au DEL	Réalisation 2019-2022	0,8	0,1%
Matières résiduelles		6,9	0,7%
5- Réduction de l'élimination	Réalisation 2019-2022	6,9	0,7%
Total		**19,7**	**1,9%**

Source: YHC Environnement, 2023.

Tableau 9.5 Les projets de réduction des émissions de carbone pour le volet collectivité de la ville de Beloeil.

		Réduction de GES				Horizon (terme)	Impact à prioriser
		Échéancier 2030		Échéancier 2040		Court (2022-2025) Moyen (2025-2030) Long (2030-2040)	1, 2 ou 3
		t eCO_2	%	t eCO_2	%		
Transport & Mobilité durable		18 327,7	19,4%	42 397,7	44,8%		
Électrification des transports		16 213,7	17,14%	41 217,4	43,56%		
1- Plan d'électrification des transports	Nombre 9 559	16 213,7	17,14%	41 217,4	43,56%	Long (2030-2041	1
Mobilité durable		2 114,0	2,23%	1 180,4	1,25%		
2- Règlement contre la marche au ralenti		1 396,6	1,48%	774,3	0,82%	Court (2022-2025)	2
3- Politique écoconduite		711,6	0,75%	394,6	0,42%	Court (2022-2025)	2
4- Transport actif - Amélioration du réseau cyclable		5,7	0,01%	11,5	0,01%	Long (2030-2040)	3
Infrastructure		2 232,7	2,36%	6 098,2	6,45%		
Énergies propres/DUD : Conversion - Énergies renouvelables - Récupération de chaleur		2 072,6	2,19%	5 617,9	5,94%		
5- Étude sur l'utilisation de mazout		0,0	0,0%	0,0	0,0%	Court (2022-2025)	1
6- Étude sur l'utilisation du propane		0,0	0,0%	0,0	0,0%	Court (2022-2025)	1
7- Résidences, conversion mazout-électricité	Taux de conversion en 2040 98%	1 132,3	1,20%	3 170,4	3,35%	Long (2030-2040)	1
8- Résidences, conversion mazout-gaz naturel	Taux de conversion en 2040 1%	7,0	0,01%	14,0	0,01%	Long (2030-2040)	3
9- Commerces, conversion mazout-électricité	Taux de conversion en 2040 80%	450,5	0,48%	1 201,4	1,27%	Long (2030-2040)	2
10-Commerces, conversion mazout-gaz naturel	Taux de conversion en 2040 15%	32,5	0,03%	97,5	0,10%	Long (2030-2040)	3
11- Industries, conversion mazout-électricité	Taux de conversion en 2040 40%	37,5	0,04%	100,0	0,11%	Long (2030-2040)	2
12-Industries, conversion mazout-gaz naturel	Taux de conversion en 2040 40%	16,2	0,02%	43,3	0,05%	Long (2030-2040)	3
13-Tous les secteurs, conversion propane-électricité	Taux de conversion en 2040 75%	396,6	0,4%	991,4	1,05%	Long (2030-2040)	2
Efficacité énergétique		160,2	0,17%	480,3	0,51%		
14- Éclairage DEL (tous les secteurs)	Taux de conversion 75%	8,4	0,01%	25,1	0,03%	Court (2022-2025)	3
15- Efficacité énergétique (bâtiments résidentiels)	Taux de conversion 75%	49,3	0,05%	148,0	0,16%	Court (2022-2025)	2
16- Efficacité énergétique (bâtiments commerciaux)	Taux de conversion 75%	102,3	0,11%	306,8	0,32%	Court (2022-2025)	2
17- Efficacité énergétique résidentielle - corde à linge	Taux de conversion 5%	0,2	0,0%	0,4	0,0%	Court (2022-2025)	3
Gestion matières résiduelles		295,2	0,31%	295,2	0,31%		
18- Réduction de l'élimination (ou de l'enfouissement)		295,2	0,31%	295,2	0,31%	Long (2030-2040)	2
Total		**20 855,6**	**22,0%**	**48 791,1**	**51,6%**		

Source: YHC Environnement, 2023.

Tableau 9.6 Les actions phares de réduction des émissions de carbone pour le volet collectivité de la ville de Beloeil.

		Réduction de GES	
		$t\ eCO_2$	%
Transport		0,0	0,0%
1- Transport collectif - Plusieurs projets	Réalisation 2019-2022	n/d	n/d
Matières résiduelles		353,4	0,4%
2- Réduction de l'élimination	Réalisation 2019-2022	353,4	0,4%
Total		**353,4**	**0,4%**

Source: YHC Environnement, 2023.

Par la mise en œuvre de ce plan de réduction des émissions de carbone, la ville de Beloeil entreprend un programme ambitieux visant à (YHC Environnement, 2022) :

- Réduire les émissions de carbone de sa population ;
- Diminuer considérablement la consommation de mazout ;
- Améliorer le rendement énergétique des infrastructures et équipements appartenant à la ville et à sa communauté ;
- Diversifier l'offre de transport et favoriser les modes et les moyens de transport électriques ;
- Améliorer la gestion des matières résiduelles.

De plus, la ville s'engage à surveiller les progrès et à présenter les résultats, conformément aux exigences du Programme Partenaire dans la Protection du Climat de la Fédération Canadienne des Municipalités (FCM). Un site Internet "Action-GES" a été développé par YHC Environnement[38]. Ce site permet à la municipalité québécoise de suivre les progrès en toute transparence et d'informer ses citoyens des avancées dans la réduction des émissions de carbone, avec des mises à jour régulières des mesures et actions entreprises.

[38]YHC Environnement est une entreprise de services-conseils et consultants, spécialisée en question d'environnement et d'énergie au Québec et au Canada. Elle a été fondée en 1998 et incorporée en 2009. YHC Environnement a développé au début des années 2000 des outils d'analyse dans le domaine d'étude des émissions de GES et des plans d'action pour faire face aux défis des changements climatiques.

9.2.1.3 Cas de la France

En 2018, le Club Développement Durable des Établissements et Entreprises Publics (CDDEP)[39] a publié des fiches pratiques concernant les émissions de carbone. Ces fiches ont été élaborées conformément aux directives européennes, qui obligent les organismes publics français à mettre en place des plans de réduction de leurs émissions de carbone. La conception de ces fiches s'est appuyée sur divers outils fournis par l'ADEME. En se basant sur les expériences des participants, le groupe de travail a entrepris une réflexion approfondie sur les outils susceptibles de faciliter la mise en œuvre de ces plans de réduction, tout en les adaptant aux spécificités des organismes publics (CDDEP, 2018).

Les fiches pratiques contiennent des exemples d'actions éprouvées par les membres du CDDEP pour réduire les émissions de carbone. Une liste non exhaustive des actions est proposée afin d'inspirer les organismes dans l'élaboration de leurs propres plans de réduction. Chaque fiche d'action est structurée de manière uniforme et comprend les éléments suivants (CDDEP, 2018):

- Objectifs de réduction des émissions de carbone;
- Constat sur la thématique traitée;
- Réglementation en vigueur sur ladite thématique;
- Focus sur des aspects particuliers;
- Exemples d'actions à mettre en œuvre, avec des indications sur l'investissement financier nécessaire (de faible à lourd) et sur les émissions de CO_2 évitées (Du court au long terme);
- Exemples d'indicateurs pour le suivi des actions;
- Facilité et temps de mise en œuvre;
- Date de mise à jour, indiquant que les fiches sont susceptibles d'évoluer en fonction de l'actualité réglementaire et de nouvelles propositions d'action.

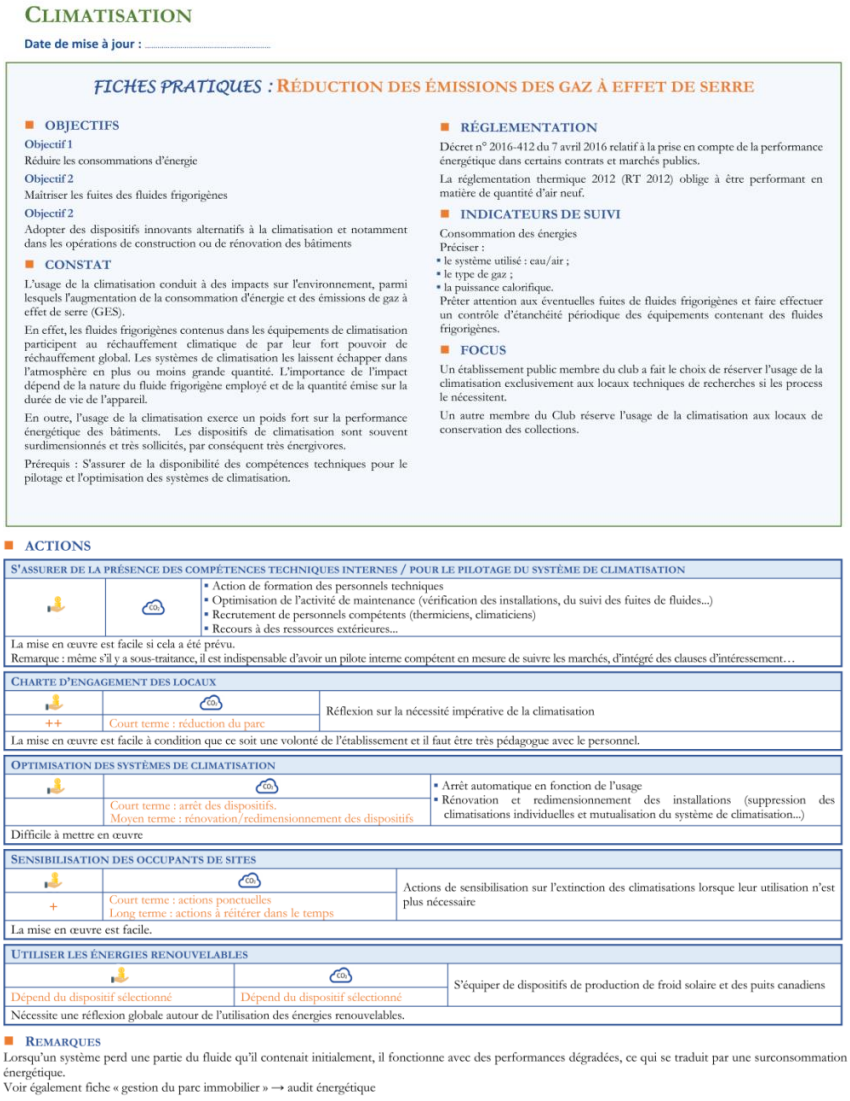
À titre illustratif, nous présentons ci-après un modèle de fiche pratique, développée par CDDEP, pour la réduction des émissions de carbone associées à la climatisation.

Par ailleurs, la Loi Énergie Climat du 8 novembre 2019 impose aux organisations concernées de mettre en place un plan de transition pour réduire leurs émissions de

[39]CDDEP est la première structure de coordination pour le développement durable dans le secteur public, créé en 2006. Il est devenu un véritable vecteur d'échanges et de recherches créatives des meilleures approches de la responsabilité sociétale des organisations.

carbone, précisant les objectifs, les moyens et les actions envisagées, ainsi que les actions déjà mises en œuvre lors d'un précédent bilan GES. La loi fixe une sanction pouvant aller jusqu'à 10 000 € (20 000 € en cas de récidive) en cas de non-réalisation du plan (ADEME, 2022b).

En Mai 2023, le Gouvernement Français a présenté son plan de réduction des émissions de carbone, visant la diminution du bilan carbone français de 55% d'ici 2030, par rapport au niveau de 1990, conformément aux engagements européens. Ce plan concerne les ménages, les entreprises, l'État et les collectivités. Le Gouvernement cherche à établir une forme d'équité dans les efforts requis. Tous les leviers jugés « *crédibles* » sont mobilisés, avec des objectifs sectoriels fixés pour l'industrie, les transports, le bâtiment, l'agriculture, les énergies et les déchets (Frémont, 2023).



CLIMATISATION

Date de mise à jour : .....

FICHES PRATIQUES : RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DES GAZ À EFFET DE SERRE

OBJECTIFS

Objectif 1
Réduire les consommations d'énergie

Objectif 2
Maîtriser les fuites des fluides frigorigènes

Objectif 2
Adopter des dispositifs innovants alternatifs à la climatisation et notamment dans les opérations de construction ou de rénovation des bâtiments

CONSTAT

L'usage de la climatisation conduit à des impacts sur l'environnement, parmi lesquels l'augmentation de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre (GES).

En effet, les fluides frigorigènes contenus dans les équipements de climatisation participent au réchauffement climatique de par leur fort pouvoir de réchauffement global. Les systèmes de climatisation les laissent échapper dans l'atmosphère en plus ou moins grande quantité. L'importance de l'impact dépend de la nature du fluide frigorigène employé et de la quantité émise sur la durée de vie de l'appareil.

En outre, l'usage de la climatisation exerce un poids fort sur la performance énergétique des bâtiments. Les dispositifs de climatisation sont souvent surdimensionnés et très sollicités, par conséquent très énergivores.

Prérequis : S'assurer de la disponibilité des compétences techniques pour le pilotage et l'optimisation des systèmes de climatisation.

RÉGLEMENTATION

Décret n° 2016-412 du 7 avril 2016 relatif à la prise en compte de la performance énergétique dans certains contrats et marchés publics.

La réglementation thermique 2012 (RT 2012) oblige à être performant en matière de quantité d'air neuf.

INDICATEURS DE SUIVI

Consommation des énergies
Préciser :
- le système utilisé : eau/air ;
- le type de gaz ;
- la puissance calorifique.

Prêter attention aux éventuelles fuites de fluides frigorigènes et faire effectuer un contrôle d'étanchéité périodique des équipements contenant des fluides frigorigènes.

FOCUS

Un établissement public membre du club a fait le choix de réserver l'usage de la climatisation exclusivement aux locaux techniques de recherches si les process le nécessitent.

Un autre membre du Club réserve l'usage de la climatisation aux locaux de conservation des collections.

ACTIONS

S'ASSURER DE LA PRÉSENCE DES COMPÉTENCES TECHNIQUES INTERNES / POUR LE PILOTAGE DU SYSTÈME DE CLIMATISATION		
		▪ Action de formation des personnels techniques ▪ Optimisation de l'activité de maintenance (vérification des installations, du suivi des fuites de fluides...) ▪ Recrutement de personnels compétents (thermiciens, climaticiens) ▪ Recours à des ressources extérieures...
La mise en œuvre est facile si cela a été prévu. Remarque : même s'il y a sous-traitance, il est indispensable d'avoir un pilote interne compétent en mesure de suivre les marchés, d'intégré des clauses d'intéressement…		

CHARTE D'ENGAGEMENT DES LOCAUX		
++	Court terme : réduction du parc	Réflexion sur la nécessité impérative de la climatisation
La mise en œuvre est facile à condition que ce soit une volonté de l'établissement et il faut être très pédagogue avec le personnel.		

OPTIMISATION DES SYSTÈMES DE CLIMATISATION		
	Court terme : arrêt des dispositifs. Moyen terme : rénovation/redimensionnement des dispositifs	▪ Arrêt automatique en fonction de l'usage ▪ Rénovation et redimensionnement des installations (suppression des climatisations individuelles et mutualisation du système de climatisation...)
Difficile à mettre en œuvre		

SENSIBILISATION DES OCCUPANTS DE SITES		
+	Court terme : actions ponctuelles Long terme : actions à réitérer dans le temps	Actions de sensibilisation sur l'extinction des climatisations lorsque leur utilisation n'est plus nécessaire
La mise en œuvre est facile.		

UTILISER LES ÉNERGIES RENOUVELABLES		
Dépend du dispositif sélectionné	Dépend du dispositif sélectionné	S'équiper de dispositifs de production de froid solaire et des puits canadiens
Nécessite une réflexion globale autour de l'utilisation des énergies renouvelables.		

REMARQUES

Lorsqu'un système perd une partie du fluide qu'il contenait initialement, il fonctionne avec des performances dégradées, ce qui se traduit par une surconsommation énergétique.
Voir également fiche « gestion du parc immobilier » → audit énergétique

Figure 9.5 Exemple d'une fiche pratique de réduction des émissions de carbone développée par CDDEP. **Source:** CDDEP, 2018.

Synthèse

Les expériences du Luxembourg, de la France et de la ville de Beloeil au Canada dans la réduction des émissions de carbone témoignent d'un **engagement commun** dans la lutte contre les changements climatiques, tout en illustrant des approches adaptées aux contextes spécifiques de chaque territoire. Ces initiatives reposent essentiellement sur l'élaboration de **plans d'action sectoriels** et **intégrés**, comprenant des mesures différenciées selon les secteurs concernés. Par ailleurs, ces trois exemples soulignent le rôle déterminant de l'**implication des parties prenantes** dans la réussite des stratégies de réduction des émissions de carbone. L'importance de la **transparence** et d'une **communication proactive** est également mise en avant, permettant de **suivre le progrès** des actions et de renforcer la crédibilité des politiques mises en œuvre.

9.2.2 Proposition d'une méthodologique de construction et de mise en œuvre d'un plan de réduction du carbone des ménages d'El Harrach

Nous avons vu dans les sections III .2.2 et III.2.3 du présent manuscrit que L'ONU-Habitat (2015b) a fourni des principes directeurs pour la planification de l'action climatique à l'échelle urbaine, qui sont applicables mondialement, ainsi qu'un modèle type du processus de planification urbaine de l'action climatique (Voir figure 4.1). Ce processus aboutit à l'élaboration d'un plan qui encadre et structure la mise en œuvre des actions préalablement identifiées et hiérarchisées.

Il est essentiel de rappeler que cette étude se concentre principalement sur les actions de réduction des émissions de carbone à l'échelle des ménages afin de contribuer aux efforts globaux d'atténuation du changement climatique. En s'appuyant sur des revues de littérature, les expériences étrangères présentées ci-dessus et en s'inspirant du guide "pour la construction, la mise en œuvre et le suivi d'un plan de transition" établi par l'ADEME en 2022, nous proposons dans le cadre de la présente recherche une méthodologie d'élaboration d'un Plan de Réduction du Carbone des Ménages (PRCM).

9.2.2.1 Définition d'un plan de réduction du carbone des ménages

Un plan de réduction du carbone, également nommé par l'ADEME « plan de transition », est l'**ensemble des actions et des moyens** envisagés par une organisation afin de réduire les émissions de GES associées à ses activités. Le but est d'évoluer vers un modèle d'activités **compatible** avec les objectifs de l'Accord de Paris.

Ce plan s'inscrit dans une **démarche dynamique** et **itérative**, couvrant au minimum la période allant de l'année courante jusqu'au prochain bilan d'émissions. Il intègre l'évaluation des actions déjà réalisées et permet de suivre l'implication de l'organisation dans la réduction effective de ses émissions (ADEME ,2022).

De manière analogue, le plan de réduction du carbone des ménages peut être défini comme un ensemble des actions et moyens visant à diminuer les émissions de carbone générées directement et indirectement par les activités des foyers. Ce plan a pour objectif de guider les ménages dans la mise en place des actions concrètes et mesurables, selon une démarche dynamique et itérative, afin de réduire significativement leurs émissions de carbone et de contribuer, à leur échelle, à la lutte contre le dérèglement climatique.

9.2.2.2 Principes d'un plan de réduction du carbone des ménages

Dans le but de concevoir un PRCM réaliste, ambitieux, efficace et pérenne, il est important de s'appuyer sur les principes suivants :

- **Cohérence et articulation:** S'assurer que les différentes actions entreprises s'inscrivent dans une stratégie globale et à long terme, en les articulant avec les politiques publiques nationales et locales.
- **Diversité:** Combiner les actions techniques, organisationnelle et comportementales couvrant les différents postes d'émissions.
- **Progressivité et appropriation:** Adopter une approche progressive avec des étapes et des objectifs intermédiaires, favorisant ainsi l'appropriation graduelle par les ménages.
- **Transversalité et coordination:** Assurer une approche transversale en impliquant toutes les parties prenantes pour une meilleure coordination et une mise en œuvre efficace des actions.
- **Performance:** Définir des indicateurs de performance pertinents, adaptés aux actions des ménages, afin de mesurer l'efficacité des actions mises en place et d'ajuster le plan si nécessaire, tout en procédant à des évaluations régulières de l'impact de ces actions.
- **Ajustement et adaptabilité:** Permettre l'ajustement et l'adaptation du plan en fonction des résultats observés, des évolutions technologiques et des changements de modes de vie.

- **Innovation:** Promouvoir l'adoption de technologies bas-carbone et encourager l'expérimentation de solution innovantes par les ménages.
- **Financement durable:** Prévoir un plan de financement adapté, en mobilisant diverses sources de financement public et privé, et en facilitant l'accés des ménages à ces dispositifs.
- **Communication et sensibilisation:** Informer et sensibiliser les ménages sur les enjeux et les actions possibles, tout en valorisant les initiatives exemplaires.
- **Exemplarité et valorisation:** Montrer l'exemple en adoptant des pratiques vertueuses, tout en valorisant les ménages les plus engagés et exemplaires.

9.2.2.3 Étapes de conception d'un plan de réduction du carbone des ménages

Le processus de conception d'un PRCM est **structuré** et **collaboratif**. Il se décompose en quatre (04) phases principales, à savoir:

Phase 1: Le cadre stratégique du PRCM

Cette phase établit les fondements et les orientations stratégiques du plan. Elle inclut:

- L'évaluation de la situation initiale en analysant les résultats des bilans carbone des ménages estimés et en identifiant les sources d'émission notamment les plus importantes;
- La compréhension des comportements et des pratiques actuels de ménages;
- La fixation des objectifs de réduction des émissions de carbone à l'échelle des ménages ambitieux, en cohérence avec les engagements locaux, nationaux et internationaux;
- L'analyse des opportunités et menaces du contexte externe ainsi que les atouts et faiblesses du contexte interne afin de mieux guider les choix stratégiques des actions;
- L'identification de l'ensemble des acteurs impliqués dans la construction du PRCM;
- L'évaluation des risques et opportunités de la transition;
- La définition du périmètre d'application du PRCM et des horizons temporels.

Il est important de souligner que l'objectif global de réduction des émissions de carbone, défini pour une année cible par rapport à une année de référence, guide la mise en place du plan de réduction. Cet objectif est caractérisé par un ou plusieurs indicateurs de

performance globaux, tels que des valeurs absolues, exprimées en t eq CO_2, ou des valeurs relatives en fonction d'une unité représentative de l'activité des ménages.

Phase 2: La construction du PRCM

Cette phase consiste à définir de manière détaillée les différentes actions à entreprendre pour atteindre les objectifs préalablement fixés. Elle comprend:

- La définition des actions **concrètes** et **opérationnelles** pour chaque levier d'action identifié. Cela passe par plusieurs étapes clés:
    - La mise en place d'un comité de pilotage dédié au PRCM;
    - L'identification des axes prioritaires de réduction du carbone;
    - L'identification des différents types d'actions envisageables;
    - La réalisation d'un listing exhaustif des actions possibles.
- L'estimation des impacts potentiels de chaque action sur la réduction des émissions de carbone en appliquant la méthode QuantiGES précédemment détaillée (voir la section VIII.1.1);
- La sélection et la priorisation des actions à mettre en œuvre.

Il est essentiel de noter qu'au-delà de l'évaluation de l'impact GES de l'action, la sélection des actions à mettre en place s'appuie sur une **analyse multicritère objective** et **transparente**, impliquant l'ensemble des parties prenantes. Les principaux critères à prendre en compte sont :le potentiel de réduction, les besoins en moyens: humains; techniques et financiers, ainsi que le coût de l'inaction.

Dans cette phase, il est recommandé d'établir une **fiche action** pour chaque action retenue afin d'en définir précisément les modalités de sa mise en œuvre. Cette fiche action pourrait être également un **outil d'aide à la décision et de suivi** des initiatives de décarbonisation à l'échelle des ménages. Elle pourrait inclure les éléments suivants:

- **L'intitulé de l'action:** Identifier un titre **clair**, **concis** et **représentative** de l'action à mener.
- **L'objectif de l'action:** Fixer les résultats attendus de la mise en œuvre de l'action, en lien avec les objectifs globaux.
- **Contexte:** Définir **clairement** le contexte dans lequel s'inscrit l'action afin de mieux comprendre les raisons et les enjeux justifiant sa mise en œuvre.

- **Description de l'action:** Décrire de manière **détaillée** les différentes étapes et/ou tâches à réaliser pour mener à bien l'action.
- **Porteurs de l'action:** Identifier les personnes et/ou les organismes chargés de piloter et de mettre en œuvre l'action.
- **Acteurs impliqués:** Identifier l'ensemble des acteurs concernés par la réalisation de l'action.
- **Ressources nécessaires:** Définir les moyens humains, financiers, techniques matériels ou autres requis pour la mise en place de l'action.
- **Calendrier:** Établir les échéanciers et les jalons à respecter pour la réalisation de l'action.
- **Indicateurs de suivi:** Définir les critères et les indicateurs permettant d'évaluer l'avancement et l'efficacité de l'action.
- **Forces et faiblesses de l'action:** Analyser les éléments favorables et les éventuelles contraintes liées à la mise en place de l'action afin d'anticiper les réponses à apporter.
- **Liens avec d'autres actions:** Identifier les éventuelles interdépendances avec d'autres actions à mener.
- **Budget prévisionnel:** Estimer les coûts prévisionnels pour la mise en oeuvre de l'action.
- **Impact GES prévisionnel:** Évaluer le potentiel de réduction des émissions de carbone attendu par la mise en œuvre de l'action.
- **Plan de communication:** Définir les modalités de diffusion de l'information et de la communication autour de l'action.

Phase 3: La mise en œuvre du PRCM

Cette phase comporte :

- La mise en place d'une compagne de communication et de sensibilisation auprès des ménages pour les informer et les encourager à s'engager ;
- L'offre d'un accompagnement personnalisé aux ménages afin de les aider à mettre en œuvre les actions retenues, et ce par des formations, conseils, aides financières et autres;
- La prévision d'un planning de mise en œuvre et les ressources nécessaires (humaines, techniques, financières, etc.);
- L'établissement d'un échéancier de mise en œuvre;

- La validation de l'ensemble du Plan de Réduction du Carbone des Ménages (actions et tous les moyens nécessaires);
- La communication du Plan de Réduction du Carbone des Ménages à tous les acteurs impliqués.

Phase 4: Le suivi et le pilotage du PRCM

Cette phase, dont les détails seront exposés dans la section suivante, vise à établir un **dispositif de suivi et d'évaluation** de la mise en œuvre du PRCM. Elle comprend:

- L'identification des **indicateurs pertinents** permettant de mesurer l'avancement et l'efficacité du PRCM;
- La réalisation des **évaluations périodiques** pour ajuster le plan si nécessaire;
- Le partage des résultats et des bonnes pratiques avec les autres ménages et les parties prenantes.

9.2.3 Suivi et pilotage d'un plan de réduction du carbone des ménages

Le suivi et le pilotage sont essentiels pour s'assurer de l'**efficacité**, de la **performance** et de l'**adaptation** des actions mises en place. Comme nous avons indiqué dans la section III.2.3 selon l'UN-Habitat (2015b), les plans d'actions doivent inclure un programme de **suivi**, de **reporting**, d'**évaluation des succès et des échecs**, ainsi que de la **révision régulière** et de **l'amélioration continue** en fonction des circonstances, des leçons apprises et de l'engagement des parties prenantes.

De sa part, L'ADEME (2022b) recommande de mettre en place un suivi à **différents niveaux** (opérationnel, semi global, global, etc.) des actions mises en œuvre, avec des **fréquences** adaptées aux objectifs tracés. Il vise à identifier les atouts, les faiblesses et les difficultés rencontrées, afin de pouvoir réorienter le programme d'actions où son pilotage si besoin. Les principales étapes clés à suivre sont:

1. Suivi périodique des actions lancées à partir des indicateurs de suivi;
2. Suivi annuel des actions lancées à partir des indicateurs de résultat;
3. Analyse de l'effet du plan en comparant:
    - La mise à jour du bilan carbone;
    - Le cumul des quantifications des effets des différentes actions mises en place;
    - Le bilan des actions non réalisées.

Les indicateurs de suivi peuvent être surveillés **mensuellement**, **trimestriellement** ou **annuellement**. Ils doivent être **pertinents**, **fiables**, **précis**, **mesurables** et **opportuns**. Ils permettent de suivre la progression des actions et de se projeter vers leur réalisation, En parallèle, les indicateurs de résultat sont généralement suivis **annuellement**. Ils sont définis en fonction des **thématiques** et des **enjeux associés**. Ils permettent de mesurer la performance de l'action ou d'un ensemble d'actions, vis-à-vis des objectifs visés (Communauté de communes Cœur de Savoie, 2020; ABC et *al*., 2021; ADEME, 2022b).

Cette distinction entre indicateurs de suivi et indicateurs de résultats permet d'avoir une vision à la fois **opérationnelle** et **stratégique** de la mise en œuvre du PRCM. Les premiers facilitent le **pilotage périodique**, tandis que les secondes permettent **d'évaluer l'atteinte des objectifs finaux**. L'utilisation **complémentaire** de ces deux types d'indicateurs est **cruciale** pour assurer un suivi et une évaluation **efficaces** des actions mises en œuvre, et pouvoir les **réajuster** si nécessaire.

Il est désormais fondamental de **se doter** d'un **outil** permettant le **suivi systématique** de la mise œuvre du PRCM et des résultats des actions entreprises. La mise en place d'une **plateforme** et/ou d'un **logiciel de suivi** favorise le travail **transversal** et **collaboratif** de l'ensemble des acteurs, tout en assurant une **meilleure traçabilité** et une **plus grande transparence** dans le pilotage du plan.

9.3 Intégration de la démarche de réduction des émissions de carbone des ménages dans le processus de planification urbaine locale

9.3.1 Ancrage de la démarche de réduction des émissions de carbone des ménages dans la planification urbaine locale

Dans la section III.2.1, nous avons souligné l'importance **cruciale** de la planification comme outil indispensable pour les gouvernements locaux face aux effets du dérèglement climatique. Elle fournit une **direction stratégique**, des idées novatrices, des outils et une communauté de pratiques. Cette planification doit adopter une **approche holistique**, **stratégique**, **transversale**, **flexible**, **globale** et **participative**, tout en étant **intégrée** et **transparente**, et en impliquant divers acteurs de manière **inclusive** (ONU-Habitat, 2015b). De plus, les documents de planification urbaine, à différentes échelles spatiales, doivent intégrer l'évaluation des émissions de carbone, les objectifs de réduction des émissions de

carbone, les orientations, les leviers de réductions visés et les indicateurs de suivi (Vivre en Ville, 2017; ADEME, 2022a).

Par ailleurs, les ménages sont responsables d'une part significative des émissions de carbone, en particulier à travers leurs choix en matière de logement, de mobilité, de consommation et autres. La réduction des émissions de carbone des ménages représente un **enjeu contemporain crucial** dans la lutte contre le changement climatique. Afin d'optimiser l'efficacité des initiatives de réduction, il est impératif de les intégrer de manière **cohérente** et **stratégique** dès les premières étapes du processus de planification urbaine locale. Cette dernière a un impact direct sur les possibilités offertes aux ménages pour réduire leurs émissions de carbone, telles que la promotion de la densité urbaine et de la mixité fonctionnelle, l'adoption de modes de transport durables, l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments, la gestion efficace des déchets, l'augmentation et la préservation des espaces verts et bleus, l'incorporation de l'agriculture urbaine, etc.

D'après la littérature et les connaissances acquises dans les précédents chapitres de ce manuscrit, nous pouvons en déduire que la démarche de réduction des émissions de carbone des ménages repose sur un processus **cyclique itératif** composé principalement de huit (08) étapes (Figure 9.6). Enfin, il est nécessaire d'enclenché de nouveau ce processus en mettant à jour la quantification des émissions de carbone des ménages afin de vérifier que l'objectif de réduction a été atteint.

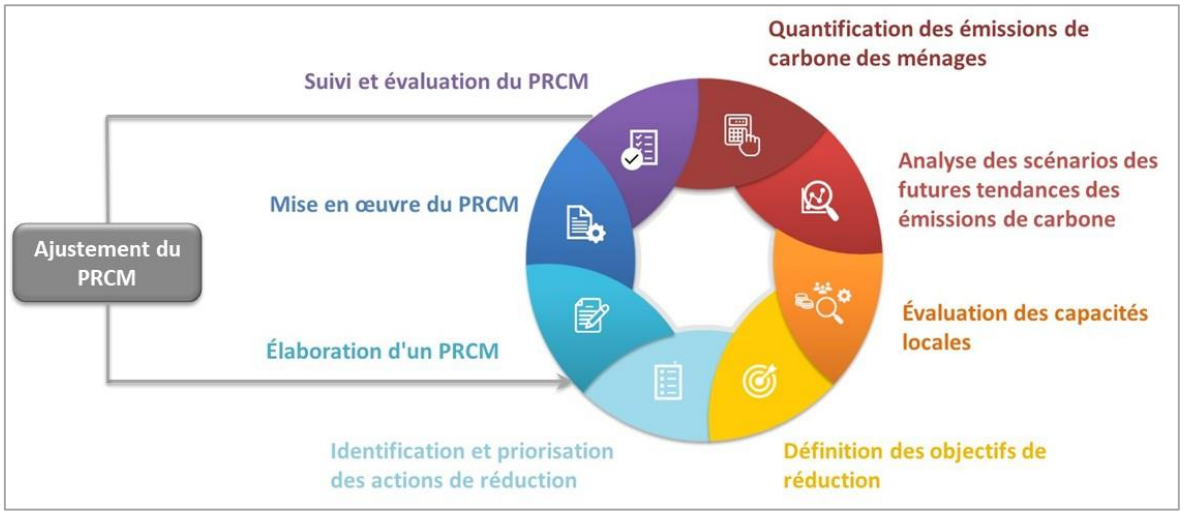


Figure 9.6 Étapes d'une démarche de réduction des émissions de carbone des ménages.
Source: Auteur.

En outre, le processus de la planification urbaine locale progresse à travers six (06) étapes, à savoir (Berezowska-Azzag, 2013; Chaker-Aissi, 2023):

1. **Analyse et diagnostic:** Cette étape implique une évaluation des tendances actuelles et futures, tout en identifiant les besoins de toutes les catégories de la population ainsi que leurs attentes spécifiques.
2. **Identification des enjeux et des objectifs:** Il s'agit de fixer des objectifs de développement urbain à court, moyen et long terme, en impliquant toutes les parties prenantes.
3. **Formulation des scénarios de développement et d'aménagement:** Cette étape consiste à développer divers scénarios de développement d'aménagement, en tenant compte des contraintes et des opportunités, et à choisir le scénario qui répond le mieux aux objectifs préalablement fixés.
4. **Programmation:** Cette étape vise à détailler les actions à entreprendre et à formuler un plan incluant l'usage des sols, les infrastructures, les transports, les logements, les espaces verts, etc. Elle comprend l'identification des projets prioritaires, l'estimation des investissements financiers nécessaires à court et moyen terme, la formulation des propositions des montages foncier et financier, la coordination des projets, la désignation des équipes responsables de chaque projet en précisant leurs rôles, l'établissement d'un calendrier précis pour la mise en œuvre de chaque projet, l'engagement des contrats et des conventions entre les acteurs et la modification éventuelle des instruments d'urbanisme en vigueur.
5. **Mise en œuvre:** Cette étape consiste à lancer les travaux des projets définis.
6. **Suivi et monitoring:** Cette étape finale implique une évaluation continue et systématique des performances des projets en cours de réalisation par rapport aux objectifs fixés, en apportant des révisions et des ajustements nécessaires en fonction des résultats obtenus et des conditions changeantes.

Par conséquent, la démarche de réduction des émissions de carbone des ménages pourrait être intégrée dans ce processus de la planification urbaine locale comme suit:

1. **Analyse et diagnostic:** Cette première étape pourrait inclure l'estimation des niveaux actuels des émissions de carbone des ménages, en intégrant de nouveaux outils d'évaluation, l'identification des principales sources de ces émissions et l'analyse des tendances actuelles et futures des émissions de carbone en fonction des facteurs démographiques et socio-économiques.

2. **Identification des enjeux et des objectifs:** Au-delà de la définition des objectifs de développement urbain, des objectifs de réduction des émissions de carbone des ménages seraient fixés dans cette étape. Cela nécessite l'implication de tous les acteurs notamment les ménages
3. **Formulation des scénarios de développement et d'aménagement:** Lors de cette étape, les scénarios de développement et d'aménagement devraient intégrer les leviers de réduction des émissions de carbone des ménages. Le scénario retenu permettrait de répondre aux objectifs de développement urbain tout en minimisant les émissions de carbone.
4. **Programmation:** L'élaboration du plan de réduction des émissions de carbone, selon la démarche décrite dans la section VIII.2.2.3, pourrait être effectuée à cette étape. Ce plan serait intégré dans les plans et les documents de planification urbaine locale ou les compléterait et les accompagnerait. Ainsi, les projets prioritaires devraient être axés sur des initiatives à faibles émissions de carbone et/ou assurant la réduction des émissions de carbone des ménages.
5. **Mise en œuvre:** Cette étape implique le lancement des travaux des projets et des actions définis, visant la réduction des émissions de carbone des ménages, Il est essentiel de respecter les échéanciers fixés et de favoriser l'adoption de solutions innovantes et de technologies bas-carbone.
6. **Suivi et monitoring:** Il est crucial d'évaluer régulièrement les progrès et les performances des projets en cours par rapport aux objectifs visés, en mettant l'accent sur leurs performances en matière de réduction des émissions de carbone. Cela nécessite l'intégration de nouveaux indicateurs. Des révisions et des ajustements seraient apportées si besoin en fonction des résultats obtenus, des avancées technologiques, réglementaires et du contexte évolutif.

L'intégration de cette démarche de réduction requiert une approche **intersectorielle** et **transversale**, combinant des aspects environnementaux, économiques, sociaux et politique, afin de favoriser une transition vers des **modèles urbains durables** et **résilients**. Une approche **participative** et **inclusive** est essentielle pour engager les résidents, les acteurs locaux et les parties prenantes dans le processus de planification. La sensibilisation, l'éducation et la consultation publique peuvent favoriser l'acceptation sociale des leviers de réduction proposés et encourager l'adoption de comportements plus durables et sobres en

carbone. De plus, il est capital d'intégrer les préoccupations liées à l'équité sociale et à la justice environnementale pour garantir que les bénéfices de la transition bas carbone profitent à tous les segments de la population, y compris les groupes marginalisés et vulnérables.

Cependant, l'intégration de la démarche de réduction des émissions de carbone des ménages dans le processus de la planification urbaine locale soulève des défis financiers, techniques et institutionnels. La coordination intersectorielle et la mobilisation de ressources adéquates sont essentielles pour les surmonter. En outre, la recherche et l'innovation doivent être encouragées pour développer des solutions adaptées aux contextes locaux, dans une **approche flexible** et **évolutive**.

9.3.2 Potentiel des instruments d'urbanisme algérois local actuels à intégrer les actions de réduction des émissions de carbone des ménages

9.3.2.1 Présentation des instruments d'urbanisme algérois local actuel

Actuellement, deux principaux instruments réglementaires encadrent la planification urbaine locale à Alger: Le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) et le Plan d'Occupation des Sols (POS). Ces deux instruments ont été créés par la loi 90-29 du 01 Décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme (voir annexe M).

Comme mentionné précédemment, Le PDAU d'Alger a fait l'objet d'une révision, approuvée en 2016, dans le cadre d'adoption d'un plan stratégique de développement d'Alger à l'horizon 2035. Cette révision a entraîné un nouveau découpage des périmètres de l'ensemble des POS du territoire algérois. Depuis 2018, des appels d'offre nationaux ont été lancés pour la révision de ces POS, notamment ceux d'El Harrach (voir annexe N), dont le processus est actuellement en cours de déroulement.

Il convient de souligner, que lors de la réunion du 21 Août 2023, présidée par le Wali d'Alger, Mohamed Abdennour Rabehi, portant sur l'état d'avancement des études relatives aux POS, la Directrice de l'Aménagement, de l'Architecture et de la Construction a indiqué que sur 169 POS couverts par l'actuel PDAU d'Alger, 149 sont en cours d'étude, tandis que 03 n'ont pas encore débuté. Il est également à noter que le financement alloué à ces études dépasse les 423 millions de dinars algériens (Assia, 2023).

9.3.2.2 Potentiel du PDAU pour l'intégration des actions de réduction des émissions de carbone des ménages

Il est important de rappeler que la nouvelle révision du PDAU d'Alger s'inscrit dans une perspective stratégique visant à catalyser les transformations et le développement durable de son territoire. Les questions liées au développement urbain durable et à l'environnement sont progressivement intégrés aux réflexions entourant cette révision. Cependant, bien que l'Algérie ait ratifiée l'ensemble des conventions internationales relatives au climat et à la réduction des émissions de GES, et ce depuis1992 (voir section V.3), le PDAU d'Alger reste insuffisamment documenté en matière de données climatiques et de stratégies de réduction des émissions de GES. Ces informations sont pourtant essentielles à la création des environnements urbains de qualité et à l'amélioration générale des conditions de vie dans les villes.

L'ambition de réduire les émissions de CO_2 est explicitement mentionnée dans le rapport d'orientation du PDAU, mais uniquement dans le cadre des transports et de la mobilité, où la promotion de modes de déplacements durable est abordée. Le PDAU pourrait cependant jouer un rôle central dans la réduction des émissions domestiques de carbone en intégrant de manière exhaustive ces objectifs dans l'ensemble des volets.

Par ailleurs, le rapport d'orientation qui dresse un diagnostic du territoire d'Alger et de ses besoins de développement, ainsi que des orientations pour son aménagement et son urbanisme, pourrait être l'occasion d'évaluer sa vulnérabilité aux impacts du changement climatique. Il serait pertinent d'inclure une analyse approfondie des émissions de carbone, d'identifier les principaux postes d'émission, de déterminer le potentiel de réduction en fonction des spécificités locales et de définir des objectifs quantifiés de réduction à l'échelle locale.

En outre, à travers les orientations en matière d'aménagement et d'urbanisme, le PDAU peut encourager la création des zones urbaines bas-carbone, tout en favorisant l'exploitation des énergies renouvelables. Du point de vue de la maîtrise de l'étalement urbain, il est crucial de promouvoir une densification urbaine adaptée à la capacité de charge des zones concernées et de développer des quartiers mixtes qui encouragent les déplacements actifs et les transports en commun, dans le but de réduire significativement les émissions de carbone des ménages.

D'un point de vue environnemental, les espaces verts et bleus doivent également être perçus comme des puits de carbone, capables de capter et de stocker le CO_2 présent dans les milieux urbains. La préservation de ces espaces peut contribuer à réduire les émissions de carbone des ménages en compensant partiellement leurs émissions.

Bien que la nouvelle révision du PDAU d'Alger préconise des aménagements visant à réduire les émissions de carbone et la consommation d'énergie, en promouvant notamment la ville de proximité, le développement de transport en commun et les modes de déplacements doux, ainsi que la préservation du système écologique, ces objectifs sont exprimés de **manière timide** dans le rapport. Une approche plus ambitieuse et intégrées serait nécessaire pour concrétiser ces aspirations.

De plus, le cadre réglementaire du PDAU pourrait :

- Inclure des prescriptions visant à favoriser les usages des sols qui minimisent les déplacements motorisés, en privilégiant, par exemple, le développement des zones résidentielles proches des services et des commerces, et à promouvoir les infrastructures pour les modes de transport doux (pistes cyclables, voie piétonne, etc.);
- Interdire ou limiter les activités à forte empreinte carbone dans certaines zones ;
- Encourager une densité de population optimale permettant de réduire les besoins en transport et en énergie, tout en promouvant des modèles de densification urbaine qui soutiennent les systèmes de chauffage et de refroidissement collectifs énergétiquement plus efficace;
- Introduire des servitudes écologiques qui obligent à maintenir des espaces verts, des forêts urbaines ou des installations de production des énergies renouvelables afin de minimiser les émissions de carbone;
- Inclure des références explicites aux stratégies de réduction des émissions de carbone dans les termes de référence des périmètres d'intervention, en identifiant des zones spécifiques pour des objectifs pilotes de bâtiments bas-carbone ou des initiatives de transport collectif écologique;
- Prioriser les infrastructures et les services qui contribuent à la réduction des émissions de carbone, comme les réseaux de transport en commun électrifiés, les stations de recharge pour les véhicules électriques et les réseaux de chaleur urbains alimentés par des énergies renouvelables;

- Prendre en compte la réduction des émissions de carbone dans les stratégies de résilience climatique, en encourageant des solutions basées sur la nature pour la protection contre les risques tout en limitant les émissions, telles que les parcs et les zones humides qui capturent le carbone;
- Établir des périmètres de protection qui tiennent compte non seulement des risques technologiques, mais aussi de la capacité de ces zones à soutenir des pratiques à faible émission de carbone;
- Introduire des normes de construction qui renforcent à la fois les bâtiments contre les tremblements de terre et réduisent leur empreinte carbone, comme l'utilisation des matériaux à faible émissions de carbone et l'intégration des technologies de construction passives;
- Intégrer des objectifs de réduction des émissions de carbone dans les plans généraux de prévention et les plans particuliers d'intervention, en prévoyant à titre d'exemple des actions pour limiter les émissions de carbone en cas de catastrophe ;
- Inclure des exigences spécifiques pour les constructions à faible émission de carbone, comme l'utilisation des matériaux de construction durables et biosourcés, des normes énergétiques strictes ou l'obligation d'intégrer des sources d'énergie renouvelable dans les nouvelles constructions.

En addition, les différents documents graphiques du PDAU d'Alger pourraient prendre en charge des aspects spécifiques à la réduction des émissions de carbone, selon les modalités suivantes:

- **Le plan d'état de fait:** Ce plan pourrait identifier les bâtiments existants avec des performances énergétiques faibles et les zones à forte densité de circulation automobile, afin d'établir des propriétés pour la rénovation énergétique et la réduction des émissions de transport. Ainsi, il pourrait cartographier les infrastructures de transport en commun existantes et prévoir des améliorations pour encourager leur utilisation, en réduisant, par conséquent, les émissions des voitures particulières.
- **Le plan d'aménagement:** Ce plan pourrait : (i) Privilégier le développement de quartiers compacts et bien desservis par les transports en commun, réduisant la dépendance à l'automobile, (ii) Intégrer des normes d'efficacité énergétique pour les nouvelles constructions, et (iii) Préserver les espaces verts et agricoles qui peuvent jouer un rôle dans la séquestration du carbone , tout en évitant l'étalement urbain;

- **Le plan de servitudes:** Ce plan pourrait créer des servitudes pour l'installation des infrastructures énergétiques renouvelables (parcs solaires, éoliennes) et des corridors pour les transports en commun, contribuant à la réduction des émissions de carbone;
- **Le plan d'équipement:** Ce plan pourrait prioriser les infrastructures facilitant les déplacements à faible émission de carbone et les réseaux d'énergie renouvelable, rationaliser la gestion des déchets et des eaux, optimiser la localisation des services publics afin de minimiser les déplacements nécessaires des habitants et intégrer des bâtiments bas-carbone;
- **Le plan de zones exposées aux risques naturels et technologiques:** Ce plan pourrait intégrer des critères de résilience climatique, en anticipant les impacts du changement climatique sur les infrastructures existantes et futures, ainsi délimiter les zones soumises à des risques climatiques (inondations, canicules, etc.) et les secteurs prioritaires pour l'adaptation.

En complément, il pourrait être pertinent d'intégrer à ces documents graphiques du PDAU d'Alger **un plan local de réduction des émissions de carbone**.

L'ensemble des règles que pourrait imposer le PDAU d'Alger, ainsi que les aspects de réduction des émissions à prendre en charge par ses documents graphiques (Annexe O), entraînera des **répercussions directes ou indirectes** sur la réduction des émissions de carbone des ménages.

Additivement, il est nécessaire de souligner l'importance de la mise en place d'un cadre politique et réglementaire **robuste** afin de soutenir les initiatives de réduction des émissions de carbone. Cela peut inclure des incitations financières pour les rénovations énergétiques, des subventions pour l'installation de systèmes des énergies renouvelables et des obligations légales concernant la performance énergétique des nouveaux bâtiments. La **participation active** des citoyens et des parties prenantes locales est **cruciale** pour assurer la mise en œuvre **effective** et l'**acceptabilité** des actions.

9.3.2.3 Potentiel du POS pour l'intégration des actions de réduction des émissions de carbone des ménages

La révision des POS d'Alger se concentre principalement sur la préservation du tissu urbain de la Capitale et la lutte contre les constructions illégales. Cette révision pourrait représenter une **opportunité significative** afin d'introduire la réduction des émissions de

carbone des ménages. Cette dernière pourrait être incorporée dans les composants du POS de la manière suivante (Annexe P):

1) Dans le règlement du POS:

En plus de la comptabilité avec le PDAU, la note de présentation devrait inclure une section justifiant la manière dont les dispositions du POS contribuent à la réduction des émissions de carbone des ménages. Cette justification pourrait s'appuyer sur des actions spécifiques, telles que l'encouragement à l'utilisation de matériaux de construction durables et biosourcés, la promotion des énergies renouvelables dans les habitations et l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments.

Il serait pertinent d'introduire des dispositions favorisant les constructions bas-carbone, ce qui pourrait inclure des incitations pour la construction des bâtiments passifs, à énergie positive ou régénératifs et imposer des normes de performance énergétique et d'utilisation des énergies renouvelables pour les constructions neuves et rénovées. Ainsi, les coefficients d'occupation et d'emprise au sol pourraient être ajustés afin de favoriser les constructions qui minimisent l'empreinte carbone.

En outre, le cadre réglementaire du POS pourrait également:

- Favoriser les infrastructures qui réduisent les émissions de carbone, comme des pistes cyclables, des voies piétonnes ou des bornes de recharge pour les véhicules électriques. Ces infrastructures devraient être intégrées aussi dans le plan de voiries;
- Imposer un seuil maximal d'émission pour les nouvelles constructions;
- Imposer des normes énergétiques plus strictes pour les constructions neuves et existantes, notamment dans les zones résidentielles;
- Encadrer l'aspect extérieur des constructions pour favoriser la conception bioclimatique et l'intégration des énergies renouvelables;
- Améliorer l'isolation thermique des bâtiments;
- Limiter l'utilisation des matériaux de construction ayant un processus de production industrielle lourd;
- Encourager l'aménagement de terrains de manière à optimiser la performance énergétique des constructions, par exemple en orientant les bâtiments pour maximiser l'apport solaire passif;

- Introduire des critères pour la hauteur des bâtiments qui prennent en compte l'optimisation de la performance énergétique;
- Inclure des obligations environnementales dans les servitudes définies par le POS, telles que la limitation de l'imperméabilisation des sols, l'obligation de la végétalisation des toits et/ou des murs, ou encore des exigences de perméabilité pour les zones de stationnement;
- Définir des règles de stationnement limitant le nombre de places de stationnement et favorisant les mobilités alternatives (vélos, covoiturage, etc.);
- Limiter le nombre de places de stationnement;
- Augmenter le nombre de quartier sans voiture;
- Promouvoir la végétalisation des espaces libres;
- Imposer des coefficients de végétalisation minimum pour les nouvelles constructions;
- Promouvoir les pratiques agricoles durables qui réduisent les émissions de carbone;
- Prioriser les infrastructures publiques qui réduisent les émissions de carbone, telles que les systèmes de chauffage urbain à basse émission, les réseaux de transport en commun écologiques, les bâtiments publics équipés de panneaux solaires et de système de gestion d'énergie, etc.;
- Prévoir des obligations de raccordement aux réseaux de chaleur et de froid, lorsqu'ils existent.
- Promouvoir la création des réseaux d'infrastructure verte, notamment les systèmes de gestion des eaux pluviales et les corridors écologiques.
- Encourager l'installation des équipements de production des énergies renouvelables;
- Imposer des exigences en matière de production des énergies renouvelables;
- Établir des directives pour la gestion des déchets, en encourageant essentiellement le compostage;
- Mettre en place des normes pour la gestion durable des ressources hydriques, notamment des eaux pluviales;
- Instaurer des incitations financières (taxes, subventions, etc.) pour favoriser les solutions bas-carbone.

2) Dans les documents graphiques du POS:

- **Les cartes délimitant les zones exposées aux risques naturels et technologiques** pourraient inclure une cartographie des zones vulnérables aux impacts du changement climatique, telles que les zones exposées aux inondations ou aux vagues de chaleur, afin de limiter ou d'encadrer les constructions dans ces zones;
- **Le plan de l'état de fait** pourrait:(i) Évaluer l'efficacité énergétique des bâtiments et des infrastructures existants en proposant des actions pour l'amélioration de cette efficacité afin de réduire les émissions de carbone, (ii) Identifier les zones de dynamiques énergétiques homogènes et (iii) Évaluer le potentiel d'exploitation des énergies renouvelables à l'échelle des îlots ;
- **Le plan d'aménagement général** pourrait : (i) Définir des zones prioritaires pour l'installation des technologies bas-carbone, (ii) Encourager la construction des bâtiments bas-carbone et (iii) Prévoir des zones dédiées à l'agriculture urbaine et aux espaces verts;
- **Le plan de composition urbaine** pourrait intégrer des règles de constructions et d'aménagement bas-carbone, ainsi qu'introduire des simulations ou des projections d'impact GES pour chaque action d'aménagement proposés.

En complément, les documents graphiques du POS pourraient être enrichis par les supports suivants:

- **Un plan de mobilité durable,** incluant les pistes cyclables, les réseaux de transports en commun écologique, les zones de covoiturage, les stations de recharge pour les véhicules électriques, les parkings à vélo, etc.;
- **Une carte des infrastructures énergétiques,** comprenant les infrastructures existantes et à planifier pour les énergies renouvelables;
- **Un plan de gestion des eaux pluviales,** intégrant des solutions pour la gestion durable de ces eaux, qui contribuent à la séquestration du carbone, telles que les jardins de pluie, les toitures végétalisées et les bassins de rétention;
- **Un plan de rénovation énergétique des bâtiments existants,** en priorisant les quartiers à forte densité;
- **Un plan de réduction des émissions de carbone des ménages.**

Conclusion

Ce chapitre a souligné l'**importance cruciale** de la planification urbaine locale dans l'atténuation des émissions de carbone des ménages. Il a démontré son potentiel à orienter les décisions vers des **stratégies d'aménagement durable** favorisant ainsi un **développement à faible émission de carbone**. En intégrant les initiatives de réduction des émissions de carbone des ménages dans le cadre de la planification urbaine locale, nous disposons d'un **levier puissant** pour atteindre les objectifs de **durabilité** et de **résilience climatique**.

Une approche **holistique**, **collaborative** et **adaptative**, intégrant les leviers d'action prioritaires, est désormais **indispensable** pour répondre aux défis climatiques contemporains. Cette approche doit être soutenue par des politiques **robustes** et encourage une **participation citoyenne active**.

Dans ce contexte, nous avons proposé l'élaboration d'un **Plan de Réduction du Carbone des Ménage**s (PRCM) reposant sur une **démarche dynamique** et **itérative**. Ce plan pourrait **compléter** les instruments de la planification urbaine locale existants ou être **intégrer** en leur sein. Il pourrait être un **outil stratégique** qui guide la mise en œuvre des actions de réduction du bilan carbone ménage et facilite le processus de prise de décision

De plus, lors d'une réunion du Conseil des Ministres tenue fin 2022, le Chef de l'État a souligné la nécessité de réviser la loi relative à l'urbanisme, initialement adoptée en 1990 et modifiée et complétée en 2004. Cette révision devrait être fondée sur une véritable planification urbanistique, visant à éradiquer définitivement les aspects anarchiques, afin que toutes les opérations de construction et de développement soient soumises à un cadre **rigoureux** et **strictement réglementé**, notamment dans les zones urbaines. Cette révision législative représente une **opportunité unique** d'incorporer la méthodologie de réduction des bilans carbone ménage dans les instruments de la planification urbaine locale. Une telle démarche contribuerait à aligner les objectifs de développement urbain avec ceux de la durabilité environnementale et de la résilience climatique.

CHAPITRE X

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

10.1 Retours théoriques et résultats obtenus

L’accord de Paris sur le climat, adopté lors de la COP21 en décembre 2015, a pour objectif de maintenir l'augmentation de la température mondiale bien en dessous de 2°C, tout en poursuivant les efforts pour la limiter à 1,5°C. Pour atteindre cet objectif, il est impératif que les émissions mondiales de GES diminuent de manière significative, afin de parvenir, au cours de la deuxième moitié du siècle, à un équilibre entre les émissions anthropiques et leur absorption par les puits de carbone. En tant que signataire de cet accord, l'Algérie s'est engagée à prendre part à l'effort global de réduction des émissions de GES. Dans le cadre de sa Contribution Déterminée au niveau National, elle s'est fixée pour objectif de réduire ses émissions de 7% à l'horizon 2030 par rapport au scénario de référence BAU, en s'appuyant sur ses ressources nationales. Ce taux pourrait atteindre 22% avec un soutien international. L'Algérie a intégré dans ses politiques nationales des objectifs visant à renforcer la résilience climatique, à réduire la vulnérabilité aux impacts du dérèglement climatique et à promouvoir une gestion durable de ses ressources naturelles.

Toutefois, la réalisation de ces engagements à l'échelle nationale et internationale nécessite une action renforcée au niveau locale. Les ménages, en tant qu'entités génératrices des émissions directes de GES, jouent un rôle clé dans l'atteinte des objectifs climatiques globaux. Il est donc essentiel de promouvoir, à l'échelle locale, la transition vers des pratiques énergétiques durables, l’optimisation de la consommation des ressources et l’adoption de technologies propres, en s’appuyant sur des politiques adaptées. L'intégration des leviers de réduction des émissions domestiques dans ces politiques est cruciale pour traduire les engagements globaux en actions concrètes et mesurables.

La mobilisation des communautés locales et la mise en place des actions ciblées pour réduire les émissions de GES constituent une pierre angulaire dans la lutte contre les changements climatiques. Cette approche locale, en synergie avec les stratégies nationales et internationales, est fondamentale pour garantir la pérennité des engagements pris, tout en favorisant un développement durable et résilient.

Dans cette perspective et afin d'appuyer l'engagement de l'Algérie dans la réduction des émissions de GES et le renforcement de sa résilience face aux changement climatiques, notre recherche s'est concentrée sur la quantification du bilan carbone des ménages tout en proposant une série de leviers d'action ciblant les principales sources d'émissions domestique et vérifier la possibilité de leur intégration dans le processus de la planification urbaine locale et dans ses instruments.

La problématique de recherche soulevée dans ce contexte a engendré diverses interrogations, auxquelles nous avons entrepris de répondre par la vérification des hypothèses suivantes:

1. La consommation d'énergie domestique, les déplacements individuels motorisés et la consommation des biens et services constituent les principales sources d'émissions de carbone attribuables aux ménages à El Harrach.

2. Les facteurs socio-économiques, notamment la profession des ménages, sont les déterminants majeurs influençant les émissions de carbone générées par les ménages à El Harrach

3. L'élaboration d'un plan d'action visant la réduction des émissions de carbone des ménages pourrait être l'outil stratégique de priorisation des pistes d'actions, de maîtrise de la planification urbaine locale et d'aide à la décision.

La démarche méthodologique adoptée pour la vérification de ces hypothèses s'articule autour de deux parties essentielles: La première théorique et la seconde empirique. La première partie de la présente thèse pose les jalons théoriques relatifs aux émissions de GES dans les environnements urbains, ainsi qu'aux leviers permettant leur réduction. Le deuxième chapitre a permis d'éclaircir les processus fondamentaux qui régissent le réchauffement climatique et les émissions de GES. Il a montré que la structure atmosphérique et ses composantes sont gravement altérées par l'augmentation des concentrations de GES. Ce déséquilibre, amplifié par l'effet de serre additionnel, perturbe le cycle naturel du carbone et engendre des conséquences écologiques et climatiques majeurs. Ce chapitre a également mis en lumière l'impact prédominant des activités humaines sur le système naturel et a souligné la nécessité impérieuse de mettre en place des stratégies d'atténuation. En réponse à ces enjeux, nous avons passé en revue les initiatives mondiales déployées, sur les plans scientifiques et politiques, afin de combattre

le réchauffement climatique et de réduire les émissions de GES. Ces initiatives sont principalement illustrées par l'élaboration des rapports sur les changements climatiques par le GIEC, ainsi que par la tenue annuelle des Conférences des Parties (COP), dont l'édition de 2015 a été marquée par l'adoption de l'Accord de Paris, visant à contenir le réchauffement climatique en deçà du seuil critique de 1,5°C.

Le troisième chapitre a démontré que les villes occupent une position centrale dans les enjeux climatiques contemporains. En tant que principaux contributeurs aux émissions de GES, elles représentent également les segments les plus vulnérables face à ces défis. Paradoxalement, possèdent un potentiel considérable pour développer des solutions d'atténuation visant à réduire les effets néfastes du changement climatique et à orienter les trajectoires d'émission vers des niveaux soutenables. Ce chapitre a par ailleurs mis en évidence la présence de différences notables dans les niveaux d'émissions de GES, influencées par une variété de facteurs socio-économiques, géographiques, urbains et comportementaux. Une revue de littérature a été effectuée sur les sources d'émissions urbaines de GES, distinguées entre émissions directes et indirectes, regroupées en trois (03) scopes: Le scope 1, qui englobe les émissions directes; le scopes 2, relatifs aux émissions indirectes associées à l'énergie et le scope 3, qui inclut les émissions indirectes le long de la chaîne de valeur. En outre, il a été souligné que la réduction de ces émissions nécessite une intervention ciblée à la source. En s'appuyant sur les travaux existants, une panoplie de leviers d'action a été identifiée pour agir sur les sources d'émissions, tout en définissant les échelles de mise en œuvre appropriées. Outre leur rôle prépondérant pour la réduction des émissions de GES, ces actions favorisent l'amélioration de la qualité de l'air, l'accroissement de l'autonomie énergétique et le renforcement de la résilience climatique urbaine et à l'accélération de la transition écologique. Ainsi, Ces initiatives permettent de rendre les communautés plus résilientes et de favoriser leur engagement vers une économie à faible émission de carbone.

Le quatrième chapitre a mis en exergue que la performance des leviers d'action dépend de leur intégration systématique dans le processus de la planification urbaine locale. Il a démontré que la transition vers une approche de planification urbaine bas carbone représente aujourd'hui une priorité impérative dans la lutte contre les changements climatiques. En outre, il a souligné l'importance d'établir des bilans de carbone à l'échelle locale afin de garantir la pertinence de cette planification.

Le cinquième chapitre nous a permis de présenter une synthèse théorique des différentes approches, méthodes et outils disponibles dans la littérature pour la quantification des émissions de GES. Nous avons mis l'accent sur l'échelle des ménages, qui représente l'entité fondamental de tout développement urbain, étant à la fois des sources importants responsables aux émissions urbaines de GES, et des acteurs potentiels dans les stratégies de réduction. La quantification des émissions de GES repose sur des approches qui peuvent se concentrer sur la production, la consommation ou une combinaison des deux. Les méthodes recensées dans les travaux académiques comprennent la méthode des coefficients d'émission du GIEC, l'ACV, l'analyse input-output ou les méthodes hybrides. Ces dernières visent à combiner plusieurs méthodes afin de pallier les limites inhérentes à chacune, offrant ainsi une vision plus complète et précise des émissions de GES. Les outils de calcul du bilan carbone se déclinent sous divers formats. Ils peuvent prendre la forme de tableurs, de logiciels spécialisés ou de calculateurs en ligne qui ont connu un développement notable ces dernières années, s'avèrent être des outils de sensibilisation efficaces pour l'adoption des modes de vie plus responsable. Parmi ces calculateurs, le calculateur *Carbon Footprint*, développé par la société *Carbon Footprint Ltd*, se distingue par sa complétude et son accessibilité, intégrant des données pour l'ensemble des pays du Monde. Ce calculateur a été validé par plusieurs études scientifiques, ce qui justifie son utilisation dans notre étude.

La deuxième partie de cette thèse vise à **appliquer la méthodologie d'estimation des bilans carbone aux ménages d'El Harrach**, tout en **démontrant l'importance et la faisabilité de l'intégration des leviers de leur réduction dans le processus de planification urbaine locale**. Le choix d'El Harrach s'explique par son expansion urbaine accélérée, son insalubrité persistante, son niveau élevé de pollution, ainsi que sa vulnérabilité accrue face aux enjeux climatiques.

Le sixième chapitre nous a permis de comprendre le contexte urbain et climatique, particulièrement de réchauffement, du territoire algérois. Il a révélé les transformations **majeures** observées au cours des quatre dernières décennies, notamment **l'augmentation des températures** et **la diminution notable des précipitations annuelles**. Il est prévu que cette tendance est susceptible de **se prolonger** dans les années à venir, accentuant la vulnérabilité climatique de ce territoire. Le chapitre a également souligné les défis environnementaux croissants liés à l'**expansion horizontale rapide** d'Alger, notamment en ce qui concerne les émissions de GES et la gestion durable des ressources naturelles. De

plus, il a passé en revue les initiatives algériennes en matière d'**atténuation** et d'**adaptation** aux changements climatiques, qui peuvent servir de **cadre stratégique** pour guider la planification urbaine locale en faveur d'un **développement durable** et **résilient**. Cela exige une **collaboration étroite** entre les acteurs publics et privés, ainsi qu'une **intensification de la sensibilisation** et de l'**engagement des citoyens** afin de faire face aux défis climatiques et urbains futurs.

Le septième chapitre a permis l'acquisition d'une connaissance approfondie des dynamiques urbaines et climatiques d'El Harrach, soulignant l'**impératif** d'une planification urbaine locale durable et résiliente face à pressions croissantes imposées par le dérèglement climatique, les enjeux environnementaux et l'urbanisation anarchique à laquelle El Harrach est confrontée. Il a également conduit à l'élaboration d'une cartographie des îlots morphologiques urbains d'El Harrach, en s'appuyant sur le référentiel géographique IMU. Ces îlots ont par la suite été classés en zones climatiques locales à l'aide du système de classification de Stewart et Oke, démontrant ainsi l'**adaptabilité** de ce système à notre contexte et **orientant** la sélection des **échantillons pertinents** et **représentatifs** pour notre étude.

Le huitième chapitre a marqué l'application de la méthodologie de calcul du bilan carbone ménage dans notre contexte d'étude, en adoptant une **approche basée sur la consommation**. Pour ce faire, nous avons utilisé le calculateur en ligne *Carbon Footprint*, qui repose sur une **méthode hybride** combinant les méthodes EE-IO et ACV. Ce chapitre s'est particulièrement focalisé sur les zones climatiques locales à **vocation résidentielle**, où nous avons choisi un échantillon qui représente chaque classe. Nous avons ensuite procédé à l'estimation des émissions de carbone pour tous les ménages présents dans ces zones retenues. Les résultats obtenus ont démontré que la **consommation d'énergie domestique**, les **déplacements en voiture** et la **consommation des biens et services** constituent les **principales sources d'émissions de carbone des ménages étudiés dans toutes les classes**, **ce qui permet de valider notre première hypothèse**. Ils ont également montré des **écarts notables** entre les émissions de carbone des ménages. Les ménages résidants dans l'IMU du quartier Belle vue, classé LCZ 3, affichent des niveaux d'émissions de carbone **plus élevés**, essentiellement attribuables à leurs **profils socioéconomiques favorables**, qui se traduisent par des **revenus relativement conséquents**. Ces conditions leur permettent d'adopter un **mode de vie à forte empreinte énergétique**. En revanche, les ménages appartenant aux IMU issus de catégories socio-économiques **plus modestes**

présentent des niveaux d'émissions de carbone **considérablement inférieurs**. Ces constats **mis en évidence l'influence déterminant du profil socioéconomique sur les émissions de carbone** des ménages à El Harrach, **ce qui confirme notre deuxième hypothèse.**

En nous basant sur ces résultats et sur la littérature scientifique développée dans la première partie de cette thèse, nous avons suggéré des actions pour l'atténuation des émissions de carbone des **sources identifiées** et l'amélioration du bilan carbone des ménages, en ciblant spécifiquement ceux dont les niveaux d'émissions par personne **excèdent** la limite mondiale, à savoir les classes LCZ 3 (Belle vue), LCZ 4 (Cité HLM), LCZ 5 (Cité Panorama) et LCZ 2 (Boumaâti) (Tableau 8.4).

Additionnellement, il est crucial que chaque ménage **participe activement** aux initiatives de recyclage des eaux usées et des eaux grises, à la récupération des eaux pluviales et à la préservation des espaces verts. Une **volonté collective** de verdissement, incluant la plantation des arbres, la végétalisation des toits et la mise en place des potagers communautaires, apparaît comme un **impératif**. Ces initiatives permettent de réduire la consommation d'énergie domestique, en particulier pendant les mois d'été, en favorisant la création des îlots de fraîcheur urbains et en contribuant à la séquestration du carbone.

Il est essentiel de souligner que la mise en œuvre des actions de réduction des émissions de carbone des ménages d'El Harrach nécessite **un appui actif** des autorités locales par des incitations financières, encourageant l'adoption des énergies renouvelables, l'isolation thermique des bâtiments et la végétalisation des espaces. Ainsi, le développement d'infrastructures de transport durables est essentiel pour favoriser une transition vers un mode de vie à faible émission de carbone.

Néanmoins, il est désormais important de noter que les résultats obtenus **ne peuvent pas être étendus** à l'ensemble des zones climatiques locales d'El Harrach, et qu'une **classification complémentaire en zones de dynamiques énergétiques homogènes locales est préconisée**. De plus, les ménages ayant des émissions de carbone inférieures à la limite mondiale doivent continuer à adopter de comportements de consommation durables, tandis que ceux à revenus élevés, souvent responsables d'un excès d'émissions, doivent être sensibilisés à des choix de vie plus respectueux de l'environnement.

Le neuvième chapitre a montré que la **priorisation** et la **sélection** des actions de réduction des émissions de carbone sont **essentielles**, nécessitant une **quantification**

précise de leur **impact** pour une gestion efficace. Celle-ci s'inscrit dans une démarche d'aide à la décision et d'évaluation des performances dans un cadre global de gestion des émissions. Le **rôle central** de la planification urbaine locale dans l'atténuation des émissions des ménages a également été souligné, offrant un **levier puissant** en faveur de la durabilité et de la résilience face aux défis climatiques.

L'intégration des **actions priorisées** de réduction des émissions de carbone des ménages dans la planification urbaine locale constitue une **réponse clé** aux enjeux climatiques. Cette approche qui se doit d'être **holistique**, **collaborative** et **adaptée aux particularités locales**, contribue à la réduction des émissions à l'échelle domestique tout en soutenant les objectifs nationaux. Elle montre que l'action locale est **fondamentale** pour une **transition bas-carbone à plus grande échelle**.

Enfin, nous avons proposé l'élaboration d'un **Plan de Réduction du Carbone des Ménages** (PRCM), reposant sur une **démarche dynamique** et **itérative**, qui pourrait **compléter** ou **s'intégrer** aux instruments actuels de planification. Ce plan serait un **outil stratégique** pour guider la mise en œuvre des actions de réduction des émissions de carbone des ménages et faciliter le processus décisionnel, **ce qui nous permet de valider notre troisième hypothèse.**

10.2 Apports, limites et contraintes de la recherche

Cette recherche pourrait soutenir la prise de décision des autorités locales et fournit des outils essentiels pour orienter les politiques urbaines vers des actions concrètes de réduction des émissions de GES, adaptées aux spécificités des ménages et des zones résidentielles. Elle pourrait contribuer au cadre conceptuel de la gouvernance climatique locale en optimisant la planification urbaine grâce à l'intégration des stratégies d'atténuation fondées sur des données précises, telles que l'efficacité énergétique, les mobilités douces et les énergies renouvelables. En outre, elle pourrait appuyer la sensibilisation des ménages à leur empreinte environnementale et encourager l'élaboration des plans de réduction des émissions de GES qui tenant compte les particularités locales.

Cette étude pourrait servir de référence dans l'évaluation des émissions de carbone à l'échelle locale et promouvoir l'innovation méthodologique dans la recherche climatique. Elle pourrait offrir aux municipalités un guide pour la définition des objectifs de réduction, ainsi que pour l'élaboration et l'amélioration de cadres de suivi et d'évaluation des politiques climatiques urbaines. Par ailleurs, elle pourrait constituer une base pour le

développement de modèles prédictifs d'émissions des ménages, permettant de simuler les différentes trajectoires d'émission en fonction des scénarios de planification urbaine et des modes de consommation. Cela offre une prospective et permet aux décideurs d'anticiper les évolutions des émissions en fonction des actions mises en œuvre.

En lien avec les principes de l'économie circulaire et l'écologie industrielle, cette recherche pourrait aider à la création d'un modèle territorial durable, intégrant les ménages dans les circuits fermés afin de renforcer la résilience énergétique et climatique des zones urbaines, tout en favorisant une approche systémique de la gestion des ressources. En fin, cette recherche pourrait contribuer à l'élaboration de nouveaux cadres réglementaires, tant locaux que nationaux, visant à encadrer les émissions des ménages et à encourager des comportements compatibles avec les objectifs de réduction des émissions de GES

D'autres part, de nombreux limites et contraintes ont jalonné l'élaboration de cette recherche, impactant tant l'étendue de l'étude que la méthodologie adoptée. L'objectif initial visait à réaliser une étude comparative des bilans carbone de trois communes algéroises, identifiées comme particulièrement vulnérables aux enjeux climatiques. Cependant, l'indisponibilité de plusieurs données essentielles et l'inaccessibilité à d'autres sources ont conduit à restreindre la portée de l'étude. Cette dernière c'est alors recentré sur une seule commune, caractérisée par une diversité d'activités (industrielle, commerciale, tertiaire et résidentielle), afin de comparer les contributions respectives de ces activités aux émissions de carbone. En raison de l'absence de données adaptées à ce contexte, de difficulté d'accès aux informations industrielles et tertiaires et de la complexité liée à l'évaluation d'un grand nombre de flux, le travail a été limité à l'estimation du bilan carbone à l'échelle domestique, s'appuyant principalement sur une enquête de terrain porte-à-porte.

De surcroît, l'absence de documents graphiques et écrits relatifs aux différents POS d'El Harrach, comme mentionné dans le chapitre VII, a rendu particulièrement difficile la collecte des données des indicateurs nécessaires pour délimiter les IMU sur l'ensemble du territoire d'El Harrach. Cette tâche a été chronophage, nécessitant le calcul et la mesure des indicateurs à partir des informations issues du PDAU d'Alger 2016, de l'APC d'El Harrach, des images satellitaires et des observations et mesures in-situ. Ces dernières ont été menées malgré les risques encourus dans certaines zones isolées et celles où l'insécurité est manifeste.

Par ailleurs, pour la classification en *Local Climate Zones*, le manque de bases de données spécifiques aux propriétés thermiques, radiatives et métaboliques à El Harrach a orienté l'étude vers la collecte de métadonnées relatives aux propriétés géométriques et à la couverture du sol de chaque IMU. Ainsi, la complexité du calcul du facteur de vue du ciel, nécessitant l'utilisation de plusieurs logiciels et de bases de données 3D propre à chaque îlot, a constitué un frein supplémentaire. De ce fait, seules six (06) des sept (07) propriétés géométriques et de couverture du sol, proposées dans le système de classification de Stewart et Oke, ont pu être intégrées dans cette recherche.

En outre, la pandémie de COVID-19 a eu un impact considérable sur le déroulement de cette recherche. Les restrictions liées au confinement et aux mesures sanitaires ont prolongé la période de collecte des données. Par ailleurs, la réticence des ménages à déclarer leurs revenus a exigé une adaptation du questionnaire initial, avec une analyse du bilan carbone basée sur les profils socio-économiques. Bien que cette approche ait introduit une marge d'incertitude, elle n'a pas significativement altéré la robustesse des résultats. De plus, un nombre important de ménages a refusé de divulguer en détail la composition familiale, l'âge et le sexe du dirigeant du foyer, en particulier pour les femmes veuves ou divorcées. Cela a entraîné à l'exclusion de ces facteurs potentiels de cette étude.

De plus, certaines imprécisions peuvent subsister dans l'estimation des émissions liées aux déplacements et à la consommation des biens et services, en particulier pour ce qui a trait aux distances parcourues et aux coûts déclarés. Quoique ces imprécisions puissent influer sur la précision des calculs, elles n'affectent pas substantiellement la validité globale des résultats obtenus.

Quant au calculateur utilisé dans cette recherche, il convient de souligner qu'il présente certaines limites méthodologiques. Premièrement, la consommation de biens et de services sont traitées de manière générale, négligeant les variations substantielles des émissions de carbone en fonction de la provenance des produits, qu'ils soient importés ou locaux. Ainsi, ce calculateur ne tient pas en compte toutes les interactions complexes qui se produisent au sein des chaînes d'approvisionnement, ce qui réduit la précision des estimations. Enfin, l'absence d'intégration de la capacité de séquestration du carbone, limitant ainsi l'évaluation globale du bilan carbone des ménages.

En somme, ces contraintes et limitations méthodologiques et contextuelles impactent certes la précision des résultats, mais elles ne compromettre en rien la pertinence de cette recherche n'enlèvent rien à la pertinence de ce travail.

10.3 Perspectives de recherche ultérieures

Notre présente recherche peut ouvrir la voie à des approfondissements et à des innovations méthodologiques. Une première piste consisterait à développer un système de classification en zones de dynamiques énergétiques homogènes locales, permettant de prendre en considération les interactions locales entre les facteurs énergétiques, urbains, économiques, sociaux et comportementaux. Cette classification pourrait offrir une meilleure base pour l'élaboration des politiques de réduction ciblées et adaptées aux besoins spécifiques de chaque zone.

Une deuxième perspective prometteuse concerne l'évaluation de la séquestration de carbone, qui pourrait être intégrée dans les bilans carbone des ménages. La quantification de la capacité de séquestration, notamment par les espaces verts urbains et les terrains agricoles, permettrait de mieux comprendre leur contribution à la neutralisation des émissions. Ce volet est essentiel pour offrir une vue d'ensemble complète des dynamiques carbone en particulier au sein des milieux urbains.

Un autre axe prioritaire serait la hiérarchisation des actions de réduction des émissions de carbone proposées, en fonction de leur impact potentiel, de leur faisabilité technique et de leur acceptabilité sociale. Il devient crucial de développer une méthodologie permettant de prioriser les actions les plus efficaces en tenant compte des contraintes économiques, sociales et environnementales. à cet égard, une étude coût-bénéfice détaillée des différentes actions de réduction serait nécessaire pour évaluer leur rentabilité et leur viabilité à long terme. Une telle étude pourrait fournir aux décideurs un cadre analytique solide afin d'orienter les investissements vers les actions les plus optimales.

In fine, d'autres pistes de recherche pourraient également être explorées en vue d'élargir les horizons de cette étude, telles que l'examen des dynamiques de la transition énergétique à l'échelle domestique, en se concentrant sur les comportements des ménages, et la modélisation des évolutions futures des émissions à long terme.

CHAPITRE XI

BIBLIOGRAPHIE

ABC et *al*. (2021). *Projet établissements bas carbone: expérimentation 2020-2021*. Guide méthodologique, version 1, 9 p. [Consulté le 20 Mars 2023]. Disponible sur: https://educlimat.fr/wp-content/uploads/2021/02/Guide-me%CC%81thodologique.pdf

ABC. (2018). 6 minutes pour découvrir l'outil Bilan Carbone®. [Consulté le 12 Avril 2019]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=AIPrNhSOyGM&lc=Ugx4B-A5afn1FB4VZGZ4AaABAg.9PXmviWAtPj9S1Yopmo6Rg

ABC. (2021). Lancement du logiciel Bilan Carbone +: Démonstration complète ®. [Consulté le 20 Février 2022]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=XhCA4F3_ZfA

ABC. (2022a). Tout savoir sur le bilan carbone® : La mise au point complète de l'Association pour la transition Bas Carbone. [Consulté le 22 Septembre 2022]. Disponible sur: https://abc-transitionbascarbone.fr/tout-savoir-sur-le-bilan-carbone-la-mise-au-point-complete-de-lassociation-pour-la-transition-bas-carbone/

ABC. (2022b). Une nouvelle méthode Bilan Carbone® ?: Participez au lancement du GT « Évolution de la méthode »!. Consulté le [22 Septembre 2022]. Disponible sur: https://abc-transitionbascarbone.fr/une-nouvelle-methode-bilan-carbone-participez-au-lancement-du-gt-evolution-de-la-methode/.

Abukhater, A. B. E. D. (2009). Rethinking planning theory and practice: A glimmer of light for prospects of integrated planning to combat complex urban realities. Theoretical and Empirical Researches in Urban Management. Vol. 2 (11), 64-79. [Consulté le 06 Août 2019]. Disponible sur: https://um.ase.ro/No11/5.pdf.

Ackerman F., Ishikawa M., & Suga M. (2007). The carbon content of Japan–US trade. Energy Policy, 35(9), 4455–4462. [Consulté le 03 Janvier 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.03.010

ADEME , Beta.gouv., et ABC. (s.d.). Nos Gestes Climat – calculateur d'empreinte carbone individuelle . [Consulté le 15 Juin 2023]. Disponible sur: https://nosgestesclimat.fr/profil

ADEME. (2013). Bilan des émissions de gaz à effet de serre d'une collectivité et de son territoire. Cahier des charges, 27 p. [Consulté le 14 Juillet 2019]. Disponible sur: https://bilans-ges.ademe.fr/docutheque/cdc-ademe-bilan-emissions-gaz-effet-serre-collectivite-territoire-20131209.doc

ADEME. (2013). Réussir la planification et l'aménagement durables. Guide méthodologique. (2éme éd.). Paris: Le Moniteur, 256 p.

ADEME. (2016). Base carbone V11.5. Documentation des facteurs d'émissions de la Base Carbone ®. France : ADEME. 285p.

ADEME. (2021a). Quantifier l'impact GES d'une action de réduction des émissions. Recueil de fiches « exemple ». France: ADEME éditions, 135 p. [Consulté le 03 Septembre 2022]. Disponible sur: https://librairie.ademe.fr/ged/5510/ademe-quanti_ges_2021-web.pdf

ADEME. (2021b). Méthode QuantiGES; Quantifier l'impact GES d'une action de réduction des émissions. Guide méthodologique (3ème Version). France: ADEME éditions, 121 p. [Consulté le 30 Mars 2022]. Disponible sur: https://librairie.ademe.fr/ged/6768/guide_impact_ges__final_2022.pdf?modal=false

ADEME. (2022a). Planification urbaine bas carbone: En chemin vers la planification bas carbone: Recommandations et ressources pour agir via les SCoT et les PLUi, Clés pour agir. France:

ADEME éditions, 47 p. [Consulté le 04 Janvier 2023]. Disponible sur: https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/5662-en-chemin-vers-la-planification-bas-carbone-9791029720055.html

ADEME. (2022b). Guide pour La construction, la mise en œuvre et le suivi d'un plan de transition. Guide méthodologique. France: ADEME éditions, 28 P. [Consulté le 07 Avril 2022]. Disponible sur: https://www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/docutheque-guide-plan-transition.pdf

ADEME. (s.d.). Les étapes du Bilan GES. [Consulté le 02 Mai 2022]. Disponible sur: https://bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil/contenu/index/page/Etapes%2Bbilan%2BGES/siGras/0

AFD. (2015). Villes et atténuation du changement climatique: Question de développement. Synthèses des études et recherches de l'AFD. N° 21, 4p. Paris. [Consulté le 17 Avril 2017]. Disponible sur: https://www.afd.fr/fr/ressources/villes-et-attenuation-du-changement-climatique

Agence Nationale des Changements Climatiques (ANCC). (s.d.). Historique. [Consulté le 16 Mai 2018]. Disponible sur : http://www.ancc.dz/historique.html

Aida, M., & Gotoh, K. (1982). Urban albedo as a function of the urban structure — A two-dimensional numerical simulation. Boundary-Layer Meteorology, 23, 415–424. . [Consulté le 10 Août 2016]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/BF00116270

Albrechts, L. (2004). Strategic (Spatial) planning re-examined. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 31 (5), 743-758. [Consulté le 03 Février 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1068/b3065

Alfredsson, E. C. (2004). "Green" consumption—no solution for climate change. Energy, 29(4), 513-524. [Consulté le 16 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.energy.2003.10.013

Ali Toudert, F. (2005). Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate. PhD Thesis. Germany: University of Freiburg. 224p. [Consulté le 03 Août 2016]. Disponible sur:https://www.researchgate.net/publication/29756926_Dependence_of_outdoor_thermal_comfort_on_street_design_in_hot_and_dry_climate

Alkama, Dj. et Tacherift, A. (2001). Essai d'analyse typo-morphologique des noyaux urbains traditionnels dans la region des ziban. Courrier du Savoir, 01, 81-88. [Consulté le 13 Mars 2017]. Disponible sur: http://www.webreview.dz/IMG/pdf/11-Alkama.pdf

Alkama, Dj. (2005). Une forte micro-urbanisation. In M. Côte (Éd.), La ville et le désert: Le Bas-Sahara algérien. 41-56. Paris: Iremam-Karthala.

Amirova E.F., & al. (2022). Mechanisms for leveling the carbon footprint in the production of grain products. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1-5. [Consulté le 26 Février 2023]. Disponible sur: https://DOI 10.1088/1755-1315/1010/1/012072

Angelakoglou K. & al. (2015). Carbon Footprint Analysis of Municipalities – Evidence from Greece. Journal of Engineering Science and Technology Review, 8 (4), 15-23. [Consulté le 30 Avril 2018]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/profile/Georgios-Gaidajis/publication/291153375_Carbon_Footprint_Analysis_of_Municipalities_-_Evidence_from_Greece/links/61a88a0caade5b1bf5f9615a/Carbon-Footprint-Analysis-of-Municipalities-Evidence-from-Greece.pdf

APC Paris. (s.d.). https://www.apc-paris.com/

APS Online. (2023). Ouverture prochaine du Parc de Oued Smar. Algérie Presse Service, 27 Novembre. [Consulté le 01 Décembre 2024]. Disponible sur: https://www.aps.dz/societe/163220-ouverture-prochaine-du-parc-de-oued-smar

Aroua, N. (2012). Facteurs de vulnérabilité et capacité de résilience du milieu urbain face aux risques hydroclimatiques dans la commune algéroise d'El Harrach. Thèse de Doctorat. Option: «Urbanisme et Environnement». Alger: EPAU, 327 p.

Assia, M. (2023). Plans d'Occupation des Sols à Alger : Plus de 423 millions de dinars alloués. Journal électronique maghrebinfo. 21 Août. [Consulté le 30 Août 2021]. Disponible sur: https://www.maghrebinfo.dz/2023/08/21/plans-doccupation-des-terres-a-alger-plus-de-423-millions-de-dinars-alloues/. Consulter le 30 Aout 2023.

AUDIAR (Agence d'Urbanisme et de Développement Intercommunal de l'Agglomération Rennaise). (2019). L'Audiar se dote d'un nouveau référentiel géographique: les îlots morphologiques urbains. Rennes. 4p. [Consulté le 07 Novembre 2019]. Disponible sur: https://www.audiar.org/publication/urbanisme/espace-public/les-ilots-morphologiques-urbains-imu/#:~:text=L'Audiar%20se%20dote%20d,formes%20urbaines%20sur%20Rennes%20M%C3%A9tropole.

AURA Angers. (s.d.). Îlots Morphologiques Urbains (IMU) du Pôle Métropolitain Loire Angers. Cartographie interactive . [Consulté le 19 Janvier 2023]. Disponible sur: https://aurangevine.lizmap.com/carto/

Avenir Climatique. (s.d.). MicMac est un outil version tableur. [Consulté le 15 Juin 2018]. Disponible sur: https://avenirclimatique.org/micmac/index.php

Bacqué, M. H. et Gauthier, M. (2011). Participation, urbanisme et études urbaines, Participations, 1, 36-66. [Consulté le 19 Mars 2020]. Disponible sur: https://shs.cairn.info/revue-participations-2011-1-page-36?lang=fr&tab=texte-integral

BAD. (2012). Les solutions pour le changement climatique, La réponse de la Banque africaine de développement aux impacts en Afrique. 42 p. [Consulté le 30 Juin 2016]. Disponible sur: https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Generic-Documents/Les_Solutions_pour_le_changements_climatique-_la_r%C3%A9ponse_de_la_Banque_africaine_de_d%C3%A9veloppement_aux_impacts_en_Afrique.pdf

Badillo, A. (2023, 13 Septembre). Bilan carbone en entreprise : définition, obligations et calcul. Climate Consulting . [Consulté le 22Décembre 2023]. Disponible sur: https://climate.selectra.com/fr/bilan-carbone

Baiocchi, G. Minx, J., & Hubacek, K. (2010). The impact of social factors and consumer behavior on carbon dioxide emissions in the United Kingdom. Journal of Industrial Ecology, 14(1), 50–72. [Consulté le 20 Mai 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2009.00216.x

Bakour, M. (2006). La question de renouvellement urbain à Alger: cas de la commune d'El-Harrach. Mémoire de Magister en aménagement urbain. Alger: USTHB. 181 p.

Banque de France. (2019). Plan d'actions pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre de la Banque de France, France; Eurosystème. 20p.

Banque Mondiale. (2013). Planifier et financer des villes vivables et sobres en carbone. [Consulté le 01 juillet 2016]. Disponible sur: https://www.banquemondiale.org/fr/news/feature/2013/09/25/planning-financing-low-carbon-cities

Banque Mondiale. (2016, 07 Avril). Le Groupe de la Banque mondiale se donne un nouveau cap pour relever les défis climatiques les plus urgents. [Consulté le 30 Juin 2016]. Disponible sur: https://www.banquemondiale.org/fr/news/feature/2016/04/07/world-bank-group-sets-new-course-to-help-countries-meet-urgent-climate-challenges

Barrau, E., Barthel, P.-A., et al. (2014). Territoires urbains durables et adaptation aux changements climatiques : Revue bibliographique. GRET, CIRED et IAU: France. 79p. [Consulté le 30 Octobre 2016]. Disponible sur: file:///C:/Users/OASIS/Favorites/Downloads/rapportFFEM_revue_biblio_territoires_urbains_durables_VF1.pdf

Basbagill, J., Flager, F., & al. (2013). Application of life cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts. Building and Environment, 60, 81–92. [Consulté le 31 Mars 2021]. Disponible sur: doi:10.1016/j.buildenv.2012.11.009

Baynes, T., Lenzen M., & al. (2011). Comparison of household consumption and regional production approaches to assess urban energy use and implications for policy. Energy Policy, 39, 7298–7309. [Consulté le 05 Avril 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.08.053

Bechtel, B., & Daneke, C. (2012). Classification of Local Climate Zones Based on Multiple Earth Observation Data. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 5(4), 1191-1202. [Consulté le 16 Décembre 2019]. Disponible sur: doi: 10.1109/JSTARS.2012.2189873.

Bechtel, B., Alexander, P. J., & al. (2019). Generating WUDAPT Level 0 data – Current status of production and evaluation. Urban Climate, 27, 24–45. [Consulté le 30 Décembre 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.10.001

Bechtel, B., Alexander, P.J., & al. (2015). Mapping Local Climate Zones for a Worldwide Database of the Form and Function of Cities. ISPRS International journal of Geo-Information, 4(1), 199-219. [Consulté le 08 Janvier 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.3390/ijgi4010199

Bechtel, B., Demuzere, M., & al. (2017). Quality of Crowdsourced Data on Urban Morphology-The Human Influence Experiment (HUMINEX). Urban Science, 1(15), 21p. [Consulté le 13 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.3390/urbansci1020015

BEIS. (2021). UK Local and Regional Carbon Dioxide Emissions Estimates for 2005-2019. Technical Report. United Kingdom. 76 p. [Consulté le 06 Août 2021]. Disponible sur: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/996059/local-authority-co2-emissions-technical-report-2019.pdf

Berezowska-Azzag, E. (2005). La notion de seuils de croissance urbaine comme enjeu stratégique du Projet Urbain. Actes du Colloque international Développement urbain durable, gestion des ressources et gouvernance. Lausanne: UNIL. 9p. [Consulté le 31 Mars 2017]. Disponible sur: https://www.unil.ch/ouvdd/files/live/sites/ouvdd/files/shared/Colloque%202005/Communications/A)%20Ecologie%20urbaine/A1/E.%20Berezowska-Azzag.pdf

Berezowska-Azzag, E. (2013). Intelligence urbaine, au-delà d'une planification. Courrier du Savoir, 16, 55-63. [Consulté le 07 Février 2017]. Disponible sur: https://www.univ-biskra.dz/revues/index.php/cds/article/view/387/356

Berezowska-Azzag, E. (2016). Climat et ville, le couple infernal. Newsletter, 02, 9-11. Alger: EPAU.

Berezowska-Azzag, E. et al. (2015). Baromètre des performances urbaines locales: Alger et ses communes. Alger: Les Alternatives Urbaines. 174p.

Berthelot, D. (2000). Le projet dans l'usage des règlements d'urbanisme. Actes du colloque les sciences humaines et sociales face au projet urbain, 201-208.Paris: La Villette.

Betsill, M., & Bulkeley, H. (2007). Looking back and thinking ahead: A decade of cities and climate change research. Local Environment, 12(05), 447-456. . [Consulté le 30 Juillet 2016]. Disponible sur: https://doi.org/10.1080/13549830701659683

Betsill, M.M. (2001). Mitigating climate change in US cities: Opportunities and obstacles. Local Environment, 6, 393-406. [Consulté le 30 Juillet 2016]. Disponible sur: https://doi.org/10.1080/13549830120091699

Bicknell, K. B., Ball, R. J., & al. (1998). New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy. Ecological Economics , 27(2), 149-160. [Consulté le 06 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00136-5

Blaha, M., Vogel, C., & al. (2016). Large-Scale Semantic 3D Reconstruction: an Adaptive Multi-Resolution Model for Multi-Class Volumetric Labeling. In Computer Vision and Pattern Recognition, 3176-3184, IEEE Computer Society. [Consulté le 10 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.346

Boitier, B. (2012). CO2 emissions production-based accounting vs consumption: Insights from the WIOD databases. Final WOOD Conference. 1–23. [Consulté le 25 Octobre 2019]. Disponible sur: http://www.wiod.org/conferences/groningen/paper_Boitier.pdf

Bösch, M., Jochem, D., & al. (2015). Physical input-output accounting of the wood and paper flow in Germany. Resources, Conservation and Recycling, 94, 99–109. [Consulté le 03 Février 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.014

Bouattou, A. (2016). Stratégies de rafraichissement urbain à Alger pour l'adaptation climatique des communes thermiquement vulnérables. Mémoire de Magister. Option: Urbanisme et Ville Durable. Alger: EPAU. 165 p.

Bouattou, A., et Berezowska-Azzag, E. (2017). Stratégies de rafraîchissement urbain à Alger: Aider la ville à contrer son réchauffement, Territoires d'Afrique, 09, 75-85. UCAD Université de Dakar et GRED Université de Montpellier III.

Boucher, J.L. (2016). Culture, Carbon and Climate Change: A Class Analysis of Climate Change Belief, Lifestyle Lock-in, and Personal Carbon Footprint. Socijalna ekologija, 25 (1-2). [Consulté le 16 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.17234/SocEkol.25.1.3

Boucherf, Dj. (2004), Les changements climatiques en Algérie, Alger: ONM Alger.

Boukarta, S. (2019). Déterminants de la forme urbaine générant le potentiel de maitrise de l'énergie en zone semi-aride: Application sur le cas de Djelfa en Algérie. Thèse de doctorat en science. Spécialité: Architecture et Environnement. Alger: EPAU. 321 p.

Bouygues Construction. (2021, 26 Janvier). Vers une fabrique urbaine bas carbone. [Consulté le 03 Mai 2021]. Disponible sur: https://www.bouygues-construction.com/blog/fr/fabrique-urbaine-bas-carbone/

Brand, C., & Preston, J. M. (2010). '60–20 emission'—The unequal distribution of greenhouse gas emissions from personal, non-business travel in the UK. Transport Policy, 17(1), 9–19. . [Consulté le 04 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2009.09.001

Brizga, J., Feng, K., & Hubacek, K. (2017). Household carbon footprints in the Baltic States: A global multi-regional input–output analysis from 1995 to 2011. Applied Energy, 189, 780-788. [Consulté le 30 Avril 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.102

Brohé, A. (2013). La comptabilité carbone. Collections Repères. France: La découverte. 128p.

Brohé, A. (2016). The handbook of carbon accounting. Rouyaume Uni: Greenleaf. 204p.

Bryson, J., & Roerning, W. (1987). Applying private sector strategic planning in the public sector. Journal of the American Planning Association, 53 (1), 9-22. [Consulté le 02 Février 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1080/01944368708976631

Büchs, M., & Schnepf, S. V. (2013). Who emits most? Associations between socio-economic factors and UK households' home energy, transport, indirect and total CO2 emissions. Ecological Economics, 90, 114–123. [Consulté le 13 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.03.007

Bulkeley, H. (2010). Cities and the governing of climate change. Annual Review of Environment and Resources, 35, 229-253. [Consulté le 03 Juin 2016]. Disponible sur: https://doi.org/10.1146/annurev-environ-072809-101747

Cabinet Lamy Environnement. (s.d.). Bilan Carbone® et Bilan des Emissions de Gaz à Effet de Serre. [Consulté le 22 Septembre 2022]. Disponible sur: https://lamy-environnement.com/bilan-carbone-et-ges/

Cachola, C. da S., & Pacca, S. A. (2021). The carbon footprint of Brazilian households through the consumer expenditure survey (POF). Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente, 7, 11–27. [Consulté le 26 Février 2022]. Disponible sur: https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202101.001

Campus Carbon Management Initiative. (2019). Soutenir les initiatives en matière de changements climatiques dans les collèges de l'Ontario. Exemple de calcul des émissions de gaz à effet de serre. 5 p. [Consulté le 23 Septembre 2022]. Disponible sur:
/wp-content/uploads/2019/03/Doc-3_-Exemple-de-calcul-des-émissions-de-gaz-à-effet-de-serre.pdf

Carbon Footprint Ltd. (2020). Carbon Footprint - About Us. [Consulté le 04 Avril 2021]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=TWPSubzzoww

Carbon Footprint Ltd. (s.d.). Carbon Footprint calculator . [Consulté le 25 Juin 2018]. Disponible sur: https://www.carbonfootprint.com/

Carbonbrief. (2016, 19 May). Analysis: Only five years left before 1.5C carbon budget is blown. [Consulté le 10 Juillet 2016]. Disponible sur: https://www.carbonbrief.org/analysis-only-five-years-left-before-one-point-five-c-budget-is-blown/

Carbonbrief. (2022, 11 November). Guest post: What the tiny remaining 1.5C carbon budget means for climate policy. [Consulté le 11 Novembre 2022]. Disponible sur: https://www.carbonbrief.org/guest-post-what-the-tiny-remaining-1-5c-carbon-budget-means-for-climate-policy/

Carbonexit Consulting. (s.d.). Bilan Carbone. [Consulté le 02 Mai 2022]. Disponible sur: https://carbonexit.fr/fr/etapes-bilan-carbone/

Casonne, A. (2016). Deriving Local Climate Zones from Remote Sensing Data. Master's thesis. Strasbourg : University of Strasbourg.

Castells, M. (1981). La question urbaine. Paris: Françoise Maspero. 526p.

CDB. (2007). La diversité biologique et les changements climatiques. Journée internationale de la diversité biologique, 44p. [Consulté le 05 Août 2016]. Disponible sur: https://www.cbd.int/doc/bioday/2007/ibd-2007-booklet-01-fr.pdf

CDDEP. (2018). Fiches pratiques pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre. France: Ministère de la Transition écologique et solidaire. 29p. [Consulté le 17 Février 2020]. Disponible sur: https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/CDDEP%20-%20Fiches%20pratiques%20-%20Pour%20la%20réduction%20des%20émissions%20de%20gaz%20à%20effet%20de%20serre.pdf

Centre d'écologie urbaine de Montréal (CEUM). (2015). L'urbanisme participatif : Aménager la ville avec et pour ses citoyens. Montréal. 52 p. [Consulté le 26 Juillet 2017]. Disponible sur: https://urbanismeparticipatif.ca/sites/default/files/upload/document/guides/rqv_guide_urba_parti_fra_0.pdf

Cercutti-Etahiri, N., Brou, E., et Rivière, A. (2014). Repenser les villes dans la société post-carbone. Cahier de recherches. France: ADEME. 395 p. [Consulté le 01 Juin 2016]. Disponible sur: https://side.developpement-durable.gouv.fr/CENT/doc/SYRACUSE/341575/repenser-les-villes-dans-la-societe-post-carbone-cahier-de-recherches

Chaker-Aissi, M. (2023). Modélisation d'une symbiose urbaine bas carbone "SUr-BC"dans une perspective d'atténuation des émissions de GES à l'échelle locale d'Alger. Thèse de doctorat en science. Option: Urbanisme et Ville Durable. Alger: EPAU. 255p.

Chalas, Y. (2009). L'urbanisme participatif. Communication présentée au Forum Démocratie participative de Saint-Jean Charmilles. [Consulté le 08 Avril 2018]. Disponible sur: http://www.forum1203.ch/IMG/doc/Urbanisme_participatif.doc

Chancel, L. (2014). Are younger generations higher carbon emitters than their elders? Inequalities: generations and CO2 emissions in France and in the USA. Ecological Economics, 100, 195–207. . [Consulté le 25 Juillet 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.02.009

Charlot-Valdieu, C., et Outrequin, Ph. (2012). Concevoir et évaluer un projet d'écoquartier avec le référentiel INDI. Paris: Le Moniteur. 467p.

Chavez, A., & Ramaswami, A. (2013). Articulating a trans-boundary infrastructure supply chain greenhouse gas emission footprint for cities: mathematical relationships and policy relevance. Energy Policy, 54, 376–384. [Consulté le 30 Juillet 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.10.037

Chen, G., Wiedmann, T., & al. (2016). Transnational city carbon footprint networks – Exploring carbon links between Australian and Chinese cities. Applied Energy, 184, 1082-1092. [Consulté le 21 Novembre 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.053

Chen, S., & Chen, B. (2012). Network environ perspective for urban metabolism and carbon emissions: A case study of Vienna, Austria. Environmental Science and Technology, 46, 4498–4506. [Consulté le 21 Novembre 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1021/es204662k

Chiasson, G. (2006). Les innovations démocratiques dans un contexte de fusions municipales : le cas de Gatineau. Organisations et Territoires, 15(2), 83–87. [Consulté le 28 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1522/revueot.v15n2.582

Chiasson, G. et Andrew, C. (2005, 2 Juin). Démocratie et solidarité à Gatineau : Chronique d'une valse-hésitation métropolitaine. Communication présentée au Congrès de l'Association canadienne de science politique. Canada: Université Western Ontario. [Consulté le 04 Mai 2017]. Disponible sur: https://cpsa-acsp.ca/papers-2005/Chiasson.pdf

Chiasson, G., Gauthier, M., & Andrew, C. (2014). Municipal political parties and politicization: the case of the 2013 Gatineau elections. Canadian Journal of Urban Research, 23(2), 79–99. [Consulté le 30 Mars 2018]. Disponible sur: http://www.jstor.org/stable/26189253

Choi, T. (2015). Understanding environmental responsibility of cities and emissions embodied in trade. Economic Systems Research, 27, 133–153. [Consulté le 15 Juin 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1080/09535314.2015.1012638

Chowdhury, G. (2010). Carbon footprint of the knowledge sector: what's the future?. Journal of Documentation, 66(6), 934–946. [Consulté le 10 Mai 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1108/00220411011087878

Chung, J. W., & Meltzer, D. O. (2009). Estimate of the carbon footprint of the US health care sector. JAMA, 302(18), 1970–1972. [Consulté le 23 Août 2016]. Disponible sur: https://doi.org/10.1001/jama.2009.1610

Chuvieco, E., & al. (2021). Links between climate change knowledge, perception and action: Impacts on personal carbon footprint. Sustainability, 13(14), 8088. [Consulté le 30 Septembre 2021]. Disponible sur: https://doi.org/10.3390/su13148088

CITEPA. (2019). Le CITEPA assiste l'Algérie pour la mise en place d'un système d'inventaire d'émissions de ges. 9 octobre. [Consulté le 20 Mai 2021]. Disponible sur: https://www.citepa.org/fr/2019_05_c1/

Claessens, B. (2021, 21 Décembre). Allemagne : production d'électricité renouvelable en baisse en 2021. Révolution Énergétique. [Consulté le 02 Avril 2022]. Disponible sur: https://www.revolution-energetique.com/allemagne-production-delectricite-renouvelable-en-baisse-en-2021/

Climate-NASA. (s.d.). Climate change : Vital signs. [Consulté le 30 Août 2024]. Disponible sur : https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/?intent=111

CNRS. (2020, 28 Octobre). Le changement climatique menace les écosystèmes insulaires et leur biodiversité unique. [Consulté le 06 Novembre 2020]. Disponible sur: https://www.inee.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/le-changement-climatique-menace-les-ecosystemes-insulaires-et-leur-biodiversite-unique.

Colombert, M. (2008). Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville. Thèse de Doctorat. France: Université Paris-Est. 538p. [Consulté le 05 Août 2016]. Disponible sur: http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00470536/

Commission Européenne. (s.d.). Les causes du changement climatique. [Consulté le 25 Juin 2023]. Disponible sur: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_fr

Communauté de communes Cœur de Savoie. (2020). Le Dispositif de suivi, de pilotage et d'évaluation. PCAET Cœur de Savoie. La Région Auvergne-Rhône-Alpes, France. 33p. [Consulté le 05 Mai 2022]. Disponible sur: https://www.coeurdesavoie.fr/cms_viewFile.php?idtf=42678&path=suivi-et-evaluation.pdf

Compagnie du paysage. (2020, 10 Novembre). Recherche solution innovante pour lutter contre les îlots de chaleur. [Consulté le 30 Décembre 2020]. Disponible sur : http://www.compagniedupaysage.com/recherche-solution-innovante-pour-lutter-contre-les-ilots-de-chaleur/

Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). (s.d.). https://unfccc.int

Cordeau, E. (2016). Les îlots morphologiques urbains (IMU). France: IAU-îdF. 120 p. [Consulté le 01 Février 2017]. Disponible sur: https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1270/Les_ilots_morphologiques_urbains.pdf

CPDN. (2015). Contribution Prévue Déterminée au niveau National: CPDN-Algérie. Algérie. 11 p. [Consulté le 01 Juillet 2016]. Disponible sur: https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Alg%C3%A9rie%20-INDC-%2003%20septembre%202015.pdf

CREDS (Centre for Research into Energy Demand Solutions). (2021, 29 June). New neighbourhood carbon calculator helps communities target action on local emission hotspots. [Consulté le 30 Juin 2021]. Disponible sur: https://www.creds.ac.uk/new-neighbourhood-carbon-calculator-helps-communities-target-action-on-local-emission-hotspots/

Dalton, M., O'Neill, B., & al. (2008). Population aging and future carbon emissions in the United States. Energy Economics, 30(2), 642–675. [Consulté le 25 Avril 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.07.002

Dasgupta, S., Lall, S., & al. (2022, 05 January). Cutting global carbon emissions: where do cities stand?. World bank blogs. [Consulté le 14 Avril 2022]. Disponible sur: https://blogs.worldbank.org/sustainablecities/cutting-global-carbon-emissions-where-do-cities-stand

Datagir. (2020). Envie de perdre quelques tonnes ? Commence par faire ton bilan carbone!. [Consulté le 31 Décembre 2020]. Disponible sur: https://datagir.ademe.fr/blog/historique-calculateur-carbone-nos-gestes-climat-micmac-coach-carbone/

Daunton, M. J. (1984). L'histoire de la planification urbaine existe-t-elle ? Bilan critique. Les Annales de la recherche urbaine, 22, 71-88. [Consulté le 10 Février 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.3406/aru.1984.1138

Davis, S. J., & Caldeira, K. (2010). Consumption-based accounting of CO2 emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences, 107 (12), 5687–5692. [Consulté le 31 Octobre 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1073/pnas.090697410

Davis, S. J., Peters, G., & Caldeira, K. (2011). The supply chain of CO2 emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(45), 18554–18559. [Consulté le 31 Octobre 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1073/pnas.1107409108

De Lemps, A., & Huertz. (1952). Histoire des villes de la Mitidja: Maison Carrée. Dossiers algériens.

Deblock, F. (2022, 25 October). L'intelligence artificielle au service du climat. Alliancy. [Consulté le 26 Octobre 2022]. Disponible sur: https://www.alliancy.fr/intelligence-artificielle-service-climat?fbclid=IwAR0eDqQAcVp7qd1-6lPuKLtuKJKZ2zPqkjLoeVcDGDvgNCpb4sPP6Cmhpwk

DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs). (2008). Distributional Impacts of personal carbon trading. A research report completed for the Department for Environment, Food and Rural Affairs by the Centre for Sustainable Energy. London, United Kingdom: DEFRA. 87p. [Consulté le 17 Mars 2017]. Disponible sur: https://www.flemingpolicycentre.org.uk/DistributionalImpacts.pdf

Demuzere, M., Bechtel, B., & al. (2019). Mapping Europe into local climate zones. PLOS ONE, 14(4): e0214474. [Consulté le 30 Avril 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214474

Demuzere, M., Hankey, S., & al. (2020). Combining expert and crowd-sourced training data to map urban form and functions for the continental US. Scientific Data, 7, 264. [Consulté le 12 Août 2020]. Disponible sur: https://doi.org/10.1038/s41597-020-00605-z

Demuzere, M., Kittner, J., & Bechtel, B. (2021). LCZ Generator: A Web Application to Create Local Climate Zone Maps. Frontiers in Environmental Science, 9, 18 p. [Consulté le 01 Mai 2021]. Disponible sur: https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.637455

Derycke, H. (1982). Économie et planification urbaine. (2e éd.). France: Presses universitaires de France. 298 p.

Dodman, D. (2009). Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. Environment and Urbanization, 21(1), 185–201. [Consulté le 02 juin 2016]. Disponible sur: https://doi.org/10.1177/09562478091030

Douay, N. (2010). Collaborative Planning and the Challenge of Urbanization: Issues, Actors and Strategies in Marseilles and Montreal Metropolitan Areas. Canadian Journal of Urban Research, 19(1), 50-69. [Consulté le 19 Mars 2017]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/280554366_Collaborative_Planning_and_the_Challenge_of_Urbanization_Issues_Actors_and_Strategies_in_Marseilles_and_Montreal_Metropolitan_Areas

Douay, N. (2013). La planification urbaine française: Théories, normes juridiques et défis pour la pratique. L'Information géographique, 77(3), 45-70. [Consulté le 19 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.3917/lig.773.0045

Druckman, A., & Jackson, T. (2009). The carbon footprint of UK households 1990–2004: A socio-economically disaggregated, quasi-multi-regional input–output model. Ecological Economics, 68(7), 2066–2077. [Consulté le 21 Octobre 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.01.013

Druckman, A., Buck, I., & al. (2012). Time, gender and carbon: A study of the carbon implications of British adults' use of time. Ecological Economics, 84, 153-163. [Consulté le

26 Décembre 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.09.008

Du, J., Zhong, Z., & al. (2024). A review of household carbon footprint: measurement methods, evolution and emissions assessment. Carbon Footprints, 3, 11. [Consulté le 21 Juin 2024]. Disponible sur: http://dx.doi.org/10.20517/cf.2024.08

Dunlap, R. A. (2013). A Simple and Objective Carbon Footprint Analysis for Alternative Transportation Technologies. Energy and Environment Research, 3(1), 33-39. [Consulté le 31 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.5539/eer.v3n1p33

Dwyer, L., Forsyth, P., & al. (2010). Estimating the carbon footprint of Australian tourism. Journal of Sustainable Tourism, 18(3), 355-376. [Consulté le 02 Avril 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1080/09669580903513061

Egis Eau, IAU, & BRGM. (2013). Étude sur la vulnérabilité et l'adaptation de la Wilaya d'Alger au changement climatique et aux risques naturels: Phase 1 - Evaluation et représentation des sources de vulnérabilité. Résumé exécutif. Algérie: MATEV. 298 p.

Environnement et Changement climatique. (2022). Plan de réduction des émissions pour 2030: Prochaines étapes du Canada pour un air pur et une économie forte. Canada. 263p. [Consulté le 05 Juin 2022]. Disponible sur: https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/eccc/En4-460-2022-fra.pdf

EPRS (European Parliamentary Research Service). (2021). L'action pour le climat au Luxembourg: État des lieux. Briefing. Union européenne. 8 p.[Consulté le 03 Janvier 2022]. Disponible sur: https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/690664/EPRS_BRI(2021)690664_FR.pdf

Esch, T., Heldens, W., & al. (2017). Breaking new ground in mapping human settlements from space – the global urban footprint. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 134, 30–42. [Consulté le 24 Novembre 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.10.012

Faber, J., & al. (2012). Behavioural climate change mitigation options and their appropriate inclusion in quantitative longer-term policy scenarios . Main report. European Commission: Delft. 87p. [Consulté le 16 Décembre 2017]. Disponible sur: https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/main_report_en.pdf

Faci, M. (2018). Évolution du nombre et de la durée de l'apparition des canicules en Algérie. Sciencesconf.org: AIC 2018, 196216, 80-85. [Consulté le 28 Avril 2019]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/profile/Mohammed-Faci/publication/329911633_Evolution_du_nombre_et_de_la_duree_de_l'apparition_des_canicules_en_Algerie/links/5c224abf92851c22a3462c32/Evolution-du-nombre-et-de-la-duree-de-lapparition-des-canicules-en-Algerie.pdf

Factor-X. (2012). Bilan Carbone de Factor-X pour l'année 2011. 8p. [Consulté le 10 Avril 2019]. Disponible sur: http://www.factorx.eu/uploads/common/file/BilanCarbone_Factor-X_2011.pdf

Fan, J., Guo, X., & al. (2012). Embedded carbon footprint of Chinese urban households: structure and changes. Journal of Cleaner Production, 33, 50-59. [Consulté le 30 Mai 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.018

Feng, K. & Hubacek, K. (2016). Carbon implications of China's urbanization. Energy, Ecology and Environment 1, 39-44. [Consulté le 29 Juin 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/s40974-016-0015-x

Feng, K., Hubacek, K., & Song, K. (2021). Household carbon inequality in the U.S. Journal of Cleaner Production, 278. [Consulté le 04 Janvier 2021]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123994

Feng, W., & Liu, J. (2022). A literature survey of Local Climate Zone classification: Status, application, and prospect. Buildings, 12(10), 1693. [Consulté le 16 Octobre 2022]. Disponible sur:https://doi.org/10.3390/buildings12101693

Fernini-Haffif, A. (2008). Évaluation méthodologique de la vulnérabilité urbaine face aux risques majeurs naturels: Simulation partielle sur un quartier témoin algérois. Mémoire de Magister. Option: Architecture et environnement. Alger: EPAU. 174 p.

Ferrer, J. R. (2017). Barcelona's smart city vision: An opportunity for transformation. Journal of Field Actions Science Reports, Special Issue 16, 70-75. [Consulté le 13 Mars 2018]. Disponible sur: http://journals.openedition.org/factsreports/4367

FMDV (Fonds mondial pour le développement des villes). (2014). Amsterdam Smart City : La création de nouveaux partenariats pour une ville intelligente. CITEGO. [Consulté le 26 Mai 2017]. Disponible sur: http://www.citego.org/bdf_fiche-document-869_fr.html

FNE Rhône. (2019). Ça chauffe en ville ? Livret. Métropole de Lyon. 27p.

Fontan, J. (2003). Les pollutions de l'air: Les connaître pour les combattre. Paris: Vuibert. 198p.

Frémont, A. L. (2023, 22 Mai). Transports, bâtiment, agriculture : Ce que prévoit le nouveau plan d'action français pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Le Figaro Sciences. [Consulté le 24 Mai 2022]. Disponible sur: https://www.lefigaro.fr/sciences/rechauffement-climatique-le-plan-d-actions-francais-pour-reduire-les-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-20230522

Fuso Nerini, F., Fawcett, T., & al. (2021). Personal carbon allowances revisited. Nature Sustainability, 4, 1025–1031. [Consulté le 17 Août 2021]. Disponible sur: https://doi.org/10.1038/s41893-021-00756-w

Gagnon, L., & Gauthier, M. (2018). De la planification collaborative à la mise en œuvre du schéma d'aménagement et de développement de Gatineau : Avancées et reculs d'un processus prometteur. Cahiers de géographie du Québec, 62(175), 105–125. [Consulté le 05 Juin 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.7202/1057082ar

Gal, T., Bechtel, B., & Lelovics, E. (2015). Comparison of two different Local Climate Zone mapping methods. Proceedings of the 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment. Toulouse. 6 p. [Consulté le 14 Novembre 2017]. Disponible sur: https://real.mtak.hu/28577/1/GD2-6-1551002_a.pdf

Galli, A., Weinzettel, J., & al. (2013). A footprint family extended MRIO model to support Europe's transition to a one planet economy. Science of the Total Environment, 461–462, 813–818. [Consulté le 13 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.071

Gatti, M. (2011). Les émissions de CO_2 des ménages français. Eco CO_2. [Consulté le 04 Juin 2018]. Disponible sur: https://www.ecoco2.com/blog/les-emissions-de-co2-des-menages-francais/

GCF. (2018). Cities and climate change. Simplified approval process (SAP) technical guidelines. 8P. [Consulté le 30 Novembre 2021]. Disponible sur: https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2021/07/9.pdf

Geerlings, H., & Stead, D. (2003). The integration of land use planning, transport and environment in European policy and research. Transport Policy, 10 (3), 187–196. [Consulté le 01 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/S0967-070X(03)00020-9

Geletič, J., & Lehnert, M. (2016). GIS-based delineation of Local Climate Zones: The case of medium-sized Central European cities. Moravian Geographical Reports, 24(3), 2-12. [Consulté le 20 Mai 2018]. Disponible sur: doi: https://doi.org/10.1515/mgr-2016-0012

Genro, T., & De Souza, U. (1998). Quand les habitants gèrent vraiment leur ville. France: Charles Léopold Mayer. 103 p. [Consulté le 07 Avril 2017]. Disponible sur: https://docs.eclm.fr/pdf_livre/255QuandLesHabitantsGerentVraimentLeurVille.pdf

GIEC. (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). [Consulté le 13 Juillet 2018]. Disponible sur: https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/016.htm

GIEC. (2006). Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (Vol.1-5). Japon: IGES. [Consulté le 21 Mars 2017]. Disponible sur: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html

GIEC. (2007). Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève, Suisse: GIEC, 103 p. [Consulté le 05 Juin 2016]. Disponible sur: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_fr.pdf

GIEC. (2013). Changements climatiques 2013 Les éléments scientifiques. Résumé à l'intention des décideurs. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève, Suisse : GIEC. 27p. [Consulté le 28 Juin 2016]. Disponible sur: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SPM_brochure_fr.pdf

GIEC. (2014). Changements climatiques 2014. Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. Genève, Suisse : GIEC. 161 p. [Consulté le 28 Juin 2016]. Disponible sur: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf

GIEC. (2017). Le GIEC et le sixième cycle d'évaluation. Genève, Suisse : GIEC. 04 p. [Consulté le 19 Novembre 2017]. Disponible sur: https://archive.ipcc.ch/pdf/ar6_material/AC6_brochure_fr.pdf

Gifford, R. (2008). Psychology's essential role in alleviating the impacts of climate change. Canadian Journal of Psychology, 49(4), 273–280. [Consulté le 30 Juillet 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1037/a0013234

Gilbert, R. (1990). Cities and global warming. James McCulloch (ed.). Cities and Global Climate Change. Washington: Climate Institute. 182-190.

Giridharan, R., Lau, S.S.Y., & al. (2007). Urban design factors influencing heat island intensity in

high-rise high-density environments of Hong Kong. Building and Environment, 42(10), 3669-3684. [Consulté le 04 Août 2016]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.09.011

Glaeser, E. L., & Kahn, M. E. (2010). The greenness of cities: Carbon dioxide emissions and urban development. Journal of Urban Economics, 67(3), 404–418. [Consulté le 01 Octobre 2016]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jue.2009.11.006

Global Carbon Project. (2015). Global carbon budget:Data 2014. [Consulté le 01 Juin 2016]. Disponible sur: https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/index.htm

GlobeNet. (s.d.). Approches intégrées de développement urbain. [Consulté le 14 Octobre 2021]. Disponible sur: https://www.globenet.org/archives/web/2006/www.globenet.org/horizon-local/shelter/integurb.html#31

Goermer, M., Lehmann, A., & Finkbeiner, M. (2020). Life-LCA: Assessing the environmental impacts of a human being—Challenges and perspectives. International Journal of Life Cycle Assessment, 25, 141–156. [Consulté le 05 Février 2020]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/s11367-019-01645-3

Golley, J., & Meng, X. (2012). Income inequality and carbon dioxide emissions: The case of Chinese urban households. Energy Economics, 34(6), 1864–1872. [Consulté le 16 Novembre 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.07.025

Gough, I., Abdallah, S., & al. (2011). The distribution of total greenhouse gas emissions by households in the UK, and some implications for social policy. CASE /152, Centre for Analysis of Social Exclusion. London: London School of Economics. 53p. [Consulté le 07 Avril 2017]. Disponible sur: https://sticerd.lse.ac.uk/dps/case/cp/casepaper152.pdf

Gouvernement du Québec. (2012). Le Québec en action vert 2020 : Plan d'action sur les changements climatiques 2013-2020: Phase 1. 55p. [Consulté le 25 Juin 2016]. Disponible sur: https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan_action/pacc2020.pdf

Gouvernement du Québec. (2020). Gagnant pour le Québec. Gagnant pour la planète : Plan pour une économie verte 2030, Plan de mise en œuvre 2021-2026. 35 p. [Consulté le 30 Mars 2021]. Disponible sur: https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/plan-economie-verte/plan-mise-oeuvre-2021-2026.pdf

Grand Nancy. (2012). Plan Climat Air Énergie Territorial du Grand Nancy. 30p. [Consulté le 26 Août 2016]. Disponible sur: https://www.esseylesnancy.fr/sites/all/files/documents/fichiers/plan-climat.pdf

Grimm, N. B., Faeth, S. H., & al. (2008). Global change and the ecology of cities. Science, 319 (5864), 756–760. [Consulté le 25 Février 2017]. Disponible sur: doi: 10.1126/science.1150195

Grimmond, S. (2011). London's urban climate: Historical and contemporary perspectives. Economic and Social Research Council. [Consulté le 20 Septembre 2018]. Disponible sur : http://www.sed.manchester.ac.uk/architecture/research/csud/workshop/programme/Grimmond_ClimateOfLondon.pdf

Grubler, A., Bai, & al. (2012). Urban energy systems. Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future. Eds. Team, GEA Writing,. Cambridge University Press and IIASA. 1307-1400. [Consulté le 28 Mai 2017]. Disponible sur:

https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/10067/1/GEA%20Chapter%2018%20Urban%20Energy%20Systems.pdf

Grunewald, N., Harteisen, M., & al. (2012). The carbon footprint of Indian households. the 32nd General Conference of the International Association for Research in Income and Wealth. Boston. 34p. [Consulté le 01 Avril 2018]. Disponible sur: http://old.iariw.org/papers/2012/GrunewaldPaper.pdf

Guerroudj, T. (2017). Recueil thématique: Des lois et règlements d'urbanisme.CNL. Alger: Les alternatives urbaines. 276 p.

Guinee, J. B., Heijungs, R., & al. (2011). Life cycle assessment: past, present, and future. Environmental Science and Technology, 45(1), 90-96. [Consulté le 28 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1021/es101316v

Hachaichi, M., Kazak, K. J., & Baouni, T. (2020). Evaluating city carbon carrying capacity: How many people can Algiers sustain? Algerian Journal of Environmental Science and Technology, 6(3), 1424–1435. [Consulté le 02 Février 2021]. Disponible sur: https://www.aljest.net/index.php/aljest/article/view/331

Haddadou, M. A. (2012). Dictionnaire toponymique et historique de l'Algérie. Tizi Ouzou: Éditions Achab. 284 p.

Haessig, T. (2020). Le cycle du carbone à la surface de la Terre. Enseignement scientifique terminale. Belin Éducation/Humensis. [Consulté le 02 Février 2020]. Disponible sur: https://manuelnumeriquemax.belin.education/enseignement_scientifique-terminale/topics/es-tle-c01-028-a_le-cycle-du-carbone-a-la-surface-de-la-terre

Han, J., Tan, Z., & al. (2022). Carbon footprint research based on input–output model—A global scientometric visualization analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19 (18), 23 p. [Consulté le 13 Septembre 2022]. Disponible sur:https://www.mdpi.com/1660-4601/19/18/11343#

Harris, V., West, C., & Owen, A. (2021). WWF-UK Carbon Footprint Calculator: Methodology. United Kingdom: SEI, University of Leeds. 15 p. [Consulté le 01 Juin 2022]. Disponible sur : https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2022-05/WWFFootprintCalculator-MethodologyDocument-2021.pdf

Hasegawa, R., Kagawa, S., & Tsukui, M. (2015). Carbon footprint analysis through constructing a multi-region input–output table: A case study of Japan. Economic Structures, 4(5), 20 p. [Consulté le 25 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1186/s40008-015-0015-6

Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., & Olsen, S. I. (Eds.). (2018). Life Cycle Assessment - Theory and Practice. Springer Cham. 1216 p. [Consulté le 03 Janvier 2020]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3

Heland, L. (1998). Comment et pourquoi devenir une association de quartier: Un exemple réussi de développement local participatif en Caroline du Nord. [Consulté le 13 Mars 2017]. Disponible sur: https://base.d-p-h.info/fr/fiches/premierdph/fiche-premierdph-4156.html

Héran, F. (2015, 23 Mars). La ville durable, nouveau modèle urbain ou changement de paradigme ? Métropolitiques. [Consulté le 30 Novembre 2017]. Disponible sur: https://metropolitiques.eu/La-ville-durable-nouveau-modele.html

Hertwich, E. G., & Peters, G. P. (2009). Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis. Environmental Science and Technology, 43(16), 6414–6420. [Consulté le 26 Avril

2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1021/es803496a

Hinnells, M. (2008). Technologies to achieve demand reduction and microgeneration in buildings. Energy Policy, 36 (12), 4427–4433. [Consulté le 13 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.029

Hive Power. (2022, 9 Mai). Les énergies renouvelables au Luxembourg : Ce que vous devez savoir. [Consulté le 24 Mai 2022]. Disponible sur: https://www.hivepower.tech/fr//blog/renewable-energy-in-luxembourg-what-you-should-know

Hoekstra, A. Y., & Chapagain, A. K. (2006). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Integrated Assessment of Water Resources and Global Change, 35–48. Springer, Dordrecht. [Consulté le 01 Juin 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5591-1_3

Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(9), 3232–3237. [Consulté le 01 Juin 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109

Holmner, Å., Ebi, K. L., & al. (2014). Carbon footprint of telemedicine solutions - Unexplored opportunity for reducing carbon emissions in the health sector. PLoS ONE, 9(9), e105040. [Consulté le 16 Avril 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105040

Hoornweg, D., Sugar, L., & Trejos Gómez, C. L. (2011). Cities and greenhouse gas emissions: moving forward. Environment and Urbanization, 23 (1), 207-227. [Consulté le 03 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1177/0956247810392270

Hu, C. (2017). Research on the strategy of low-carbon urban planning based on residents' living and consumption. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 61, 012049. [Consulté le 11 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1088/1755-1315/61/1/012049

Hu, J., & al. (2019). Global transport emissions in the Swedish carbon footprint. Journal of Cleaner Production, 226, 210-220. [Consulté le 25 Juillet 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.263

Huang, W., & al. (2017). Carbon footprint and carbon emission reduction of urban buildings: A case in Xiamen City, China. Procedia Engineering, 198, 1007-1017. [Consulté le 09 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.146

Hubacek, K., & Giljum, S. (2003). Applying physical input–output analysis to estimate land appropriation (ecological footprints) of international trade activities. Ecological Economics, 44(1), 137-151. [Consulté le 28 Novembre 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00257-4

IAU-îdf. (2022). Plateforme open data de l'institut Paris Région. [Consulté le 19 Janvier 2023]. Disponible sur: https://data-iau-idf.opendata.arcgis.com/datasets/a4c7404933904ef7b453768b15d27781_10/explore?location=44.526459%2C2.751682%2C5.13

Icheboudene, L. (2014). Alger histoire d'une capitale. Alger: Casbah-Éditions. 350p.

IEA. (2008). World Energy Outlook 2008. France: International Energy Agency. 569p. [Consulté le 25 Juin 2016]. Disponible sur: https://iea.blob.core.windows.net/assets/89d1f68c-f4bf-4597-805f-901cfa6ce889/weo2008.pdf

IEA. (2020). Global EV Outlook 2020: Entering the decade of electric drive? France: International Energy Agency. 273p. [Consulté le 04 Juillet 2020]. Disponible sur: https://iea.blob.core.windows.net/assets/af46e012-18c2-44d6-becd-bad21fa844fd/Global_EV_Outlook_2020.pdf

Infoclimat. (s.d.). Climatologie globale à Dar El Beïda. [Consulté le 04 Février 2023]. Disponible sur: https://www.infoclimat.fr/climatologie/globale/dar-el-beida/60390.html

Institut de la statistique du Québec. (2022, 22 Avril). Une première estimation de l'empreinte carbone des ménages au Québec. Communiqué de presse.. Québec: Institut de la Statistique du Québec. [Consulté le 23 Avril 2022]. Disponible sur: https://statistique.quebec.ca/fr/communique/premiere-estimation-empreinte-carbone-menages-quebec

Institut Royal Météorologique de Belgique. (s.d.). Bilan radiatif de la Terre. [Consulté le 20 Mai 2018]. Disponible sur: https://www.meteo.be/fr/recherche/domaines-de-recherche/bilan-radiatif-de-la-terre

IPCC. (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC. 104 p. [Consulté le 28 Juin 2016]. Disponible sur: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf

IPCC. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press. 1535 p. [Consulté le 28 Juin 2016]. Disponible sur: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf

IPCC. (2014a). Urban areas. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York : Cambridge. 535-612. [Consulté le 30 Juin 2016]. Disponible sur: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap8_FINAL.pdf

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press. 2391 p. [Consulté le 01 Juillet 2023]. Disponible sur: https://doi.org/10.1017/9781009157896

IPCC. (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge, UK and New York: Cambridge University Press. 2029 p. [Consulté le 01Août 2023]. Disponible sur: https://doi.org/10.1017/9781009157926

IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC. 184 p. [Consulté le 13 Août 2023]. Disponible sur: doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

Ipsos. (2011). Observatoire du bilan carbone des ménages. 54 p. [Consulté le 30 Mars 2018].

Disponible sur: https://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0069/Temis-0069229/19105.pdf

Irfany, M. I. (2014). Affluence and Emission Trade-Offs: Evidence from Indonesian Household Carbon Footprint. Courant Research Centre Discussion Paper 161. Göttingen: University of Göttingen. [Consulté le 04 Avril 2018]. Disponible sur: https://ideas.repec.org/p/got/gotcrc/161.html

ISO. (2006). ISO 14040: Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre. [Consulté le 25 Novembre 2017]. Disponible sur: https://www.iso.org/fr/standard/37456.html

Ivanova, D., & al. (2017). Mapping the carbon footprint of EU regions. Environmental Research Letters, 12 (5), 13 p. [Consulté le 02 Janvier 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6da9

Ivanova, D., Stadler, K., & al. (2016). Environmental impact assessment of household consumption. Journal of industrial ecology, 20(3), 526-536. [Consulté le 03 Janvier 2018]. Disponible sur: 10.1111/jiec.12371

Jaiswal, B., & Agrawal, M. (2020). Carbon footprints of agriculture sector. In S. Muthu (Ed.), Carbon Footprints. Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes. Singapore: Springer. 81–99. [Consulté le 29 Août 2020]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-981-13-7916-1_4

Janicot, S., & al. (2015). Changement climatique : Quels défis pour le Sud ? IRD Éditions. [Consulté le 13 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.29392

Jeandel, C., & Mosseri, R. (2011). Le climat à découvert : Outils et méthodes en recherche climatique. France: CNRS Éditions. 288 p.

Jones, C. M., & Kammen, D. M. (2011). Quantifying carbon footprint reduction opportunities for U.S. households and communities. Environmental Science and Technology, 45(9), 4088–4095. [Consulté le 16 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1021/es102221h

Jones, C. M., Wheeler, S. M., & Kammen, D. M. (2018). Carbon footprint planning: Quantifying local and state mitigation opportunities for 700 California cities. Urban Planning, 3(2), 35–51. [Consulté le 22 Avril 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.17645/up.v3i2.1218

Kadian, R., & al. (2007). Energy-related emissions and mitigation opportunities from the household sector in Delhi. Energy Policy, 35 (12), 6195-6211. [Consulté le 14 Avril 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.07.014

Kahn, M. E. (2009). Urban growth and climate change. Annual Review of Resource Economics, 1, 333–350. [Consulté le 07 Février 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1146/annurev.resource.050708.144249

Kamal-Chaoui, L., & Robert, A. (2009). Competitive cities and climate change. OECD Regional Development Working, papers n° 2. [Consulté le 14 Janvier 2017]. Disponible sur: https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/44232251.pdf

Kanemoto, K., Lenzen, M., & al. (2012). Frameworks for comparing emissions associated with production, consumption, and international trade. Environmental Science and Technology, 46 (1), 172-179. [Consulté le 30 Avril 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1021/es202239t

Kanemoto, K., Shigetomi, Y., & al. (2020). Spatial variation in household consumption-based carbon emission inventories for 1200 Japanese cities. Environmental Research Letters, 15, 114053. [Consulté le 14 Décembre 2020]. Disponible sur: https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc045

Karakaya, E., Yılmaz, B., & Alataş, S. (2019). How production-based and consumption-based emissions accounting systems change climate policy analysis: The case of CO2 convergence. Environmental Science and Pollution Research, 26, 16682–16694. [Consulté le 08 Mai 2020]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/s11356-019-05007-2

Kennedy, C., Steinberger, J., & al. (2009). Greenhouse gas emissions from global cities. Environmental Science and Technology, 43(19), 7297–7302. [Consulté le 01 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1021/es900213p

Kim, B., & Neff, R. (2009). Measurement and communication of greenhouse gas emissions from U.S. food consumption via carbon calculators. Ecological Economics, 69(1), 186-196. [Consulté le 28 Juillet 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.017

Kim, T., & Kim, H. (2013). Analysis of the effects of intra-urban spatial structures on carbon footprint of residents in Seoul, Korea. Habitat International, 38, 192–198. [Consulté le 31 Juillet 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.06.006

Kitzes, J. (2012). Quantitative ecology and the conservation of biodiversity: Species richness, abundance, and extinction in human-altered landscapes. Ph.D. Thesis. Berkeley: University of California. 97p. [Consulté le 23 Avril 2017]. Disponible sur: https://escholarship.org/uc/item/2wd0n0gr

Kitzes, J. (2013). An introduction to environmentally-extended input-output analysis. Resources, 2 (4), 489-503. [Consulté le 23 Avril 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.3390/resources2040489

Kjaer, L. L., Høst-Madsen, N. K., & al. (2015). Application of environmental input-output analysis for corporate and product environmental footprints: Learnings from three cases. Sustainability, 7 (9), 11438–11461. [Consulté le 24 Avril 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.3390/su70911438

Laborde, P. (1994). Les espaces urbains dans le monde. Paris: Nathan. 183p.

Lacaze, J. P. (1979). Introduction à la planification urbaine: Imprécis d'Urbanisme à la Française. Paris: Le Moniteur. 302 p.

Larsen, H. N., & Hertwich, E. G. (2010). Identifying important characteristics of municipal carbon footprints. Ecological Economics, 70(1), 60-66. [Consulté le 19 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.05.001

Larsen, H. N., & Hertwich, E. G. (2010). Implementing carbon-footprint-based calculation tools in municipal greenhouse gas inventories. Journal of Industrial Ecology, 14(6), 965-977. [Consulté le 21 Février 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2010.00295.x

Larsen, H. N., & Hertwich, E. G. (2011). Analyzing the carbon footprint from public services provided by counties. Journal of Cleaner Production, 19, 1975-1981. [Consulté le 17 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.06.014

Lascoumes, P., & Le Galès, P. (2005). Gouverner par les instruments. Paris: Presses de Sciences Po. 371 p.

Latreche, C. (2008). La planification urbaine : entre théorie, pratiques et réalité. Cas de Constantine. Mémoire de Magister. Option: Urbanisme. Constantine: Université Mentouri. 302 p. [Consulté le 30 Avril 2019]. Disponible sur: https://bu.umc.edu.dz/theses/architecture/LAT5300.pdf

Laurent, S. (s.d.). Différences entre Bilan GES et Bilan Carbone®. Global Climate Initiatives. [Consulté le 22 Septembre 2022]. Disponible sur: https://globalclimateinitiatives.com/pourquoi-sengager/differences-entre-bilan-ges-et-bilan-carbone/

Le Monde. (2007, 23 Mars). La canicule de l'été 2003 a fait plus de 70 000 morts en Europe, selon l'Inserm. [Consulté le 01 Septembre 2018]. Disponible sur: https://www.lemonde.fr/planete/article/2007/03/23/la-canicule-de-l-ete-2003-a-fait-plus-de-70-000-morts-en-europe-selon-l-inserm_886917_3244.html#:~:text=Terre%20d'inspiration-,La%20canicule%20de%20l'%C3%A9t%C3%A9%202003%20a%20fait%20plus%20de,par%20exemple%2C%20%C3%A9t%C3%A9%20tr%C3%A8s%20proche

Leach, A. M., Galloway, J. N., & al. (2012). A nitrogen footprint model to help consumers understand their role in nitrogen losses to the environment. Environment and Development, 1, 40–66. [Consulté le 26 Juin 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.envdev.2012.02.003

Leahy, S. (2018, 07 Mars). Les émissions de CO2 des grandes villes sont 60 % supérieures à ce que l'on pensait. National Geographic. [Consulté le 01 Septembre 2019]. Disponible sur: https://www.nationalgeographic.fr/environnement/2018/03/les-emissions-de-co2-des-grandes-villes-sont-60-superieures-a-ce-que-lon-pensait

Lee, S., & Lee, B. (2014). The influence of urban form on GHG emissions in the US household sector. Energy Policy, 68, 534-549. [Consulté le 31 Juin 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.024

Lelovics, E., Unger, J., & al. (2014). Design of an urban monitoring network based on Local Climate Zone mapping and temperature pattern modelling. Climate Research, 60, 51-62. [Consulté le 31 Juillet 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.3354/cr01234

Lemonsu, A., Viguié, V., & al. (2015). Vulnerability to heat waves: Impact of urban expansion scenarios on urban heat island and heat stress in Paris (France). Urban Climate, 14, 586–605. [Consulté le 13 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.10.003

Lenzen, M., Moran, D., & al. (2012). International trade drives biodiversity threats in developing nations. Nature, 486 (7401), 109-112. [Consulté le 29 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1038/nature11145

Léonard, A., Belboom, S., & Van Acker, K. (2019). L'analyse du cycle de vie : Un outil multicritères et quantitatif pour l'évaluation des impacts environnementaux. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 88, 73-81. [Consulté le 02 Mars 2022]. Disponible sur: https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=9220&file=1

Léonard, Ph., Beeckmans, E.,& al. (2009). L'effet de serre. J3eA: Journal sur l'enseignement des sciences et technologies de l'information et des systèmes, 8(4), 4p. [Consulté le 17 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1051/j3ea:2008061

Leontief, W. (1936). Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States. The Review of Economics and Statistics, 18(3), 105–125. [Consulté le 25 Février 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.2307/1927837

Leontief, W. (1970). Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach. The Review of Economics and Statistics, 52(3), 262–271. [Consulté le 25 Février 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.2307/1926294

Leontief, W., & Ford, D. (1972). Air Pollution and the Economic Structure: Empirical Results of Input-Output Computations. Input-Output techniques, 9-30.

Leulier-Ledoux, I., Merraiouch, M., & Bedouet, F. (2022). Îlots morphologiques urbains pôle métropolitain Loire Angers. AURA (Agence d'Urbanisme de la Région Angevine). 18 p. [Consulté le 30 Novembre 2023]. Disponible sur: https://www.aurangevine.org/fileadmin/user_upload/Production/Publications/Publications/BAT_IMU_2022.pdf

Li, X. (2024). Pathways to mitigate household carbon emissions in Chinese cities: Intentions, actions, and environments. Urban Climate, 55, 101953. [Consulté le 02 Août 2024]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101953

Liebard, A., & De Herde, A. (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques: Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. Paris: Observ'ER. 776p.

Lin, S.-M. (2016). Reducing students' carbon footprints using personal carbon footprint management system based on environmental behavioural theory and persuasive technology. Environmental Education Research, 22 (5), 658–682. [Consulté le 30 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1018142

Lin, T., Yu, Y., & al. (2013). Greenhouse gas emissions accounting of urban residential consumption: A household survey-based approach. PLoS ONE, 8, e55642. [Consulté le 18 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055642

Liu, L. C., Wu, G., & al. (2011). China's carbon emissions from urban and rural households during 1992–2007. Journal of Cleaner Production, 19 (15), 1754–1762. [Consulté le 18 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.06.011

Liu, W., & al. (2013). Energy consumption practices of rural households in north China: Basic characteristics and potential for low carbon development. Energy Policy, 55, 128–138. [Consulté le 17 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.11.031

Liu, X., Derudder, B., & Wu, K. (2016). Measuring polycentric urban development in China: An intercity transportation network perspective. Regional Studies, 50 (8), 1302–1315. [Consulté le 31 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1080/00343404.2015.1004535

Lombardi, M., & al. (2018). Toward urban environmental sustainability: The carbon footprint of Foggia's municipality. Journal of Cleaner Production, 186, 534–543. [Consulté le 30 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.158

Lombardi, M., Laiola, E., et al. (2017). Assessing the urban carbon footprint: An overview. Environmental Impact Assessment Review, 66, 43–52. [Consulté le 01 Novembre 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.06.005

Longo, M., Foiadelli, F., & al. (2017). Towards the development of residential smart districts: The role of EVs. 2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe),Milan, Italy. 1–6. IEEE. [Consulté le 25 Février 2018]. Disponible sur: doi: 10.1109/EEEIC.2017.7977552.

Maharoof, N., Emmanuel, R., & Thomson, C. (2020). Compatibility of local climate zone

parameters for climate-sensitive street design: Influence of openness and surface properties on local climate. Urban Climate, 33, 100642. [Consulté le 02 Novembre 2020]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100642

Malliet, P. (2020, 08 Janvier). L'empreinte carbone des ménages français et les effets redistributifs d'une fiscalité carbone aux frontières. OFCE ,Policy brief, 62, 9 p. [Consulté le 30 Janviers 2020]. Disponible sur: https://www.ofce.sciences-po.fr/pdf/pbrief/2020/OFCEpbrief62.pdf

Marland, G., Kowalczyk, T., & Marland, E. (2015). Carbon accounting: Issues of scale. Journal of Industrial Ecology, 19(1), 7-9. [Consulté le 16 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1111/jiec.12250

Marsal-Llacuna, M.-L., & López-Ibáñez, M.-B. (2014). Smart urban planning: Designing urban land use from urban time use. Journal of Urban Technology, 21 (1), 39–56. [Consulté le 02 Février 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1080/10630732.2014.884385

MATE et CAR/PAP. (2006). Programme d'Aménagement Côtier (PAC) "Zone côtière algéroise". Rapport final intégré. Alger. 190p. [Consulté le 10 Mars 2017]. Disponible sur: https://iczmplatform.org/storage/documents/pdJcBI0dCxgQqipXlN27394uBogMcrQNG6J5h911.pdf

McKinsey & Company. (2009). Pathways to a Low-Carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve. 190 p. [Consulté le 03 Janvier 2017]. Disponible sur: https://www.cbd.int/financial/doc/Pathwaystoalowcarboneconomy.pdf

Meier, T., & Christen, O. (2012). Gender as a factor in an environmental assessment of the consumption of animal and plant-based foods in Germany. International Journal of Life Cycle Assessment, 17, 550-564. [Consulté le 08 Juin 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/s11367-012-0387-x

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. Ecosystems, 15(3), 401–415. [Consulté le 14 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8

Merlin, P., & Choay, F. (1988). Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement (1ère éd.). Paris: Presses Universitaires de France. 723p.

Merlin, P., et Choay, F. (2015). Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. (4e éd.). France: PUF. 840 p.

Météo-France. (s.d.). La structure de l'atmosphère. [Consulté le 13 Juillet 2018]. Disponible sur: http://education.meteofrance.fr/dossiers-thematiques/le-fonctionnement-de-l atmosphere/la-composition-de-l-atmosphere/la-structure-de-latmosphere

Metzl, N., & Ciais, P. (2011). La perturbation anthropique du cycle du carbone. In C. Jeandel & R. Mosseri (éds.), Le climat à découvert. Paris: CNRS Éditions. [Consulté le 03 Février 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.4000/books.editionscnrs.11472

Miehe, R., Scheumann, R., & al. (2016). Empreintes carbone régionales des ménages : une étude de cas allemande. Environnement, Développement et Durabilité, 18 (2), 577-591. [Consulté le 29 Mars 2018]. Disponible sur: http://dx.doi.org/10.1007/s10668-015-9649-7

Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). Input-output analysis: Foundations and extensions. (2nd ed.). Cambridge, Royaume-Uni: Cambridge University Press.737 p. [Consulté le 21 Janvier 2017]. Disponible sur: http://digamo.free.fr/io2009.pdf

Mills, G., Bechtel, B.,& al. (2015). An introduction to the WUDAPT project. Proceedings of the 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment. Toulouse. 6 p. [Consulté le 14 Novembre 2017]. Disponible sur:https://www.wudapt.org/wp-content/uploads/2015/05/Mills_etal_ICUC9.pdf

Milojević, B. (2016). Spatial planning in view of flood protection – methodological framework for the Balkan countries. Conference proceedings of 3th International Academic Conference on places and Technologies. E. Vaništa Lazarević, M. Vukmirović, E. Krstić-Furundžić, A. Đukić (Eds). Belgrade, Serbia: University of Belgrade-Faculty of architecture, 218-223. [Consulté le 16 Décembre 2019]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/328886520_SPATIAL_PLANNING_IN_VIEW_OF_FLOOD_PROTECTION-METHODOLOGICAL_FRAMEWORK_FOR_THE_BALKAN_COUNTRIES

Milojević, B. (2018). Integrated urban planning in theory and practice. International Conference on Contemporary Theory and Practice in Construction XVI, 13(1), 0. [Consulté le 21 Août 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.7251/stp1813323m

Milojevic-Dupont, N., & Creutzig, F. (2021). Machine learning for geographically differentiated climate change mitigation in urban areas. Sustainable Cities and Society, 64, 102526. [Consulté le 05 Février 2021]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102526

Ministère de l'Aménagement du Territoire et Ministère de la Transition écologique. (2021, 24 Février). Inventaire national des émissions de gaz à effet de serre. [Consulté le 02 Septembre 2022]. Disponible sur: https://www.ecologie.gouv.fr/inventaire-national-des-emissions-gaz-effet-serre

Ministère de la Transition écologique. (2017, 13 Septembre). Les impacts du réchauffement climatique sur la biodiversité. [Consulté le 06 Octobre 2019]. Disponible sur: https://www.ecologie.gouv.fr/impacts-du-rechauffement-climatique-sur biodiversite#:~:text=Les%20%C3%A9cosyst%C3%A8mes%20perturb%C3%A9s&text=Des%20productions%20agricoles%20en%20baisse,les%20zones%20c%C3%B4ti%C3%A8res%20tr%C3%A8s%20basses.

Ministère de l'Environnement de Luxembourg. (2006). Changement climatique : Agir pour un défi majeur ! : 1er Plan d'action en vue de la réduction des émissions de CO2. Luxembourg. 30 p. [Consulté le 02 Mai 2018]. Disponible sur: https://cdn.climatepolicyradar.org/navigator/LUX/2006/action-plan-towards-the-reduction-of-greenhouse-gases-emissions_ae082fc2b31f3531bf4702e2135437bf.pdf

Minx, J. C., Wiedmann, T., & al. (2009). Input–output analysis and carbon footprinting: An overview of applications. Economic Systems Research, 21 (3), 187-216. [Consulté le 02 Février 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1080/09535310903541298

Minx, J., & al. (2013). Carbon footprints of cities and other human settlements in the UK. Environmental Research Letters, 8(3). 10p. [Consulté le 30 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/035039

Montserrat, X. (2015). +4°C le climat change...et vous ? 60 éco-gestes pour agir au quotidien. Paris: Eyrolles. 214 p.

Moran, D., & al. (2018). Carbon footprints of 13,000 cities. Environmental Research Letters, 13 (6). 9 p. [Consulté le 13 Septembre 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac72a

Munksgaard, J., Pedersen, K. A., & Wien, M. (2000). Impact of household consumption on CO2

emissions. Energy Economics, 22(4), 423-440. [Consulté le 20 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/S0140-9883(99)00033-X

Muthu, S. S. (2014). Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors. (Vol. 2). Singapore: Springer. 298 p. [Consulté le 13 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-981-4585-75-0

NASA Global Climate Change. (2016). Global Climate Change and Global Warming: Vital Signs of the Planet. [Consulté le 12 Novembre 2017]. Disponible sur: //science.nasa.gov/climate-change/

NASA Global Climate Change. (2024). Global Climate Change and Global Warming: Vital Signs of the Planet. [Consulté le 1 Septembre 2024]. Disponible sur:

Nations Unies. (2015). Accord de Paris. 26 p. [Consulté le 03 Juin 2016]. Disponible sur: https://unfccc.int/sites/default/files/french_paris_agreement.pdf

Nejat, P., Jomehzadeh, F., & al. (2015). A global review of energy consumption, CO2 emissions, and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO2 emitting countries). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 43, 843-862. [Consulté le 19 Avril 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.066

Nez, H. (2011). Nature et légitimités des savoirs citoyens dans l'urbanisme participatif: Une enquête ethnographique à Paris. Sociologie, 2 (4). [Consulté le 25 Juillet 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.3917/soc.024.0809

Niamir, L., Kiesewetter, G., & al. (2020). Assessing the macroeconomic impacts of individual behavioral changes on carbon emissions. Climatic Change, 158, 141–160. [Consulté le 03 Janvier 2021]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/s10584-019-02566-8

NOAA National Centers for Environmental Information. (2016, September). Climate at a Glance: Global Time Series. [Consulté le 21 Septembre 2016]. Disponible sur: https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series

NOAA National Centers for Environmental Information. (2019, January). State of the climate: Monthly global climate report for annual 2018. [Consulté le 17 Juin 2022]. Disponible sur: https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly report/global/201813/supplemental/page-3

NOAA. (2021). 2021 was world's 6th warmest year on record. [Consulté le 02 Février 2022]. Disponible sur: https://www.noaa.gov/news/2021-was-worlds-6th-warmest-year-on-record

NOAA. (2024, 09 April). Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide. [Consulté le 30 Juillet 2024]. Disponible sur:https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide

Novarina, G. (2003). Plan et projet: L'urbanisme en France et en Italie. Paris: Economica. 233p.

OECD. (2017). Tackling Environmental Problems with the Help of Behavioural Insights. Paris: OECD Publishing. 147p. [Consulté le 14 Avril 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1787/9789264273887-en.

Oke, T.R. (1988). The Urban Energy Balance. Progress in Physical Geography, 12(4), 471. [Consulté le 03 Août 2016]. Disponible sur: https://doi.org/10.1177/030913338801200401

OMM. (2006). Suivi de la sécheresse et alerte précoce: Principes, progrès et enjeux futurs.

Genève, Suisse. 26 p. [Consulté le 14 Décembre 2016]. Disponible sur: https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_drought_monitoring_early_warning_fr_2006.pdf

Onat, N. C., Kucukvar, M., & Tatari, O. (2014). Scope-based carbon footprint analysis of U.S. residential and commercial buildings: An input-output hybrid life cycle assessment approach. Building and Environment, 72, 53–62. [Consulté le 26 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.10.009

ONclimate. (s.d.). Stratégie de l'Ontario en matière de changement climatique. Ontario. 43 p. [Consulté le 06 Juillet 2022]. Disponible sur: https://docs.ontario.ca/documents/4929/climate-change-strategy-fr.pdf

O'Neill, B.C., & Chen, B.S. (2002). Demographic determinants of household energy use in the United States. Population and Development Review, 28, 53-88. [Consulté le 01 Novembre 2018]. Disponible sur: https://www.jstor.org/stable/3115268

ONU-Habitat III. (2015). Villes intelligentes. Documents de travail d'Habitat III. Papier 21. New York. 12p. [Consulté le 25 Février 2017]. Disponible sur: https://habitat3.org/wp-content/uploads/21-Habitat-III-Issue-Paper-21_Villes-intelligentes.pdf

ONU-Habitat. (2011). Les villes et le changement climatique : Orientations générales. Rapport mondial 2011 sur les établissements humains. Washington, DC, Londres: Earthscan. 59p. [Consulté le 21 Décembre 2016]. Disponible sur: https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Les%20Villes%20et%20le%20Changement%20Climatique%20Orientations%20G%C3%A9n%C3%A9rales.pdf

ONU-Habitat. (2015a). Lignes directrices internationales sur la planification urbaine et territoriale. Nairobi: ONU-Habitat. 32 p. [Consulté le 20 Février 2017]. Disponible sur: https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/12/ig-utp_french.pdf

ONU-Habitat. (2015b). Principes directeurs pour la planification de l'action climatique à l'échelle urbaine. Version 1.0. Nairobi: ONU-Habitat. 22 p. [Consulté le 20 Février 2017]. Disponible sur: https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/French%20Publication.pdf

Otto, I. M., Kim, K. M., & al. (2019). Shift the focus from the super-poor to the super-rich. Nature Climate Change, 9(2), 82. [Consulté le 20 Février 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1038/s41558-019-0402-3

Pandey, D., & Agrawal, M. (2014). Carbon Footprint Estimation in the Agriculture Sector. In S. Muthu (Ed.), Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors, Volume 1, 1–22. Singapore: EcoProduction. Springer. [Consulté le 15 Avril 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-981-4560-41-2_2

Papaud, A., & Poisson, A. (1985). Le cycle du carbone et sa perturbation par les activités humaines : Un aperçu du problème. Oceanologica Acta, 8 (2), 133-146. [Consulté le 19 Janvier 2017]. Disponible sur: https://archimer.ifremer.fr/doc/00112/22299/19974.pdf

Parikh, J. K., Panda, M. K., & Murthy, N. S. (1997). Consumption patterns by income groups and carbon dioxide implications for India: 1990-2010. International Journal of Global Energy Issues, 9 (4-6), 237-255. [Consulté le 28 Août 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1504/IJGEI.1997.063338

Parque Expo. (2011). PDAU d'Alger: Rapport d'orientation. Alger. 158p.

Pasquier, J.-L. (2016). Méthodologie de calcul de l'empreinte carbone de la demande finale intérieure française. Commissariat général au développement durable:Service de la donnée et des études statistiques. 22p. [Consulté le 28 Mai 2020]. Disponible sur: https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-07/methodologie-document-travail-43-empreinte-carbone-2018-juillet2019.pdf

Peng, Y., Yang, L. E., & Scheffran, J. (2021). A life-cycle assessment framework for quantifying the carbon footprint of rural households based on survey data. MethodsX, 8, 101411. [Consulté le 11 Décembre 2022]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101411

Periyasamy, A. P., & Duraisamy, G. (2018). Carbon Footprint on Denim Manufacturing. In L. Martínez, O. Kharissova, & B. Kharisov (Eds.), Handbook of Ecomaterials, 1-18. Springer, Cham. [Consulté le 25 Janvier 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-319-48281-1_112-1

Peters, G. P. (2010). Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2(4), 245–250. [Consulté le 01 Octobre 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.05.004

Peters, G. P., & Hertwich, E. G. (2008). CO2 embodied in international trade with implications for global climate policy. Environmental Science & Technology, 42(5), 1401–1407. [Consulté le 02 Février 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1021/es072023k

Peters, G. P., & Hertwich, E. G. (2008). Post-Kyoto Greenhouse Gas Inventories: Production versus Consumption. Climatic Change, 86, 51-66. [Consulté le 02 Février 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/s10584-007-9280-1

Peters, G.P. (2008). From production-based to consumption-based national emission inventories. Ecological Economics, 65(1), 13–23. [Consulté le 02 Février 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.10.014

Petsch, S., & al. (2011). Modeling, Monitoring, and Visualizing Carbon Footprints at the Urban Neighborhood Scale. Journal of Urban Technology, 18(4), 81-96. [Consulté le 16 Février 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1080/10630732.2011.648436

Pietrapertosa, F., Cosmi, C., & al. (2009). Life Cycle Assessment, Externe and Comprehensive Analysis for an integrated evaluation of the environmental impact of anthropogenic activities. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(5), 1039-1048. [Consulté le 11 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.05.006A.

PNUD. (2009). Guide de la planification, du suivi et de l'évaluation axés sur les résultats du développement. Programme des Nations Unies pour le développement. États-Unis. 220 p. [Consulté le 30 Juin 2016]. Disponible sur: http://web.undp.org/evaluation/handbook/french/docments/PME-Handbook_Fr.pdf

PNUD. (2023). Troisième communication nationale de l'Algérie à la Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique. Alger: Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables. 210 p. [Consulté le 04 Avril 2024]. Disponible sur: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/TCN_Alg%C3%A9rie%20VF%2022102023%20rev%207.pdf

PRC. (2017, 20 July). The State Council Issued the new generation artificial intelligence Development plan. (in Chinese). [Consulté le 15 Novembre 2020]. Disponible sur:

https://www.gov.cn/xinwen/2017-07/20/content_5212064.htm

Qiu, C., Schmitt, M., & al. (2018). Feature importance analysis of sentinel-2 imagery for large-scale urban local climate zone classification. In 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2018 - Proceedings, 4681-4684. Article 8517732 (International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS); Vol. 2018-July). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.. [Consulté le 28 Mai 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1109/IGARSS.2018.8517732

Qu, J., Zeng, J., & al. (2013). Household carbon dioxide emissions from peasants and herdsmen in northwestern arid-alpine regions, China. Energy Policy, 57, 133-140. [Consulté le 16 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.065

Quinteiro, P., Almeida, M., & al. (2014). The carbon footprint of ceramic products. In Muthu, S. (Ed.), Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors, Volume 1. Singapore: EcoProduction. Springer.113-150. [Consulté le 12 Janvier 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-981-4560-41-2_5

Rabourdin, S. (2005). Changement climatique : comprendre et agir. Paris: Delachaux et Niestlé. 286 p.

Rama, M., & al. (2021). Evaluating the carbon footprint of a Spanish city through environmentally extended input output analysis and comparison with life cycle assessment. Science of the Total Environment, 762, 143133. [Consulté le 24 Février 2022]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143133

Ramachandra, T. V., Shwetmala, K., & Dania, T. M. (2014). Carbon footprint of the solid waste sector in Greater Bangalore, India. In Muthu, S. (Ed.), Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors, Volume 1. 265-292. Singapore : EcoProduction. Springer. [Consulté le 15 Avril 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-981-4560-41-2_11

Ramaswami, A., Chavez, A., & al. (2011). Two approaches to greenhouse gas emissions foot-printing at the city scale. Environmental Science and Technology, 45(10), 4205–4206. [Consulté le 16 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1021/es201166n

Ramaswami, A., Hillman, T., & al. (2008). A demand-centered, hybrid life-cycle methodology for city-scale greenhouse gas inventories. Environmental Science and Technology, 42 (17), 6455–6461. [Consulté le 18 Février 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1021/es702992q

Rico, A., et al. (2019). Carbon footprint of tourism in Barcelona. Tourism Management, 70, 491–504. [Consulté le 03 Octobre 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.09.012

Rizan, C., & al. (2020). The carbon footprint of surgical operations: A systematic review. Annals of Surgery, 272 (6), 986–995. [Consulté le 11 Janvier 2021]. Disponible sur: https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000003951

Rosenfeld, P., Giacalone, R. A., & Riordan, C. A. (1995). Impression management theory and diversity: Lessons for organizational behavior. American Behavioral Scientist, 37(5), 601–604. [Consulté le 05 Août 2016]. Disponible sur: https://doi.org/10.1177/0002764294037005002

Rosentreter, J., Hagensieker, R., & Waske, B. (2020). Towards large-scale mapping of local climate zones using multitemporal Sentinel-2 data and convolutional neural networks.

Remote Sensing of Environment, 237, 111472. [Consulté le 23 Mars 2020]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111472

Rotondo, F., & Selocato, F. (2014). The role of G.I.S. for the industrial areas management to prevent the brownfields birth: The case of the Apulia Region in Southern Italy. In A. Djukic, M. Stankovic, B. Milojevic, & N. Novakovic (Eds.). Proceedings of International Academic Conference BrownInfo, 29-36. Banjaluka: University of Banja Luka Faculty for Architecture, Civil Engineering, and Geodesy.

RTE. (2022, 25 Février). Bilan électrique 2021 - Une production d'électricité assurée à plus de 92% par des sources n'émettant pas de gaz à effet de serre . [Consulté le 02 Avril 2022]. Disponible sur: https://www.rte-france.com/actualites/bilan-electrique-2021

Saidouni, M. (2000). Éléments d'introduction à l'urbanisme : histoire, méthodologie, réglementation. Alger: Casbah éditions. 271 p.

Salemdeeb, R., Bin Daina, M., & al. (2018). An environmental evaluation of food waste downstream management options: a hybrid LCA approach. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 7, 217-229. [Consulté le 03 Novembre 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/s40093-018-0208-8

Sanches-Pereira, A., Tudeschini, L. G., & Coelho, S. T. (2016). Evolution of the Brazilian residential carbon footprint based on direct energy consumption. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54, 184–201. [Consulté le 13 Juin 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.024

Sanksshep, M. (2022, 12 July). Artificial Intelligence and Urban Design. Aiplusinfo.com. [Consulté le 15 Juillet 2022]. Disponible sur: https://www.aiplusinfo.com/blog/artificial-intelligence-and-urban-design

Santos, L. G. R., Singh, V. K., & al. (2020). Estimating building's anthropogenic heat: a joint local climate zone and land use classification method. In eSIM 2021 Conference. Vancouver, Canada, June 14-16, 2021. 12–19. [Consulté le 11 Mars 2021]. Disponible sur: https://doi.org/10.3929/ethz-b-000445814

Sapena, M., Wurm, M., & al. (2021). Estimating quality of life dimensions from urban spatial pattern metrics. Computers, Environment and Urban Systems, 85, 101549. [Consulté le 11 Mars 2022]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101549

Schaber, C., Wékel, J., & Zdiara, A. (2016). New Planning Culture in German Cities-Topics, Priorities and Processes. Darmstadt University of Technology in cooperation with the German Association of Cities and the Federal Institute for Building, Urban and Environmental Research. . [Consulté le 20 Mai 2020]. Disponible sur: http://www.staedtetag.de

Sciama, Y. (2010). Le Changement climatique. France: Larousse.128p.

Sénat du Canada. (2018). Réduire les émissions de gaz à effet de serre provenant de l'environnement bâti au Canada. Rapport du Comité sénatorial permanent de l'énergie, de l'environnement et des ressources naturelles. Ottawa, Canada. 108 p. [Consulté le 12 Décembre 2020]. Disponible sur: https://sencanada.ca/content/sen/committee/421/enev/reports/enev_batiments_final_f.pdf

Serino, M. N. V., & Klasen, S. (2015). Estimation and determinants of the Philippines' household carbon footprint. The Developing Economies, 53 (1), 44–62. [Consulté le 20 Mars 2018].

Disponible sur: https://doi.org/10.1111/j.1746-1049.2014.00100.x

Shen, L., Wu, Y., et al. (2018). Analysis on the evolution of low carbon city from process characteristic perspective. Journal of Cleaner Production, 187, 348–360. [Consulté le 20 Juin 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.190

Shirley, R., Jones, C., & Kammen, D. (2012). A household carbon footprint calculator for islands: Case study of the United States Virgin Islands. Ecological Economics, 80, 8–14. [Consulté le 02 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.04.027

Sonatrach, Ministère de l'Énergie et MTEER. (2021). Projet de Livre blanc sur l'impact des changements climatiques en Algérie, Algérie. 276 p.

Stadler, K., Wood, R., & al. (2018). EXIOBASE 3: Developing a time series of detailed environmentally extended multi-regional input–output tables. Journal of Industrial Ecology, 22 (3), 502–515. [Consulté le 16 Avril 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1111/jiec.12405

Statista. (2024, 12 Mars). 2023 a été l'année la plus chaude jamais mesurée. [Consulté le 12 Mars 2024]. Disponible sur: https://fr.statista.com/infographie/28703/evolution-temperature-moyenne-mondiale-terres-et-oceans-depuis-1880/

Steen-Olsen, K., Wood, R., & Hertwich, E. G. (2016). The carbon footprint of Norwegian household consumption 1999–2012. Journal of Industrial Ecology, 20 (3), 582–592. [Consulté le 23 Mai 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1111/jiec.12405

Stern, P. C. (2011). Contributions of psychology to limiting climate change. American Psychologist, 66(4), 303–314. [Consulté le 02 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1037/a0023235

Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society, 93*(12), 1879–1900. [Consulté le 17 Octobre 2018]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/258607564_Local_Climate_Zones_for_Urban_Temperature_Studies

Strohbach, M. W., Arnold, E., & Haase, D. (2012). The carbon footprint of urban green space—A life cycle approach. Landscape and Urban Planning, 104 (2), 220–229. [Consulté le 19 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.10.013

Su, B., & Ang, B. W. (2011). Multi-region input–output analysis of CO2 emissions embodied in trade: The feedback effects. Ecological Economics, 71, 42–53. [Consulté le 21 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.08.024

Sun, L., Li, Z., Fujii, M., & al. (2018). Carbon footprint assessment for the waste management sector: A comparative analysis of China and Japan. Frontiers in Energy, 12, 400–410. [Consulté le 06 Novembre 2020]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/s11708-018-0565-z

Tabet-Aoul, M. (2014a). Pollution de l'air et radioactivité. Alger: Édition Ben Merabet. 232p.

Tabet-Aoul, M. (2014b). Changement climatique et risque. Alger: Édition Ben Merabet. 319p.

Tagliapietra, S., & Vorsatz, V. (2021). Les véhicules électriques sont-ils verts ? Groupe d'études géopolitiques. 1–9. [Consulté le 25 Février 2022]. Disponible sur: https://www.cairn.info/geg-policy-papers--6000000148908-page-1.htm?contenu=article

Taha, H., Akbari, H., & al. (1988). Residential cooling loads and the urban heat island—the effects of albedo. Building and Environment, 23(04), 271-283. [Consulté le 03 Août 2016]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/0360-1323(88)90033-9

Tall, I., Nasr, R. & al. (2016). Lebanese household carbon footprint: Measurements, analysis and challenges. AIP Conference Proceedings, 1758 (1). [Consulté le 28 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1063/1.4959426

Tan, X., & al. (2014). Study on China's regional carbon emission factors: The case of Chongqing city. Energy Procedia, 61, 2885–2889. [Consulté le 05 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.329

Tao, J., Zhou, Y., & al. (2014). Estimating carbon dioxide concentrations in urban areas from satellite imagery using Bayesian network. In 2014 The Third International Conference on Agro-Geoinformatics, Beijing, China.1–7. [Consulté le 13 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1109/Agro-Geoinformatics.2014.6910674.

Terrin, J. J. (2015). Villes et changement climatique. Paris: Parenthèses.288p.

The Hague Academy. (s.d.). The key elements for integrated urban planning. [Consulté le 12 Octobre 2021]. Disponible sur: https://thehagueacademy.com/news/the-building-blocks-for-successful-urban-development-projects/

ThomasHaessig. (2020). Enseignement scientifique terminale. Belin Éducation/Humensis. [Consulté le 29 Novembre 2021]. Disponible sur: https://manuelnumeriquemax.belin.education/enseignement_scientifique-terminale/topics/es-tle-c01-028-a_le-cycle-du-carbone-a-la-surface-de-la-terre

Tomás, M., López, L. A., & Monsalve, F. (2020). Carbon footprint, municipality size and rurality in Spain: Inequality and carbon taxation. Journal of Cleaner Production, 266. [Consulté le 25 Décembre 2020]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121798

UN-Habitat. (2022). AI and cities: Risks, applications and governance. 123 p. [Consulté le 10 Février 2023]. Disponible sur: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/10/artificial_intelligence_and_cities_risks_applications_and_governance.pdf

UVED (Université Virtuelle Environnement et Développement durable). (2012). Méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV). [Consulté le 19 Janvier 2017]. Disponible sur: http://acvbat.univ-valenciennes.fr/chap03/co/ch03_100_1-8.html#:~:text=Parce%20que%20certains%20param%C3%A8tres%20ne,limites%20exactes%20d'un%20syst%C3%A8me.

Vandamme, S., Demuzere, M., & al. (2019). Revealing Kunming's (China) historical urban planning policies through local climate zones. Remote Sensing, 11 (14), 1731. [Consulté le 23 Juillet 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.3390/rs11141731

Vetőné Mózner, Z. (2013). A consumption-based approach to carbon emission accounting – sectoral differences and environmental benefits. Journal of Cleaner Production, 42, 83–95. [Consulté le 24 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.014

Ville de Québec. (2014). Plan de réduction des gaz à effet de serre 2011-2020 : Agglomération de Québec. Québec. 101p. [Consulté le 21 Mai 2019]. Disponible sur: https://www.ville.quebec.qc.ca/apropos/planification-orientations/environnement/changements-

climatiques/docs/plan_reduction_gaz_effet_de_serre_2011_2020.pdf

Virtanen, Y., Kurppa, S., & al. (2011). Carbon footprint of food - approaches from national input-output statistics and a LCA of a food portion. Journal of Cleaner Production, 19(16), 1849–1856. [Consulté le 17 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.001

Vivre en Ville. (2017, 25 Mai). Planifier une croissance urbaine à faible impact climatique. [Consulté le 05 Juin 2017]. Disponible sur: https://vivreenville.org/a-propos/actualites/2017/planifier-une-croissance-urbaine-a-faible-impact-climatique.aspx

Vivre en Ville. (2017, 27 Juin). Impact de la localisation des activités sur les émissions de gaz à effet de serre. Collectivitésviables.org. [Consulté le 17 Juillet 2022]. Disponible sur: https://collectivitesviables.org/etudes-de-cas/impact-de-la-localisation-des-activites-sur-les-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre.aspx

Voisin-Bormuth, C. (2020, 06 Juillet). La ville bas-carbone pour tous est-elle (encore) possible ?. Note. La Fabrique de la Cité, Université de la Ville de Demain et La Fondation Palladio. 11p. [Consulté le 10 Juin 2022]. Disponible sur: https://www.fondationpalladio.fr/download/UNIVERSITE_VILLE_%20DE_DEMAIN_3EME_AUDITION_CR_2.pdf.

Vringer, K., Benders, R., & al. (2010). A hybrid multi-region method (HMR) for assessing the environmental impact of private consumption. Ecological Economics, 69 (12), 2510–2516. [Consulté le 10 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.07.027

Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). Our ecological footprint: Reducing human impact on the Earth. Philadelphia, PA: New Society Publishers. 176p.

Watrinet, E. (2023). Bilan Carbone Entreprise : le guide complet 2022. Carbo. [Consulté le 28 Décembre 2023]. Disponible sur: https://www.hellocarbo.com/blog/calculer/bilan-carbone-entreprise-guide-complet/

Weber, C. L., & Matthews, H. S. (2008). Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint. Ecological Economics, 66 (2–3), 379–391. [Consulté le 18 Avril 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.021

Wei, Y. M., Liu, L. C., & al. (2007). The impact of lifestyle on energy use and CO2 emission: an empirical analysis of China's residents. Energy Policy, 35(1), 247–257. [Consulté le 27 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.11.020

Weng, Q. (2014). Global urban monitoring and assessment through Earth observation: Remote Sensing Applications Series. Boca Raton, FL: CRC Press. 440p.

Wiedenhofer, D., Guan, D., & al. (2017). Unequal household carbon footprints in China. Nature Climate Change, 7, 75–80. [Consulté le 31 Juillet 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1038/nclimate3165

Wiedmann, T. (2009). Editorial: carbon footprint and input–output analysis; An introduction. Economic Systems Research, 21(3), 175–186. [Consulté le 21 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1080/09535310903541256

Wiedmann, T. O., Chen, G., & Barrett, J. (2016). The concept of City carbon maps: A case study of Melbourne, Australia. Journal of Industrial Ecology, 20 (4), 676–691. [Consulté le 28 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1111/jiec.12346

Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of carbon footprint. Ecological Economics Research Trends, 1, 1–11. [Consulté le 13 Janvier 2017]. Disponible sur: https://wiki.epfl.ch/hdstudio/documents/articles/a%20definition%20of%20carbon%20footprint.pdf

Wiedmann, T., Minx, J., & al. (2006). Allocating ecological footprints to final consumption categories with input–output analysis. Ecological Economics, 56 (1), 28-48. [Consulté le 17 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.05.012

Wier, M., Lenzen, M., & al. (2001). Effects of household consumption patterns on CO2 requirements. Economic Systems Research, 13 (3), 259-274. [Consulté le 03 Octobre 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1080/09537320120070149

Williamson, K., Satre-Meloy, A., & al. (2018). Climate change needs behavior change: Making the case for behavioral solutions to reduce global warming. Arlington, VA: Rare. 53 p. [Consulté le 31 Juillet 2019]. Disponible sur: https://rare.org/wp-content/uploads/2019/02/2018-CCNBC-Report.pdf

World Bank. (2014). The Low Carbon City Development Program (LCCDP) guidebook: A systems approach to low carbon development in cities. Washington, DC: World Bank. 124 p. [Consulté le 06 Février 2017]. Disponible sur: https://documents1.worldbank.org/curated/en/390491468338496549/pdf/946950WP00PUBL0gram0Guidebook0FINAL.pdf

WRI, C40, et ICLEI. (2014). Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories: An Accounting and Reporting Standard for Cities. USA: Greenhouse Gas Protocol. 172p.[Consulté le 02 Décembre 2016]. Disponible sur: https://cdn.locomotive.works/sites/5ab410c8a2f42204838f797e/content_entry5ab410fb74c4833febe6c81a/5ab4110fa2f42204838f79ba/files/GPC_Standard.pdf?1541698648

Wright, L. A., Kemp, S., & Williams, I. (2011). 'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition. Carbon Management, 2 (1), 61–72. [Consulté le 18 Janvier 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.4155/cmt.10.39

Wu, Y., Sharifi, A., & al. (2018). Mapping building carbon emissions within local climate zones in Shanghai. Energy Procedia, 152, 815–822. [Consulté le 20 Décembre 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.09.195

WWF. (s.d.). WWF Footprint Calculator. . [Consulté le 15 Juin 2023]. Disponible sur: https://footprint.wwf.org.uk/

Xu, C., Ji, J., & Liu, P. (2018). The station-free sharing bike demand forecasting with a deep learning approach and large-scale datasets. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 95, 47–60. [Consulté le 23 Novembre 2020]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.07.013

Xu, G., Li, Y., & al. (2021). Effects of substrate type on enhancing pollutant removal performance and reducing greenhouse gas emission in vertical subsurface flow constructed wetland. Journal of Environmental Management, 280, 111674. [Consulté le 05 Mars 2021]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111674

Xu, X., Tan, Y., & al. (2015). Urban household carbon emission and contributing factors in the Yangtze River Delta, China. PLoS One, 10 (4), e0121604. [Consulté le 18 Mai 2018]. [Consulté le 13 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121604

Yamashita, S., Sekine, K., & al. (1986). On relationships between heat island and sky view factor in the cities of Tama River basin, Japan. Atmospheric Environment (1967), 20(4), 681-686. [Consulté le 03 Août 2016]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/0004-6981(86)90182-4

YHC Environnement. (2022). Ville de Beloeil Plan de réduction des émissions de gaz à effet de serre: Plan d'action - Planification énergétique communautaire. Beloeil, Canada. 82p. [Consulté le 15 Février 2023]. Disponible sur: https://beloeil.ca/wp-content/uploads/2023/02/20221130_plan_reduction_ges_rapport_final.pdf

YHC Environnement. (2023). Ville de Beloeil, actions mises en œuvre par la municipalité. [Consulté le 20 Avril 2023]. Disponible sur: https://action-ges.com/villes-quebec/beloeil-emissions-ges/beloeil-plan-daction-ges-2022/

Yigitcanlar, T., & Teriman, S. (2014). Rethinking sustainable urban development: Towards an integrated planning and development process. International Journal of Environmental Science and Technology, 12 (1), 341-352. [Consulté le 19 Mars 2017]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/s13762-013-0491-x

Yin, X., Hao, Y., & al. (2020). Changing carbon footprint of urban household consumption in Beijing: Insight from a nested input-output analysis. Journal of Cleaner Production, 258, 120698. [Consulté le 15 Juin 2020]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120698

Yoo, C., Han, D., & al. (2019). Comparison between convolutional neural networks and random forest for local climate zone classification in mega urban areas using Landsat images. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 157, 155–170. [Consulté le 04 Janvier 2020]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.09.009

Youmatter. (2016, 13 Septembre). Bilan Carbone ® : définition, étapes de calcul, enjeux. [Consulté le 02 Mai 2022]. Disponible sur: https://youmatter.world/fr/definition/definition-bilan-carbone/

Youmatter. (2016, 9 Août). Scope 1, 2 ou 3 – définition des périmètres du bilan d'émissions de CO2. [Consulté le 16 Mai 2018]. Disponible sur: https://youmatter.world/fr/definition/scope-1-2-3-definition

Yu, J., Wang, Z., & al. (2018). Deepsolar: A machine learning framework to efficiently construct a solar deployment database in the United States. Joule, 2 (12), 2605–2617. [Consulté le 15 Novembre 2021]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.11.021

Yu, M., & al. (2017). The Carbon Footprint of Australia's Construction Sector. Procedia Engineering, 180, 211–220. [Consulté le 02 Octobre 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.180

Zen, I. S., Al-Amin, & al. (2021). Magnitudes of households' carbon footprint in Iskandar Malaysia: Policy implications for sustainable development. Journal of Cleaner Production, 315, 128042. [Consulté le 19 Septembre 2021]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128042

Zeshan, M. (2019). Carbon footprint accounts of Pakistan: an input-output life cycle assessment model. Environmental Science and Pollution Research, 26, 30313–30323. [Consulté le 31 Octobre 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/s11356-019-06196-6

Zhang, M., Zhang, Z., & al. (2023). Analysis of the coupling characteristics of land transfer and

carbon emissions and its influencing factors: a case study of China. Frontiers in Environmental Science, 10, 1105552. [Consulté le 28 Janvier 2023]. Disponible sur: https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1105552

Zhang, X., & Wang, Y. (2017). How to reduce household carbon emissions: A review of experience and policy design considerations. Energy Policy, 102, 116–124. [Consulté le 12 Avril 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.010

Zhao, K., Tarkoma, S., & al. (2016). Urban human mobility data mining: An overview. In 2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). Washington, DC, USA. 1911–1920. [Consulté le 28 Novembre 2019]. Disponible sur: https://doi.org/10.1109/BigData.2016.7840811

Zheng, H., Fath, B. D., & Zhang, Y. (2016). An urban metabolism and carbon footprint analysis of the Jing–Jin–Ji regional agglomeration. Journal of Industrial Ecology, (21)1, 166-179. [Consulté le 21 Juin 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1111/jiec.12432

Zhou, Y., Smith, S. J., & al. (2015). A global map of urban extent from nightlights. Environmental Research Letters, 10 (5), 054011. [Consulté le 11 Mars 2018]. Disponible sur: https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/5/054011

Zhu, J.,& al. (2022). Evaluating regional carbon emissions trading in China: Effects, pathways, co-benefits, spillovers, and prospects. Climate Policy, 22 (7), 918–934. [Consulté le 10 Janvier 2023]. Disponible sur: https://doi.org/10.1080/14693062.2022.2054765

Zhu, W. (2021). Artificial intelligence and urban governance: Risk conflict and strategy choice. Open Journal of Social Sciences, 9(4), 250–261. [Consulté le 24 Mai 2021]. Disponible sur: https://doi.org/10.4236/jss.2021.94019

Zhu, X. X., Hu, J., & al. (2020). So2Sat LCZ42: A benchmark data set for the classification of global local climate zones [Software and Data Sets].In IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 8(3), 76–89. [Consulté le12 Mars 2021]. Disponible sur: https://doi.org/10.1109/MGRS.2020.2964708

LISTE DES ANNEXES

Annexe A: Sources des émissions directes et indirectes des gaz à effet de serre

Scope 1: émissions directes (et amont des combustibles)

Sources d'émissions de GES	Catégories	Types		Domaines d'utilisations	Facteur d'émissions de GES
Combustibles	**Fossiles**	Solides	Charbons: Charbon à coke, Charbon à vapeur, Charbon sous-bitumineux, Houille, Lignite, Tourbe, Anthracite	• Chauffage • Sidérurgie • Alimentation de fours industriels • Alimentation de machines fixes ou mobiles • Production de matériaux de base	• Émissions de production du combustible (extraction, raffinage,…) • Émissions de transport et distribution du combustible • Émissions de combustion in- situ
			Schistes bitumineux		
			Cokes de charbon: coke de houille, coke de lignite		
			Coke de pétrole		
			Déchets l'industrie pétrochimique (plastiques, pneumatiques, ordures ménagères)		
		Liquides	Pétrole brut	/	
			Fioul domestique, Fioul lourd	Usages fixes: chaudières et centrales thermiques	
			Essence, Diesel, gazole, Butane, Propane, Kérosène	Usages mobiles: transport (routier, aérien, maritime)	
			Bitume, Naphta, Huile de schiste	Usages spéciaux	
			Déchets	Fin de vie des produits issus de la pétrochimie	
		Gaz	Gaz naturel	• Chauffage • Alimentation des moteurs, etc.	
			Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL)	Transport	
			Gaz Naturel pour Véhicules (GNV) ou Gaz Naturel Comprimé (GNC)		
			GNL, Gaz Naturel Liquéfié		
			Gaz issus d'industries spécifiques		
			Butane		
			Propane.		
	Organiques	Solides	Bois bûche	Chauffage domestique	
			Granulés de bois (ou pellets)		
			Plaquettes forestières	Chauffage domestique, collectif et industriel	
			Écorces, sciures, chutes	Chauffage collectif et industriel	
			Broyats de cagettes ou de palettes		
			Paille		
			Bagasse	Production de chaleur et d'électricité	
		Liquides	Filière éthanol	Transport	
			Filière huiles végétales		
Émissions de processus et émissions fugitives	**Agriculture - cheptels**	Fermentation entérique	Vache laitière, Autres bovins, Ovins, Caprins, Truies, Autres porcins, Chevaux, Mules et ânes, Volaille	Élevage	• Émissions liées aux réactions biologiques (dépendent du type de tube digestif, de l'âge et du poids de l'animal, et

					de la qualité et quantité de nourriture consommée
		Déjections animales	Lisier		• Émissions liées à la gestion des déjections animales
			Fumier		
			Pâture		
	Agriculture - sols agricoles	Synthétiques	Fertilisantsminéraux)	Gestion des sols agricoles	• Processus de nitrification / dénitrification • Volatilisation du N sous forme de NH3 et d'oxydes de N sur les sols et lasurface des lacs et autres plans d'eau • Lixiviation et écoulements de N sur des sols gérés
		Organiques	Déjections animales		
			Boues des stations de traitements des eaux		
		Végétales	Résidus de culture		
			Résidus de plantes nitrophiles		
	Traitement des déchets et eaux usées	Résidus urbains solides (ordures ménagères biodégradables)	Déchets végétaux	Stockage des déchets organiques	Facteur d'émissions dépend de : • Taux de carbone biodégradable • Taux de méthanisation du carbone biodégradable • Taux de CH4 dans le gaz • Taux d'oxydation • Taux moyen de captage (caractéristique du centre de stockage)
			Déchets de cuisine		
			Déchets de papiers et cartons		
			Déchets de plastiques et autres contenants ou emballages biodégradables		
		Eaux usées		Épuration des eaux usées	• Émissions liées au séjour en conditions anaérobies d'eaux chargées en matière organique
					• Émissions liées à la dégradation des composés azotés contenues dans l'eau
		Fuite de biogaz		/	• Émissions liées aux pertes
		Compostage		/	• Émissions liées au processus de compostage
		Épandage des boues de stations d'épurations et compost		voir agriculture sols agricoles	
		Incinération des déchets		voir combustion des déchets	
	Réfrigération et climatisation	Réfrigération	Commerciale	Conservation des produits	• Déterminer les volumes de fluides frigorigènes ayant fuités dans l'année • Déterminer le type de gaz fluoré et son Potentiel de Réchauffement Global (PRG)
			Industrielle		
			Transport de marchandises	Conservation des produits alimentaires	
		Climatisation	Résidentielle	Rafraîchissement des espaces	
			Commerciale		
			Tertiaire (hors commerce)		
			Transport de personnes		
	Processus industriels	Décarbonatation dans les industries minérales		Fabrication de produits minéraux et autres	• Émissions engendrées par chaque processus industriel
		Fabrication des équipements électriques			
		Certains procédés chimiques			
		Fabrication et l'utilisation de certains solvants			
		Utilisation de castine dans les procédés sidérurgiques			
		Utilisation des mousses d'isolation thermique			
		Utilisation des extincteurs incendie			
		Utilisation des aérosols			

		Fabrication de semi-conducteurs		
		Fabrication des panneaux photovoltaïques		
		Pertes de SF6 du réseau de transport d'électricité		
		Fuites du réseau de gaz naturel		
Utilisation des Terres, leurs Changements et la Forêt	**Évolution de la biomasse sur pied ou biomasse forestière**	Types de sols selon le GIEC: - Les forêts - Les prairies - Les cultures - Les espaces artificialisés - Les zones humides - Les autres terres	• Captation du CO2 par le sol • Émission de CO2 par le sol (stockage/ déstockage)	Facteur d'émission calculé par type de sol
	Déforestation / Reforestation			
	Changement d'affectation des sols			

Source: ADEME, 2016; WRI, C40 et ICLEI, 2014, traité par Auteur.

Scope 2: Émissions indirectes- énergie

Sources d'émissions de GES	Catégories	Types		Domaine d'utilisation	Facteur d'émissions de GES
Électricité	**Production de l'électricité**	Mix électrique	Énergies primaires (variables d'un pays à l'autre)	Centrales d'électricité	• Combustion des combustibles • Mise à disposition du combustible • Construction de la centrale
		Conventionnels	Nucléaires		
			Fossiles (Charbon, gaz, fioul)		
		Renouvelables	Éolien, Photovoltaïque, hydroélectrique, solaire thermique, géothermie, autres		
Chaleur /Froid	**Production de la chaleur ou du froid**	Fossiles	Charbon, fioul, gaz	Générateurs de chaleur / froid (Individuels ou collectifs)	• Combustion des combustibles
		Renouvelables	Biomasse, géothermie, solaire thermique, ordures ménagères, autres		

Source: ADEME, 2016; WRI, C40 et ICLEI , 2014, traité par Auteur.

Scope 3: Émissions indirectes- autres

Sources d'émissions de GES	Catégories	Types		Domaine d'utilisation	Facteur d'émissions de GES
Transport de marchandises	Routier	Messagerie		• Acheminement des colis • Transport des produits	• Combustion des carburants amont des carburants • Fabrication du matériel de transport. • Fuites de gaz frigorigènes fluorés
		Express			
		Grand volume			
		Spéciaux			
		Marchandises diverses			
		Déménagement			
	Ferroviaire	Énergie de traction du train	Électrique, diesel ou mixte	• Transport et distribution de la marchandise	
		Densité des marchandises transportées	Dense, moyennement dense et légères		
	Aérien	/			
	Maritime	Porte-conteneurs			
		Vraquiers			
		Rouliers			
		Gaziers			
		Pétroliers			
		Ferry			
		DOM COM			
	Fluvial	Bateaux automoteurs			
		Bateaux pousseurs			
		Navires fluviaux-maritimes			
Transport de personnes	Routier	Voiture particulière		• Déplacements professionnels • Transport de visiteurs et de clients • Déplacements domicile-travail • Déplacements domicile-Étude • Autres	
		Taxi			
		Voiture de tourisme avec chauffeur			
		Voitures de petite remise			
		Deux roues motorisées			
		Autobus			
		Trolleybus			
		Autocar			
	Ferroviaire	Train	TGV, TER et trains grandes lignes		
		Métro			
		Tramway			
	Aérien	/			
	Maritime	Ferry			
		Autres navires			

	Fluvial	navettes fluviales de tourisme		Transport de visiteurs	
Achat de biens	**Produits de l'agriculture et de la pêche**	Produits végétaux	Céréales	Production agricole	• Nitrification / dénitrification • Chaulage • Fabrication des engrais • Fabrication des autres intrants (semences, phytosanitaires...) • Fonctionnement des engins et bâtiments agricoles • Amortissement de la fabrication de ces engins agricoles et de ces bâtiments • Transports sur la ferme
			Légumineuses		
			Oléagineux		
			Légumes		
			racines et tubercules		
			Fruits		
			Raisins		
			Plantes à boisson		
			Autres produits végétaux		
		Produits animaux	Bovins	Élevage	• Fermentation entérique des animaux • Gestion des déjections animales • Alimentation • Fonctionnement des bâtiments d'élevage • Amortissement de la construction • Autres intrants
			Ovins		
			Caprins		
			Porcins		
			Cuniculture		
			Volaille		
		Produits de la pêche et de l'aquaculture		Aquaculture	• Réfrigération • Transport • Conditionnement
	Produits agro-alimentaires Et boissons	Boissons		• Industrie agro-alimentaire • Commerce • Consommation	• Amont agricole • Transformation • Production de l'emballage • Transport vers le magasin • Stockage • Fin de vie de l'emballage • Transport des consommateurs • Procédés de mise en forme des emballages • Production des éléments de conditionnement secondaire et tertiaire • Préparation des aliments chez le consommateur • Gestion des déchets
		Ingrédients			
		Plats préparés			
	Bois et articles en bois	Bois d'œuvre		Construction	• Alimentation des machines • Tronçonnage • Débardage • Sciage
		bois d'ameublement		Fabrication des objets	

					• Transport
	Papier, carton et articles en papier Ou en carton	Papier		Industrie (Fabrication des papiers et cartons)	• Alimentation des machines • Fabrication • Transport
		Carton	Carton d'emballage		
			Carton ondulé moyen		
			Autres		
	Minerais, granulats et autres produits des industries extractives	Minerais		Industries extractives	• Alimentation des fours ou autres appareils • Fabrication • Transport
		Granulats			
		Pierres de carrières			
		Autres produits des industries extractives			
	Plastiques et autres produits chimiques	Produits en caoutchouc et en plastique	Recyclage du plastique	• Industrie • Fabrication des objets • Fabrication de l'emballage • Autres	• Alimentation des appareils • Fabrication • Transport
			Polystyrène		
			Polychlorure de Vinyle		
			Polyéthylène haute densité		
			Polyéthylène basse densité		
			Polyéthylène téréphtalate		
			Nylon		
			Plastique		
		Produits chimiques (hors plastiques)	Engrais et composés azotés	Industrie	• Fabrication • Transport
			Pesticides et autres produits agrochimiques		
			Peintures et résines	Industrie	• Alimentation des fours ou autres appareils • Fabrication • Transport
				Fabrication des objets	
				Autres	
	Produits minéraux non métallique	Verre et articles en verre	Verre d'emballage	• Industries manufacturières • Fabrication des objets • Fabrication de l'emballage • Autres	• Alimentation des fours ou autres appareils • Décarbonations des intrants • Fabrication • Transport
			Verre plat flotté		
			Verre plat courbé		
			Verre plat renforcé		
			Verre plat de sécurité laminé		
			Verre plat à motifs		
			Cristal		
		Ciments, chaux, plâtres, bétons			

			Matériaux de construction en terre cuite		
			Enrobés pour route		
	Métaux et produits métalliques		Acier	• Industries • Fabrication des objets • Fabrication de l'emballage • Autres	• Alimentation des machines • Fabrication • Transport
			Aluminium		
			Autre métaux		
	Machines et équipements	Machines et outils	Machines industrielles	Industrie	• Alimentation des machines • Fabrication • Transport
		Équipements de bureau	Moteurs, génératrices et transformateurs électriques et matériel de distribution et de commande électrique		
			Piles et accumulateurs électriques		
			Fils, câbles et matériel d'installation électrique		
			Appareils d'éclairage électrique		
			Appareils Électroménagers		
			Autres matériels électriques		
		Équipements électriques	Composants et cartes électroniques		
			Ordinateurs et équipements périphériques		
	Véhicules automobiles et autresmatériel de transport		Véhicules routiers	Industrie	• Alimentation des machines • Fabrication des véhicules • Transport
			Autres		
	Textile		Fils et filés	Industrie	• Alimentation des machines • Fabrication • Transport
			Tissus		
			Cuirs		
			Autres textiles		
			Article d'habillement		
	Eau, traitement et distribution d' eau		Eau de réseau	Production de l'eau potable	• Alimentation des machines • Déplacement • Distribution • Épuration • Fuites
				Traitement des eaux usées ou pluviales	
	Bâtiments et ouvrages d'art	Bâtiments	Agricoles	Construction	• Fabrication des matériaux • Transport • Consommation des carburants sur le chantier
			Industriels		
			Garages		
			Résidence		

			Commerces		
			Administration		
			Culte et culture		
			Enseignement		
			Santé		
			Loisirs		
		Voiries	Routes		
			Parkings		
Achat de services	**Ratio monétaire**	Assurance, services bancaires, conseil et honoraires		Économie	Facteur d'émission monétaire lié à l'achat de services
		Courrier			
		Télécommunications			
		Hébergement et restauration			
		Services (imprimerie, publicité, architecture et ingénierie, maintenance multi-technique des bâtiments, gardiennage, nettoyage, sécurité, agence de voyage, autres services aux entreprises)			
		Édition (livres, journaux, revues, etc.)			
		Action sociale			
		Activités créatives, artistiques et de spectacle; Bibliothèques, archives, musées et autres activités culturelles; Organisation de jeux de hasard et d'argent			
		Activités des organisations associatives			
		Activités sportives, récréatives et de loisirs			
	Restauration	Repas moyen		• Restaurant d'entreprise • Cantine • Restaurant universitaire • Restaurant d'hôtel • Autres restaurants	• Émissions liées aux cuissons • Émissions annexes
		Type de repas	Repas Classique		
			Repas végétarien		
			Repas à dominante végétale		
			Repas à dominante animale		
Traitement des déchets	**Déchets organiques**	Végétaux		Processus de traitement de fin de vie des déchets	• Mise en décharge • Incinération • Recyclage • Méthanisation • Compostage
		déchets alimentaires			
		papiers et cartons			
	Déchets plastiques	Polyéthylène			
		Poly téréphtalate d'éthylène			
		Polystyrène			
		Polychlorure de vinyle			
		Polypropène			

	Déchets non combustibles non fermentescibles	Déchets inertes	Terres		
			Gravats		
			Béton concassé		
		Métaux			
		Verres			
	Ordures ménagères	Déchets putrescibles			
		Papiers / cartons			
		Plastiques			
		Textiles			
		Verres			
		Métaux			
		Autres incombustibles divers			
	Déchets dangereux	Déchets industriels spéciaux	DIS organique : solvants, hydrocarbures, boues d'épuration ou Boue de curage de lagunes, d'égouts industriels, etc. (déchets hospitaliers et vétérinaires),…		
			DIS minéral solide : cendres Refioms et mâchefers d'incinération, laitiers, poussières, amiante…		
			DIS minéral liquide et semi liquides : bains de traitement de surface, acides…		
		Déchets d'activité de soins			
	Eaux usées	Voir les émissions directes des eaux usées.			
	Contributions transverses	Collecte des déchets			
		Centre de traitement	Personnes, engins sur site, électricité, etc.		

Source: ADEME, 2016; WRI, C40 et ICLEI , 2014, traité par Auteur.

Annexe B: Stratégie, mesures et actions de réduction des émissions de gaz à effet de serre et leurs échelles d'action

Secteurs	Stratégies	Mesures	Actions		Échelles d'actions
Énergie	Réduction de la consommation des énergies fossiles	Développer les énergies renouvelables	**Électricité**	Inciter à l'exploitation des énergies renouvelables : Énergie hydraulique, énergie solaire photovoltaïque, énergie éolienne, énergie marémotrice, biomasse, etc.	Nationale, régionale, locale
				Produire l'électricité à partir de la combustion du bois et déchets organiques	Nationale, régionale, locale
				Soutenir les opérateurs locaux qui cherchent à valoriser la petite hydraulique, l'éolienne, le solaire thermique et le solaire photovoltaïque	Nationale, régionale, locale
				Valoriser l'autonomie	Nationale, régionale, locale
			Chaleur	Favoriser l'exploitation de : bois, biogaz : biomasse, géothermie, solaire thermique, etc.	Nationale, régionale, locale
				Installer des capteurs solaires thermiques	Nationale, régionale, locale, domestique
				Imposer des équipements solaires thermique dans les permis de construire	Nationale, régionale, locale
			Froid	Encourager le froid renouvelable	Nationale, régionale, locale
Transport	Limitation des consommations de carburant par les véhicules	Réduire la consommation des carburants par les véhicules		Veiller à bien gonfler les pneus[40]	Domestique, individuelle
				Régler le moteur[41]	Domestique, individuelle
				Conduire souplement et respecter les limitations de vitesse[42]	Domestique, individuelle
				Couper le contact en cas d'un arrêt prolongé	Domestique, individuelle
				Démarrer en douceur les moteurs à froid[43]	Domestique, individuelle
				Déplacer avec la voiture la plus adaptée aux besoins et la moins émettrice de CO_2	Domestique, individuelle
				Imposer des taxes sur la consommation des carburants fossiles	Nationale, régionale, locale
				Mettre en place une vignette pour les véhicules les moins polluants	Nationale, régionale, locale
		Réduire les fréquences et les distances de déplacements		Optimiser les trajets	Locale, domestique, individuelle
				Faire des courses en revenant du travail	Domestique, individuelle
				Se faire livrer ses courses à domicile	Domestique, individuelle
				Privilégier les circuits courts de production, de distribution et de consommation	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
				Consommer localement	Locale, domestique, individuelle
				Privilégier les achats de proximité	Locale, domestique, individuelle
				Acheter des produits frais chez le producteur ou dans les commerces de proximité	Locale, domestique, individuelle
		Utiliser des nouvelles technologies		Inciter Recherche et Développement à proposer des modes de déplacement moins polluant	Internationale, nationale, régionale, locale
				Fabriquer des batteries pour les véhicules électriques	Internationale, nationale, régionale, locale
		Utiliser des carburants alternatifs		Encourager l'acquisition des véhicules : - Hybride - Électrique - Au biocarburant (huiles végétales, alcool-éthanol) - Au méthanol - Au gaz de pétrola liquéfier (GPL) - Au gaz naturel véhicule (GNV) [44] - À Air comprimé	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
		Mettre en place une infrastructure de recharge des véhicules électriques		Installer et maximiser les bornes de recharge	Nationale, régionale, locale
	Valorisation des transports en commun	Utiliser les rails et les voies navigables pour les marchandises		Améliorer l'offre ferroviaire à différentes échelles	Nationale, régionale, locale
				Faciliter l'accès aux gares	Nationale, régionale, locale
				Valoriser les voies fluviales et le cabotage maritime	Internationale, nationale, régionale
				Soutenir les moyens de déplacement non routiers qui minimisent la place de	Internationale, nationale, régionale, locale

[40] Pneus mal gonflés conduisent à une surconsommation de carburant de 3% pour un déficit de 0,3 bar.
[41] Un mauvais réglage du moteur peut entraîner une surconsommation de carburant de 20%.
[42] Cela permet de diminuer jusqu'à un tiers de carburant.
[43] Une vitesse trop rapide fait croître la consommation.
[44] Ce gaz est composé essentiellement de méthane et d'hydrocarbures très légers.

			l'automobile		
		Mettre en place un système de transport en commun[45] accessible et performant	Soutenir les transports les moins polluants		Internationale, nationale, régionale, locale
			Promouvoir les nœuds multimodaux		Nationale, régionale, locale
		Limiter le nombre de places de stationnement	Réduire le nombre des places de parking		Locale
			Augmenter le nombre de quartier sans voiture		Nationale, régionale, locale
		Inciter les employés au covoiturage, l'autopartage, le taxi-partage	Mettre en place des applications facilitant les jumelages des personnes qui partagent les mêmes horaires et trajets		Nationale, régionale, locale
			Éduquer et sensibiliser au covoiturage, à l'autopartageet au taxi-partage		Nationale, régionale, locale
		Développer des formations sur les transports en commun	/		Internationale, nationale, régionale, locale
	Encouragement des déplacements doux	Mettre en place des pistes cyclables et des voies piétonnes	Aménager des pistes cyclables et les voies piétonnes		Locale
			Mettre en place des parkings à vélo		Locale
			Favoriser l'utilisation du vélo		Locale, domestique, individuelle
			Favoriser la marche à pied		Locale, domestique, individuelle
		Développer des formations sur la mobilité douce	/		Internationale, nationale, régionale, locale
Bâtiments	**Bâtiments en fonctionnement**	Réduction de la consommation d'énergie	Utiliser des matériaux performants	Inciter les nouveaux bâtiments à être les plus performants et les plus écologiques possibles	Nationale, régionale, locale
				Utiliser des matériaux durables biosourcés	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
			Encourager la rénovation énergétique des bâtiments	Lancer un programme de rénovation énergétique des logements anciens	Nationale, régionale, locale
				Instaurer une réglementation thermique ambitieuse	Nationale, régionale, locale
				Parer d'arbres et végétations grimpantes au Sud et à l'Ouest	Locale, domestique, individuelle
				Utiliser des isolants écologique biosourcés	Locale, domestique, individuelle
				Se doter de menuiseries de fenêtres bien isolantes (éviter l'acier et l'aluminium)	Locale, domestique, individuelle
				Recourir à des films anti-chaleur collés sur les vitres	Locale, domestique, individuelle
			Choisir des maisons selon les paramètres bioclimatiques	Favoriser les maisons ayant : Une bonne orientation au soleil et au vent Une cheminée traditionnelle	Locale, domestique, individuelle
			Lutter contre le gaspillage de l'énergie	Électricité — Utiliser les mesures fiscales pour la consommation d'énergie	Nationale, régionale, locale
				Électricité — Éviter l'éclairage en plein jour	Locale, domestique, individuelle
				Électricité — Éteindre la lumière inutilisée	Domestique, individuelle
				Électricité — Installer des détecteurs de présence d'éclairage	Locale, domestique, individuelle
				Électricité — Éteindre les appareils inutilisés	Domestique, individuelle
				Électricité — Éviter les appareils en mode veille	Domestique, individuelle
				Électricité — Utiliser des interrupteurs en amant	Domestique, individuelle
				Électricité — Favoriser les dispositifs débranchant automatiquement les appareils inutilisés	Locale, domestique, individuelle
				Électricité — Développer des formations sur la gestion de la consommation électrique	Internationale, nationale, régionale, locale
				Chaud — Chauffage — Empêcher l'échappement de chaleur	Locale, domestique, individuelle
				Chaud — Chauffage — Assurer une isolation efficace du logement	Locale, domestique, individuelle
				Chaud — Chauffage — Trouver la bonne température sans excès[46]	Locale, domestique, individuelle
				Chaud — Chauffage — Éviter de chauffer les locaux inoccupés	Locale, domestique, individuelle
				Chaud — Cuisine — Éviter que l'énergie de cuisson parte en fumée	Domestique, individuelle
				Chaud — Cuisine — Trouver la juste quantité d'eau et éviter le surplus d'eau dans la casserole	Domestique, individuelle
				Chaud — Cuisine — Mettre en couvercle sur la casserole pendant la cuisson[47]	Domestique, individuelle
				Chaud — Cuisine — Réduire la puissance du feu désque l'eau est à ébullition	Domestique, individuelle
				Chaud — Cuisine — Adapter le diamètre du feu à celui de l'ustensile de cuisine [48]	Domestique, individuelle
				Chaud — Cuisine — Éteindre la plaque avant le terme de la cuisson en profitant de la chaleur latente[49]	Domestique, individuelle
				Chaud — Cuisine — Bien isoler la casserole du froid extérieur[50]	Domestique, individuelle

[45] Si une personne prend le bus à la place de la voiture, il contribue à une réduction d'émission de 2 tonnes de CO_2 par an.
[46] Baisse de température du chauffage de 1°C permet une réduction d'environ 10% de la facture du chauffage.
[47] Cela permet d'économiser environ 30% des combustibles.
[48] Permet de réduire prés de 30% d'énergie.
[49] La plaque de cuisson électrique continue de chauffer environ 15 min après extinction du feu.

						Optimiser la chaleur du four en y mettant plusieurs plats en même temps	Domestique, individuelle
						Favoriser les cuissons avec un étouffé ou une cocotte-minute	Domestique, individuelle
					Eau chaude	Éviter de laisser couler l'eau avant d'avoir la température désirée	Domestique, individuelle
						Réduire les distances entre chauffe -eau et robinet	Domestique, individuelle
						Recouvrir les canalisations d'eau chaude avec des manchons d'isolant	Locale, domestique, individuelle
						Régler la température du chauffe-eau sur 60°C[51]	Domestique, individuelle
						Mettre un programmateur au chauffe-eau afin de l'ajuster	Domestique, individuelle
						Sur-isoler le chauffe-eau	Domestique, individuelle
				Froid		Baisser les stores et mettre les volets	Locale, Domestique, individuelle
						Se procurer des persiennes à l'italienne, moucharabiehs, ou des volets épais	Locale, Domestique, individuelle
						Minimiser les apports intérieurs de chaleur en éteignant les appareils électriques inutilisés	Locale, Domestique, individuelle
						Limiter les activités physiques de personnes du logement	Domestique, individuelle
						Garder les fenêtres fermées durant la journée	Domestique, individuelle
						Ouvrir les fenêtres la nuit pour diffuser la fraicheur nocturne	Domestique, individuelle
						Réduire l'utilisation des climatiseurs	Locale, domestique, individuelle
			Favoriser les équipements moins énergivores	Électricité		Mettre en place des directives sur l'efficacité énergétique des appareils électriques	Internationale, nationale, régionale, locale
						Mettre en place des lampes basses consommation	Locale, domestique, individuelle
						Choisir des appareils ménagers à moins consommation d'énergie	Domestique, individuelle
						Favoriser les cuisinières à gaz[52]	Domestique, individuelle
						Éviter les plaques électriques et le four à micro-ondes	Domestique, individuelle
						Choisir des appareils labélisés	Locale, domestique, individuelle
				Chaud		Choisir des appareils efficaces et en bonne état	Locale, domestique, individuelle
						Choisir un mode de chauffage adapté	Locale, domestique, individuelle
						Éviter les chauffages électriques	Locale, domestique, individuelle
						Imposer une taxation avantageuse sur l'achat d'appareil économe	Nationale, régionale, locale
						Aider les ménages à bas revenus pour changer leurs appareils les moins performants	Nationale, régionale, locale
						Favoriser l'utilisation des chaudières bois, gaz ou biogaz	Locale, domestique, individuelle
						Utilisation des chauffe-eau solaire[53]	Locale, domestique, individuelle
						Favoriser des robinets thermostatiques et des mitigeurs	Locale, domestique, individuelle
						Favoriser les pommettes de douche à faible débit	Locale, domestique, individuelle
				Froid		Installation des puits provençal	Locale, domestique, individuelle
						Mettre en place un bon système de ventilation	Locale, domestique, individuelle
						Favoriser la circulation d'eau froide dans les plafonds	Locale, domestique, individuelle
						Mettre en place des brumisateurs	Locale
	Construction de bâtiment	Favoriser la combinaison de la construction écologique et l'architecture bioclimatique	Encourager la conception bioclimatique			Orienter le bâtiment en optimisant les apports solaires	Locale, domestique, individuelle
						Prendre en considération les contraintes microclimatiques : vent, courants d'air, ombre, ...	Locale, domestique, individuelle
						Favoriser l'éclairage naturel	Locale, domestique, individuelle
						Favoriser la ventilation naturelle	Locale, domestique, individuelle
			Assurer une bonne isolation des bâtiments			Réduire les ponts thermiques	Locale, domestique, individuelle
						Utilisation des isolants écologiques, tel que : Laines de chanvre, moelle de chanvre, laine minérale, flocons de cellulose, fibres de bois, liège, argile expansée, ...	Locale, domestique, individuelle
			Limiter l'utilisation des matériaux de construction ayant un processus de production industrielle lourd			Préférer des matériaux consommant peu d'énergie lors de leur fabrication	Locale, domestique, individuelle
						Favoriser les matériaux de construction sans danger pour la santé	Locale, domestique, individuelle
						Favoriser les matériaux renouvelables et recyclables	Locale, domestique, individuelle
						Préférer des matériaux locaux	Locale, domestique, individuelle

[50] Les aliments continuent de chauffer encore sans apport de chaleur supplémentaire, permettant un gain d'environ 50% d'énergie.
[51] Ce qui permet d'économiser environ 280kwh/an.
[52] Elles permettent un rendement énergétique d'environ 50%.
[53] Selon les régions, les capteurs du chauffe-eau solaire assurent 30 à 100% des besoins selon la taille de l'installation, climat et demande.

Industrie	Promouvoir l'industrie verte	Inciter ou obliger les activités industrielles à limiter drastiquement leurs émissions de CO_2, HFC, N_2O...	Interdire ou limiter les produits émetteurs de GES	Internationale, nationale, régionale, locale
			Imposer des taxes sur les consommations des combustibles fossiles	Internationale, nationale, régionale, locale
			Mettre en place des lois sur les émissions fixant des normes à ne pas dépasser	Internationale, nationale, régionale, locale
			Soutenir les engagements volontaires de réduction des émissions de GES	Internationale, nationale, régionale, locale
		Limiter la fabrication des produits à impact environnemental	Encourager la fabrication locale des produits	Nationale, régionale, locale
			Favoriser l'utilisation des cabas/paniers	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
			Éliminer les sacs plastiques	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
			Adapter les consommations aux besoins	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
			Consommer de manière optimale	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
			Limiter les emballages	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
			Privilégier les produits durables plutôt que les produits jetables	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
			Opter pour des objets récupérables (mobilier, voitures, meubles, appareils électroniques,...	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
		Encourager la fabrication des produits à faible impact environnemental	/	Internationale, régionale, nationale, locale
		Favoriser les produits recyclables et renouvelables	Améliorer la recyclabilité des produits	Internationale, nationale, régionale, locale
			Organiser la récupération par le fabriquant en fin de vie	Nationale, régionale, locale
Agriculture, Foresterie et autres affectations des terres	**Forêts**	Protection des forêts menacées	Préservation des forêts particulièrement les plus menacées	Cesser de détruire les forêts	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
				Protéger les forêts contre les incendies	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
		Favoriser l'économie circulaire durable	Exploitation durable des forêts	Avoir des pratiques d'exploitation durable à impact limité	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
			Améliorer la valorisation des déchets forestiers	Utiliser les arbres comme combustible[54] lors de leur fin de vie	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
				Utiliser les arbres comme matériau durable dans la construction	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
		Plantation de la végétation	Renforcer le boisement et le reboisement	Implanter des arbres dans : - Les forêts - Les forêts urbaines et préurbaines - Les voiries - Les parkings - Les placettes - Les jardins - ...	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
			Encourager la restauration forestière	Remettre en état les forêts dégradées	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
			Choisir des espèces locales adaptées aux nouvelles conditions climatiques	- Choisir des espèces végétales à maintenir et interdire l'introduction des espèces étrangères (allogènes) - Choisir des espèces adaptées aux conditions microclimatiques - Favoriser l'utilisation d'essences locales, diversifiées, résistantes, peu gourmandes en eau et faciles à entretenir - Éviter les espèces allergènes et trop invasives - Privilégier des espèces produisant le plus de biomasse	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
	Agriculture	Réduction des impacts azotés	Réduction de l'utilisation des engrais azotés en agriculture	Évaluer les besoins de cultures en azote	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
				Réduire les excédents azotés	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
				Instaurer une taxe sur les excédents d'engrais azotés	Nationale, régionale, locale
				Utiliser au maximum les déjections d'élevages comme engrais	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
				Favoriser le compostage	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
				Favoriser l'aération séquentielle dans les fosses à lisier	Régionale, locale, domestique, individuelle
		Optimisation des ressources	Émanation du méthane	Assurer une aération optimale des composts	Régionale, locale, domestique, individuelle
				Valoriser la méthanisation des déjections animales et des déchets végétaux	Régionale, locale, domestique, individuelle
				Récupérer le biogaz généré de la méthanisation des déjections stockées55	Régionale, locale, domestique, individuelle
				Réduire les émanations	Régionale, locale, domestique, individuelle

[54] A la fin de sa vie, l'arbre rejette des GES essentiellement le méthane CH_4.
[55] Ce qui permet de couvrir les besoins énergétiques du secteur agricole.

			Favoriser l'agriculture biologique	Améliorer les pratiques de la production agricole	Internationale, nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
				Soutenir les modes de production agricole soucieux de l'environnement	Internationale, nationale, régionale, locale
				Utiliser les engrais verts	Internationale, nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
				Choisir des produits de la saison	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
			Valorisation des déchets agricoles	Favoriser la production de chaleur et d'électricité par cogénération	Nationale, régionale, locale, locale, domestique, individuelle
				Inciter à la gazéification	Nationale, régionale, locale
				Valoriser la méthanisation pour la production de biogaz	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
		Réduction de la consommation d'énergie	Réduire les besoins en chauffage	Isoler les serres	Régionale, locale, domestique, individuelle
				Utiliser des chauffages adaptés aux serres et cultures	Régionale, locale, domestique, individuelle
				Exploiter l'énergie solaire passive pour séchoirs et serres	Régionale, locale, domestique, individuelle
			Maîtriser la consommation énergétique des engins agricoles	Diminuer la fréquence des labours	Régionale, locale, domestique, individuelle
				Opter pour les engins plus performants, bien entretenus et bien réglés	Régionale, locale, domestique, individuelle
		Encourager la gestion efficace des eaux	Préservation de l'eau	Éviter les arrosages perdus en pleines chaleurs	Régionale, locale, domestique, individuelle
				Favoriser les appareils permettant des économies d'eau	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
				Valoriser les eaux usées	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
	Autres affectations des terres	Favoriser la gestion durable de l'usage des sols	Utilisation responsable des terrains	Limiter l'étalement urbain	Nationale, régionale, locale
				Favoriser les tissus urbains compacts	Nationale, régionale, locale
				Encourager le développement urbain axé sur les transports en commun	Nationale, régionale, locale
				Assurer la mixité fonctionnelle des tissus urbains	Locale
				Bien penser la localisation des activités	Locale
Déchets		Encourager la gestion durable des déchets	Réduction de l'incinération des déchets	Réduire le nombre de décharges	Régionale, locale
				Diminuer la production des déchets à la source	Régionale, locale, domestique, individuelle
				Mettre en place un système de facturation au poids des déchets	Nationale, régionale, locale
			Gestion de la mise en décharge	Aménager les centres de décharges, en favoriser les terrains plats, argileux, de formes alvéoles (surface : 5000m², profondeur : 5 à 10 m) avec un fond tapissé d'une géomembrane imperméable	Nationale, régionale, locale
				Compacter les ordures par des bouteurs	Locale, domestique, individuelle
				Recouvrir les ordures par une mince couche de terre	Locale, domestique, individuelle
				Produire l'énergie à partir des grandes décharges publiques (méthanisation)	Nationale, régionale, locale
			Valorisation du recyclage	Inciter au tri sélectif des déchets	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
				Valoriser le recyclage des déchets au niveau local	Locale, domestique, individuelle
			Valorisation des déchets organiques	Produire le biogaz	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
				Favoriser le compostage	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
				Produire les engrais verts	Nationale, régionale, locale
			Valorisation des eaux rejetées	Récupérer les eaux usées	Locale, domestique, individuelle
				Récupérer les eaux grises	Locale, domestique, individuelle
				Récupérer les eaux pluviales	Nationale, régionale, locale, domestique, individuelle
Autres gaz du froid, aérosols, et autres gaz artificiels		Réduction des autres gaz polluants	Limitation du rejet des gaz artificiels	Mettre en place une réglementation sur la récupération des gaz en fin de vie	Nationale, régionale, locale
				Maîtrise la climatisation dans le bâtiment et l'automobile	Locale, domestique, individuelle
				Mettre en place des filières de récupération et de traitement plus efficace et plus systémique des gaz	Nationale, régionale, locale

Sources: Rabourdin, 2005; Charlot-Valdieu et Outrequin , 2012, adapté par l'Auteur.

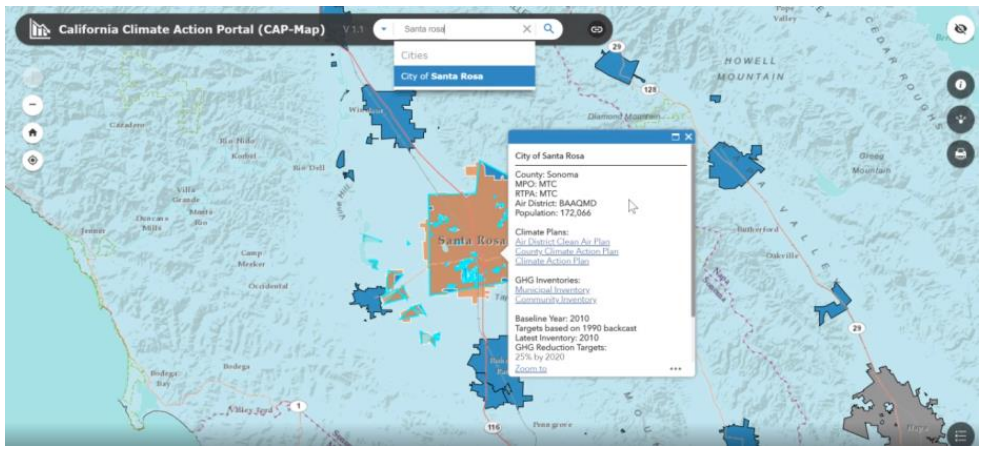
Annexe C: Retours d'expériences étrangères de réduction des émissions urbaines de gaz à effet de serre

1) Cas de la Californie (États-Unis)

La Californie encourage les collectivités locales à adopter des objectifs visant la réduction des émissions de GES de 15 % en 2020 (Atteint en 2016), de 40 % en 2030 et de 80 % en 2050 par rapport à 1990. Elle s'est engagée d'atteindre 100% d'électricité sans carbone et la neutralité carbone à l'échelle de l'économie d' ici 2045. Des mesures de mise en œuvre ont été fixées et exécutées à l'échelle locale afin d'atteindre ces objectifs.

En plus, La Californie a mis en ligne une carte interactive CAP-Map (*California Climate Action Portal Map*). Il s'agit d'un outil de données ouvertes, développé par le *California Air Resources Board* (CARB), afin de reconnaître les efforts de planification de l'action climatique des collectivités locales dans tout l'État, et de regrouper les idées créatives de planification visant la réduction des émissions de GES et la lutte contre le changement climatique. Cette carte permet aux utilisateurs d'accéder rapidement aux:

- Détails de la planification de l'action climatique des collectivités locales;
- Informations sur l'inventaire des GES;
- Objectifs de réduction des GES;
- Stratégies locales prévues pour atteindre les objectifs fixés



Carte du portail d'action climatique de la Californie.
Source: California Air Resources Board.

Mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre en Californie

Secteurs		Mesure de mise en œuvre à l'échelle locale
Énergie		- Favoriser la production des énergies renouvelables locales
Transport		- Investir dans les installations pour vélos et piétons - Réduire l'utilisation des véhicules personnels - Favoriser la mobilité douce (marche à pied, vélo) - S'engager dans une mobilité partagée - Favoriser l'utilisation des transports en commun - Fournir du matériel pédagogique sur l'utilisation des transports en commun - Publier des cartes spécifiques au quartier identifiant les options de transport en commun - Mettre en place les infrastructures de recharge de véhicules électriques - Assurer un meilleur entretien des routes, voies ferrées et ponts existants - Mettre en place un système de transport sans carbone - Éliminer les émissions des autobus scolaires et de transport en commun diesel - Électrifier les bus et les camions - Investir dans des autobus scolaires et de transport en commun électriques - Favoriser les véhicules 100 % électriques - Réduire les places de stationnement de voiture
Bâtiment		- Généraliser l'utilisation des appareils écoénergétiques - Installer des systèmes d'efficacité énergétique et solaires photovoltaïques pour les ménages unifamiliaux à faible revenu - Favoriser la mise en place des toits frais (Cool roof) - Inciter aux rénovations écoénergétiques dans les bâtiments - Favoriser les achats verts
Industrie		- Favoriser les produits à faible impact environnemental - Identifier et utiliser des produits certifiés ou conformes aux normes et critères de produits écologiquement préférables - Initier un programme d'éducation interne
Agriculture, Foresterie et autres affectations des terres	**Agriculture et Foresterie**	- Protéger les terres agricoles et les espaces ouverts - Assurer la sécurité alimentaire - Installer un Xeriscape56 pour un aménagement paysager économe en eau - Installer une irrigation paysagère intelligente - Utiliser de l'eau recyclée et les eaux grises pour irriguer le paysage - Lancer un programme de remise sur la récolte de pluie - Adopter une ordonnance sur l'aménagement paysager économe en eau - Adopter une ordonnance sur l'utilisation de l'eau recyclée

[56]C'est une pratique de conception des paysages pour réduire ou éliminer le besoin d'irrigation. Cela signifie que les paysages xéropaysagés ont besoin de peu ou pas d'eau au-delà de ce que le climat naturel fournit. Cette pratique est adoptée par les régions sèches de l'Ouest des États-Unis.

	Autres affectations des terres	- Favoriser le développement compact des tissus urbains - Favoriser un développement axé sur les transports en commun - Établir une limite de croissance urbaine pour les nouveaux développements - Identifier les principaux emplacements pour le développement intercalaire - Créer une redevance d'impact pour les nouveaux projets en dehors des zones de développement prioritaires afin d'encourager le développement dans des emplacements offrant une grande accessibilité aux destinations telles que les emplois, les commerces de détail et d'autres attractions. - Offrir des incitations au développement et des permis simplifiés pour les développements désignés à haute densité ou à usage mixte - Inciter les nouvelles entreprises à s'implanter à proximité des principales zones résidentielles
Déchets		- Recycler les déchets organiques - Lutter contre le gaspillage alimentaire - Réduire les émissions de méthane dans les décharges - Augmenter le compostage - Développer un système de distribution d'eaux usées récupérées (eau recyclée pour réutilisation) pour des usages non potables

Source: California Air Resources Board, American Council for an Energy-Efficient Economy, adapté par l'Auteur.

2) Cas du Québec (Canada)

Le Québec s'est donné l'objectif de réduire ses émissions de GES de 20% en 2020 et de 37,5 en 2030; par rapport aux niveaux de 1990. Il s'est engagé à devenir carboneutre d'ici 2050. Pour y parvenir, le Québec a mis en œuvre une série de mesures envisageables localement à différents horizons.

Mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre au Québec à l'horizon 2020 et 2030.

Secteurs		Mesures prévues pour 2020	Mesures prévues pour 2030
Énergie		- Favoriser l'émergence des bioénergies	- Accroître les investissements dans les biocarburants et les énergies renouvelables - Développer et diffuser les connaissances nécessaires pour guider la transition énergétique - Mettre fin à l'exploitation des combustibles fossiles - Diversifier les sources d'énergies renouvelables, dont la bioénergie et l'hydrogène vert
Transport		- Favoriser une mobilité durable des personnes et des marchandises - Utiliser du rail et des voies navigables pour les marchandises - Réduire les besoins en déplacements - Favoriser les transports en commun - Mettre en place un système de transport en commun accessible, performant et efficace - Minimiser l'utilisation de la voiture particulière - Limiter le nombre de places de stationnement dans les nouveaux bâtiments - Inciter les employés au covoiturage, l'autopartage, le taxi-partage et les modes de transport actif (marche, vélo, etc.) - Construire des nouvelles voies cyclables - Accroître le nombre des autobus hybrides - Accroître le nombre de véhicules hybrides, électriques ou à faible consommation de carburant fossile - Installer des bornes de recharge - Rouler à l'énergie verte plutôt qu'aux combustibles - Offrir un soutien financier aux citoyens souhaitant réduire l'impact environnemental de leurs déplacements - Exiger la vérification de la conformité environnementale pour les véhicules de 8 ans d'âge et plus - Développer et offrir aux employés un programme de formation en écoconduite	- Électrifier le transport des personnes : véhicules légers, transport collectif et scolaire - Accroître l'utilisation des énergies renouvelables et l'efficacité dans le transport des marchandises - Augmenter l'offre et promouvoir l'usage des transports collectif, actif et partagé - Aménager le territoire pour réduire et optimiser les déplacements - Encourager l'implantation de modes d'organisation du travail qui réduisent les déplacements
Bâtiment		- Améliorer l'efficacité énergétique des appareils d'usage courant - Remplacer les systèmes de chauffage utilisant le mazout lourd ou léger par des systèmes fonctionnant aux énergies renouvelables notamment géothermie, solaire, hydroélectricité ou éolienne - Poursuivre l'implantation des systèmes permettant de contrôler à distance la température des bâtiments ainsi que les temps d'opération de certains équipements municipaux - Accroître l'efficacité énergétique du système de ventilation des bureaux - Remplacer le système d'éclairage des bureaux par des systèmes ayant une plus grande efficacité énergétique - Favoriser l'utilisation des matériaux à faible empreinte carbone - Utiliser le bois comme matériau de structure et d'apparence - Favoriser l'émergence des bâtiments verts et écoénergétiques. - Mettre en place des certifications environnementales propres pour les bâtiments, tel que : LEED, BOMA,...	- Électrifier le chauffage des bâtiments - Encourager les résidents à l'acquisition de chauffage domestique électriques plus efficaces - Promouvoir l'efficacité énergétique et la consommation responsable
Industrie		- Appuyer les entreprises soucieuses de réduire leur impact environnemental. - Utiliser des produits à faible empreinte carbone - Désigner les biens et services pour lesquels il serait prioritaire d'imposer des exigences en matière d'empreinte carbone et environnementale	- Électrifier les activités industrielles - Décarboniser l'économie - Assurer une transition juste vers une économie verte
Agriculture, Foresterie et autres affectations des terres	**Agriculture**	- Favoriser l'agriculture urbaine de proximité - Acquérir des systèmes de chauffage des serres et d'équipements moins énergivores ou fonctionnant avec des énergies renouvelables d'origine locale, - Favoriser la gestion intégrée des engrais minéraux azotés	/
	Foresterie	- Conserver et maintenir la biodiversité - Renforcer les espaces verts dans les zones urbaines - Mettre en valeur la forêt urbaine - Mettre en valeur les milieux naturelle	/
	Autres affectations des terres	- Lutter contre l'étalement urbain - Densifier près des axes de transport collectif - Consolider les noyaux urbains existants	/

		- Favoriser les services de proximité et la mixité des usages	
Déchets		- Trier les déchets - Collecter la matière organique - Valoriser le compostage - Favoriser le traitement des matières organiques par biométhanisation - Installer des équipements de biométhanisation des résidus organiques	- Collecter et valoriser la matière organique en appuyant la construction d'installations de compostage et de biométhanisation

Source: Gouvernement du Québec, 2012; Ville de Québec et l'accent d'Amérique, 2014; Gouvernement du Québec, 2020; Environnement et Changement climatique, 2022. Adapté par l'Auteur.

3) Cas d'Ontario (Canada)

L'Ontario vise à réduire ses émissions de GES de 15% en 2020, de 37% en 2030 et de 80% en 2050 par rapport à 1990 (ONclimate, s.d). Un éventail de mesures appliquées localement est mis en exécution par les collectivités locales ontariennes.

Mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre à Ontario à l'horizon 2020,2030 et 2050.

Secteurs	Mesures prévues pour 2020	Mesures prévues en 2030 et 2050
Énergie	- Promouvoir la production locale des énergies renouvelables - Investir dans la production hydroélectrique - Soutenir le secteur de la distribution du gaz naturel - Offrir des programmes de conservation de l'électricité et du gaz naturel et des rapports sur l'énergie, qui contribuent à répondre aux besoins du système énergétique, à maintenir l'énergie à un prix abordable et à réduire les émissions de GES. - Lancer un programme de gaz naturel renouvelable avec option d'adhésion pour aider les clients commerciaux et résidentiels à réduire leur empreinte carbone pour le chauffage des locaux et de l'eau	- Poursuivre les investissements dans la production hydroélectrique. - Exploiter les énergies renouvelables - Promouvoir les technologies à émissions négatives -
Transport	- Augmenter la capacité du réseau de transport en commun en développant le rail, le métro léger et le métro. - Offrir des options de transport plus durables et efficaces - Acquérir deux traversiers hybrides électriques pour passagers - Mettre en place une infrastructure de recharge des véhicules électriques - Acquérir des bus à zéro émission	- Investir dans l'innovation, notamment pour la production des à batterie. - Construire au moins 400 000 véhicules électriques et hybrides par an d'ici 2030 - Garantir la production des batteries pour véhicules électriques
Bâtiment	- Harmoniser les codes du bâtiment - Harmoniser les normes d'efficacité des produits et des appareils - S'engager dans la construction des maisons plus vertes - Généraliser l'utilisation des appareils éco énergétiques	- Entrer en vigueur du code de bâtiment57, en 2024, contenant les dispositions relatives à l'efficacité énergétique.
Industrie	- Utiliser des produits à faible empreinte carbone	- Poursuivre l'utilisation des produits à faible empreinte carbone - Promouvoir la fabrication des biens et services verts - Continuer à émettre des obligations vertes pour financer des projets verts
Agriculture et Foresterie	- Soutenir la gestion forestière durable - Maintenir des forêts saines et résilientes. - Améliorer le piégeage du carbone grâce à une croissance forestière accrue - Remplacer le chauffage à l'aide de combustibles fossiles par un chauffage à base de biomasse. - Adopter un programme de gestion des éléments nutritifs qui contribuera à réduire les émissions agricoles à la ferme.	- Encourager la gestion durable des forêts. - Restaurer les forêts endommagées et dégradées - Améliorer les activités d'aménagement forestier durable - Veiller à ce que le secteur forestier et les produits forestiers continuent de respecter les normes de la foresterie responsable
Déchets	- Mettre en place des programmes de réacheminement des déchets tels que: les programmes de recyclage Blue Box, programmes de compostage et programmes de collecte de matières organiques. - Adopter des programmes de responsabilité élargie des producteurs visant la gestion de la fin de vie de leurs produits.	- Poursuivre la mise en œuvre des programmes adoptées

Source: Environnement et Changement climatique, 2022. Adapté par l'Auteur.

4) Cas de Nancy (France)

La métropole du Grand Nancy fixe pour objectif de réduire ses émissions de GES de 20% en 2020, de 55% en 2030 par rapport à 1990, et d'atteindre la neutralité carbone en 2050. A cet égard, une série de stratégies et mesures ont été adoptées localement afin d'aboutir aux objectifs visés (Grand Nancy, 2012).

Objectifs, stratégies et mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre à Nancy.

Secteur	Objectifs	Stratégies	Mesures
Énergie	Multiplier par 6 la production d'énergie renouvelable locale	- Augmenter la production des énergies renouvelables	- Diversifier les vecteurs énergétiques (énergies renouvelables, biomasse, hydrogène) - Supprimer l'usage du charbon dès 2030 - Promouvoir un mix énergétique renouvelable de 50 % à horizon 2030, 80 % à horizon 2050 - Développer la production de biogaz, la géothermie, le solaire photovoltaïque et valoriser la chaleur fatale
Transport	Réduire de 86% les émissions de gaz à effet de serre des mobilités d'ici 2050	- Réduire la circulation automobile - Maîtriser la demande en déplacement - Encourager le report modal vers les modes actifs, ferrés et fluviaux - Accompagner le développement des carburations alternatives	- Réduire l'usage de la voiture individuelle au profit des transports en commun, de la marche à pied et du vélo - Promouvoir les solutions de covoiturage et d'autopartage pour améliorer le taux de remplissage des voitures individuelles de 20%

[57] Ce qui permettra à l'Ontario de réaliser des progrès significatifs en termes d'économies d'énergie et de réduction des émissions de GES, et l'aidera à progresser vers l'objectif de carboneutralité.

			- Élaborer un schéma de logistique urbaine permettant notamment d'optimiser le taux de charge des véhicules de fret de 2,5% - Contribuer au report modal du fret vers les utilitaires légers (5%), le ferroviaire (3%), les modes actifs (3%) et le fluvial (2%) - Décarboniser les transports voyageurs (voitures individuelles, transports collectifs et deux roues motorisés), notamment s'agissant de véhicules légers par l'électrification des motorisations - Développer les motorisations alternatives pour le transport des marchandises : biogaz (40 %), électricité (35 %) et hydrogène (15 %)
Bâtiment	Réduire plus de 80% les émissions de gaz à effet de serre des bâtiments d'ici 2050	- Améliorer la sobriété et l'efficacité énergétique des bâtiments résidentiels du territoire - Améliorer la sobriété et l'efficacité énergétique des bâtiments tertiaires du territoire - Lutter contre la précarité énergétique et le mal-logement - Construire des logements moins énergivores et plus résilients aux effets du changement climatique	- Rénover l'ensemble du parc de logement, dont 75% au niveau Bâtiment basse consommation énergétique à l'horizon 2050 - Rendre conforme 65% des surfaces tertiaires aux objectifs du décret tertiaire et 25% en rénovation partielle à horizon 2050 - Viser une réduction du chauffage de 1,5°C dans les bâtiments - Généraliser les constructions bas-carbone - Faire progresser les raccordements aux réseaux de chaleur métropolitains - Développer des énergies renouvelables intégrées aux bâtiments (solaire thermique, pompe à chaleur, géothermie)
Industrie	Réduirede 80% les émissions de gaz à effet de serre des activités économiques d'ici 2050	- Soutenir les efforts de décarbonation des entreprises du territoire - Orienter le développement économique vers les activités et les filières locales contributrices des transitions	- Développer les activités économiques bas-carbone - Développer une économie circulaire basée sur les capacités d'innovation du territoire
Agriculture et Foresterie	**Agriculture**	Réduire de 30 % la consommation énergétique du secteur agricole	- Relocaliser la production agricole	- Développer des filières locales de productions agricoles pour réduire les émissions liées au transport des marchandises - Développer une agriculture durable sur 70 % de la surface agricole utile - Maîtriser l'artificialisation des sols et préserver les terres agricoles - Développer une agriculture locale, durable et de qualité pour tous
	Foresterie	Réduire la vulnérabilité urbaine face aux conséquences inévitables du changement climatique	- Soutenir et assurer la pérennité de la richesse de la biodiversité du territoire	- Développer la végétalisation des espaces urbains - Désimperméabiliser les sols - Intégrer la biodiversité dans l'ensemble des projets d'aménagement et de construction - Préserver et restaurer les milieux naturels
Déchets	Réduire de 20% les émissions de GES générées par les déchets d'ici 2030 par rapport à 2010.	- Réduire la quantité de déchets produits en encourageant la réduction, la réutilisation et le recyclage. - Mettre en place un système de collecte sélective pour les matières recyclables, organiques et les déchets résiduels. - Mettre en place un système de collecte des déchets dangereux pour une gestion appropriée des déchets dangereux. - Mettre en place un système de compostage pour les déchets organiques. - Mettre en place des infrastructures de traitement des déchets qui permettent de récupérer l'énergie produite par la combustion des déchets pour la production d'électricité ou de chaleur.	- Surveiller la quantité de déchets produits et la quantité de déchets recyclés ou compostés. - Surveiller les émissions de gaz à effet de serre associées à la gestion des déchets.

Source: Grand Nancy, 2012.

Annexe D: Recommandations de l'ADEME pour une planification urbaine bas carbone

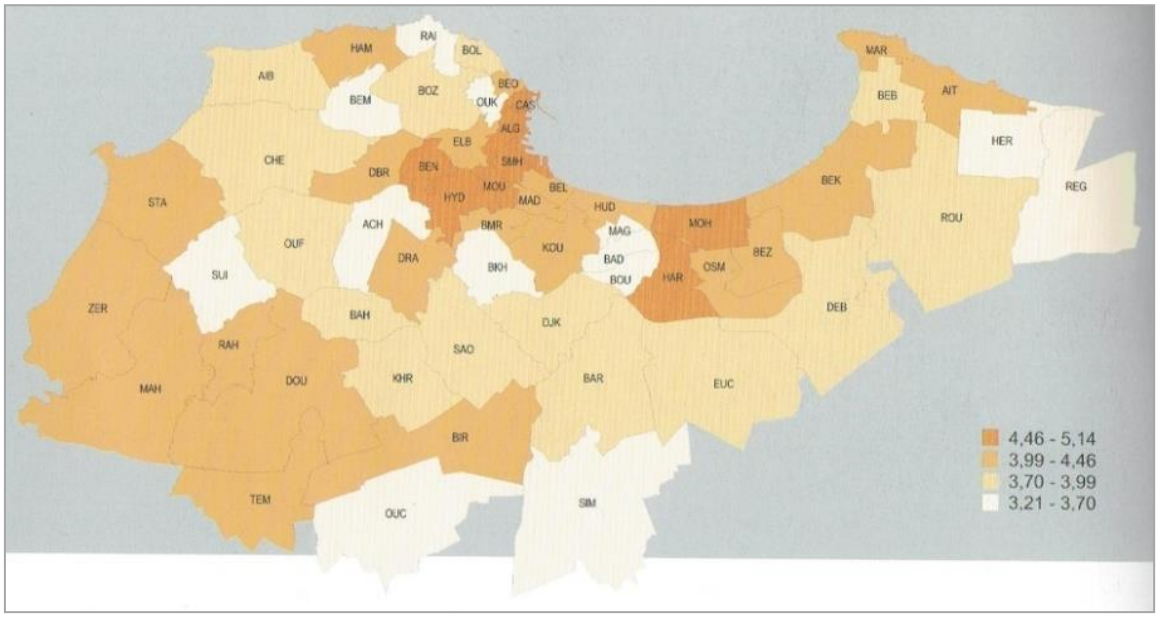
Thématiques	Recommandations	
STRATÉGIE	**1) Partir des problèmes de terrain et des réalités locales pour construire des ambitions bas carbone exigeantes, transformer les contraintes en opportunités et réaliser sa propre trajectoire de transition**	Le diagnostic des SCoT et PLUi permet d'identifier les problèmes vécus sur le territoire, de décortiquer les enjeux, de repérer les causes et de réfléchir à des solutions opérationnelles durables et sobres en émissions de GES. Avant d'élaborer les documents d'urbanisme, il est nécessaire de développer les quatre points suivants : • Décrire un problème concret vécu par les habitants du territoire et les élus ; • Déterminer quelles orientations et politiques publiques de transition pourraient le résoudre ; • Cibler les leviers correspondants pouvant être intégrés dans les documents d'urbanisme ; • Réfléchir aux co-bénéfices de ces mesures et aux autres problèmes traités grâce à ces leviers.
	2) Connaître son territoire grâce à des données précises pour territorialiser et chiffrer une trajectoire bas carbone à partir des réalités du terrain	Il est très utile d'orienter directement le diagnostic territorial des documents d'urbanisme vers les enjeux climatiques, qui leur permet de: • Identifier les opportunités du territoire pour mettre en œuvre des objectifs bas carbone; • Évaluer ses potentiels et les points de vigilance (par exemple d'éventuels risques environnementaux); • Définir une stratégie bas carbone cohérente, réalisable et efficace.
	3) Changer de modèle d'urbanisation au profit d'un urbanisme sobre, circulaire et adapté au changement climatique	Il faut prendre conscience de la nécessité de revoir le modèle d'urbanisation basé sur l'étalement urbain qui a des lourds impacts environnementaux et un coût économique élevé pour les collectivités locales. La sobriété foncière est l'un des leviers les plus efficaces répondant aux besoins quotidiens des habitants sans favoriser l'étalement urbain. Elle favorise la construction de la ville sur la ville en misant sur la densification urbaine et la réutilisation des espaces disponibles à l'intérieur de la ceinture urbaine.

	4) Articuler toutes les thématiques en mobilisant de manière optimale les leviers bas carbone des SCoT et des PLUi	Toutes les thématiques des documents d'urbanisme ont un impact sur l'atteinte des objectifs bas carbone. Leur élaboration nécessite donc une démarche intégrée.
GOUVERNANCE	**5) Prendre conscience de sa contribution territoriale aux objectifs nationaux bas carbone pour la traduire dans les documents d'urbanisme**	Afin d'élaborer un document d'urbanisme, les élus et techniciens sont invités à intégrer les communautés humaines planétaires et à se réunir autour des jeux de réflexion favorisant les échanges et aidant à la prise de décision sur les mesures de transition écologique.
	6) Au sein de la collectivité, organiser, animer et dialoguer tout au long du projet de territoire en favorisant la relation de confiance entre élus et techniciens	Le dialogue et le renforcement de la relation entre les élus et les techniciens chargés pour l'élaboration des documents d'urbanisme permettent à la planification bas carbone de trouver des alliés pour « jouer collectif » et activer les synergies entre les compétences nécessaires à la réussite du projet.
	7) S'assurer de la présence d'une pluralité d'acteurs locaux compétents afin que les différents points de vue s'expriment	L'Implication de tous les acteurs locaux compétents (publics ou privés) et l'ouverture des espaces de dialogue et de concertation permettent d'enrichir et d'éclairer la gouvernance sur la pertinence de ses décisions tout en facilitant leur compréhension et leur acceptation par les parties concernées.
	8) Dès le départ, travailler avec les instructeurs Application du Droit des Sols (ADS) et les élus	L'implication des instructeurs ADS au début du processus permet à la gouvernance de disposer des avis et des informations importantes orientant et facilitant l'opérationnalité des mesures bas carbone du PLUi sur le terrain. Cela garantit leur faisabilité et évite d'y inscrire des orientations générales ou démagogiques, et dépourvues d'effets.
TRANSVERSALITÉ	**9) Articuler les orientations des SRADDET avec les stratégies des SCoT et des PLUi**	Afin de favoriser l'intégration des enjeux du SRADDET, les porteurs des documents d'urbanisme peuvent s'appuyer sur des démarches volontaires initiées par les régions et profiter de leurs évènements d'animation territoriale incitant les acteurs à s'approprier et à mettre en œuvre les objectifs. Aussi, la bonne articulation entre les orientations du SRADDET et les stratégies des SCoT et des PLUi crée une cohérence qui renforce directement l'efficacité opérationnelles de la planification urbaine bas carbone.

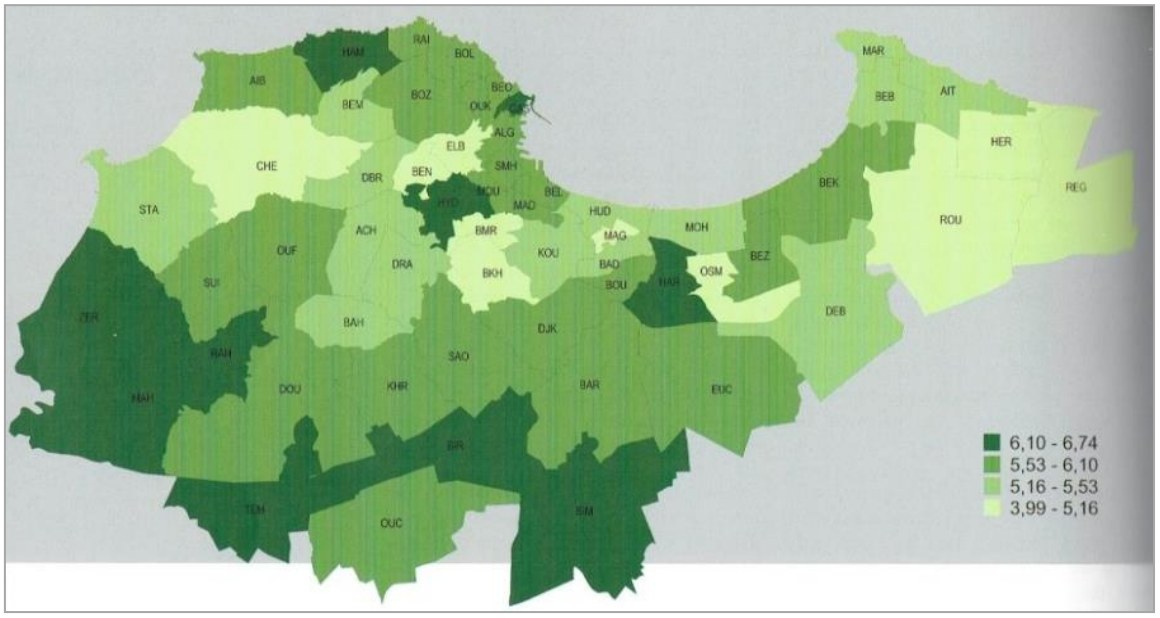
	10) Articuler la mise en œuvre des PCAET avec celle des SCoT et des PLUi	Au-delà des liens juridiques, la bonne articulation entre le PCAET, portant sur les enjeux énergie-climat, et les documents d'urbanisme, portant sur l'occupation des sols, permet de gagner en efficacité opérationnelle, tout en optimisant les moyens techniques, budgétaires et humains.
	11) Articuler les dispositifs contractuels et les documents d'urbanisme	Les documents d'urbanisme servant d'appui pour le projet de territoire. Leur élaboration doit être en cohérence avec le programme d'actions des dispositifs existants sur le territoire.
	12) Organiser les solidarités territoriales à l'échelle de l'intercommunalité et avec les territoires voisins	Déclinaison du principe « l'union fait la force », créer des partenariats et travailler avec les territoires voisins permet de créer un effet d'entraînement général, de couvrir une échelle territoriale plus importante et de mobiliser davantage de moyens en faveur de la transition écologique.
OPÉRATIONNALITÉ	**13) S'appuyer sur cinq « moteurs » pour garantir l'opérationnalité des mesures bas carbone des SCoT et des PLUi**	La combinaison de ces cinq moteurs est nécessaire pour garantir la réalité, l'effectivité et l'efficacité des mesures mises en œuvre pour concrétiser les ambitions bas carbone des documents de planification.
	14) Concrétiser la planification urbaine bas carbone	Les porteurs des documents d'urbanisme ne doivent pas limiter leur intervention au seul champ juridique. Ils doivent s'intéresser également aux aspects de maîtrise d'ouvrage, d'ingénierie et aux programmes d'action qui concrétiseront sur le terrain les décisions stratégiques et les prescriptions réglementaires bas carbone.
	15) Évaluer son SCoT ou son PLUi ainsi que sa mise en oeuvre	L'évaluation permet de dresser des bilans d'application des documents d'urbanisme, à différents stades, afin d'identifier les réussites et les éventuelles lacunes sur les objectifs, les orientations et leur traduction réglementaire. La réussite d'une planification bas carbone s'apprécie par l'analyse des différents projets d'aménagement réalisés sur le territoire en s'assurant qu'ils soient sobres, durables et qu'ils contribuent à réduire les émissions de GES grâce à une mobilité décarbonée, une baisse de la consommation énergétique, la densification du bâti ou l'identification d'une trame verte et bleue…

Source: ADEME, 2022a, adapté par l'Auteur.

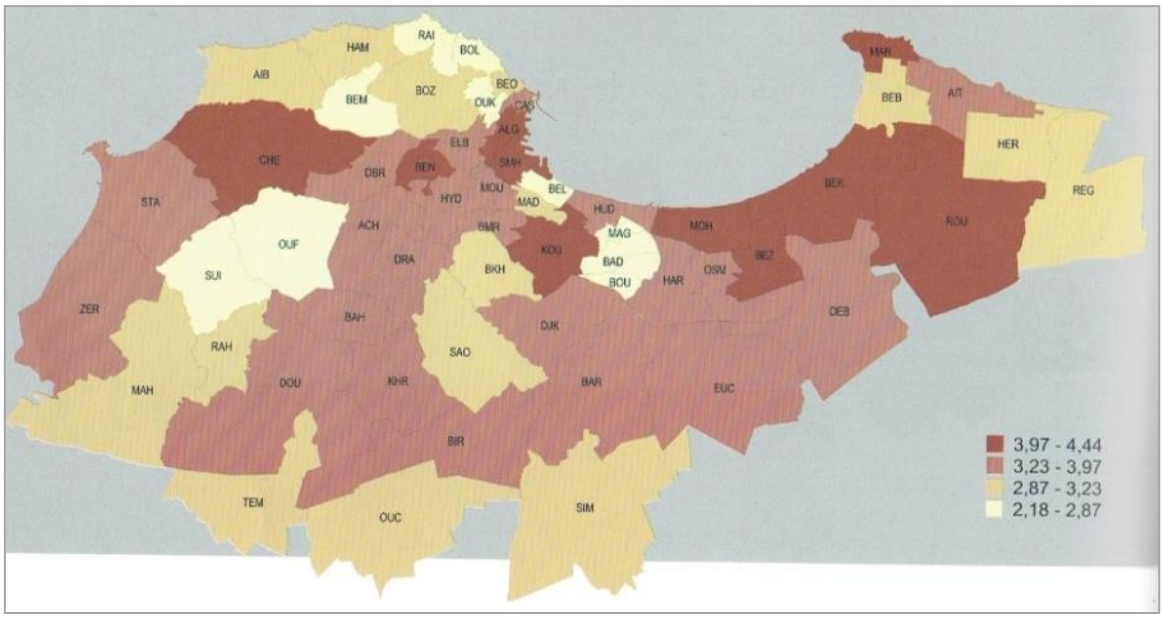
Annexe E: Cartes des performances urbaines locales à Alger



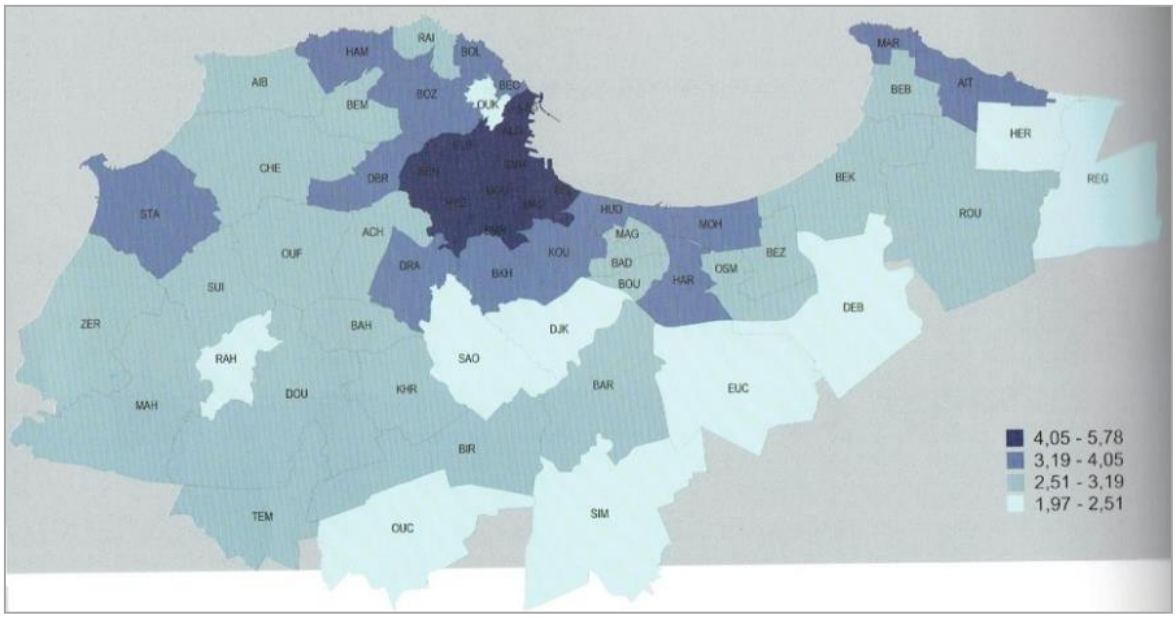
Carte de répartition des performances urbaines locales globales dans les communes d'Alger.
Source: Berezowska-Azzag et *al*., 2015.



Carte de répartition de l'efficience environnementale dans les communes d'Alger.
Source: Berezowska-Azzag et *al*., 2015.



Carte de répartition de l'efficacité socioéconomique
dans les communes d'Alger. **Source:** Berezowska-Azzag et *al*., 2015.



Carte de répartition de la qualité de vie dans les communes d'Alger.
Source: Berezowska-Azzag et *al*., 2015.

Annexe F: Mobilisation de l'Algérie pour lutter contre le changement climatique

Les actions d'atténuation des effets du changement climatique mise en œuvre en Algérie

	Actions d'atténuation	Emission de GES évités
Plan national Climat (PNC)	- L'adoption du Plan National Climat (PNC) le 21 Septembre 2019 comprenant 155 actions, dont 76 pour l'atténuation; - Le renforcement de l'arsenal juridique environnemental en impliquant les collectivités locales et la société civile; - La révision du statut de l'Agence National des Changements Climatiques (ANCC)	7% des émissions de GES (ressources propres) ou 22% d'ici 2030 avec appui international par rapport au scénario de référence (BAU).
Transition énergétique	La création d'une Agence pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie (APRUE) par le décret exécutif 85-235 du 25 Août 1985, modifié et complété par les décrets exécutifs: 87-08 du 6 Janvier 1987, 92-73 du 18 Février 1992, 04-314 du 25 Septembre 2004 et 21-106 du 17 Mars 2021.	/
	La mise en place de la loi 99-09 du 28 Juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie.	/
	La promulgation du décret exécutif 2000-90 du 24 Avril 2000 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs.	/
	L'élaboration du Programme National de Maîtrise de l'Énergie (PNME) par le décret exécutif 04-149 du 19 Mai 2004à l'horizon 2030, lancé en 2008.	/
	La création du fond national pour la maîtrise de l'énergie, les énergies renouvelables et la cogénération par le décret exécutif 15-319 du 13 Décembre 2015.	/
	L'implémentation du décret exécutif 05-16 du 11 Janvier 2005 fixant les règles spécifiques d'efficacité énergétique applicables aux appareils fonctionnant à l'électricité, aux gaz et aux produits pétroliers, en imposant un étiquetage de ces appareils.	/
	La promulgation du décret exécutif 05-495 du 26 Décembre 2005 relatif à l'audit énergétique des établissements grands consommateurs d'énergie, modifié et complété par le décret exécutif 13-424 du 18 Décembre 2013.	/
	La mise en place du décret présidentiel 12-416 du 11 Décembre 2012 portant ratification du mémorandum d'entente entre le Gouvernement de la République Algérienne Démocratique et Populaire et le Gouvernement de la République Tunisienne dans les domaines de la maîtrise de l'énergie et des énergies renouvelables, signé à Alger le 2 Juillet 2009.	/
	L'adoption du Programme National de Développement des Énergies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique 2011-2030, actualisé et approuvé en 2015:	/
	<u>Économie 10% d'énergie</u> : - Transport (conversion GPL/c, GNV et GNC, locomotion électrique); - Habitat (isolation thermique, double vitrage, rénovation des bâtis, chauffe eaux solaires); - Éclairage public (LED, Photovoltaïque); - Électroménager (des normes A+++,..); - Tarification de l'énergie en 2016, conformément à la décision D/22-15/CD du 29 Décembre 2015.	2 $MtCO_2$
	<u>Énergies Renouvelables</u>: - Réalisation d'une Centrale solaire 1000 MW/an; - Élaboration du programme de l'autoconsommation, notamment destiné pour les sites isolés; - Valorisation des énergies propres (éolien, géothermie, biomasse,..).	0,6 $MtCO_2$
	L'adoption des plans d'actions par les entreprises du secteur de l'énergie, visant la réduction de leurs émissions de GES, notamment par: - L'utilisation des centrales à cycle combiné; - Le développement des centrales hybrides solaire-gaz naturel; - La promotion du gaz naturel; - La réduction des émissions de gaz torchés; - La mise en place des actions de préservation de l'environnement.	/
	La promulgation de la loi 19-13 du 11 Décembre 2019 relative aux hydrocarbures. Cette loi met en exergue la nécessité de préserver l'environnement et de conserver les milieux naturels, la prévention contre toutes formes de pollution, la prévention contre les risques majeurs et l'interdiction du torchage du gaz.	/
	La création du Ministère de la Transition Énergétique et des Énergies renouvelables par le décret présidentiel 20-163 du 23 juin 2020, complété par les décrets exécutifs: 20-322 du 22 Novembre 2020 et 20-323 du 22 Novembre 2020.	/
	La création du Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables par le décret présidentiel 23-119 du 16 Mars 2023, complété par les décrets exécutifs 23-381 du 28 Octobre 2023 et 23-382 du 28 Octobre 2023, en fusionnant le Ministère de la Transition Énergétique et des Énergies renouvelables et le Ministère de l'Environnement.	/
	La création du Haut Conseil de l'énergie par le décret présidentiel 22-112 du 15 Mars 2022.	/
	La création d'un comité ministériel chargé de la question environnementale dans le secteur de l'habitat.	/

	La révision, en cours de finalisation, des textes législatifs : la loi 04-05 du 14 Août 2004 relative à l'aménagement et l'urbanisme, complétant la loi 90-29 du 01 Décembre 199, et la loi 06-06 du 20 Février 2006 portant orientation de la politique de la ville avec de larges propositions incluant les aspects de développement durable.	/
	L'élaboration du Programme du Logement Rural pour la limitation de l'étalement urbain par la fixation de la population et la réduction du phénomène d'îlot de chaleur.	/
	Le renforcement de la prise en compte de la question de l'efficacité énergétique dans la planification urbaine et la politique de la ville.	/
Reboisement	La réhabilitation du barrage vert, lancé en 1971, afin de lutter contre la désertification.	6 $MtCO_2$
	La création de la Direction Centrale au sein de la DGF, en Octobre 2020, visant le suivi du projet de réhabilitation du barrage vert.	
	Le relancement du Programme National de Reboisement (PNR) 2019-2021: « Un arbre pour chaque citoyen » : 49 000 ha. Ce programme a été préalablement adopté par le gouvernement algérien, le 26 Septembre 1999, et mis en œuvre depuis l'an 2000.	4 $MtCO_2$
	Le reboisement des bassins versants de cinq barrages hydrauliques couvrant une superficie totale de 516 ha.	
Forêts	La réduction de 60 % des feux de forêt dans la cadre de la lutte contre les risques majeurs.	3,36 Mt CO_2
	La création d'un fond de soutien pour la mise en œuvre des programmes de lutte contre la désertification et le développement du pastoralisme et de la steppe, créé en 2002 (FLDDPS), connu actuellement sous le nom FNDR.	/
	L'élaboration du Programme National de Développement Agricole et Rural (PNDAR), lancé en 2002, dans les zones arides et semi arides.	/
	La mise en place d'une Stratégie de Développement Rural Durable (SDRD), lancée en 2009, optant pour un développement rural.	/
	L'élaboration du Programme de Renouveau Rural 2009-2014, qui a mobilisé près de 140 milliards de dinars de ressources publiques pour sa mise en œuvre.	/
	L'élaboration d'une stratégie écosystémique multisectorielle (2015-2030).	/
	L'élaboration de la stratégie forestière 2035, à savoir : • Extension de la superficie de terre boisée ; • Aménagement écosystémique (intégré) des forêts ; • Protection des forêts.	/

Source: Boukarta, 2019; Sonatrach, Ministère de l'Énergie et MTEER, 2021; aprue.org.dz, traité par l'Auteur.

Les actions d'adaptation aux effets du changement climatique mises en œuvre en Algérie

Actions d'adaptation	**Période**
Plan national Climat (PNC)	
L'approbation du Plan National Climat (PNC) le 21 Septembre 2019, comprenant 64 actions pour l'adaptation.	2020-2035
Lutte contre les catastrophes naturelles	
L'adoption de l'ordonnance du 26 Août 2003 relative aux assurances contre les catastrophes naturelles CATNAT, applicable depuis 01 Septembre 2004.	2004-2019
La création de la Commission Nationale de Communication sur les Risques Majeurs par le décret exécutif 04-181 du 24 Juin 2004.	
La création du Centre National de Gestion de Crise par le décret exécutif 02-232 du 08 Août 2003.	
La promulgation de la loi 04-20 du 25 Décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.	
L'élaboration et la révision des Plans Directeurs d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) et des Plans d'Occupation des Sols (POS), en identifiant les terrains exposés aux risques résultant de catastrophes naturelles ou aux glissements de terrain.	
La mise en place de la délégation nationale aux risques majeurs, chargée de la coordination et de l'évaluation des activités entreprises dans le cadre du système national de prévention des risques majeurs, par le décret exécutif 11-194 du 22 Mai 2011.	
La définition des conditions et des modalités d'élaboration et d'adoption des plans particuliers d'intervention pour les installations et ouvrages par le décret exécutif 15-71 du 11 Février 2015.	
La définition des modalités d'élaboration et de gestion des plans d'organisation des secours par le décret exécutif 19-59 du 02 Février 2019.	

L'élaboration de 48 plans d'Organisation des Secours (ORSEC) ➢ La stratégie nationale de lutte contre les risques majeurs est en cours d'élaboration dans un cadre de concertation et de consultation des différents partenaires et de la société civile. Elle se décline en 15 volets: - Acquisition d'informations; - Analyse du territoire; - Recherche et Formation; - Système de surveillance, de prévision, de vigilance et d'alerte; - Maîtrise de l'urbanisation et des risques d'inondation; - Préparation et gestion de crise; - Information préventive et éducation. ➢ Aide post-crise - Gestion des déchets; - Drainage des eaux pluviales; - Infrastructures de protection; - Réhabilitation des ouvrages existants; - Gestion et Entretien; - Conservation du sol; - Aménagement des lits d'oueds.	

Actions d'adaptation	**Période**	**Coût des efforts**
Lutte contre les Inondations		
L'adoption de la Stratégie Nationale de Prévention et de Gestion du Risque d'Inondation ''SNPGRI 2030''.	2020-2035	500 milliards de DA
Lutte contre le stress hydrique: Stratégie Nationale « EAU 2030 »		
Stratégie de lutte contre l'envasement Le lancement du programme d'aménagement des bassins versants, qui concerne 30 wilayas montagneuses et touchant 747 communes, financé sur le Fonds National de Développement Rural (FNDR).	Juin 2020	4,5 milliards de DA
Stratégie Nationale de Développement du Service Public de l'Eau en milieu rural et en zones éparses La réalisation des aménagements hydrauliques et des ouvrages de protection sur l'ensemble du territoire national (568 opérations en cours).	Depuis l'an 2000	685147058000 DA
Stratégie nationale sur le dessalement d'eau de mer La production de plus de 2 milliards de m^3 d'eau dessalée, permettant de couvrir environ 50 % des besoins des populations du Nord du pays à l'horizon 2030.	/	/
Construction de barrage La production de 125 barrages d'ici 2030 contre 80 en 2018, ce qui portera la capacité totale à 10,3 milliards de mètres cubes.	À l'horizon 2030	/
Stratégie en matière d'épuration pour une réutilisation	/	/
Stratégie nationale de l'assainissement en zone non urbaines et éparses	/	/
Lutte contre la Baisse des rendements agricoles		
L'élaboration du Plan National de Développement Agricole (PNDA).	Depuis l'an 2000	Le financement des différents plans de développement du secteur au cours de la période 2000/2015 a nécessité une enveloppe globale de 1041,28 Milliards de DA
L'adoption de la politique de renouveau agricole et rural.	/	
L'extension de la superficie agricole utile de plus de 500 000 ha par la mise en valeur des terres par la concession.	/	
L'augmentation du patrimoine arboricole et viticole par la plantation de 517 500 ha d'arboriculture fruitière et viticulture, doublant ainsi le potentiel existant à fin 1999.	/	
La réhabilitation des parcours et l'amélioration de l'offre fourragère pour l'alimentation des cheptels.	/	
La densification des points d'abreuvement des cheptels (1 point d'eau pour 2 400 ha contre 6 000 ha à la fin de 1999).	/	
La Lutte anti acridienne: La superficie globale prospectée a porté sur 1 193 437 ha dont 49% par voie aérienne et une superficie traitée de 69 611 ha contre le criquet pèlerin ainsi qu'une superficie globale de 68 853 ha a été traitée contre le criquet marocain et sautereaux.	/	
Préservation de la biodiversité et du patrimoine culturel		
Le renforcement de la résilience socio-économique de la pêche.	/	/
Le lancement de la nouvelle politique de développement de l'économie halieutique, qui s'inscrit dans une trajectoire rénovée et mieux articulée sur l'adaptation aux changements climatiques, l'amélioration de la sécurité alimentaire durable et la promotion de la croissance bleue.	2020	/

La préservation de la biodiversité : L'adoption de la stratégie et le plan d'actions nationaux pour la biodiversité (SPNAB) en Algérie 2016-2030 : ➢ La conservation de nouveaux écosystèmes, à travers la création de nouvelles catégories d'aires protégées, passant de 165 360 ha protégés à 194 931 ha : - Parc national à Taghit -Guir sur une superficie de (628 000 ha); - Parc national de Chélia-OuledYaagoub (32 000 ha); - Parc national de l'Arganeraie (250 000ha); - Parc naturel de Guerbes Sanhadja (40 000 ha); - Réserve naturelle de Reghaia (842 ha); - Parc national de Babor-Tababort; - Réserve naturelle du Cap Lindles (Oran).	2016-2030	/
La mise en place d'un cadre législatif consacré à la préservation et la protection du patrimoine culturel (loi 98-04 du 15 Juin 1998, relative à la protection du patrimoine culturel): près de 44 % de la superficie du territoire national.	/	/
L'inscription du savoir et savoir faire des mesureurs d'eau (Kialin El ma) des foggaras ou aiguadiers, des populations ksourienne du Touat Gourara Tidikelt, sur la liste pour la conservation d'urgence du patrimoine culturel immatériel de l'humanité et s'ajoute ainsi aux six autres éléments du patrimoine algériens inscrit dans le cadre de la convention de 2003 de l'UNESCO.	2018	/
La réalisation des études relatives aux écosystèmes et au patrimoine des parcs culturels.	2018-2020	17 526 000 DA
L'appui à l'éco-développement au profit des populations résidant en zone éparses dans les territoires des parcs culturels.	2015-2020	77 168 000 DA
Lutte contre les feux de forêt		
La diminution des menaces en intervenant sur les aléas notamment par: - L'augmentation du volume d'eau mobilisable en forêts; - L'augmentation du réseau de surveillance; - La diversification des essences; - La couverture des espaces en plans d'aménagement et de gestion; - Le recrutement et la formation des agents forestiers; - L'association avec les instituts de recherche; - L'alerte précoce à la sécheresse; - Le renforcement des moyens de communication.		
L'augmentation à 216 532 ha de la superficie des réalisations (plantations et ouvrages), entreprises durant la période de 1962 à 2013 au sein du barrage vert, représentant environ 5% de la surface totale de l'ouvrage.		

Source: Sonatrach, Ministère de l'Énergie et MTEER, 2021

Annexe G: Actions d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques intégrées dans le Plan National Climat d'Algérie

Les actions d'adaptation aux changements climatiques à court terme (2020-2025).

Thématiques	Actions (ACT)		Pilote
1. Gestion des risques sur le littoral	**ACT 1**	Dragage des ports	MTPT
	ACT 2	Protéger les infrastructures maritimes contre l'érosion	MTPT
2. Gestion des risques, Observation et surveillance de la mer	**ACT 3**	Prévision de la houle	MTPT
	ACT 4	Mise en place de radiotraceurs sur l'espace côtier	MTPT
	ACT 5	Élaboration d'une banque de données relatives au littoral algérien et mise en place d'un catalogue de la carte sédimentaire	MTPT
	ACT 6	Réseau de surveillance de la mer	MTPT
	ACT 7	Observation de la surface de la mer, suivi satellitaire et par télédétection	ASAL
	ACT 8	Collecte de données sur l'acidification des eaux marines	MADRP
3. Gestion des risques d'inondation	**ACT 9**	Élaboration d'un plan de prévention du risque d'inondation (PPRI) dans le bassin versant de la Seybouse	MRE
	ACT 10	Mise en place d'un système d'alerte « inondation » à l'échelle du bassin versant de Seybouse	MRE
	ACT 11	Élaboration et révision des plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) et des plans d'occupation du sol (POS)	MHUV
	ACT 12	Protéger le réseau d'infrastructure contre les inondations	MTPT
4. Ressources en eau	**ACT 13**	Impacts des changements climatiques sur les aquifères côtiers en Algérie et lutte contre l'intrusion marine	MRE
	ACT 14	Impacts des changements climatiques futurs sur la capacité de régulation des barrages réservoirs	MRE
	ACT 15	Optimisation et réhabilitation des systèmes d'irrigation	MRE
	ACT 16	Développement et extension de l'irrigation goutte à goutte	MADRP MRE
5. Agriculture	**ACT17**	Valorisation et duplication de l'expérience de la wilaya d'Oran sur la production du compost organique en tant qu'engrais naturel	MEER
	ACT18	Système d'information géographique pour une gestion efficace des sécheresses agricoles	MADRP
6. Santé, observation et surveillance	**ACT 19**	Appui à la mise en œuvre de la surveillance de la diarrhée chez l'enfant dans la wilaya d'Oran	MSPRH
	ACT 20	Appui à la mise en place d'un dispositif de surveillance métrologique des pollens dans de la région d'Annaba	MSPRH
	ACT 21	Évaluation du risque toxicologique dû à la contamination des sols liée à la réutilisation des eaux usées domestiques traitées pour l'irrigation	MSPRH
	ACT 22	Évaluation de la qualité chimique des ressources en eau	MSPRH
	ACT 23	Surveillance et alerte des risques de santé liés aux changements climatiques	MSPRH
	ACT 24	Appui à la mise en place d'une structure dédiée à la surveillance microbiologique des milieux aquatiques	MSPRH
	ACT 25	Appui à la finalisation d'un insectarium de confinement niveau 2 (I2) à l'Institut Pasteur d'Algérie (IPA)	MSPRH
	ACT 26	Protéger les services des urgences des vagues de chaleur par l'installation de systèmes de climatisation adaptés	MSPRH
	ACT 27	Information et communication sur l'impact des changements climatiques sur la santé humaine	MSPRH
7. Érosion, désertification, barrage vert et protection des sols	**ACT 28**	Réhabilitation des parcours par la mise en défens	MADRP
	ACT 29	Lutte contre l'ensablement et dotation des zones exposées par des moyens spécifiques pour y faire face	MADRP
8. Vulnérabilité des collectivités locales	**ACT 30**	Élaboration des plans locaux d'adaptation (pour trois wilayas pilotes : M'Sila, El Bayadh, Sidi Bel Abbès)	MEER
	ACT 31	Renforcement des capacités locales en gestion des risques de catastrophes couvrant les 48 wilayas	MICLAT
	ACT 32	Projet de mise en place d'un réseau de villes résilientes	MICLAT
	ACT 33	Aide à la formulation des plans directeurs de résilience urbaine à Chlef et Oran	MICLAT
	ACT 34	Élaboration d'une cartographie des catastrophes naturelles et de leurs impacts sur les infrastructures stratégiques routières, portuaires et aéroportuaires	MTPT
	ACT 35	Variabilité et projection climatique des vagues de chaleur sur les grandes villes du littoral	IHFR
	ACT 36	Etude de l'évolution de la sécheresse à l›ouest algérien à l›horizon -2050 2100	IHFR

Source: PNC, 2019

Les actions d'adaptation aux changements climatiques à moyen terme (2020-2035).

Thématiques		Actions (AMT)	Pilote
1. Infrastructures	**AMT 1**	Doter les zones exposées à l'enneigement par des moyens performants de déneigement	MTPT
	AMT 2	Doter les zones exposées à l'ensablement par des moyens de désensablement	MTPT
	AMT 3	Adapter les infrastructures du Sud aux grandes chaleurs	MTPT
	AMT 4	Renforcer la recherche dans le domaine des transports en lien avec les changements climatiques	MTPT
2. Biodiversité marine	**AMT 5**	Observation et analyse de la dynamique de l'écosystème marin (DIMA)	MADRP
	AMT 6	Immersion des récifs artificiels pour restaurer les zones de pêche	MADRP
	AMT 7	Mise en place d'un réseau de surveillance de l'impact des changements climatiques sur l'herbier à posidonie	MEER
	AMT 8	Mise en place d'un programme national de gestion des espèces invasives aquacoles	MADRP
	AMT 9	Mise en place d'un réseau de surveillance du coralligène	MEER
3. Ressources en eau	**AMT 10**	Valorisation des eaux non conventionnelles en zone aride	MRE
	AMT 11	Étude nationale sur la réutilisation des eaux usées épurées	MRE
	AMT 12	Réutilisation des eaux de drainage déminéralisées dans l'agriculture : Vallée Oued Righ	MRE
	AMT 13	Projet de réalimentation d'une nappe pilote à partir des ressources de surface	MRE
	AMT 14	Étude de vulnérabilité des ressources en eau souterraine face aux effets des changements climatiques	MRE
4. Agriculture	**AMT 15**	Amélioration des pratiques agricoles en vue d'une meilleure utilisation des eaux de pluie dans les zones semi-arides	MADRP
	AMT 16	Introduction de nouvelles espèces adaptées et leur valorisation à l'exemple de l'opuntia	MADRP
	AMT 17	Sélection et amélioration génétique de variétés de céréales, légumineuses alimentaires, fourrages, cultures maraichères et arboriculture	MADRP
	AMT 18	Développer dans les zones marginales et sensibles à l'érosion les techniques du semis direct	MADRP
	AMT 19	Préservation des vergers de pommiers de Bouhmama contre une sécheresse avancée et mesures pour l'irrigation durable	MADRP
5. Biodiversité terrestre	**AMT 20**	Restauration de l'écosystème steppique à travers la régénération de l'alfa	MADPR
	AMT 21	Installation d'un observatoire pour la surveillance écologique, climatique et socio-économique de l'écosystème steppique	MADPR
	AMT 22	Adaptation des écosystèmes forestiers aux changements climatiques et renforcement de leur résilience écologique, cas des espèces de haute altitude (sommitales)	MADPR
	AMT 23	Résilience des zones humides aux changements climatiques	MADPR
	AMT 24	Renforcement de la résilience des aires protégées aux changements climatiques	MADPR
	AMT 25	Plan de développement intégré du massif des Bibans, régions Ighil Ali (Béjaia) et Theniet Enassr (Bordj Bou Arréridj)	MEER
	AMT 26	Mise en place d'aires protégées à caractère halieutique	MADPR
	AMT 27	Valorisation et amélioration de la résilience climatique des populations et des paysages oasiens en Algérie	MEER

Source: PNC, 2019.

Les actions d'atténuation de GES et de renforcement des puits de carbone.

Domaines		Actions	Pilote
Industrie	**1**	Rénovation et remise en marche de deux compensateurs synchrones du complexe de Sider El Hadjar	MIM
	2	Réduction de la consommation de coke dans le haut fourneau par optimisation des paramètres de fonctionnement du process à Sider El Hadjar	MIM
	3	Renforcement des capacités du complexe pour améliorer les performances énergétiques, la réduction des émissions de GES et de polluants de l'air à Sider El Hadjar	MIM
	4	Éclairage du complexe de Sider El Hadjar par le solaire photovoltaïque	MIM
	5	Modernisation du système d'allumage des stands de chauffage des poches des deux aciéries et réinjection des gaz chauds d'aciéries pour le chauffage des poches des fours à Sider El Hadjar	MIM
	6	Installation de variateurs de vitesse sur les moteurs de forte puissance pour la réduction de la consommation énergétique dans les unités de production à Sider El Hadjar	MIM
	7	Amélioration de la gestion globale de l'énergie des unités de production du complexe Sider El Hadjar. Optimisation et rénovation des installations pour la réduction de la consommation d'énergie	MIM
	8	Installation de batteries de compensation et remise en service du turboalternateur pour la réduction de la consommation et la génération d'électricité in situ	MIM
	9	Installation de nouveaux fours à induction à haut rendement énergétique dans les fonderies des métaux ferreux etnon ferreux à El Harrach et Tiaret	MIM
	10	Installation de système d'éclairage solaire LED pour l'éclairage interne et externe des unités de l'ENAP	MIM

	11	Conversion de véhicules de service au GPL de ALFAPIPE	MIM
	12	Co-incinération des déchets ménagers et industriels à haut pouvoir calorifique dans les fours à ciment des unités GICA	MIM
	13	Modernisation des installations et remplacement des cubilots par des fours électriques à induction pour la fusion du métal d'ALFEL	MIM
	14	Optimisation de l'utilisation du transformateur « pastille de zinc » pour la réduction de la consommation énergétique dans l'unité de production de zinc d'ALZINC	MIM
	15	Renouvellement et modernisation de la fonderie ALFET de Tiaret	MIM
	16	Installation d'un moteur variateur de vitesse ACS 800 dans le procédé pour la réduction de la consommation énergétique à ALZINC	MIM
	17	Appui et assistance technique des entreprises industrielles pour la modernisation et mise à niveau des installations pour l'économie des ressources et la performance environnementale	MIM
Déchets	**18**	Développement des filières de valorisation boues issues des STEP par co-incinération dans les fours de cimenteries	MIM
	19	Démantèlement et valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques	MEER
	20	Promotion de l'entrepreneuriat dans l'économie verte dans 5 wilayas algériennes (Bordj Bou Arreridj-Tizi Ouzou-Illizi-Batna-Blida-Ain-Defla)	MEER
	21	Éradication des décharges sauvages et valorisation énergétique des casiers fermés des CET	MEER
	22	Étude de marché de la valorisation des déchets industriels dans le cadre de l'économie circulaire en Algérie	MEER
	23	Recyclage, valorisation des déchets et production de l'énergie	MEER
	24	Projet pilote national de valorisation des déchets ménagers et assimilés à faible émission de gaz à effet de serre	MIM
Énergie	**25**	Développement du marché des chauffe-eaux solaires en Algérie par l'installation de 2000 CES individuels dans les ménages sur le territoire national	MDE
	26	Appui à la généralisation de l'éclairage performant LED dans les foyers en Algérie	MDE
	27	Renforcement du marché de la transition énergétique par la conversion de 500'000 véhicules légers essence au GPL	MDE
	28	Programme de développement de centrales à cycle combiné à haut rendement énergétique dans le parc de SPE,Sonelgaz	MDE
	29	Hybridation des centrales diesel du sud d'Algérie par l'installation de centrales solaires photovoltaïques supplémentaires de capacité globale de 50 MW	MDE
	30	Programme de contrôle systématique préventif pour la réduction des émissions de SF6 des équipements et installations électriques de Sonelgaz	MDE
	31	Renforcement des capacités des sociétés de Sonelgaz pour la surveillance du réseau et la réduction des émissions dues aux incidents et fuites de gaz naturel sur le territoire national	MDE
	32	Mise à jour de la cartographie et surveillance du réseau de distribution du gaz naturel sur le territoire national	MDE
	33	Réalisation des programmes nationaux d'extension du réseau de distribution publique du gaz naturel sur le territoire national	MDE
	34	Alimentation en énergie solaire de 2897 foyers isolés par l'installation de kits photovoltaïques individuels	MDE
	35	Contrôle des fuites de gaz naturel du réseau de transport gaz par la technologie Laser	MDE
	36	Programme de rénovation des installations de production pétrolières pour la réduction des émissions et du torchage dans les champs pétroliers	MDE
	37	Substitution énergétique des équipements et des sites	MDE
	38	Projet d'actions de mise en place de systèmes de management de l'énergie (SME), certification ISO 50001 et d'audits des SME des installations de production	MDE
	39	Maintenance des installations pour la réduction des émissions et la protection des équipements	MDE
	40	Projet d'actions de modernisation, renouvellement et réhabilitation des installations de l'industrie gazière pour le contrôle et la réduction des émissions gazeuses dans l'atmosphère des complexes de liquéfaction du gaz naturel àArzew (GL1Z et GL2Z)	MDE
	41	Renforcement des capacités des structures et des unités de Sonatrach pour la réalisation des audits internes énergétiques des sites et des installations de production énergétique	MDE
	42	Nouvelles installations de récupération des gaz associés des champs pétroliers et de production de gaz naturel	MDE
	43	Déploiement de l'énergie solaire photovoltaïque pour le pompage d'eau et des systèmes d'irrigation dans les exploitations agricoles du sud de l'Algérie	MEER
Forêt	**44**	Exploration du potentiel de séquestration de carbone de la forêt, cas de la forêt domaniale de Senalba, wilaya de Djelfa	MADRP
	45	Projet intégré de restauration des terres arides (zone du barrage vert) dans le contexte des changements climatiques	MADRP
	46	Stratégie de lutte contre les feux de forêts pour la réduction des incendies et développement d'outils de prévention et de gestion	MADRP
Transport	**47**	La mise en œuvre de dispositif électronique de gestion de l'information à bord des avions EFB « *Electronic Fligh tBag class* 2 »	MTPT
	48	Mise en œuvre du *Fuel Dashboard* à bord des avions de la compagnie d'Air Algérie	MTPT

	49	Installation de l'*Electronic Flight Folder* à bord des avions d'air Algérie	MTPT
	50	Acquisition de groupes électrogènes GPU et packs de climatisations ACU pour réduire la consommation de kérosène au sol	MTPT
	51	Optimisation de la navigation aérienne	MTPT
	52	Conversion de véhicules au GPL et acquisition de véhicules neufs roulant au GPL dans les aéroports	MTPT
	53	Installation de panneaux photovoltaïques pour l'éclairage de l'aéroport de Biskra	MTPT
	54	Installation d'un système d'éclairage périmétrique LED dans les aéroports en Algérie	MTPT
	55	Éclairage solaire de l'aéroport de Hassi Messaoud	MTPT
	56	Développement et renforcement du réseau ferroviaire	MTPT
	57	Conversion au GPL de flotte de véhicules de service dans les aéroports	MTPT
	58	Modernisation des équipements portuaires, intégration de l'énergie solaire et amélioration de l'efficacité énergétique dans les ports d'Arzew, Ghazaou et, Bejaia et Mostaganem	MTPT
	59	Modernisation du transport public urbain : extension de la première ligne du métro à Alger et projet de réalisation de la première ligne du métro d'Oran	MTPT
	60	Modernisation du transport public urbain : réalisation des tramways dans les villes algériennes	MTPT
	61	Réalisation des systèmes de transport par câble dans les villes d'Alger, Tizi Ouzou et modernisation de la télécabine d'Oran	MTPT
Collectivités locales	**62**	Modernisation de la gestion de l'éclairage public et généralisation des lampes LED et développement de l'éclairage solaire	MICLAT
	63	Généralisation de l'éclairage au LED et installation d'équipement solaire, optimisation et standardisation de l'éclairage dans les écoles et cantines	MICLAT
	64	Généralisation de l'éclairage au LED et installation d'équipement solaire, optimisation et standardisation de l'éclairage et la climatisation selon l'usage dans les mosquées et les écoles coraniques	MICLAT
	65	Généralisation de l'éclairage au LED et installation d'équipement solaire, optimisation et standardisation de l'éclairage dans les bâtiments et des infrastructures publiques des APC	MICLAT
Bâtiments et habitat	**66**	Installation de panneaux photovoltaïque pour l'éclairage public dans trois nouvelles villes algériennes	MHUV
	67	Réalisation d'un éco-quartier à Tizi Ouzou	Secteur privé
	68	Réalisation d'un éco-quartier à Oran par le groupe Hasnaoui	Secteur privé
	69	Isolation thermique des logements et des équipements publics	MHUV
	70	Développement des espaces verts et reboisement en zone urbaine	MHUV
	71	Conception et réalisation d'un logement pilote avec un matériau innovant	MHUV
	72	Réalisation d'un éco quartier à El Bouni, Annaba par Méditbat	Secteur privé
	73	Intégration de l'efficacité énergétique et de l'énergie solaire dans la construction de la grande mosquée d'Alger	MHUV
	74	Résorption de l'habitat précaire à travers l'éradication des bidonvilles, le relogement de 379 000 ménages et la réhabilitation de 181 848 logements	MHUV
	75	Réalisation d'un éco-quartier à Tafilalt Ghardaïa	ONG
Tourisme	**76**	Développement de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables dans les établissements touristiques	MTA

Source: PNC, 2019 traité par l'Auteur.

Annexe H: Différents POS d'El Harrach

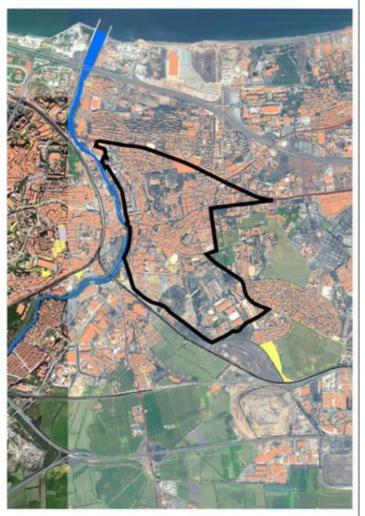
Instruments de Gestion du Territoire | Plan d'Occupation des Sols (POS)

CODE : **POS 042**

COMMUNE(S) : El Harrach

CARACTÉRISATION

Surface totale :	280 ha
Unité territoriale (article 152, nº 3) :	1ère Couronne d'expansion urbaine Sous-système Est
Hiérarchie urbaine (article 32) :	Niveau 1
Projets structurants :	PS 48 – Centralités historico-patrimoniales périphériques | Programme de valorisation



OBJECTIFS PROGRAMMATIQUES GÉNÉRAUX

- Développement d'un cadre d'opérations de requalification urbaine et d'interventions de référence, en accord avec la stratégie à long terme inscrite dans la révision du PDAU d'Alger envisageant les orientations stratégiques définies pour les pouvoirs publics ;
- Revitalisation du tissu urbain et rural de la Wilaya d'Alger, au niveau économique, social, environnemental et patrimonial ;
- Valorisation des espaces urbains et ruraux structurants de la Wilaya d'Alger, notamment de la commune d'El Harrach ;
- Sauvegarde du patrimoine construit existant et des éléments / ensembles et tissus urbaines remarquables ;
- Réhabilitation de la relation historique de la ville avec la mer ;
- Rénovation des bâtiments et modernisation des infrastructures ;
- Intégration du développement et de la consolidation soutenable de l'occupation urbaine avec le développement et la valorisation de l'activité agricole, forestière et agro-alimentaire ;
- Restauration des équilibres écologiques moyennant la sauvegarde et la valorisation du patrimoine culturel et environnemental ;
- Développement et affirmation de la vocation culturelle et touristique de la Wilaya d'Alger.

OBJECTIFS PROGRAMMATIQUES SPÉCIFIQUES

- Dans le secteur urbanisé, reconversion d'une zone urbaine précaire, dont l'usage permis à venir dépend d'une vérification préalable de la capacité de l'usage du sol de cette même aire comme terres agricoles et/ou comme étant intégrée dans la structure écologique fondamentale ; dans ces cas, est obligatoire de maintenir un caractère de l'usage du sol associé à une zone verte de protection ou à une zone verte de loisirs et production.

  Note importante : toutes les propositions d'intervention territoriale devront êtres en accord avec le règlement et le plan d'aménagement approuvés dans le cadre de la révision du PDAU d'Alger.

Instruments de Gestion du Territoire | Plan d'Occupation des Sols (POS)

CODE : **POS 043**

COMMUNE(S) : El Harrach, Hussein Dey et Mohamadia

CARACTÉRISATION

Surface totale :	276 ha
Unité territoriale (article 152, nº 3) :	1ère Couronne d'expansion urbaine Sous-système Est
Hiérarchie urbaine (article 32) :	Niveau 1
Projets structurants :	PS 03 – Front de mer Hussein Dey/Mohammadia | Requalification et reconversion PS 72 – Parc urbain d'El Harrach

OBJECTIFS PROGRAMMATIQUES GÉNÉRAUX

- Développement d'un cadre d'opérations de requalification urbaine et d'interventions de référence, en accord avec la stratégie à long terme inscrite dans la révision du PDAU d'Alger envisageant les orientations stratégiques définies pour les pouvoirs publics ;
- Revitalisation du tissu urbain et rural de la Wilaya d'Alger, au niveau économique, social, environnemental et patrimonial ;
- Valorisation des espaces urbains et ruraux structurants de la Wilaya d'Alger, notamment des communes d'El Harrach, Hussein Dey et Mohamadia ;
- Sauvegarde du patrimoine construit existant et des éléments / ensembles et tissus urbaines remarquables ;
- Réhabilitation de la relation historique de la ville avec la mer ;
- Rénovation des bâtiments et modernisation des infrastructures ;
- Intégration du développement et de la consolidation soutenable de l'occupation urbaine avec le développement et la valorisation de l'activité agricole, forestière et agro-alimentaire ;
- Restauration des équilibres écologiques moyennant la sauvegarde et la valorisation du patrimoine culturel et environnemental ;
- Développement et affirmation de la vocation culturelle et touristique de la Wilaya d'Alger.

OBJECTIFS PROGRAMMATIQUES SPÉCIFIQUES

- Dans le secteur urbanisé, reconversion d'une zone urbaine précaire, dont l'usage permis à venir dépend d'une vérification préalable de la capacité de l'usage du sol de cette même aire comme terres agricoles et/ou comme étant intégrée dans la structure écologique fondamentale ; dans ces cas, est obligatoire de maintenir un caractère de l'usage du sol associé à une zone verte de protection ou à une zone verte de loisirs et production ;
- Développement d'une zone urbaine centrale, d'une zone verte de protection et d'une zone verte de loisirs et production intégrées et en cohérence urbanistique avec le secteur déjà urbanisé de la commune.

  Note importante : toutes les propositions d'intervention territoriale devront êtres en accord avec le règlement et le plan d'aménagement approuvés dans le cadre de la révision du PDAU d'Alger.

Instruments de Gestion du Territoire | Plan d'Occupation des Sols (POS)

CODE : **POS 044**

COMMUNE(S) : Baraki, El Harrach et Eucalyptus

CARACTÉRISATION

Surface totale :	797 ha
Unité territoriale (article 152, nº 3) :	1ère Couronne d'expansion urbaine Sous-système Est 2e Couronne d'expansion urbaine Sous-système Baraki/Eucalyptus
Hiérarchie urbaine (article 32) :	Niveau 1
Projets structurants :	PS 04 – Nouvelle gare centrale d'Alger PS 28 – Nouveau complexe sportif international d'Alger - Stade de Baraki PS 35 - Foire Internationale d'Alger PS 44 – Pôle de régénération urbaine El Harrach / Baraki PS 80 – Système d'assainissement environnemental | Qualité de l'eau et valorisation de la récupération et du traitement des eaux usées

OBJECTIFS PROGRAMMATIQUES GÉNÉRAUX

- Développement d'un cadre d'opérations de requalification urbaine et d'interventions de référence, en accord avec la stratégie à long terme inscrite dans la révision du PDAU d'Alger envisageant les orientations stratégiques définies pour les pouvoirs publics ;
- Revitalisation du tissu urbain et rural de la Wilaya d'Alger, au niveau économique, social, environnemental et patrimonial ;
- Valorisation des espaces urbains et ruraux structurants de la Wilaya d'Alger, notamment des communes de Baraki, El Harrach et Eucalyptus ;
- Sauvegarde du patrimoine construit existant et des éléments / ensembles et tissus urbaines remarquables ;
- Réhabilitation de la relation historique de la ville avec la mer ;
- Rénovation des bâtiments et modernisation des infrastructures ;
- Intégration du développement et de la consolidation soutenable de l'occupation urbaine avec le développement et la valorisation de l'activité agricole, forestière et agro-alimentaire ;
- Restauration des équilibres écologiques moyennant la sauvegarde et la valorisation du patrimoine culturel et environnemental ;
- Développement et affirmation de la vocation culturelle et touristique de la Wilaya d'Alger.

OBJECTIFS PROGRAMMATIQUES SPÉCIFIQUES

- Dans le secteur urbanisé, reconversion d'une zone urbaine précaire, dont l'usage permis à venir dépend d'une vérification préalable de la capacité de l'usage du sol de cette même aire comme terres agricoles et/ou comme étant intégrée dans la structure écologique fondamentale ; dans ces cas, est obligatoire de maintenir un caractère de l'usage du sol associé à une zone verte de protection ou à une zone verte de loisirs et production ;
- Développement d'une zone urbaine centrale, d'une zone urbaine multifonctionnelle, d'une zone verte de protection, d'une zone verte de loisirs et production et d'une zone à usage spécial intégrées et en cohérence urbanistique avec le secteur déjà urbanisé de la commune ;
- Préservation du secteur non urbanisable, notamment à travers la valorisation de la zone naturelle et de la zone agricole existantes, avec le maintien absolu de son caractère non urbanisable.

  Note importante : toutes les propositions d'intervention territoriale devront êtres en accord avec le règlement et le plan

Source: Parquexpo, 2016.

:

Annexe I: Questionnaire de recueil des données auprès des ménages

a) Questionnaire en langue française

Enquête sur le comportement de consommation des ménages de la commune d'El Harrach

Dans le cadre d'une recherche doctorale, nous souhaitons recueillir des données sur les habitudes de consommation des ménages de la commune d'El Harrach.

Ce questionnaire est anonyme et confidentiel.

I. Informations générales

- **Nom du quartier de résidence :** ……
- **Nombre de personnes vivant dans le logement :** ……
- **Type de logement :**
  - Appartement
  - Villa
  - Maison isolée
  - Autre :
- **Surface de logement (m²) :** ……
- **Profession du ménage :**
  - Cadre supérieur
  - Profession intermédiaire
  - Employé
  - Commerçant
  - Ouvrier
  - Retraité
  - Chômeur

II. Sources des émissions directes de carbone

- **Le prix annuel de la facture d'électricité (DA/ an) :** ……
- **Source d'énergie pour le chauffage :**
  - Gaz naturel
  - Fioul
  - Charbon
  - GPL
  - Propane
  - Briquettes de bois
  - Electricité
  - Pas de chauffage
- **Le prix de la facture annuelle du chauffage (DA/ an) :** ……
- **Nombre de voitures par ménage :** ……

1/3

- **Utilisez-vous une voiture?**
  - Essence
  - Diesel
  - GPL
- **Kilométrage annuel (km) parcouru par voiture:** ……
- **Consommation moyenne (l/100 km) de la voiture :** ……
- **Utilisez-vous une moto?**
  - Oui
  - Non
- **Type de la moto :**
  - Petite moto
  - Moto moyenne
  - Grosse moto
- **Kilométrage annuel (km) parcouru par moto:** ……
- **Consommation moyenne (l/100 km) de la moto:** ……
- **Quels sont les types de transport en commun utilisés pour le déplacement de tous les membres du ménage?**
  - Bus urbain
  - Bus interurbain
  - Tramway
  - Métro
  - Taxi
  - Ligne de chemin de fer
- **Introduire le Kilométrage par semaine ou le nombre moyen d'heures, parcourus par tous les membres du ménage pour chaque type de transport en commun utilisé:**

  ……
- **Quel est le nombre de vols privés par an pour tous les membres du ménage?**

  ……
- **Classe des vols :**
  - Classe économique
  - Classe économique premium
  - Classe Affaires
  - Première classe
- **Vols privés par an pour tous les membres du ménage :**
  - Vols aller-retour très longue distance (>12000 km ou >14 heures aller simple) par an
  - Vols aller-retour longue distance (<12000 km ou <14 heures aller simple) par an
  - Vols aller-retour moyenne distance (<6000 km ou <8 heures aller simple) par an
  - Vols aller-retour courte distance (<3000 km ou <6 heures aller simple) par an.

2/3

III. Sources des émissions indirectes de carbone

- **Dépenses en produits alimentaires et boissons (DA/mois) :** ……
- **Dépenses en médicaments (DA/mois) :** ……
- **Dépenses en produits à base de papier (Exp. Livres, journaux) (DA/mois):** ……
- **Coûts des appels téléphoniques, mobiles (DA/mois) :** ……
- **Achetez-vous principalement des produits locaux?**
  - Toujours
  - Parfois
  - Je ne fais pas attention à cette caractéristique
- **Le régime préféré de votre ménage est:**
  - Viande dans la plupart des repas
  - Viande dans certains repas
  - Viande très rarement
  - Poisson
  - Végétarien
  - Végan
- **Combien de fois par semaine votre famille mange t'elle hors de chez vous?** ……
- **Dépenses en vêtements et chaussures (DA/an) :** ……
- **Dépenses d'ordinateurs et des équipements informatiques (DA/an) :** ……
- **Dépenses de télévision, radio et téléphone (DA/an) :** ……
- **Dépenses des véhicules à moteur (sans compter les frais de carburant) (DA/an) :** ……
- **Dépenses de meubles et autres produits manufacturés (DA/an) :** ……
- **Dépenses liées aux opérations bancaires et financières (DA/an) :** ……
- **Dépenses liées aux hôtels, restaurants (DA/an) :** ……
- **Dépenses liées à l'assurance (DA/an) :** ……
- **Dépenses liées à l'éducation (DA/an) :** ……
- **Dépenses liées aux activités récréatives, culturelles et sportives (DA/an) :** ……

IV.Sensibilité environnementale

- **Quel est votre niveau de sensibilité environnementale?**
  - Sensibilité médiocre
  - Sensibilité moyenne
  - Sensibilité bonne
  - Sensibilité très bonne

Merci pour votre collaboration!

3/3

b) Questionnaire en langue arabe

استبيان حول السلوك الاستهلاكي لعائلات مدينة الحراش

تم تصميم هذا الاستبيان في إطار بحث يهدف إلى جمع بيانات عن عادات الاستهلاك للعائلات القاطنة بمدينة الحراش.
لا تستخدم هذه المعلومات إلا لغرض علمي.

I. معلومات عامة

- **إسم حي الإقامة :** .....
- **عدد أفراد العائلة :** .....
- **نوع السكن :**
  - شقة
  - فيلا
  - منزل معزول
  - آخر:
- **مساحة السكن (م²) :** .....
- **مهنة رب العائلة :**
  - إطار عالي
  - موظف
  - تاجر
  - عامل
  - متقاعد
  - عاطل عن العمل

II. مصادر انبعاثات الكربون المباشرة

- **ما هي التكلفة السنوية لفاتورة الكهرباء (دج)؟:** .....
- **ما هو مصدر الطاقة للتدفئة المنزلية ؟**
  - غاز طبيعي
  - فحم
  - غاز البروبان
  - خشب
  - كهرباء
  - لا توجد مدفئة
- **ما هي التكلفة السنوية لفاتورة التدفئة (دج)؟:** .....
- **كم عدد السيارات لدى الأسرة؟:** .....

1/3

- **ماهونوع وقود السيارة؟**
  - بنزين
  - مازوت
  - غاز طبيعي
- **ما هي المسافة المقطوعة سنويا للسيارة (كم)؟:** .....
- **ماهو معدّل إستهلاك السيارة للوقود؟ (لتر / 100 كم)؟ :** .....
- **هل تستخدم دراجة نارية؟**
  - نعم
  - لا
- **ما هو نوع الدراجة النارية؟**
  - صغيرة
  - متوسطة
  - كبيرة
- **ما هي المسافة المقطوعة سنويا للدراجة (كم)؟:** .....
- **ماهو معدّل إستهلاك الدراجة النارية للوقود؟ (لتر / 100 كم)؟:** .....
- **ما هي وسائل النقل العمومي المستخدمة من طرف أفراد الأسرة؟**
  - حافلة النقل الحضري
  - حافلة النقل الشبه الحضري
  - ترامواي
  - مترو
  - سيارة أجرة
  - قطار
- **ما هو متوسط المسافة المقطوعة أسبوعيا من طرف أفراد الأسرة لكل نوع من أنواع وسائل النقل العمومي؟ (كم)**

  .....
- **ما هو متوسط عدد الساعات المقطوعة أسبوعيا من طرف أفراد الأسرة لكل نوع من أنواع وسائل النقل العمومي؟ (سا):** .....
- **ما هو عدد الرحلات الجوية في السنة لجميع أفراد الأسرة؟:** .....
- **ما هي درجة الرحلات الجوية؟**
  - الدرجة الإقتصادية
  - الدرجة الاقتصادية الممتازة
  - درجة رجال الأعمال
  - الدرجة الأولى
- **ما هو نوع الرحلات الجوية لجميع أفراد الأسرة؟**
  - الرحلات الطويلة جدًا 12000 <) كم أو 14 <ساعة ذهابًا وإيابًا) سنويًا
  - الرحلات الطويلة (أقل من 12000 كم أو أقل من 14 ساعة ذهابًا وإيابًا) سنويًا
  - الرحلات المتوسطة (أقل من 6000 كم أو أقل من 8 ساعات ذهابًا وإيابًا) سنويًا
  - الرحلات القصيرة 3000>) كم أو أقل من 6 ساعات ذهابًا وإيابًا) سنويًا

2/3

III. مصادر انبعاثات الكربون غير المباشرة

- **ما هي المصاريف الشهرية للمواد الغذائية و المشروبات؟ (دج/شهر):** .....
- **ما هي المصاريف الشهرية للأدوية؟ (دج/شهر):** .....
- **ما هي المصاريف الشهرية للمنتجات الورقية (الكتب، المجلات، الصحف،...)؟ (دج/شهر):** .....
- **ما هي التكاليف الشهرية للمكالمات الهاتفية والمحمول ؟ (دج/شهر):** .....
- **هل تشتري المنتجات المحلية بشكل أساسي؟**
  - دائما
  - بعض الأحيان
  - لا أهتم لهذه الخاصية
- **ما هو النظام الغذائي المفضل لأسرتك ؟**
  - اللحوم في معظم الوجبات
  - اللحوم في بعض الوجبات
  - نادرا جدا اللحوم
  - سمك
  - نباتي
- **كم مرة في الأسبوع يأكل أفراد الأسرة خارج المنزل؟:** .....
- **ما هي المصاريف السنوية للألبسة و الأحذية؟ (دج/سنة):** .....
- **ما هي المصاريف السنوية لأجهزة الكمبيوتر؟ (دج/سنة):** .....
- **ما هي المصاريف السنوية لأجهزة التلفاز ،الراديو والهاتف؟ (دج/سنة):** .....
- **ما هي المصاريف السنوية للسيارة و /أو الدراجة النارية (لا تشمل تكاليف الوقود)؟ (دج/سنة):** .....
- **ما هي النفقات السنوية على الأثاث والمنتجات المصنعة الأخرى؟ (دج/سنة):** .....
- **ما هي النفقات السنوية على العمليات المصرفية والمالية؟ (دج/سنة):** .....
- **ما هي النفقات السنوية على الفنادق والمطاعم ؟ (دج/سنة):** .....
- **ما هي النفقات السنوية على التأمينات ؟ (دج/سنة):** .....
- **ما هي النفقات السنوية على التعليم ؟ (دج/سنة):** .....
- **ما هي النفقات السنوية على الأنشطة الترفيهية، الثقافية والرياضية ؟ (دج/سنة):** .....

IV. الوعي البيئي

- **ما هو مستوى الوعي البيئي في محيط الأسرة ؟**
  - ضعيف
  - متوسط
  - جيد
  - جيد جدا

شكرا جزيلا على تعاونكم معنا

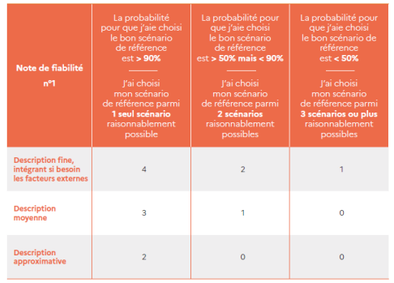
3/3

Annexe J: Description des phases et étapes de la méthode QuantiGES

Phases	Étapes	Enjeu (Pourquoi le faire)	En synthèse (Ce qu'il faut faire)	En pratique (Explications, illustrations et conseils pratiques)
CADRAGE	**1. Définir l'action à quantifier**	Une présentation claire et une description précise de l'action sont nécessaires pour préparer les étapes suivantes. Cette étape préalable est également très importante pour la bonne communication des résultats de la quantification aux décideurs et autres parties prenantes intéressées.	L'utilisateur doit décrire en détail l'action dont il souhaite quantifier l'impact GES. **Sous-étapes obligatoires:** 1. Indiquer l'intitulé de l'action 2. Indiquer le porteur de l'action 3. Indiquer le statut de l'action 4. Indiquer le principal objectif de l'action 5. Indiquer la période de mise en œuvre de l'action **Sous-étapes optionnelles:** 6. Indiquer le type de l'action 7. Indiquer le principal secteur d'activité concerné par l'action 8. Fournir les autres informations utiles éventuelles	- Détailler les sous étapes. - Préciser le contexte dans lequel se place l'exercice de quantification. - Déterminer le statut de l'action: En réflexion, planifiée, en cours de déploiement, intégrée ou terminée. - Indiquer la période de mise en œuvre de l'action : Limitée dans le temps ou pérenne. - Identifier le type de l'action : Physiques, organisationnelles, comportementales et réglementaires.
	2. Définir l'objectif de la quantification	L'ensemble de l'exercice de quantification doit être mené avec la volonté d'atteindre l'objectif dans lequel la quantification de l'action est réalisée. Avant toute quantification, il convient de se poser la question « pourquoi quantifier l'impact GES de cette action ? » et d'y répondre de façon précise et claire.	L'utilisateur doit expliciter dans quel objectif il mène l'exercice de quantification, en lien avec le moment auquel intervient la quantification vis-à-vis de la chronologie de mise en œuvre de l'action, puis indiquer quel indice de confiance de la quantification il choisit de retenir pour que la quantification réponde à l'objectif fixé. **Sous étapes obligatoires:** 1. Indiquer le moment de la quantification 2. Indiquer l'objectif de la quantification 3. Indiquer l'indice de confiance visé **Sous étapes optionnelles:** 4. Identifier le public cible des résultats 5. Identifier les acteurs à impliquer dans l'évaluation	- Indiquer le moment auquel intervient la quantification: Ex-ante, à mi-parcours ou ex-post, afin d'orienter les objectifs à espérer atteindre. - Identifier l'objectif du décisionnaire ayant demandé la réalisation de la quantification: • Avoir une première idée du potentiel d'une action ; • Estimer et interpréter les réductions d'émissions attendues par une action ; • Faire un choix parmi diverses actions ; • Suivre l'efficacité et la performance d'une action ; • évaluer sa contribution à l'atteinte des objectifs de réduction GES globaux ; • Communiquer sur l'efficacité de la stratégie d'entreprise ou d'une politique publique ; • Faciliter la mise en place des mesures les plus efficaces en termes de réduction des émissions. - Indiquer le niveau de l'indice de confiance visé: Faible, correct ou optimal. Cet indice dépend directement des moyens à disposition, de l'exhaustivité, de la fiabilité, de la précision des données collectées, des choix méthodologiques opérés ainsi que des calculs réalisés. - Identifier le public cible des résultats de l'évaluation, ce qui contribue à la détermination du niveau de fiabilité attendu pour les résultats. - Identifier les acteurs à impliquer dans l'évaluation au-delà du porteur de projet de quantification. Il s'agit de la mobilisation des personnes internes (ressources humaines, logistique, achats, etc.) et externes (fournisseurs, transporteurs, clients, etc.).

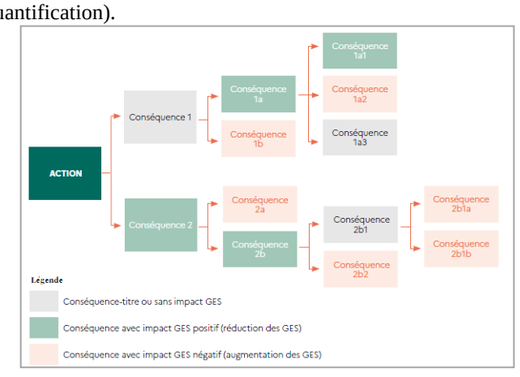
<table>
<tr>
<td rowspan="2">CARACTÉRISATION</td>
<td>3. Choisir le scénario de référence</td>
<td>La quantification de l’impact GES d’une action se fait par comparaison du scénario avec action à un scénario de référence. La caractérisation de ce dernier est donc tout aussi importante que la bonne caractérisation du scénario avec action.</td>
<td>L’utilisateur doit décrire le scénario de référence, c’est-à-dire le scénario qui est le plus probable en l’absence de mise en œuvre de l’action.

<u>Sous étapes obligatoires</u>:
1. Décrire le ou les scénario(s) de référence potentiel(s)
2. Sélectionner le scénario le plus probable en l’absence d’action et expliquer ce choix
3. Déterminer la note de fiabilité associée au scénario de référence retenu</td>
<td>Le scénario de référence est un scénario par nature virtuel, c’est-à-dire qu’il ne se réalisera jamais. Ainsi, le bon choix de ce scénario ne pourra jamais être dûment vérifié.
En pratique, l’utilisateur sera confronté selon les cas à deux types de situation : Soit le choix du scénario de référence apparaît évident, auquel cas l’enjeu de cette étape est essentiellement d’assurer une bonne description de ce scénario, soit plusieurs options concurrentes doivent être considérées et alors il faudra d’abord décrire le plus précisément possible chaque option pour pouvoir sélectionner la plus probable en justifiant ce choix.
- Décrire le ou les scénario(s) de référence potentiel(s) selon trois approches fréquemment utilisées en l’absence d’action: Le prolongement d'une situation historique intégrant l'influence des facteurs externes, l'utilisation d'un standard de référence ou l'utilisation d'un échantillon témoin.
- Justifier le choix du scénario de référence parmi plusieurs options, ce qui nécessite le plus souvent une description précise de chaque option et peut parfois ensuite constituer un travail significatif d’analyse et de formulation d’argumentaire.
- Déterminer la note de fiabilité associée à l’étape 3, qui est établie selon deux critères complémentaires :
• La probabilité d’apparition du scénario de référence choisi ;
• La qualité des données disponibles et utilisées pour décrire ce scénario.

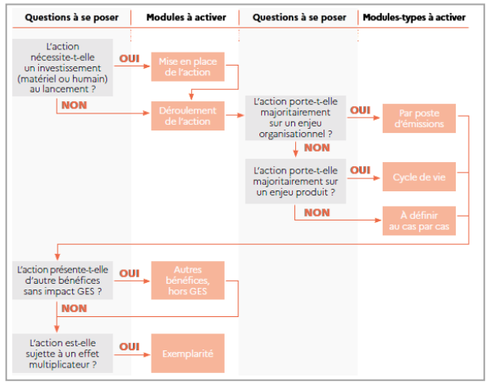
La note de fiabilité doit répondre au barème suivant:
 
<table>
<tr><th>Note de fiabilité n°1</th><th>La probabilité pour que j’aie choisi le bon scénario de référence est > 90%
J’ai choisi mon scénario de référence parmi 1 seul scénario raisonnablement possible</th><th>La probabilité pour que j’aie choisi le bon scénario de référence est > 50% mais < 90%
J’ai choisi mon scénario de référence parmi 2 scénarios raisonnablement possibles</th><th>La probabilité pour que j’aie choisi le bon scénario de référence est < 50%
J’ai choisi mon scénario de référence parmi 3 scénarios ou plus raisonnablement possibles</th></tr>
<tr><td>Description fine, intégrant si besoin les facteurs externes</td><td>4</td><td>2</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Description moyenne</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td></tr>
<tr><td>Description approximative</td><td>2</td><td>0</td><td>0</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>4. Construire l’arbre des conséquences de l’action</td>
<td>La réalisation de l’arbre des conséquences de l’action permet d’identifier les principales conséquences de celle-ci, mais également l’ensemble des conséquences collatérales qui y sont liées, toutes étant susceptibles d’influencer le résultat de la quantification de l’impact GES.Elle doit donc être le plus exhaustif possible.

Une fois l’arbre dressé, les facteurs externes doivent être identifiés et caractérisés afin de permettre la bonne quantification de l’impact GES de l’action : les effets de ces facteurs agissent sur l’évolution des émissions de GES du scénario avec action comme sur l’évolution des émissions du scénario de référence.</td>
<td>L’utilisateur doit élaborer l’arbre des conséquences de l’action dont il souhaite quantifier l’impact GES. Il peut ensuite identifier et caractériser les facteurs externes à l’action, c’est-à- dire les facteurs qui ne sont pas liés à la mise en oeuvre de l’action mais dont les effets viennent interférer avec les conséquences de l’action pour en modifier l’impact GES.

<u>Sous étape obligatoire</u>:
1. Dresser l’arbre des conséquences de l’action en respectant les règles de construction

<u>Sous étape optionnelle</u>:
2. Identifier et décrire les facteurs externes à l’action et justifier leur prise en compte ou non dans la quantification</td>
<td>- Dresser l’arbre des conséquences en respectant ses règles de construction ainsi que les conventions de rédaction et de représentation, tout en proposant des conseils pour la mise en oeuvre pratique de ce travail.
➢ Règles de construction de l'arbre des conséquences
<u>Règle n°1</u>: Identifier toutes les conséquences directes de l’action, puis par itération, les conséquences des conséquences directes, puis les conséquences de ces conséquences, etc.
<u>Règle n°2</u>: Indiquer, via un jeu de couleurs différentes, si cette conséquence entraîne un impact GES positif (réduction des GES), un impact GES négatif (augmentation des GES) ou n’a pas d’impact GES.
<u>Règle n°3</u>: Construire l’arbre des conséquences en évitant que plusieurs conséquences n’aient un impact sur une même source (ou un même puits) de GES (à défaut, lorsque cela n’est pas évitable, il est nécessaire de faire attention lors de l’étape de quantification).
 

</td>
</tr>
</table>

				➢ **Convention de rédaction des intitulés** Chaque conséquence est rédigée selon les principes suivants : ▪ Un numéro lui est attribué en fonction de sa position dans l'arbre : les conséquences d'ordre 1 avec un chiffre unique (1, 2, 3…), les conséquences d'ordre 2 en ajoutant une lettre au chiffre de la conséquence d'ordre 1 correspondante (1a, 1b, 1c…), les conséquences d'ordre 3 en ajoutant un chiffre (1a1, 1a2, 1a3…), etc. ▪ Un intitulé permet de la décrire de manière claire et sans ambiguïté. ➢ **Convention de représentation** Par définition, chaque conséquence est associée à un impact GES propre et n'est pas la description d'une conséquence antérieure. Toutefois, pour aider à la compréhension de l'arbre, il est possible d'utiliser des « conséquences-titres », identifiées par un code couleur différent. Ces « conséquences- titres » permettent d'aider à la structuration de l'arbre, mais ne feront pas l'objet d'une quantification en tant que telle. Seules les conséquences de la « conséquence- titre » pourront faire l'objet de la quantification. Dans la logique inverse de celle des « conséquences-titres », il est possible d'agréger certaines conséquences en une conséquence unique pour améliorer la lisibilité de l'arbre. Une seule condition est à respecter : S'assurer que la conséquence agrégée prend bien en compte l'ensemble des conséquences initialement rassemblées sous la conséquence-titre. ➢ **Conseils pratiques de mise en oeuvre** ❖ **La préparation en amont:** 1) Constituer un groupe de travail pluridisciplinaire; 2) Vérifier le juste intitulé de votre action; 3) Utiliser les retours d'expérience déjà disponibles; 4) Garder en tête qu'il n'y a pas de solution unique. Cet exercice est **itératif** ❖ **Le démarrage de la construction de l'arbre des conséquences:** 1) Utiliser d'emblée la structure d'arbre comme support de réflexion; 2) Commencer par un travail de brainstorming autour des conséquences de l'action, ❖ **La structuration de l'arbre des conséquences:** Selon les retours d'expérience actuellement disponibles, il est possible d'extraire une structure standard d'arbre. Cette structure englobe quatres modules-types, à savoir: L**e module « mise en place de l'action », le module « déroulement de l'action »** (il comprend **le module-type « Par poste d'émissions »** et **le module-type « Cycle de vie**»), **Le module « Autres bénéfices, hors GES »** ainsi que **le module « Exemplarité».** Le schéma ci-dessous présente une proposition de matrice de décision pour le choix des modules.  ❖ **La finalisation de l'arbre des conséquences:** La limitation de la cascade des conséquences de l'arbre relève du bon sens de l'utilisateur. N'hésitez pas malgré tout à consulter une dernière fois la checklist des questions du brainstorming pour être sûr de n'avoir rien oublié.

<table>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td>- Identifier les facteurs externes à l’action et justifier leur prise en compte ou non, cela nécessite de:
▪ Identifier et décrire chaque facteur externe ;
▪ Indiquer sa prise en compte ou non dans l’exercice de quantification et d’expliquer ce choix ;
▪ Indiquer la ou les conséquences qui porteront son effet lors de leur quantification.
Les facteurs externes peuvent être de nature multiple. En pratique, on rencontre le plus fréquemment quatre types de facteurs: le facteur structure, le facteur climat, le facteur aubaine (qui donne lieu au fameux « effet d’aubaine» et le facteur performance.</td>
</tr>
<tr>
<td>QUANTIFICATION</td>
<td>5. Définir le périmètre de la quantification</td>
<td>Mener à bien la quantification nécessite de prendre en compte les principales caractéristiques de l’action tout en rendant le calcul possible. Ici, cela consiste à spécifier quels sont les gaz à effet de serre pris en compte, à établir des limites temporelles pour la quantification et à limiter d’emblée la réalisation de calculs GES aux conséquences de l’arbre pour lesquels cela est nécessaire au regard de l’ambition de la quantification.</td>
<td>L’utilisateur doit préciser son périmètre géographique, son périmètre temporel et quelles sont les conséquences de l’action prises en compte.

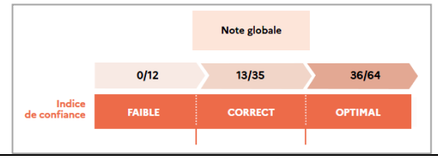
<u>Sous étapes obligatoires</u>:
1. Indiquer la période des conséquences de l’action
2. Indiquer la période d’observation en cohérence avec la période des conséquences de l’action
3. Indiquer les GES pris en compte dans la quantification
4. Exclure les conséquences sans impact GES, les conséquences de type effet multiplicateur et effet rebond indirect
5. évaluer a priori l’ordre de grandeur de l’impact GES de chaque conséquence ayant un impact GES
6. Ordonner les conséquences par ordre de grandeur en valeur absolue
7. Conserver les conséquences au regard de la note de fiabilité visée
9. Déterminer la note de fiabilité associée au périmètre retenu
<u>Sous étapes optionnelle</u>:
8. Conserver des conséquences supplémentaires selon opportunité</td>
<td>- Définir la période des conséquences de l’action, cela correspond à la période durant laquelle l’action produit ses conséquences. Cette période doit donc être définie en cohérence avec le scénario de référence. Deux cas de figure sont possibles :
a) Les conséquences de l’action sont limitées dans le temps. On indiquera alors la période correspondante (ex : de mars à mai 2022).
b) Les conséquences de l’action sont a priori illimitées dans le temps. On indiquera alors la durée des conséquences comme « illimitée à partir de… ».
- Définir la période d’observation qui doit être choisie en cohérence avec la période des conséquences de l’action: Limitée dans le temps ou illimitée dans le temps.
- Indiquer les GES pris en compte dans la quantification, il est nécessaire de spécifier les GES qui seront comptabilisés dans la suite de l’exercice de quantification.
- Sélectionner les conséquences à prendre en compte selon les cinq temps successifs suivants:
<table><tr><th colspan="2">SÉLECTIONNER LES CONSÉQUENCES
À INCLURE DANS LE PÉRIMÈTRE DE QUANTIFICATION
Synthèse</th></tr><tr><td>TEMPS 1</td><td>Exclusion a priori.</td></tr><tr><td>TEMPS 2</td><td>Estimations de GES.</td></tr><tr><td>TEMPS 3</td><td>Exclusion de GES < 5 % selon opportunités.</td></tr><tr><td>TEMPS 4</td><td>Sélection d’une partie des conséquences :
GES du temps 3 > 70 % pour une note de fiabilité de 1.
GES du temps 3 > 80 % pour une note de fiabilité de 2.
GES du temps 3 > 90 % pour une note de fiabilité de 3.
GES du temps 3 = 100 % pour une note de fiabilité de 4.</td></tr><tr><td>TEMPS 5</td><td>Ajout d’autres conséquences selon opportunités.</td></tr></table>- Déterminer la note de fiabilité associée à l’étape 5 en fonction de la représentativité de l’impact GES cumulé des conséquences incluses dans le périmètre de quantification en regard de l’impact GES réel de l’action. Elle répond au barème présenté sur le schéma suivant :

Figure 31 : Barème relatif à la note de fiabilité associée à l’étape 5.</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td></td>
<td>6. Rassembler les données disponibles</td>
<td>Il s’agit de produire une description précise de chacun des deux scénarios d’évolution des émissions de GES au sein du périmètre de quantification, en ciblant les paramètres de cette description de telle façon que le jeu de données relatif au scénario de référence d’une part et le jeu de données relatif au scénario avec action d’autre part, permettent de décrire de la façon la plus fidèle et précise l’évolution quantifiée des émissions de GES du scénario correspondant.</td>
<td>L’utilisateur doit inventorier l’ensemble des données dont il a besoin pour quantifier l’évolution des GES.

<u>Sous étapes obligatoires</u>:
1. Identifier les données nécessaires à la quantification des émissions de chaque conséquence prise en compte dans le périmètre de quantification
2. Collecter l’ensemble de ces données
3. Spécifier pour chacune des données si elle est liée au scénario de référence, au scénario avec action ou aux deux scénarios
4. Déterminer la note de fiabilité associée à la qualité des données</td>
<td>L’accessibilité des données est primordiale dans l’exercice de quantification de l’impact GES d’une action. De la qualité des données disponibles va dépendre directement la robustesse et la précision du résultat obtenu. Il est en particulier essentiel que les données utilisées pour la quantification soient valides sur une zon géographique et une période cohérente avec le périmètre de quantification.
Les données visées, ainsi que les compétences à mobiliser pour les collecter, les coûts inhérents et le temps d’accessibilité, varieront d’un cas à l’autre. Il convient d’élaborer au cas par cas la quantification adaptée à la situation et aux objectifs de l’évaluation.
- Les données d’activités (DA), il s'agit de l’ensemble des données qui contribuent à décrire l’activité considérée. Voici quelques exemples de données d’activité couramment utilisées :
▪ La consommation totale d’énergie d’un système (bâtiment, industrie, etc.) ou d’une installation;
▪ La surface d’un bâtiment, les effectifs qui y travaillent au quotidien, le chiffre d’affaires d’une entreprise, la quantité de véhicules de la flotte attachée au site d’activité.
▪ L’intensité énergétique ou la consommation d’énergie spécifique ;
▪ ...
- Les facteurs d’émission (FE) doivent être :
▪ Adaptés aux données d’activité;
▪ Cohérents avec les conséquences étudiées ;
▪ Valables pour la période d’observation et la zone géographique définis par l’action.
Il faut en outre utiliser pour chaque gaz le dernier Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) en vigueur, mis à jour et publié par le GIEC.
- La note de fiabilité associée à l’étape 6 reflète la qualité des données utilisées. En effet, plus la qualité des données sera importante, plus la robustesse du résultat en sera améliorée. Afin d’obtenir une note globale pour l’ensemble des données utilisées pour la quantification de l’impact, il est nécessaire de procéder en plusieurs étapes:
1) Évaluer la fiabilité par type de données et attribuer une « sous-note » par conséquences;
<table>
<tr><th>Incertitude</th><th>DA</th></tr>
<tr><td>70 %</td><td>Données approchées (ou dires d’expert)</td></tr>
<tr><td>30 %</td><td>Données extrapolées (calculs ou extrapolations grossiers)</td></tr>
<tr><td>15 %</td><td>Données secondaires (calculs ou extrapolations précis)</td></tr>
<tr><td>5 %</td><td>Données primaires (mesures ou factures)</td></tr>
<tr><th>Incertitude</th><th>FE</th></tr>
<tr><td>70 %</td><td>Approximatif (ni représentatif ni précis)</td></tr>
<tr><td>30 %</td><td>Moyen (représentatif mais peu précis, ou précis mais peu représentatif)</td></tr>
<tr><td>5 %</td><td>Spécifique à la source/puits (pleinement représentatif et précis)</td></tr>
</table>
2) Estimer la note de fiabilité globale pour l’ensemble des conséquences.
$$Incertitude_i = Incertitude\ (\%)_i \star DA \star FE$$
$$Note\ de\ fiabilité = 4\ X \left(1 - \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} Incertitudes\ (\%)_i^2}}{\sum_{i=1}^{n} Émissions\ des\ conséquences} \right)$$
$$= 4\ X \left(1 - \frac{\sqrt{Incertitude_1^2 + Incertitude_2^2 + \dots + Incertitude_n^2}}{\sum_{i=1}^{n} Émissions\ des\ conséquences} \right)$$</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>7. Quantifier l’impact GES de l’action</td>
<td>Cette étape constitue l’aboutissement de l’exercice de quantification de l’impact GES de l’action.</td>
<td>L’utilisateur doit calculer l’impact GES de l’action, relatif au périmètre de quantification défini.

<u>Sous étape optionnelle</u>:
1. Pour chaque conséquence prise en compte dans la quantification, spécifier quelle catégorie de GES elle concerne (directes, indirectes, évitées) et la nature du flux de GES (émission, suppression)
<u>Sous étapes obligatoires</u>:
2. Pour chaque conséquence prise en compte dans la quantification, calculer l’impact GES par différence entre les deux scénarios</td>
<td>- Suivre les règles et recommandations de calcul
On peut distinguer, conformément aux différentes normes et méthodes existantes en matière de BEGES :
1) Les réductions (ou augmentations) d’émissions directes, liées au fait que l’action diminue (ou augmente) des GES qui sont issues de sources (ou puits) faisant partie du périmètre organisationnel du porteur ;
2) Les réductions (ou augmentations) d’émissions indirectes, liées au fait que l’action diminue (ou augmente) des GES qui sont issues de sources (ou puits) ne faisant pas partie du périmètre organisationnel du porteur mais qui sont prises en compte dans son BEGES (c’est-à-dire dans son périmètre opérationnel) ;
3) Les émissions évitées, liées au fait que l’action diminue (ou augmente) des GES qui ne sont pas pris en compte dans le BEGES du porteur (c’est-à-dire hors de son périmètre opérationnel) ;</td>
</tr>
</table>

			3. Déterminer l'impact GES total de l'action en faisant la somme des impacts GES des conséquences prises en compte 4. Déterminer l'indice de confiance du résultat final	- Mener un calcul spécifique par conséquence incluse dans le périmètre de quantification, qui correspond à la somme algébrique des impacts GES de chaque conséquence retenue. Ceci est bien sûr valide dans la mesure où les conséquences retenues n'interfèrent pas entre elles. Les calculs seront donc menés conséquence par conséquence, puis tous les impacts GES obtenus seront sommés afin d'obtenir le résultat final. *In fine*, l'impact total présente la somme globale des impacts en termes d'émissions GES. - Déterminer l'indice de confiance du résultat obtenu, qui se calcule par la multiplication des trois notes de fiabilité obtenues lors des étapes 3, 5 et 6. L'indice de confiance obtenu conditionne l'exploitation qui peut être faite du résultat de la quantification en termes d'utilisation comme critère de décision ainsi qu'en termes de communication. Le barème relatif à l'indice de confiance final sur le résultat de la quantification est présenté par le schéma suivant: 
	8. Analyser le résultat de la quantification	Cette étape vise à analyser l'ensemble de l'exercice de quantification réalisé et à mettre ainsi les résultats en perspective. Elle permet finalement de produire une synthèse de la quantification (celle-ci prend une forme communicante dans l'outil « Fiche action », qui permet de produire une « fiche de synthèse » à l'issue de cette étape).	L'utilisateur analyse qualitativement et quantitativement l'impact GES de l'action. **<u>Sous étapes obligatoires</u>:** 1. Synthèser les éléments de cadrage 2. Analyser la caractérisation de l'action 3. Analyser les résultats de la quantification **<u>Sous étapes optionnelles</u>:** 4. Analyser la sensibilité des résultats	- Synthèser les éléments de cadrage, la plupart des informations nécessaires à cette sous-étape ont déjà été identifiées au cours des étapes 1 et 2. il est ici surtout recommandé de reprendre les informations essentielles de cadrage. - Analyser la caractérisation de l'action, il s'agit de mener une analyse qualitative de l'exercice, sur la base des étapes de caractérisation, 3 et 4 de la méthode. L'arbre des conséquences en est donc l'objet central. A ce stade, il est recommandé de se questionner sur : ▪ Les premiers enseignements à la lecture de l'arbre des conséquences; ▪ Les limites de l'exercice au regard d'hypothèses prises dans la construction de l'arbre ou au regard de la non prise en compte de facteurs externes le cas échéant; ▪ La mise en perspective de co-bénéfices, notamment pour les actions d'adaptation ou de séquestration, pour lesquelles l'impact GES n'est pas le critère prédominant de la prise de décision. - Analyser les résultats de la quantification issus des étapes 5 à 7 de la méthode.A ce stade, il est recommandé de se questionner sur : ▪ Le détail des résultats par catégorie; ▪ Les principales conséquences de l'action, ses bénéfices et impacts potentiels, et l'intérêt effectif de l'action en termes de réduction de GES; ▪ L'indice de confiance global, notamment en analysant les notes de fiabilité et le détail de la note de l'étape 6 – les données d'activité disponibles, les facteurs d'émission utilisés; ▪ L'intérêt d'utiliser une donnée d'activité structurante de l'action pour ramener le résultat à une unité pertinente (ex : €, kWh, personne, unité de production…); ▪ La comparaison des résultats; ▪ Le fait que le résultat réponde ou non aux attentes du public visé ? - Analyser la sensibilité des résultats, afin de comprendre dans quelle mesure l'incertitude qui pèse sur les données d'entrées (données d'activité comme facteurs d'émission) nuit à la robustesse du résultat obtenu dans la mesure où la variation de chacune de ces données d'entrée influe fortement – ou non – sur le résultat de la quantification. Pour ce faire, il suffit à l'utilisateur de dupliquer l'outil dont il enregistrera une copie, afin de faire varier un ou plusieurs paramètres en étape 6 et d'analyser la variation des résultats. - Diffuser et valoriser le résultat obtenu en respectant les éléments suivants: ➢ **Présentation des résultats** La quantification de l'impact GES d'une action est un exercice complexe qui nécessite une communication claire et précise des résultats. Quatre règles de communication s'imposent pour assurer la bonne transmission des résultats : 1) Définir les contours et la portée de la communication selon l'indice de confiance du résultat; 2) Adapter le discours et le niveau de détail au public visé (décideurs, chargés de missions, salariés/population); 3) Mettre l'indice de confiance du résultat obtenu en regard de l'objectif poursuivi (par exemple, avoir une première idée du potentiel de l'action, suivre l'efficacité et la

performance de l'action, etc.) pour apprécier la bonne adéquation entre eux;

4) Tenir à la disposition de toute personne souhaitant consulter l'ensemble des éléments utiles à la bonne compréhension de la quantification réalisée.

Il est recommandé d'inclure, dans chaque communication des résultats, toutes les informations utiles à leur bonne compréhension, quelle que soit la cible. Cela inclut en particulier :

- L'intitulé de l'action ;
- Les GES pris en compte ;
- La période d'observation (période sur laquelle porte la quantification) ;
- L'indice de confiance du résultat.

➢ **Extrapolation des résultats**

Il est primordial de garder à l'esprit qu'il s'agit d'un résultat propre à l'action concernée dans le contexte de réalisation qui est le sien et avec des hypothèses établies pour cet exercice de quantification. A ce stade des retours d'expérience, il n'est pas envisageable de le considérer, même en première approche, comme représentatif de toutes les actions comparables.

➢ **Communication et utilisation des résultats**

Les principes de communication et d'utilisation des résultats sont directement liés à l'indice de confiance obtenu ; ils sont présentés dans le tableau ci-aprés.

	Communication	Prise de décision
Faible	- Interne : communication avec prudence - Externe : aucune communication *Éléments de langage : « en ordre de grandeur »/Ne donner qu'un seul chiffre significatif*	Intégration dans un processus de décision : hasardeuse
Correct	- Interne : communication possible - Externe : communication avec précaution *Éléments de langage : « environ »/ Aller jusqu'à deux chiffres significatifs maximum*	Intégration dans un processus de décision : envisageable
Optimal	- Interne : communication possible - Externe : communication possible *Éléments de langage : libre*	Intégration dans un processus de décision : favorable

Ainsi, selon l'objectif fixé au départ pour la quantification, il pourra être nécessaire de réitérer l'exercice pour en améliorer la robustesse en fonction de l'indice de confiance obtenu.

Source: ADEME, 2021, traité par l'Auteur.

Annexe K: Exemples de quantification de l'impact GES d'une action de réduction

a) Exemple de quantification ex-ante d'impact GES d'installation de panneaux solaires sur un bâtiment de la CAVEM, France

En 2017, la Communauté d'Agglomération Var Estérel Méditerranée (CAVEM) a réalisée une quantification ex-ante d'impact GES de l'action d'installation de panneaux solaires sur la villa " La Lauve" à Saint-Raphaël (France). Cette initiative visait à diminuer la consommation énergétique du bâtiment et à promouvoir l'exemplarité en matière de la protection environnementale. L'étude a porté sur le poste 6 - Émissions indirectes liées à la consommation d'électricité. Les résultats ont montré que cette installation pourrait réduire les émissions de GES de 171 t eq CO_2 /an, avec une qualité des données élevée et un indice de confiance correct (ADEME, 2020a).

Fiche action pour la quantification ex-ante de l'impact GES de l'installation de panneaux solaires sur un bâtiment de la CAVEM, France.
Source: ADEME, 2020a.

b) Exemple de quantification mi-parcours d'impact GES de réduction des ordures ménagères générées par la crèche d'Epinal, France

Dans le but de réduire, voire d'éliminer, les déchés ménagers résiduels associés à l'activité de la crèche dans l'agglomération d'Epinal (France), une quantification à mi-parcours d'impact GES de cette action a été effectuée en 2020; suite à la mise en place diverses mesures, notamment l'installation d'un compost, l'approvisionnement de serviettes à main en tissu ainsi que la fabrication de produits ménagers et d'entretien tels que la lessive et le savon. L'évaluation s'est focalisée sur les postes 11 - Déchets et 9 - Achats de produits ou services, en utilisant des données de qualité élevée avec un indice de confiance correct. Les résultats obtenus ont indiqué une réduction totale des émissions de GES de 5,9 t eq CO_2 /an (ADEME, 2021a).

Fiche action pour la quantification mi-parcours de l'impact GES de réduction des ordures ménagères générées par la crèche d'Epinal, France.
Source: ADEME, 2021a.

c) Exemple de quantification ex-post d'impact GES d'amélioration du confort thermique d'été d'un bâtiment sans recourir à la climatisation, France

Afin d'améliorer le confort thermique intérieur en période estivale sans recourir à la climatisation, une quantification ex-post d'impact GES a été menée en 2012, après la mise en œuvre des mesures suivantes en 2011:

- Installation de films solaires sur les vitrages, limitant la transmission énergétique à moins de 15 %;
- Mise en place de luminaires performants, réduisant la consommation énergétique à 9,5 W/m², contre 24 W/m² auparavant;
- Installation d'une centrale de traitement d'air double flux avec récupérateur énergétique à roue et une régulation permettant un fonctionnement en freecooling;
- Installation d'une batterie à détente directe, permettant la récupération des calories via un détendeur directement en contact avec la source de chaleur;
- Installation de brasseurs d'air, de 900 mm de diamètre, qui consomment une puissance de 50W, augmentant la vitesse de l'air pour créer un effet de rafraîchissement par évaporation de l'eau à la surface de la peau.

L'évaluation a principalement porté sur les postes 6 - Émissions indirectes liées à la consommation d'électricité et 7 - Émissions indirectes liées à la consommation de vapeur, chaleur ou froid. Les données employées étaient de qualité élevée, avec un indice de confiance correct. Les résultats ont affiché un impact GES total de - 59 t eq CO_2 (ADEME, 2020a).

Fiche action pour la quantification ex-post de l'impact GES de l'amélioration du confort thermique d'été d'un bâtiment sans recourir à la climatisation, France. **Source:** ADEME, 2020a.

Annexe L: Mesures sectorielles du plan d'action luxembourgeois pour la réduction des émissions de carbone

Secteur	Mesures		Actions	Mise en œuvre	Echéancier
Transports	**A. Mesures fiscales**	L'introduire d'une contribution spéciale Kyoto moyennant un relèvement progressif du taux des accises sur les carburants routiers.	La hausse des accises se fera selon les modalités suivantes : - 1//1/2007 : essence : 2 cts/l : diesel : 1,25 cts/l. - 1/1/2008 : hausse supplémentaire pour le diesel de 1,25 cts/l	Ministère des Finances, en concertation avec le Ministère de l'Environnement.	Première hausse des accises au 01 Janvier 2007
		Réforme de la taxe sur les véhicules automoteurs selon des critères environnementaux.	L'ncitation du consommateur à donner préférence aux véhicules à faible consommation de carburant.	Ministère des Finances, en collaboration avec le Ministère de l'Environnement, le Ministère des Transports, l'Administration des Douanes et Accises, la SNCT et l'Administration de l'Environnement.	Entrée en vigueur le 01 Janvier 2007
		Réexamen des dispositions fiscales concernant les voitures de service ainsi que des allègements fiscaux correspondant aux frais de déplacement.	/	Ministère des Finances, en collaboration avec le Ministère de l'Environnement et l'Administration des Contributions.	D'ici Mi-2007
	B. Amélioration des infrastructures des transports en commun	Doublement à l'horizon 2020 du partage modal pour atteindre 25% en faveur des transports commun.	- Le raccordement aux réseaux ferroviaires européens; - L'extension du réseau ferroviaire national; - La réalisation des gares périphériques; - La mise en service de nouveau matériel roulant classique et augmentation des cadences; - La fixation des horaires; - La mise à disposition de nouvelles infrastructures près des frontières et dans une ceinture plus proche de la capitale - La tarification transfrontalière commune; - La création d'une Centrale de Mobilité.	Ministère des Transports, en concertation avec les autres départements ministériels concernés.	Investissements prévus dans le cadre de la programmation pluriannuelle du Fonds du Rail
	C. Initiatives visant à réduire les nuisances des transports professionnels routiers	Eurovignette.	La taxation des poids lourds fournit, par la différenciation des droits d'usage en fonction des performances environnementales des poids lourds.	/	/
		Mise en place progressive d'un réseau européen par rail dédié au fret.	/	/	/
	D. Mesures législatives	Transposition de la directive concernant les biocarburants.	L'introduction d'une obligation de mise sur le marché de mélanges biocarburants / carburants conventionnels.	Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur, en concertation avec d'autres départements ministériels concernés.	2007
	E. Autres mesures	Formation des conducteurs à la conduite écologique dans les autoécoles, et intégration du thème à l'examen du permis de conduire dès 2007.	/	/	/
		Promotion de la mobilité douce.	L'élaboration d'un plan d'action visant à améliorer la performance, la qualité et la sécurité des réseaux de circulation pour piétons et cyclistes.	Ministère des Transports, en collaboration avec le Ministère des Travaux Publics et le Ministère de l'Intérieur, ainsi que les milieux intéressés.	Septembre 2006
		Intégration de critères environnementaux dans les marchés publics.	L'introduction d'une obligation pour l'Etat et les administrations communales de respecter, dans la mesure du possible, des critères d'émissions maximales lors de l'acquisition de véhicules neufs.	Ministère de l'Environnement, en concertation avec le Ministère des Travaux Publics, élaborera un cahier des charges qui sera envoyé aux autorités publiques.	/
		Extension de l'utilisation du gaz naturel et d'énergies alternatives.	L'utilisation des bus fonctionnant au gaz naturel respectivement des bus à pile à Combustible (projet européen cute) sera encouragée, ensemble avec les opérateurs des Transports publics. Le recours renforcé au biodiesel sera également encouragé.	/	/
Bâtiments	**A. Dispositions législatives**	Introduction d'une nouvelle législation en matière d'isolation thermique des immeubles.	L'introduction des standards ambitieux en matière de consommation énergétique des bâtiments nouveaux.	Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur, en collaboration avec le Ministère du Logement et le Ministère de l'Environnement.	Entrée en vigueur le 01 Janvier 2007

	B. Subventions	Poursuite au-delà du 31 Décembre 2007 du régime d'aides pour les économies d'énergie et l'utilisation des énergies renouvelables dans le domaine du logement.	- L'aide financier pour des personnes physiques afin de promouvoir l'utilisation rationnelle de l'énergie et la mise en valeur des sources d'énergie renouvelables. - La promotion des maisons à performance énergétique. - L'assainissement d'habitations existantes en se basant sur les énergies renouvelables dans les bâtiments.	Ministère de l'Environnement, en collaboration avec le Ministère du Logement et le Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur.	Présentation du projet au Conseil de Gouvernement début 2007
	C. Considérations relatives aux bâtiments publics	Développement d'un programme d'assainissement énergétique des bâtiments publics existants dans le cadre de l'assainissement courant du patrimoine de l'Etat.	- La mise en conformité ou la transformation des bâtiments de l'Etat. - La mise en oeuvre d'un programme spécial (enveloppe de 30 millions d'€ sur la période 2007 – 2012) en vue de garantir l'assainissement énergétique de bâtiments publics existants.	Ministère des Travaux Publics- Administration des Bâtiments Publics, en collaboration avec le Ministère de l'Environnement – Administration de l'Environnement et les autres départements ministériels concernés.	2007 -2012
		Etablissement de directives concrètes et concepts énergétiques pour la réalisation de bâtiments publics nouveaux avec optimisation du confort et de l'efficacité énergétique.	L'indication des valeurs-limite respectivement valeurs-cible pour les consommations d'énergie, les performances de l'enveloppe des bâtiments (isolation thermique et protection solaire), les caractéristiques de la structure, ainsi que les performances des installations techniques.	Ministère des Travaux Publics – Administration des Bâtiments Publics en collaboration avec le Ministère de l'Environnement – Administration de l'Environnement, et des autres départements ministériels concernés.	A partir de mi-2006
	D. Considérations relatives à l' aménagement du territoire	Intégration dans les PAGs des nouveaux standards en matière de performance énergétique.	La fixation, dans le respect des principes généraux de l'aménagement du territoire, des densités énergétiquement efficaces et de prévoir une organisation des réseaux permettant une promotion conséquente de la mobilité douce.	Ministère de l'Intérieur et les communes.	/
		Orientation systématique du programme directeur d'aménagement du territoire et des plans sectoriels de l'IVL selon les exigences en matière de changement climatique.	La prise en compte de l'impact des différentes mesures préconisées sur les émissions de GES lors de leur évaluation dans le cadre de l'IVL, et plus particulièrement du plan directeur sectoriel « transports » et du plan directeur sectoriel « logement ».	Ministère de l'Intérieur et les autres départements ministériels concernés proposeront des méthodes de planification et d'évaluation concrètes dans le cadre des groupes de travail chargés de l'élaboration des plans sectoriels.	/
Energies renouvelables	**A. Subventions**	Production d'énergie électrique sur la base des énergies renouvelables.	L'institution d'une prime d'encouragement écologique pour l'électricité produite à partir de l'énergie éolienne, hydraulique, de la biomasse et du biogaz.	Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur en collaboration avec le Ministère de l'Environnement.	Un projet de règlement grand-ducal sera soumis au Conseil de Gouvernement début 2007
		Injection de biogaz dans les réseaux de gaz naturel.	L'évaluation de la faisabilité d'un système de soutien au biogaz qui serait comparable avec le mécanisme de compensation dans le secteur de l'électricité.	Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur et le Ministère de l'Environnement, en concertation, le cas échéant (exploitations agricoles), avec le Ministère de l'Agriculture; collaboration avec le syndicat intercommunal Minett- Kompost (projet-pilote susmentionné).	2007
		Installation de cogénération.	/	Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur, en concertation avec le Ministère de l'Environnement.	Soumission d'une proposition au Conseil de Gouvernement fin 2006
	B. Autres mesures	Utilisation plus conséquente de la biomasse.	- La création d'un comptoir du bois énergie. - L'installation des campagnes de sensibilisation et d'information des ménages, des communes et des PME.	Un groupe de travail composé de représentants du Ministère de l'Environnement, du Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur, du Ministère de l'Agriculture, de l'Administration des Eaux et Forêts, de l'Administration de l'Environnement, de l'Agence de l'Energie et du Syvicol.	/
			L'évaluation du potentiel et d'utilisation de la biomasse au Luxembourg et dans la Grande Région à des fins de chauffage et de production d'énergie électrique.	CRTE et Agence de l'Energie, cofinancement par le Ministère de l'Environnement et le Ministère de la Recherche.	2006-2008
		Réalisation des activités de recherche.	L'élaboration d'un projet de recherche « LuxCycle » visant l'utilisation de la biomasse par la technique de la monofermentation sèche.	Acteurs principaux : Université du Luxembourg, CRTE, CRP Gabriel Lippmann, bureau d'études IGLux.	2006-2008
			L'élaboration du projet Valorboues (« Quelles solutions au devenir des boues d'épuration dans la zone transfrontalière? »).	CRTE/CRP Henri Tudor, SoilConcept, Ministère de l'Environnement, Ministère de la Culture, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, communes.	2005-2007

Industrie et production d'éléctricite	Elaboration du 2ème Plan National d'Allocation de Quotas.	l'établissement d'un marché de quotas d'émission de GES au sein de l'Union européenne.	/	À partir du 01 Janvier 2005
	Renégociation d'accords volontaires.	Les coopérations avec d'autres Etats dans ce domaine visant à partager les expériences en matière d'accords volontaires et de les combiner avec les engagements pris par le Luxembourg dans le cadre du Protocole de Kyoto.	Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur.	À partir de 2007
	Organisation des activités du CRTE ayant comme objectif la recherche et la promotion des meilleures technologies disponibles.	L'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'industrie, PME/PMI et secteur tertiaire.	CRTE/CRP Henri Tudor, Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Economie et du Commerce Extérieur, Ministère des Classes Moyennes.	2007-2008.
		L'amélioration de l'efficacité énergétique dans le secteur agro-alimentaire.	CRTE/CRP Henri Tudor, Ministère de l'Environnement, Administration de l'Environnement, une entreprise luxembourgeoise du secteur alimentaire.	Présentation des résultats au cours du deuxième semestre 2006
Information, sensibilisation, conseil et formation en energie	Création d'une structure centralisée pour couvrir l'information, le conseil et la formation dans le domaine de l'utilisation rationnelle de l'énergie et des énergies renouvelables.	/	Agence de l'Energie, pilotée dans sa nouvelle mission par le Ministère de l'Environnement et le Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur.	/
	Lancement d'une campagne de sensibilisation aux changements climatiques « *You control climate change* ».	La sensibiliser aux enjeux du changement climatique en insistant sur le lien avec les gestes simples et concrets que chaque citoyen peut adopter au quotidien pour économiser de l'énergie et réduire ainsi les émissions.	Ministère de l'Environnement, en partenariat avec le Ministère des Transports et le Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur.	La campagne sera lancée début juin 2006 et s'étendra sur une période minimale de 6 mois.
	- Elaboration d'un manuel « meilleures pratiques » en matière d'économie d'énergie à destination des autorités communales; - Organisation d'ateliers de travail pour favoriser l'échange de bonnes pratiques entre les autorités communales.	L'organisation des ateliers de travail pour favoriser l'échange de bonnes pratiques entre les autorités communales.	/	/
	Déploiement des efforts en matière de labellisation énergétique systématique.	La constitution d'une base de données en matière de produits à faible consommation d'énergie.	/	/
	Mise en place des campagnes de sensibilisation aux changements climatiques dans l'enseignement primaire et secondaire.	/	/	/
	Organisation des activités du CRTE en matière de sensibilisation, formation et conseil.	L'organisation en 2006 de la 4eme édition du cycle de formation "Constructions et Energies" à destination des architectes et ingénieurs-conseils, afin de promouvoir l'utilisation rationnelle de l'énergie et des énergies renouvelables dans le domaine de la construction.	CRTE/CRP Henri Tudor, SITEC/CRP Henri Tudor, Ministère de l'Environnement; Ordre des Architectes et des Ingénieurs Conseils ; Agence de l'Energie; Ministère des Classes moyennes, du Tourisme et du Logement, Université du Luxembourg, Oekozenter / Oekofonds.	Automne 2006
	- Signature de conventions bilatérales avec les pays hôtes; - Participation à des fonds multilatéraux (p.ex. : Banque Mondiale, BERD, etc.); - Participation à des projets bilatéraux ainsi que l'achat de crédits d'émission (emissions trading). - Création d'un programme de financement de projets auprès du ministère de l'Environnement par le biais du fonds de financement des mécanismes de Kyoto (dotation : 5 millions € en 2005, 10 millions € en 2006).	/	Ministère de l'Environnement, sur conseil du comité interministériel en matière de fonds de financement des mécanismes de Kyoto.	2005 -2012

Source: EPRS, 2021, traité par l'Auteur.

Annexe M: Instruments d'urbanisme en Algérie

a) Le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU)

Selon l'article 16 de la loi 90-29, *« le Plan Directeurs d'Aménagement et d'Urbanisme est un instrument de planification spatiale et de gestion urbaine. Il fixe les orientations fondamentales de l'aménagement du territoire, de la ou des communes concernées en tenant compte des schémas d'aménagement et plans de développement. Il définit les termes de référence du plan d'occupation des sols »*.

Il a pour rôle (Art.18 loi 90-29):

- La détermination de la destination générale des sols sur l'ensemble du territoire d'une ou d'un ensemble de communes par secteur;
- La définition de l'extension des établissements humains, de la localisation des services et des activités, de la nature et de l'implantation des grands équipements et infrastructures;
- La détermination des zones d'intervention sur les tissus urbains et les zones à protéger.

Le PDAU est composé de (Art.17 loi 90-29; Guerroudj, 2017):

1) **Un rapport d'orientation**, présentant l'analyse de la situation existante et les principales perspectives de développement compte tenu de l'évolution économique, démographique, sociale et culturelle du territoire considéré, et le parti d'aménagement proposé compte tenu des orientations en matière d'aménagement du territoire, de protection du littoral et d'atténuation des risques naturels et technologiques.
2) **Un règlement**, fixant les règles applicables pour chaque zone comprise dans les secteurs tels que définis aux articles 20, 21, 22 et 23 de la loi n° 90-29. Il doit déterminer:
    - L'affection dominante des sols et s'il y a lieu, la nature des activités interdites ou soumises à des prescriptions particulières;
    - La densité générale exprimée par le coefficient d'occupation du sol;
    - Les servitudes à maintenir, à modifier ou à créer;
    - Les périmètres d'intervention des plans d'occupation des sols avec les termes de référence y afférant en faisant apparaître les zones

d'interventions sur les tissus urbains existants et ceux des zones à protéger;

- La localisation et la nature des grands équipements, des infrastructures, des services et des activités;
- Les zones et les terrains exposés aux risques naturels;
- Les périmètres de protection des zones et les terrains exposés aux risques technologiques présentés par les établissements et les infrastructures;
- Les zones sismiques et leur classement selon leur degré de vulnérabilité au risque sismique;
- Les risques majeurs découlant du plan général de prévention et des plans particuliers d'intervention;
- Les conditions de construction particulières à l'intérieur de certaines parties du territoire.

3) Des documents graphiques, comprenant:

- Un plan d'état de fait, faisant ressortir le cadre bâti actuel, les voiries et les réseaux divers les plus importants;
- Un plan d'aménagement qui délimite: (i) Les secteurs urbanisés; urbanisables; d'urbanisation future et non urbanisables, (ii) Certaines parties du territoire; le littoral; les terres agricoles à potentialité élevée ou bonne; les territoires à caractère naturel et culturel marqué, ainsi que (iii) Les périmètres d'intervention des plans d'occupation des sols;
- Un plan de servitudes à maintenir, à modifier ou à créer;
- Un plan d'équipement faisant ressortir le tracé des voiries, d'alimentation en eau potable et d'assainissement les plus importants, ainsi que la localisation des équipements collectifs et ouvrages d'intérêt public;
- Un plan délimitant les périmètres des zones et des terrains exposés aux risques naturels et/ou technologiques et les plans particuliers d'intervention.

b) Le Plan d'Occupation des Sols (POS)

Selon l'article 31 de la loi 90-29, *« Dans le respect des dispositions du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme, le plan d'occupation des sols fixe de façon détaillée les droits d'usage des sols et de construction»*.

Le POS vise à (Art.31 loi 90-29):

- Fixer de façon détaillée pour le ou les secteurs concernés, la forme urbaine, l'organisation, les droits de construction et d'utilisation des sols;
- Définir la quantité minimale et maximale de construction autorisée exprimée en mètre carré de plancher hors œuvre ou en mètre cube de volume bâti, les types de constructions autorisés et leurs usages;
- Déterminer les règles concernant l'aspect extérieur des constructions;
- Délimiter l'espace public, les espaces verts, les emplacements réservés aux ouvrages publics et installations d'intérêt général ainsi que les tracés et les caractéristiques des voies de circulation;
- Définir les servitudes;
- Précise des quartiers, rues, monuments et sites à protéger, à rénover et à restaurer;
- Localiser les terrains agricoles à préserver et à protéger.

Ilse traduit par (Art.32 loi 90-29; Guerroudj, 2017):

1) **Un règlement**, contenant:
   - La note de présentation, dans laquelle sera justifiée la compatibilité des dispositions du POS avec celles du PDAU ainsi que le programme retenu pour la ou les communes concernées en fonction de leurs perspectives de développement;
   - La partie de règles, fixant pour chaque zone homogène et en tenant compte des dispositions particulières applicables à certaines parties du territoire, telles que définies au chapitre IV de la loi n°90-29, la nature et la destination des constructions autorisées ou celles interdites, les droits de construire attachés à la propriété du sol exprimés par le coefficient d'occupation du sol ainsi que le coefficient d'emprise au sol et toutes servitudes éventuelles.

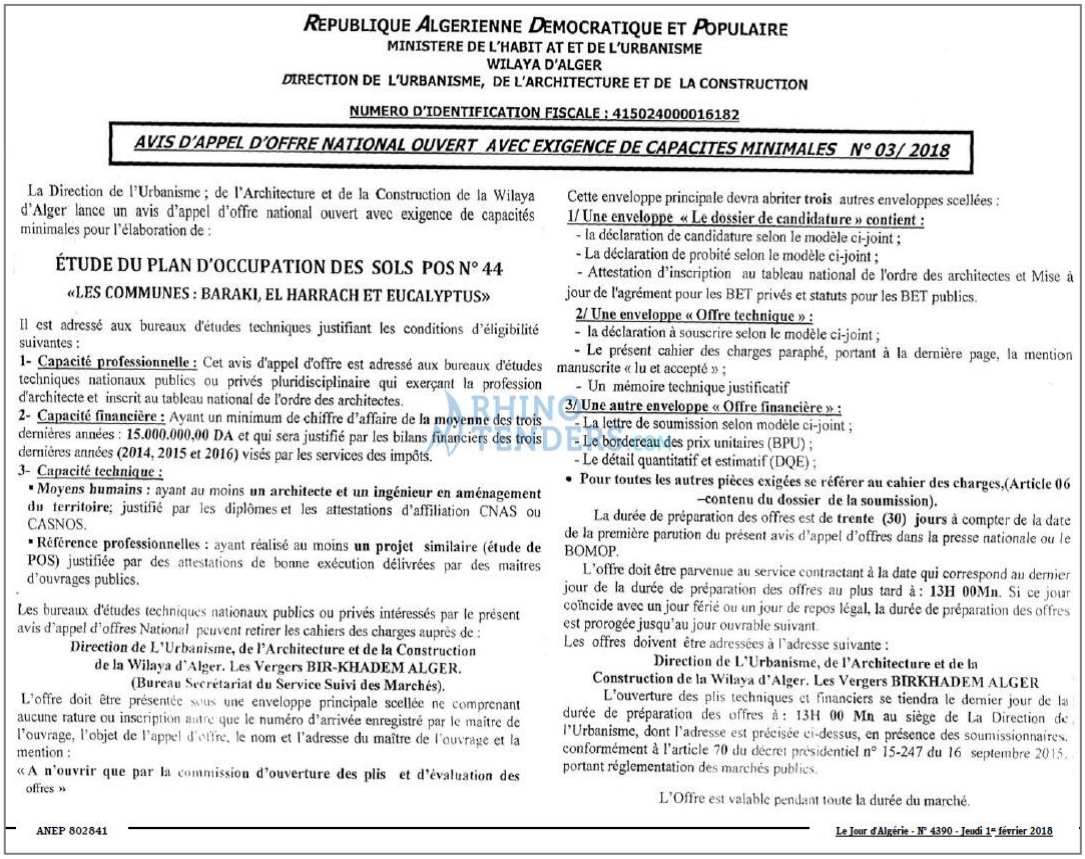
Ainsi, le règlement précise:

- Les conditions de l'occupation de sols liées aux accès et voiries, aux dessertes par les réseaux, aux caractéristiques des terrains, à l'implantation des constructions par rapport aux voies et emprises publiques, à l'implantation des constructions par rapport aux limites séparatives, à l'implantation des constructions les unes par rapport aux autres sur une même propriété, à la hauteur des constructions, à l'aspect extérieur, au stationnement et aux espaces libres et plantations;
- La nature des ouvrages et des équipements publics ainsi que leur implantation;
- L'identification des voiries et réseaux divers à la charge de l'État tels que définis dans le PDAU et ceux à la charge des collectivités locales ainsi que l'échéancier de leur réalisation.

2) **Des documents graphiques**, englobant:

- Un plan de situation;
- Un plan topographique;
- Une carte délimitant les zones exposées aux risques naturels et technologiques, accompagnée de rapports techniques y afférents, ainsi que les risques majeurs découlant du plan général de prévention;
- Un plan de l'état de fait faisant ressortir le cadre bâti actuel ainsi que les voiries, les réseaux divers et les servitudes existantes;
- Un plan d'aménagement général qui détermine: les zones réglementaires homogènes, l'implantation des équipements et ouvrages d'intérêt général et d'utilité publique, le tracé des voiries et réseaux divers en mettant en évidence ceux à la charge de l'État tels que définis par le PDAU et ceux à la charge des collectivités locales, les espaces qui de par leur spécificité sont à préserver;
- Un plan de composition urbaine contenant notamment les éléments du règlement, accompagné d'une axonométrie illustrant les formes urbaines et architecturales souhaitées pour le ou les secteurs considérés.

Annexe N: Avis d'appel d'offre national pour la révision des POS d'El Harrach



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'HABIT AT ET DE L'URBANISME
WILAYA D'ALGER
DIRECTION DE L'URBANISME, DE L'ARCHITECTURE ET DE LA CONSTRUCTION

NUMERO D'IDENTIFICATION FISCALE : 415024000016182

AVIS D'APPEL D'OFFRE NATIONAL OUVERT AVEC EXIGENCE DE CAPACITES MINIMALES N° 03/ 2018

La Direction de l'Urbanisme ; de l'Architecture et de la Construction de la Wilaya d'Alger lance un avis d'appel d'offre national ouvert avec exigence de capacités minimales pour l'élaboration de :

ÉTUDE DU PLAN D'OCCUPATION DES SOLS POS N° 44

«LES COMMUNES : BARAKI, EL HARRACH ET EUCALYPTUS»

Il est adressé aux bureaux d'études techniques justifiant les conditions d'éligibilité suivantes :

1- Capacité professionnelle : Cet avis d'appel d'offre est adressé aux bureaux d'études techniques nationaux publics ou privés pluridisciplinaire qui exerçant la profession d'architecte et inscrit au tableau national de l'ordre des architectes.

2- Capacité financière : Ayant un minimum de chiffre d'affaire de **la moyenne** des trois dernières années : **15.000.000,00 DA** et qui sera justifié par les bilans financiers des trois dernières années **(2014, 2015 et 2016)** visés par les services des impôts.

3- Capacité technique :

- ***Moyens humains :*** ayant au moins **un architecte et un ingénieur en aménagement du territoire;** justifié par les diplômes et les attestations d'affiliation CNAS ou CASNOS.
- **Référence professionnelles :** ayant réalisé au moins **un projet similaire (étude de POS)** justifiée par des attestations de bonne exécution délivrées par des maitres d'ouvrages publics.

Les bureaux d'études techniques nationaux publics ou privés intéressés par le présent avis d'appel d'offres National peuvent retirer les cahiers des charges auprès de :

Direction de L'Urbanisme, de l'Architecture et de la Construction de la Wilaya d'Alger. Les Vergers BIR-KHADEM ALGER.
(Bureau Secrétariat du Service Suivi des Marchés).

L'offre doit être présentée sous une enveloppe principale scellée ne comprenant aucune rature ou inscription autre que le numéro d'arrivée enregistré par le maître de l'ouvrage, l'objet de l'appel d'offre, le nom et l'adresse du maître de l'ouvrage et la mention :

« **A n'ouvrir que par la commission d'ouverture des plis et d'évaluation des offres** »

Cette enveloppe principale devra abriter **trois** autres enveloppes scellées :

1/ Une enveloppe « Le dossier de candidature » contient :
- la déclaration de candidature selon le modèle ci-joint ;
- La déclaration de probité selon le modèle ci-joint ;
- Attestation d'inscription au tableau national de l'ordre des architectes et Mise à jour de l'agrément pour les BET privés et statuts pour les BET publics.

2/ Une enveloppe « Offre technique » :
- la déclaration à souscrire selon le modèle ci-joint ;
- Le présent cahier des charges paraphé, portant à la dernière page, la mention manuscrite « lu et accepté » ;
- Un mémoire technique justificatif

3/ Une autre enveloppe « Offre financière » :
- La lettre de soumission selon modèle ci-joint ;
- Le bordereau des prix unitaires (BPU) ;
- Le détail quantitatif et estimatif (DQE) ;

- **Pour toutes les autres pièces exigées se référer au cahier des charges,(Article 06 –contenu du dossier de la soumission).**

La durée de préparation des offres est de **trente (30) jours** à compter de la date de la première parution du présent avis d'appel d'offres dans la presse nationale ou le BOMOP.

L'offre doit être parvenue au service contractant à la date qui correspond au dernier jour de la durée de préparation des offres au plus tard à : **13H 00Mn**. Si ce jour coïncide avec un jour férié ou un jour de repos légal, la durée de préparation des offres est prorogée jusqu'au jour ouvrable suivant.

Les offres doivent être adressées à l'adresse suivante :

Direction de L'Urbanisme, de l'Architecture et de la Construction de la Wilaya d'Alger. Les Vergers BIRKHADEM ALGER

L'ouverture des plis techniques et financiers se tiendra le dernier jour de la durée de préparation des offres à : **13H 00 Mn** au siège de La Direction de l'Urbanisme, dont l'adresse est précisée ci-dessus, en présence des soumissionnaires, conformément à l'article 70 du décret présidentiel n° 15-247 du 16 septembre 2015, portant réglementation des marchés publics.

L'Offre est valable pendant toute la durée du marché.

ANEP 802841

Le Jour d'Algérie - N° 4390 - Jeudi 1er février 2018

Source: Le Jour d'Algérie-N°3490, 2018.

Annexe O: Possibilité de la prise en charge de la réduction des émissions de carbone des ménages par le PDAU d'Alger

Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU)			
Composants du PDAU		**Intégration de la réduction des émissions de carbone**	**Supports complémenatires**
Rapport d'orientation	**Diagnostic de la situation actuelle du territoire d'Alger et de ses besoins de développement**	-Évaluer la vulnérabilité d'Alger aux impacts du changement climatique; -Inclure une analyse approfondie des émissions de carbone; -Identifier les principaux postes d'émission; -Déterminer le potentiel de réduction en fonction des spécificités locales; -Définir des objectifs quantifiés de réduction à l'échelle locale.	/
	Orientations pour son aménagement et son urbanisme	-Encourager la création des zones urbaines bas-carbone; -Favoriser l'exploitation des énergies renouvelables; -Promouvoir une densification urbaine adaptée à la capacité de charge des zones concernées; -Développer des quartiers mixtes; -Percevoir les espaces verts et bleus comme des puits de carbone, capables de capter et de stocker le CO_2 présent dans les milieux urbains; -Préserver les espaces verts et bleus.	
Réglement	**Affection dominante des sols et nature des activités**	-Inclure des prescriptions visant à favoriser les usages des sols qui minimisent les déplacements motorisées, en privilégiant, par exemple, le développement des zones résidentielles proches des services et des commerces; -Inclure des prescriptions visant à promouvoir les infrastructures pour les modes de transport doux (pistes cyclables, voie piétonne, etc.); - Interdire ou limiter les activités à forte empreinte carbone dans certaines zones.	/
	Densité générale exprimée par le COS	-Encourager une densité de population optimale permettant de réduire les besoins en transport et en énergie, tout en promouvant des modèles de densification urbaine qui soutiennent les systéme de chauffage et de refroidissement collectifs énergétiquement plus efficace.	
	Servitudes à maintenir, à modifier ou à créer	-Introduire des servitudes écologiques qui obligent à maintenir des espaces verts, des forêts urbaines ou des installations de production d'énergie renouvelable.	
	Périmètres d'intervention des POS	-Inclure des références explicites aux stratégies de réduction des émissions de carbone dans les termes de référence des périmètres d'intervention, en identifiant des zones spécifiques pour des objectifs pilotes de bâtiments bas-carbone ou des initiatives de transport collectif écologique.	
	Localisation et nature des grands équipements, des infrastructures, des services et des activités	-Prioriser les infrastructures et les services qui contribuent à la réduction des émissions de carbone, comme les réseaux de transport en commun électrifiés, les stations de recharge pour les véhicules électriques et les réseaux de chaleur urbains alimentés par des énergies renouvelables.	
	Zones et terrains exposés aux risques naturels	-Prendre en compte la réduction des émissions de carbone dans les stratégies de résilience climatique, en encourageant des solutions basées sur la nature pour la protection contre les risques tout en limitant les émissions, telles que les parcs et les zones humides qui capturent le carbone.	
	Périmètres de protection des zones et des terrains exposés aux risques technologiques	-Établir des périmètres de protection qui tiennent compte non seulement des risques technologiques, mais aussi de la capacité de ces zones à soutenir des pratiques à faible émission de carbone.	
	Zones sismiques	-Introduire des normes de construction qui renforcent à la fois les bâtiments contre les tremblements de terre et réduisent leur empreinte carbone, comme l'utilisation des matériaux à faible émissions de carbone et l'intégration des technologies de construction passives.	
	Risques majeurs, plan général de prévention et plans particuliers d'intervention	-Intégrer des objectifs de réduction des émissions de carbone dans les plans généraux de prévention et les plans particuliers d'intervention, en prévoyant à titre d'exemple des actions pour limiter les émissions de carbone en cas de catastrophe.	
	Conditions de construction particulières	-Inclure des exigences spécifiques pour les constructions à faible émission de carbone, comme l'utilisation des matériaux de construction durables et biosourcés, des normes énergétique strictes ou l'obligation d'intégrer des sources d'énergie renouvelable dans les nouvelles constructions.	
Documents graphiques	**Plan d'état de fait**	-Identifier les bâtiments existants avec des performances énergétiques faibles et les zones à forte densité de circulation automobile; -Cartographier les infrastructures de transport en commun existantes et prévoir des améliorations pour encourager leur utilisation.	Plan local de réduction des émissions de carbone.
	Plan d'aménagement	-Privilégier le développement de quartiers compacts et bien desservis par les transports en commun, réduisant la dépendance à l'automobile; -Intégrer des normes d'efficacité énergétique pour les nouvelles constructions; -Préserver les espaces verts et agricoles qui peuvent jouer un rôle dans la séquestration du carbone, tout en évitant l'étalement urbain.	
	Plan de servitudes	-Créer des servitudes pour l'installation des infrastructures énergétiques renouvelables (parcs solaires, éoliennes) et des corridors pour les transports en commun, contribuant à la réduction des émissions de carbone.	
	Plan d'équipement	-Prioriser les infrastructures facilitant les déplacements à faible émission de carbone et les réseaux d'énergie renouvelable; -Rationaliser la gestion des déchets et des eaux; -Optimiser la localisation des services publics; -Intégrer des bâtiments bas-carbone.	
	Plan des zones exposées aux risques naturels et technologiques	-Intégrer des critères de résilience climatique, en anticipant les impacts du changement climatique sur les infrastructures existantes et futures; -Délimiter les zones soumises à des risques climatiques (inondations, canicules, etc.) et les secteurs prioritaires pour l'adaptation.	

Source: Auteur, 2023.

Annexe P: Possibilité de la prise en charge de la réduction des émissions de carbone des ménages par le POS

Plan d'Occupation des Sols (POS)				
Composants du POS			**Intégration de la réduction des émissions de carbone**	**Supports complémenatires**
Réglement	**Note de présentation**		-Inclure une section justifiant la manière dont les dispositions du POS contribuent à la réduction des émissions de carbone des ménages. Cette justification pourrait s'appuyer sur des actions spécifiques, telles que l'encouragement à l'utilisation de matériaux de construction durables et biosourcés, la promotion des énergies renouvelables dans les habitations et l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments.	/
	Nature et destination des constructions		-Introduire des dispositions favorisant les constructions bas-carbone, ce qui pourrait inclure des incitations pour la construction des bâtiments passifs, à énergie positive ou régénératifs; -Imposer des normes de performance énergétique et d'utilisation des énergies renouvelables pour les constructions neuves et rénovées.	
	Droit de construire		-Ajuster les coefficients d'occupation et d'emprise au sol afin de favoriser les constructions qui minimisent l'empreinte carbone.	
	Conditions d'occupation des sols	**Accès et voiries**	-Favoriser les infrastructures qui réduisent les émissions de carbone, comme les pistes cyclables, les voies piétonnes ou les bornes de recharge pour les véhicules électriques. Ces infrastructures devraient être intégrées aussi dans le plan de voiries.	
		Caractéristiques des terrains	-Encourager l'aménagement de terrains de manière à optimiser la performance énergétique des constructions, par exemple en oriantant les bâtiments pour maximiser l'apport solaire passif.	
		Caractéristiques des constructions	-Imposer un seuil maximal d'émission pour les nouvelles constructions; -Imposer des normes énergétiques plus strictes pour les constructions neuves et existantes, notamment dans les zones résidentielles; -Encadrer l'aspect extérieur des constructions pour favoriser la conception bioclimatique et l'intégration des énergies renouvelables; -Améliorer l'isolation thermique des bâtiments; -Limiter l'utilisation des matériaux de construction ayant un processus de production industrielle lourd; -Inclure des obligations de végétalisation des toits et/ou des murs; -Introduire des critéres pour la hauteur des bâtiments qui prennent en compte l'optimisation de la performance énergétique.	
		Stationnement et espaces libres	-Inclure des obligations environnementales dans les servitudes définies par le POS, telles que la limitation de l'imperméabilisation des sols et l'obligation des exigences de perméabilité pour les zones de stationnement; -Définir des règles de stationnement limitant le nombre de places de stationnement et favorisant les mobilités alternatives (vélos, covoiturage, etc.); -Limiter le nombre de places de stationnement; -Augmenter le nombre de quartier sans voiture; -Promouvoir la végétalisation des espaces libres; -Imposer des coefficients de végétalisation minimum pour les nouvelles constructions; -Promouvoir les pratiques agricoles durables qui réduisent les émissions de carbone.	
	Nature des ouvrages et des équipements publics		-Prioriser les infrastructures publiques qui réduisent les émissions de carbone, telles que les systèmes de chauffage urbain à basse émission, les réseaux de transport en commun écologiques, les bâtiments publics équipés de panneaux solaires et de systéme de gestion d'énergie, etc.	
	Identification des voiries et réseaux divers		-Prévoir des obligations de raccordement aux réseaux de chaleur et de froid, lorsqu'ils existent; -Promouvoir la création des réseaux d'infrastructure verte, notamment les systèmes de gestion des eaux pluviales et les corridors écologiques; -Encourager l'installation d'équipements de production des énergies renouvelables; -Imposer des exigences en matière de production des énergies renouvelables; -Établir des directives pour la gestion des déchets, en encourageant essentiellement le compostage; -Mettre en place des normes pour la gestion durable des ressources hydriques, notamment des eaux pluviales; -Instaurer des incitations financières (taxes, subventions, etc.) pour favoriser les solutions bas-carbone.	
Documents graphiques	**Cartes délimitant les zones exposées aux risques naturels et technologiques**		-Inclure une cartographie des zones vulnérables aux impacts du changement climatique, telles que les zones exposées aux inondations ou aux vagues de chaleur, afin de limiter ou d'encadrer les constructions dans ces zones.	- Plan de mobilité durable; - Carte des infrastructures énergétiques; - Plan de gestion des eaux pluviales; - Plan de rénovation énergétique des bâtiments existants; - Plan de réduction des émissions de carbone des ménages.
	Plan de l'état de fait		-Évaluer l'efficacité énergétique des bâtiments et des infrastructures existants en proposant des actions pour l'amélioration de cette efficacité afin de réduire les émissions de carbone; -Identifier les zones de dynamiques énergétiques homogènes; -Évaluer le potentiel d'exploitation des énergies renouvelables à l'échelle des îlots.	
	Plan d'aménagement général		-Définir les zones prioritaires pour l'installation des technologies bas-carbone; -Encourager la construction des bâtiments bas-carbone; -Prévoir des zones dédiées à l'agriculture urbaine et aux espaces verts.	
	Plan de composition urbaine		-Intégrer des règles de constructions et d'aménagement bas-carbone; -Introduire des simulations ou des projections d'impact GES pour chaque action d'aménagement proposés.	
	Plan de situation		/	
	Plan topographique		/	

Source: Auteur, 2023.

Annexe Q: Article publié

International Journal of Innovative Studies in Sociology and Humanities
ISSN 2456-4931 | Open Access | Volume 7, Issue 6, 2022
DOI: https://doi.org/10.20431/2456-4931.0706001

Mapping El Harrach (Algeria) into Local Climate Zones by GIS Methods

Asma Bouattou[1], Aissa Mahimoud[2], Alkama Djamel[3]

[1]Department of Architecture, University of SalahBoubnider- Constantine 3, Algeria.
[2]Department of Architecture, University of Salah Boubnider- Constantine 3, Algeria.
[3]Department of Architecture, University 08 Mai 1945 Guelma, Algeria.

Abstarct

It becomes necessary to develop an urban climate diagnostic tool, in order to improve the urban planning approaches, as well as the conception of new projects at the micro-scales. The development of this tool requires an urban understanding of each block. This study aims to classify the El Harrachblocks, by applying the "Local Climate Zones" approach, and using the Geographic Information System (GIS) methods. Thus, within the framework of this study, we will test the adaptability of this approach on El Harrach. The results show that this approach seems to be in agreement with our aims; while taking into account certain particular conditions. It will also allow us to provide the precise details on the urban knowledge of each block, which could beused as a basis for strategic studies, that help the actors of the agglomeration in the implementation, the monitoring and the evaluation of environmental and energy policies.

Key words: Environmental changes, local climate zones, urban block, geographic information system, El Harrach.

INTRODUCTION

We are living inan unprecedented period. Urbanization and anthropogenic activities contribute to climate change through changes in the Earth's atmosphere, which can lead to unexpected extreme and disastrous events (Betsill and Bulkeley, 2007).

Indeed, cities, neighbourhoods and urban blockshave extremely diverse morphological featuresthat affect the urban climate (Oke and Maxwell, 1975). It is now becoming strategic to deepen the understanding of the urban blocks' morphology and function, in order to develop rational urbanization approaches; allowing to mitigate the deleterious effects of urbanization and to support urban resilience (Cordeau, 2014).

For this purpose, Stewart and Oke have developed a climate-based classification system of urban and rural sites at local scale, named"Local Climate Zones" (LCZs). It aims to standardizethe description of surface conditions in urban and rural areas, and to facilitate the communication of site metadata; and the interdisciplinary transfer of urban climate knowledge (Stewart and Oke, 2012). This system is internationally recognized (Landes et al., 2020). It is qualified as an international referencefor the classification of urban and rural areas. LCZ maps become an emergenttoolin urban climate research. They potentially provide an objective framework for the assessment of urban form and function (Verdonck et al., 2017).

The urban climate community strongly supported this approach (Mhedhbi and Hidalgo 2017). Several studies have demostrated its importance and adaptability to the different contexts and countries of the World, such as: Villadiego et al. (2012) on Barranquilla (Colombia), Unger et al. (2014) on Szeged (Hungary), IAU îdF (2014) on the Île-de- France (cited by Cordeau, 2014), Mhedhbi and Hidalgo (2017) on the MENA area (Middle East and North Africa), Yihan et al. (2018) on Shanghai (China), Landes et al. (2020) on Strasbourg.

In this research, our case study focuses on the agglomeration of El Harrach. We will classify its blocks into LCZ types based on their geometric and land cover properties. This classification will allow us tofully understand the morphological characteristics of each block, its environmental impact and its vulnerability.

PRESENTATION OF CASE STUDY

The agglomeration of El Harrachcovers an area of 9.42 km^2. It is located in the Eastern suburbs of Algiers, around 14 km from the Capital. This agglomeration is divided into two parts by the banks of the El Harrach River. It is characterized by a warm, humid summer climate and a mild winter climate (Dib, 1993), as well as by a flat relief with slopes ranging from 0 to 3% (Figure 1).

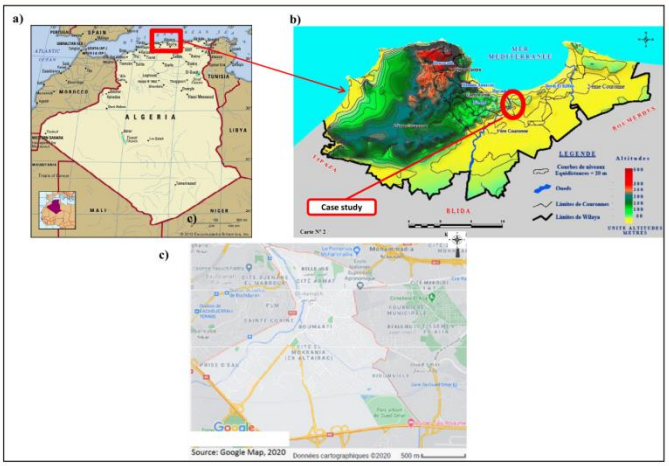


Figure 1. Geographical location of El Harrach: a) Geographial location of Algeria ; b) Algiers topography map ; c) Boundaries of El Harrach.(Source : https://www.britannica.com/; INCT cited by Tabti-Talamaliand Safar Zitoun, 2009 ; Google Map, 2020).

Within the framework of the review of Algiers urban planning and development master plan (approved in 2016), and through its strategic location, the agglomeration of El Harrachwas part of a large-scale territorial development project; that covers five agglomerations: El Harrach, Baraki, Gue de Constantine, Bourouba and the Eucalyptus (Figure 2). The intersection of these agglomerations represents the entrance and urban articulation of the Capital. Moreever, it is formed with the agglomerations of Bab Ezzouar and OuedSmar, the future competitiveness Algiers' cluster (Figure 3), mainly focused on building an attractive urban offer (Parque Expo, 2011).

However, El Harrach is most vulnerable to global warming because of (Bouattou, 2016): (i) its unfavourable climatic and geographic conditions, which restrict its natural ventilation and promote the capture of heat and pollution, (ii) unsustainable development practices and (iii) the concentration of anthropogenic activities that contribute to intense greenhouse gases emissions, such as: industry, transport and building. This critical situation could affect its attractiveness, environmental quality and comfort over the medium and long-term.

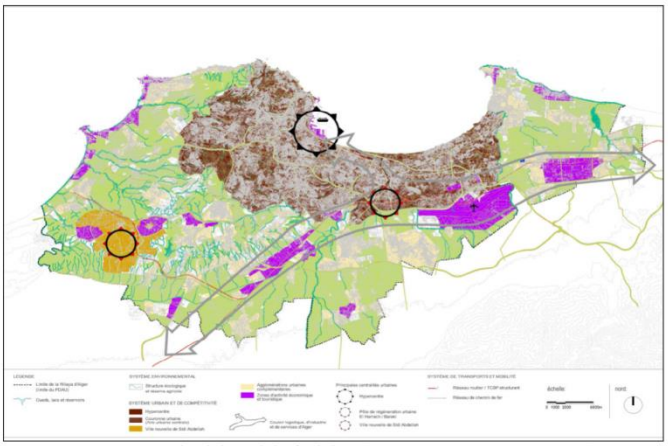


Figure 2. Territorial model of Algiers.(Source :Parque EXPO, 2011).

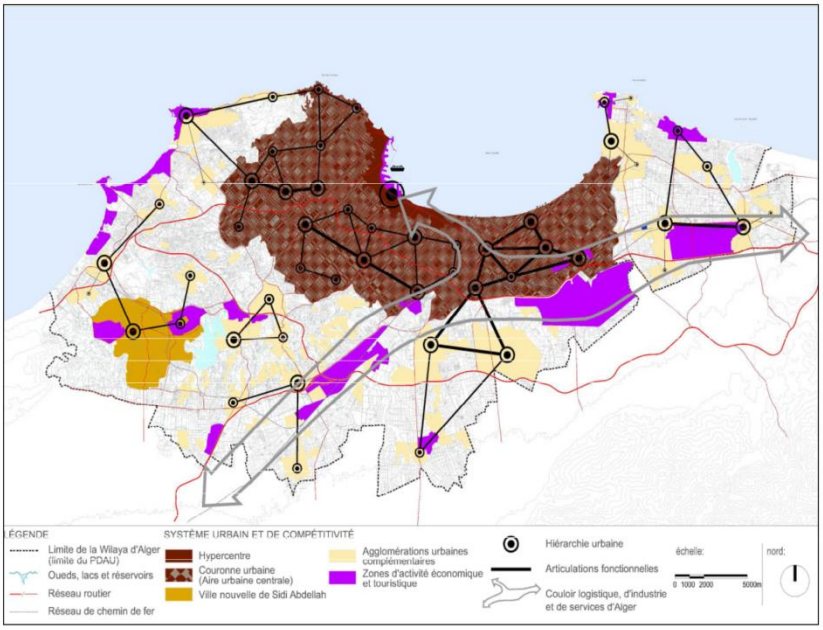


Figure 3. Urban system and competitiveness of Algiers. (Source :Parque EXPO, 2011).

METHODS AND MATERIALS

Local Climate Zones

Local climate zones are defined as uniform areas of surface cover (pervious and impervious), surface structure (height and density), building materials (heavy and light-weight) and anthropogenic activity (heat output)that span hundreds of meters to several kilometersin horizontal scale (Stewart and Oke, 2012).

Each LCZ exhibits a characteristic geometry and land cover that generates a specific local climate undercalm and clear sky (Stewart and Oke 2009). According to these characteristics, urban and rural areas are classified into 17 standard LCZs classes: 10 "built types" classes (1 – 10) and 7 "land cover types" classes (A- G) (Table 1). Built types consist of constructed features on a predominant landcover, which is paved for compact zones and low plants or scattered trees for open areas (Cordeau 2016).

This classification is mainly based on measurable physical properties which are nonspecific as to place or time. These properties characterize the surface geometry and cover, the construction materials and the anthropogenic heat emissions (Table 2).

Consequently, 17 illustrative LCZ datasheets have been generated. These sheets allow urban climate investigators to classify uniformly and effectively the landscapes and field sites (Stewart and Oke, 2012 Landes et al., 2020).

The LCZ classification system allows standardizing urban temperature observations. It also provides a basic package of urban climate, especially for: urban planners, architects, ecologists and engineers (Stewart et al., 2018). However, the LCZ system is inherently generic; it cannot capture the specifics of each urban and rural area. Its vision of the landscape universe is very reductionist and, like all classifications, its descriptive and explanatory abilities are limited (Stewart and Oke, 2012).

Table 1. Local Climate Zones (LCZ) classification system(Stewart andOke,2012).

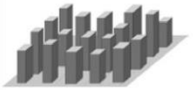
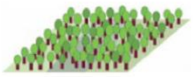
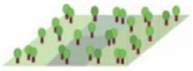
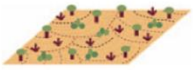
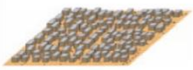
Built types	Definition	Land cover types	Definition
1. Compact high-rise 	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	A. Dense trees 	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
2. Compact midrise	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	B. Scattered trees 	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
3. Compact low-rise	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	C. Bush, scrub 	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
4. Open high-rise	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	D. Low plants	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
5. Open midrise	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	E. Bare rock or paved	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
6. Open low-rise	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	F. Bare soil or sand	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
7. Lightweight low-rise 	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	G. Water	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
8. Large low-rise	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	**VARIABLE LAND COVER PROPERTIES**	
		Variable or ephemeral land cover properties that change significantly with synoptic weather patterns, agricultural practices, and/or seasonal cycles.	
9. Sparsely built	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	*b. bare trees*	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
		s. snow cover	Snow cover >10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
10. Heavy industry	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	*d. dry ground*	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		w. wet ground	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

Table 2. Physical properties characterizing the elements of the LCZ system (Stewart andOke, 2012).

Geometric and surface cover properties	Skyview factor
	Aspect ratio
	Building surface fraction
	Impervious surface fraction
	Pervious surface fraction
	Height of roughnesselements
	Terrain roughness class
Thermal, radiative, and metabolic properties	Surface admittance
	Surface albedo
	Anthropogenicheat output

Classification of El Harrach's blocks into Local Climate Zones –LCZ

The LCZ classification uses blocks metadata and satellite images to producedata about the surface's physical properties. These data constitute the type of each block, using a typology based on the local climate zone schema (Table 1). To create the climate zones of El Harrach by the classification of its blocks, we proceeded with the following steps:

Step 1: Delimitation and digitization of blocks on Google Earth Pro

We define and digitize the boundaries for each morphologically homogenous block in the El Harrach agglomeration, by using Google Earth Pro (Figure 4). Then they were saved in ".kml" file format, which was imported as shapefile to ArcGIS.

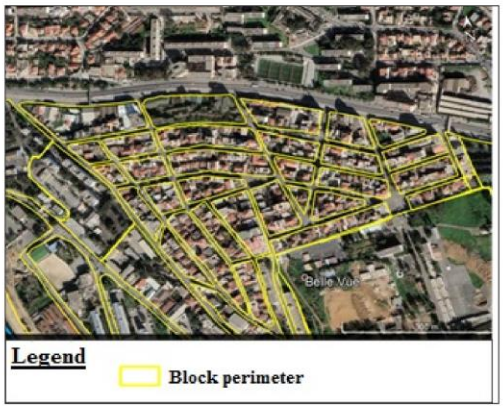


Figure 4. Delimitation and digitization of El Harrach's blocks

Step 2: Collect blocks metadata

Due to the lack of dataon thermal, radiative and metabolic properties in El Harrach, the geometrical properties and land cover metadata, of each block, are collected in this study. This collect is based on: (i) Our in-situ surveys; (ii) Satellite images (Google Earth Pro, Geopedia and Satellites.pro) and (iii) land use and building height maps; provided by: the urban planning and development master plan of Algiers 2016, the El Harrach City Hall and the Algerian-Korean design office.

Step 3: Calculation of geometric and land cover properties

In the present study, we calculated for each block six (06) fromthe seven (07) geometric and land cover properties, initially proposed by Stewart and Okein their classification system (Table 3). These properties are determined with vector and raster GIS methods, using mainly the collected data.

It is important to note that due to the complexity of calculating the sky view factor, which requires a combination of multiple software and a 3D database of each block's construction, this parameter was omitted from this study.

Indeed, the properties calculated in this work are:

a) Geometric properties:

– Aspect ratio
– Height of roughness elements
– Terrain roughness class

b) Surface cover properties:

– Building surface fraction
– Impervious surface fraction
– Pervious surface fraction

Table 3. Values of geometric and surface cover properties for local climate zones(Stewart and Oke, 2012).

Local climate zone (LCZ)	Sky view factor[a]	Aspect ratio[b]	Building surface fraction[c]	Impervious surface fraction[d]	Pervious surface fraction[e]	Height of roughness elements[f]	Terrain roughness class[g]
LCZ 1	0.2–0.4	> 2	40–60	40–60	< 10	> 25	8
Compact high-rise							
LCZ 2	0.3–0.6	0.75–2	40–70	30–50	< 20	10–25	6–7
Compact midrise							
LCZ 3	0.2–0.6	0.75–1.5	40–70	20–50	< 30	3–10	6
Compact low-rise							
LCZ 4	0.5–0.7	0.75–1.25	20–40	30–40	30–40	>25	7–8
Open high-rise							
LCZ 5	0.5–0.8	0.3–0.75	20–40	30–50	20–40	10–25	5–6
Open midrise							
LCZ 6	0.6–0.9	0.3–0.75	20–40	20–50	30–60	3–10	5–6
Open low-rise							
LCZ 7	0.2–0.5	1–2	60–90	< 20	<30	2–4	4–5
Lightweight low-rise							
LCZ 8	>0.7	0.1–0.3	30–50	40–50	<20	3–10	5
Large low-rise							
LCZ 9	> 0.8	0.1–0.25	10–20	< 20	60–80	3–10	5–6
Sparsely built							
LCZ 10	0.6–0.9	0.2–0.5	20–30	20–40	40–50	5–15	5–6
Heavy industry							
LCZ A	<0.4	>1	<10	<10	>90	3–30	8
Dense trees							
LCZ B	0.5–0.8	0.25–0.75	<10	<10	>90	3–15	5–6
Scattered trees							
LCZ C	0.7–0.9	0.25–1.0	<10	<10	>90	<2	4–5
Bush, scrub							
LCZ D	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	<1	3–4
Low plants							
LCZ E	>0.9	<0.1	<10	>90	<10	<0.25	1–2
Bare rock or paved							
LCZ F	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	< 0.25	1–2
Bare soil or sand							
LCZ G	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	–	1
Water							

[a] Ratio of the amount of sky hemisphere visible from ground level to that of an unobstructed hemisphere
[b] Mean height-to-width ratio of street canyons (LCZs 1–7), building spacing (LCZs 8–10), and tree spacing (LCZs A–G)
[c] Ratio of building plan area to total plan area (%)
[d] Ratio of impervious plan area (paved, rock) to total plan area (%)
[e] Ratio of pervious plan area (bare soil, vegetation, water) to total plan area (%)
[f] Geometric average of building heights (LCZs 1–10) and tree/plant heights (LCZs A–F) (m)
[g] Davenport et al.'s (2000) classification of effective terrain roughness (z_0) for city and country landscapes. See Table 5 for class descriptions

Table 4. *Davenport classification of effective terrain roughness (Davenport, 2000).*

Davenport class	Roughness length, z_0 (m)	Landscape description	LCZ correspondence
1. Sea	0.0002	Open water, snow-covered flat plain, featureless desert, tarmac, and concrete, with a free fetch of several kilometers.	E, F, G
2. Smooth	0.0005	Featureless landscape with no obstacles and little if any vegetation (e.g., marsh, snow-covered or fallow open country).	E, F
3. Open	0.03	Level country with low vegetation and isolated obstacles separated by 50 obstacle heights (e.g., grass, tundra, airport runway).	D
4. Roughly open	0.10	Low crops or plant covers; moderately open country with occasional obstacles (e.g., isolated trees, low buildings) separated by 20 obstacle heights.	7, C, D
5. Rough	0.25	High crops, or crops of varying height; scattered obstacles separated by 8 to 15 obstacle heights, depending on porosity (e.g., buildings, tree belts).	5–10, B, C
6. Very rough	0.5	Intensely cultivated landscape with large farms and forest clumps separated by 8 obstacle heights; bushland, orchards. Urban areas with low buildings interspaced by 3 to 7 building heights; no high trees.	2, 3, 5, 6, 9, 10, B
7. Skimming	1.0	Landscape covered with large, similar-height obstacles, separated by 1 obstacle height (e.g., mature forests). Dense urban areas without significant building-height variation.	2, 4
8. Chaotic	≥ 2	Landscape with irregularly distributed large obstacles (e.g., dense urban areas with mix of low and high-rise buildings, large forest with many clearings).	1, 4, A

Source: Davenport et al. (2000)

- The aspect ratio was estimated from the average of the heights of the built elements on the average of the widths of the roads delimiting the block.
- The height of the roughness elements was determined from the El Harrach building height map.
- The impervious surface fraction was calculated from the ratio of the open impervious areas to the total area of the block.
- The building surface fraction was estimated from the ratio between the built-up areas and the total area of the block.
- The pervious surface fraction was calculated from the ratio of permeable open areas to the total area of the block.
- The terrain roughness class was determined by applying the Davenport roughness classification method (Table 4).

Step 4: Select the local climate zone

Based on the properties calculated in step 3, these values were compared to the standard LCZ classes, presented in Table 3. However, for certain blocks, the estimated values do not completely correspond to the standards. In this case, according to Stewart and Oke (2012): « the process of selecting a best-fit class becomes one of interpolation rather than straight matching».We have therefore classified these blocks bylooking attheir surface cover fractions,and identify the nearest LCZ classes.

RESULTS AND DISCUSSIONS

We havestudied 527 blocks; forming the agglomeration of El Harrach. These blocks have been classified and mapped to LCZ classes (figure 5).

The results showed that the agglomeration of El Harrach contains different LCZ classes. The predominant class is LCZ3 (Compact low-rise). However, LCZ1 class (compact high-rise) does not exist. It is important to note that military zones and construction sites have not been classified.

Thus, from this classification, we found that the calculated values of the geometric and surface cover properties mainly correspond to the standard LCZ classes giving in table 3.Nevertheless,some differences were noted in LCZ 10, LCZ 7 and certain LCZ 2; LCZ 3; LCZ 4; LCZ 8 . Thesedifferences are presented in table 5.

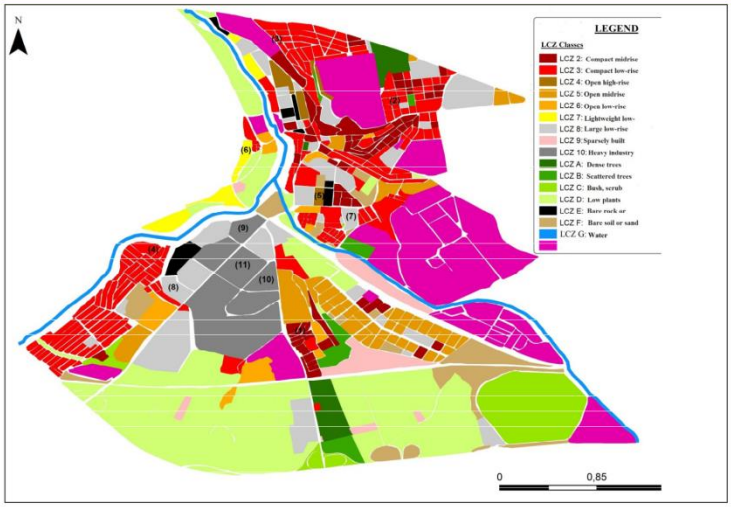


Figure 5. Local climate zones classification map of ElHarrach

For example:

- LCZ10 (Heavy industry): Its building surface fractionis higher than the upper limit.
- LCZ 7 (Lightweight low-rise): Its building surface fraction is under the lower limit.
- LCZ3 (compact low-rise): Its impervious surface fraction is lower than the inferior limit.

Table 5. Values of geometric and surface cover properties of some local climate zone in El Harrach

Classes LCZ		Aspect ratio	Height of roughness elements (m)	Terrain roughness class	Building surface fraction(%)	Impervious surface fraction (%)	Pervious surface fraction (%)
LCZ 2	Reference zone	0,75-2	10-25	6-7	40-70	30-50	< 20
	(1)	1,5	12,75	7	93,06	3,5	3,44
LCZ3	Reference zone	0,75-1,5	3-10	6	40-70	20-50	< 30
	(2)	0,9	10	6	84,37	9,38	6,25
	(3)	0,9	9	6	90,29	3,26	6,45
	(4)	1,4	10	6	85,85	11,01	3,14
LCZ4	Reference zone	0,75-1,25	> 25	7-8	20-40	30-40	30-40
	(5)	1	31,5	7	17,15	75,23	7,62
LCZ7	Reference zone	1-2	2-4	4-5	60-90	< 20	< 30
	(6)	0,6	7,5	4	38,88	34,43	26,69
LCZ8	Reference zone	0,1-0,3	3-10	5	30-50	40-50	< 20
	(7)	0,1	4,5	5	18,28	77,72	4
	(8)	0,2	6	5	30,04	68,15	1,81
LCZ10	Reference zone	0,2-0,5	5-15	5-6	20-30	20-40	40-50
	(9)	0,1	40	6	30,66	46,77	22,57
	(10)	0,2	5	6	32,05	58,02	9,93
	(11)	0,2	5	6	43,45	51,54	5,01

Villadiego et al., in their study about the classification of Barranquilla (Colombia) into LCZ in 2012. Indeed, the results of this research confirmed the adaptability of Stewart and Oke's referential classification to the case study. They have shown that there are values which correspond to the referential standards, as there are some deviations. For example, some LCZ1 in Barranquilla have an aspect ratio higher than the upper limit (Villadiego, 2012).

In the same context and in order to guide the selection for the LCZ class, Stewart and Oke (2012) have mentioned that the collected or estimated metadata should lead researchers to the best, not necessarily exact, match of their field sites with LCZ classes. If an appropriate match still cannot be found, they should acknowledge this fact and highlight the major difference(s) between their site and its nearest equivalent LCZ.

The differences between the standard LCZ classes and the estimated values have been also reported by

Furthermore, by comparing the LCZ classification map elaborated (Figure 5) with the El Harrach's land use map in 2005 (Figure 6), established by Bakour in 2006, we have observed the increase of urbanization in fertile areas by the construction of the building due to the high pressure of urban development.

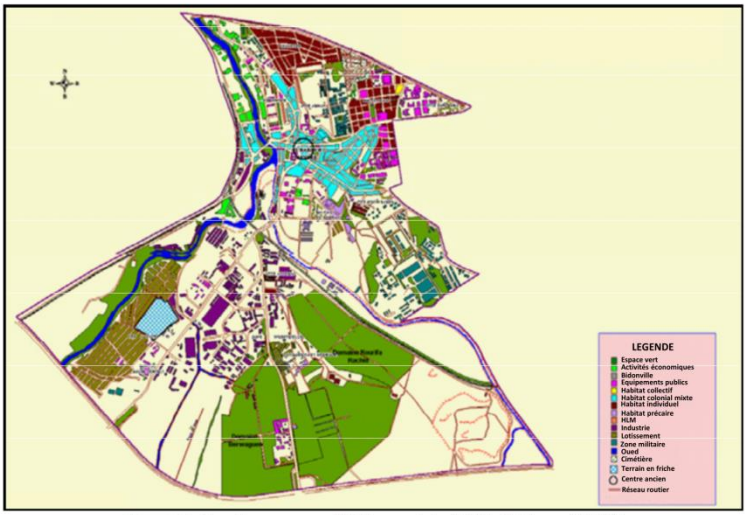


Figure 6. Land use map of El Harrach in 2005 (Bakour, 2006).

CONCLUSION

In this study, we determined the LCZ types in the agglomeration of El Harrach by using six geometric and surface cover properties; among the seven ones defined by Stewart and Oke (2012). The mapping of these classes showed that the agglomeration of El Harrachhas diverse LCZ classes, the most dominant is LCZ3 (Compact low-rise). Thus, this research allowed us to confirm the adaptability of this classification system to different countries and urban contexts, without ignoring the particularities of each context. It is important to note that the correspondence between blocks and LCZ classes will vary according to physical and cultural changes in the landscape, especially in active urban blocks where land clearance and development occur. Updating LCZ designations is crucial for these blocks. Sites situated on the edge of cities where urban growth and environmental change are rapid, or in the cores of cities where land redevelopment and large –scale greening projects are taking place, should be surveyed and classified after each operation.

Furthermore, the LCZ classification can meet the basic requirement in urban climate studies; through a standardized description of surface structure, function and cover. It can improve the description of surface conditions in urban and rural areas, as well as facilitate the process of site selection and metadata reporting.

This classification can be used to characterizethe environmental and climatic issues in urban areas. It can also support low environmental impact urban planning and development projects.

ABBREVIATIONS

INCT National Institute of Cartography and Teledetection

Kml KeyholeMarkupLanguage

LCZ Local Climate Zones

GIS Geographic Information System

REFERENCE

1. BAKOUR M. (2006),*La question de renouvellement urbain à Alger : Cas de la commune d'El Harrach*, Mémoire de Magister, USTHB, Alger, 193p.
2. BETSILL M., BULKELEY H. (2007), *Looking back and thinking ahead: A decade of cities and climate change research, Local Environment*,The International Journal of Justice and Sustainability, pp. 447 -456.https://www.semanticscholar.org/paper/Looking-Back-and-Thinking-Ahead%3A-A-Decade-of-Cities-Betsill-Bulkeley/a5c1664b18a691a79ceb506fe4e923c134c3642f
3. BOUATTOU A. (2016),*Stratégies de rafraîchissement urbain à Alger pour l'adaptation climatique des communes thermiquement vulnérables*, Mémoire de Magister, EPAU, Alger, 165p.
4. CORDEAU E.(2014), *La vulnérabilité de la ville à la chaleur par l'approche zones climatiques locales*, Note rapide n°661, IAU-îdf, France.https://www.iau-idf.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1103/NR_661_web.pdf
5. CORDEAU E. (2016),*Les îlots morphologiques urbains (IMU)*, IAU îdF, France,120p.https://www.iau-idf.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1270/Les_ilots_morphologiques_urbains.pdf
6. DIB M. N. (1993),*Les zones climatiques, recomandations architecturales*, ENAG, Alger, 18 p.
7. LANDES T. et *al.*(2020),*Création de cartes de zones climatiques locales pour le suivi des îlots de chaleur urbains à Strasbourg*,Revue XYZ, n° 163, 2e trimestre, pp. 53-61.https://www.researchgate.net/publication/344024583_Creation_de_cartes_de_zones_climatiques_locales_pour_le_suivi_des_ilots_de_chaleur_urbains_a_Strasbourg
8. MHEDHBI Z., HIDALGO J. (2017),*Bases de données urbaines pour la modélisation climatique des villes: cartographie en zones climatiques locales d'un panel de villes de la zone MENA*,XXXème colloque de L'association Internationale de Climatologie, Université de Sfax, Tunisie, 7p.https://www.researchgate.net/publication/319767825_BASES_DE_DONNEES_URBAINES_POUR_LA_MODELISATION_CLIMATIQUE_DES_VILLES_CARTOGRAPHIE_EN_ZONES_CLIMATIQUES_LOCALES_D'UN_PANEL_DE_VILLES_DE_LA_ZONE_MENA
9. OKE T. R., MAXWELL G. B.(1975),*Urban Heat Island Dynamics in Montreal and Vancouver*,Atmospheric Environment, pp. 191-200.
10. PARQUE EXPO (2011),*PDAU d'Alger ; Rapport d'orientation*, Alger, 158p.
11. STEWART I. D., OKE, T. R.(2009),*Classifying urban climate field sites by local climate zones: the case of Nagano*, Japan,Seventh International Conference on Urban Climate, Yokohama, 29 Juin – 3 Juillet,Japon: 5p.http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended_abstracts/pdf/385055-1-090515165722-002.pdf
12. STEWART I. D., OKE T.R.(2012),*Local Climate Zones for urban temperature studies*,Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 93, Issue 12, pp. 1879 -1900. https://www.researchgate.net/publication/258607564_Local_Climate_Zones_for_Urban_Temperature_Studies
13. STEWART I. D. et *al.*(2018),*Evaluation of the 'local climate zone' scheme using temperature observations and model simulations*,International Journal of climatology,Volume34, Issue 4, pp. 1062-1080.
14. TABTI- TALAMALI A. ET SAFAR ZITOUN M.(2008), *La mobilité urbaine dans l'agglomération d'Alger : évolutions et perspectives, étude de cas*, Rapport définitif, Banque Mondiale, Alger, 108p.http://mc3.lped.fr/IMG/pdf/mobilite_urbaine_alger_fr.pdf
15. Unger et *al.*(2014), *Local Climate Zone mapping using GIS methods in Szeged*,Hungarian Geographical Bulletin 63, pp. 29 - 41.https://ojs.mtak.hu/index.php/hungeobull/article/view/2877/2152

16. VERDONCK M.L. et *al.*(2017), *Influence of neighbourhood information on 'Local Climate Zone' mapping in heterogeneous cities,*International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 62, pp. 102-113.

17. VILLADIEGO B.K.(2012),*L'intérêt de la classification de la forme urbaine par « Local Climate Zones - LCZ » dans l'étude de microclimat urbain : Application à la ville de Barranquilla*,Les Cahiers du Développement Urbain Durable, UNIL, Université de Lausanne, Suisse, pp. 139- 152. https://www.unil.ch/files/live/sites/ouvdd/files/shared/URBIA/urbia_hors_serie/Decoupe_10.pdf

18. YIHAN W. et *al.*(2018) ,*Mapping building carbon emissions within local climate zones in Shanghai*,CUE2018-Applied Energy Symposium and Forum 2018, Low carbon cities and urban energy systems, 5 - 7 June 2018, Shanghai, China, Energy Procedia, pp. 815 - 822.https://www.researchgate.net/publication/328756654_Mapping_building_carbon_emissions_within_local_climate_zones_in_Shanghai

Citation: *Asma Bouattou, Aissa Mahimoud. et al. Mapping El Harrach (Algeria) into Local Climate Zones by GIS Methods. Int J Innov Stud Sociol Humanities. 2022;7(6):01-11. DOI: https://doi.org/10.20431/2456-4931.0706001.*

Copyright: © *2022 The Author(s). This open access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license.*

Nom et Prénom : Asma BOUATTOU

Titre: Bilan carbone des ménages urbains comme outil d'orientation d'une planification U urbaine à faible impact climatique. Cas des îlots morphologiques urbains -El-Harrach (Alger)

Thèse en vue de l'Obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences en Architecture

Résumé

Le calcul du bilan carbone s'impose aujourd'hui comme une nécessité impérieuse dans un contexte global où les enjeux climatiques occupent une place centrale dans les préoccupations internationales. L'urgence de la situation mondiale incite les pays à quantifier précisément leurs émissions de gaz à effet de serre afin de mieux cibler les stratégies de réduction. L'Algérie, bien que considérée comme un pays à faible émissions, n'échappe pas à cette dynamique planétaire. En tant que signataire de l'Accord de Paris, elle s'est engagée à réduire ses émissions de gaz à effet de serre et à intégrer cette réduction dans ses politiques nationales, avec pour objectif une transition énergétique progressive et un renforcement de la résilience climatique. Toutefois, il est largement admis que la réalisation des objectifs globaux de réduction ne peut se concrétiser sans une mobilisation accrue à l'échelle locale. Cette approche décentralisée permet d'adapter les politiques climatiques aux spécificités locales et contextuelles. À cet égard, l'échelle domestique joue un rôle crucial, en raison de l'importance des émissions directes et indirectes liées aux modes de consommation, aux pratiques énergétiques et aux habitudes de mobilité des ménages.

Dans ce cadre, il devient indispensable d'outiller les acteurs locaux, notamment les collectivités locales, afin de mesurer, analyser et réduire les émissions domestiques. La présente thèse s'inscrit dans cette perspective en se concentrant sur l'estimation du bilan carbone des ménages, l'identification des principales sources de ces émissions et la proposition d'une batterie d'actions concrètes de réduction, ciblant ces sources. El Harrach a été retenue comme cas d'étude, en raison de sa dynamique urbaine, de son potentiel de développement, ainsi que de sa vulnérabilité au réchauffement climatique. L'outil choisi pour quantification du bilan carbone des ménages à El Harrach est le calculateur en ligne "*Carbon Footprint Calculator"*, réputé par sa méthode hybride alliant l'analyse des flux et l'analyse du cycle de vie. Ce calculateur se distingue par sa couverture globale, prenant en compte tous les pays du monde.

Les résultats obtenus révèlent des disparités notables des émissions de carbone des ménages, largement influencées par leur profil socio-économique. Les principales sources d'émissions identifiées sont la consommation d'énergie domestique, la forte dépendance à la voiture individuelle pour les déplacements, ainsi que les comportements de consommation de biens et de services. Cette recherche mis en exergue l'importance d'agir sur ces sources d'émissions en proposant des actions ciblées et concrètes de réduction. L'intégration de ces actions dans le processus de la planification urbaine locale reconstitue un levier stratégique pour renforcer la résilience climatique et contribuer aux objectifs globaux de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Mots clés : Bilan carbone, ménage, réchauffement climatique, gaz à effet de serre, planification urbaine locale, El Harrach.

Directeur de thèse : Aissa MAHIMOUD - Université de Constantine 3
Co-directeur de thèse : Djamel ALKAMA - Université de Guelma

Année Universitaire : 2025-2026