

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة صالح بونيدر
قسنطينة 3
Université
Salah Bounider
Constantine 3

UNIVERSITE DE CONSTANTINE 3

FACULTE DE GENIE DES PROCEDES
DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE

N° d'ordre :
Série :

Mémoire de Master

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

Thème

**Effet de CO₂ et d'un mélange de gaz sur l'activité
sonochimique : Etude théorique**

Dirigé par :

Dr. Slimane MEROUANI
Grade: MCA

Présenté par :

Nour El Houda GUERNANE
Ahlem HAMIDECHI

Année Universitaire 2016/2017
Session juin

TABLE DES MATIERES

Liste des Figures.....	1
Liste de Tableaux	3
INTRODUCTION	4
Références	6

CHAPITRE I

POLLUTION DES EUX : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT, PROCEDES DE TRAITEMENT ET SONOCHIMIE

I.1 Introduction	7
I.2.Procédés de traitement des effluents industriels	8
I.3.Procédés d'oxydation avancés (POA).....	9
I.3.1. Définitions et principes de base	9
I.3.2 Classification des procédés d'oxydation avancés	10
a. Procédés d'oxydation en phase homogène	10
b. Photolyse homogène.....	11
c. Photocatalyse hétérogène	11
d. Radiolyse	11
e. Procédés électrochimiques d'oxydation	11
f. Sonochimie	11
I.4. Ultrasons	12
I.4.1. Cavitation	13
I.4.2. Cavitation acoustique	13
a. Cavitation stable	14
b. cavitation transitoire	14
I.4.3. Paramètres influençant la cavitation acoustique	16
a. fréquence des ultrasons	16
b. Température du liquide	16
c. Intensité	16
d. Pression extérieur	17
I.4.4.Modélisation de la cavitation acoustique	17
I.5. Sonochimie	18
I.5.1. Paramètres influençant la réaction sonochimiques	20
a. Puissance acoustique	20

b. Fréquence acoustique	20
c. Nature du solvant	21
d. Nature du gaz dissous	22
e. Influence de la température	22
I.6. Application de la sonochimie à la dépollution des eaux	23
I.7. Conclusion	25
Références	28

CHAPITRE II

EFFET DE CO₂ ET DU MELANGE CO₂/ARGON SUR L'ACTIVITE SONOCHIMIQUE DES BULLES ACOUSTIQUES

II.1. Introduction	30
II.2. Modèle	31
II.2.1. Modèle de la dynamique	31
II.2.2. Modèle de la cinétique chimique	32
II.2.3. Procédure de la simulation numérique	34
II.3. Résultats et discussion	36
II.3.1. Dynamique de la bulle	36
II.3.2. Cinétique chimique à l'intérieur de la bulle	40
II.3.3. Influence de la fréquence et l'intensité acoustique sur l'effet inhibiteur du CO ₂	41
II.3.4. Influence de la température sur l'effet inhibiteur du CO ₂	46
II.3.5. Influence de la pression statique sur l'effet inhibiteur du CO ₂	48
II.3.6. Influence du mélange CO ₂ /Argon sur l'activité Sonochimique	53
II.4. Conclusion	57
Références	59
CONCLUSION GENERALE	61

RESUME

Ce travail avait pour objectif l'étude théorique de l'effet de CO₂ et d'un mélange de gaz sur l'activité sonochimique des bulles acoustiques. Le modèle employé combine la dynamique d'oscillation d'une bulle de cavitation acoustique avec une cinétique chimique consistant en une série de 35 réactions chimiques réversibles se produisant dans la bulle au moment de son implosion. L'influence de plusieurs paramètres opératoire tels que la fréquence des ultrasons (20–1100 KHz), l'intensité acoustique (0,5–1 W/cm²), la température de liquide (20–50°C) et le type de gaz saturant le liquide (Air, CO₂ et argon+CO₂) sur la vitesse de production des HO[•] et H₂ à été examinée. Pour les deux gaz de saturation (air et CO₂), les résultats des simulations ont montré que le radical HO[•] et l'hydrogène (H₂) sont les constituants les plus abondants dans la bulle. La vitesse de production de ces espèces augmente avec l'augmentation de l'intensité acoustique et diminue lorsque la fréquence, la température du liquide et la pression statique augmentent. Cependant, le CO₂ exerce un effet inhibiteur très notable sur la production des HO[•] et d'H₂. Le pourcentage d'inhibition augmente avec l'augmentation de la fréquence et la diminution de l'intensité acoustique. Par ailleurs, la saturation de l'eau par un mélange argon/CO₂ peut améliorer significativement la production de des HO[•] et d'H₂. Un optimum de pourcentage de CO₂ auquel la vitesse de production est maximale est observé. Cet optimum est décalé vers des pourcentages faibles en augmentant la température du liquide ou en diminuant l'intensité acoustique.

Mots-clés : Sonochimie, Cavitation acoustique, Gaz de saturation, Effet inhibiteur de CO₂.

ملخص

هذا العمل يهدف الى الدراسة النظرية لتأثير ثاني أكسيد الكربون وخليط من الغاز على النشاط الصوتي الكيميائي للفقاعات الناتجة عن التجويف الصوتي للماء. النموذج النظري المستعمل لإجراء هذه الدراسة يجمع بين ديناميك ذبذبة الفقاعة ونموذج للحركية الكيميائية و المرتكز على سلسلة مكونة من 35 تفاعل كيميائي عكس داخل الفقاعة أثناء انهيارها الداخلي. تمت دراسة تأثير العوامل التجريبية: تردد الموجات فوق الصوتية (20-1100 KHz)، شدة الموجات فوق الصوتية (0.5-1 W/cm²)، درجة حرارة السائل (20-50 درجة مئوية) وطبيعة الغاز المشبع للسائل (الهواء، ثاني أكسيد الكربون وخليط ثاني أكسيد الكربون والارغون) على سرعة إنتاج جذور HO[•] والهيدروجين (H₂). بالنسبة لكل من غازي التشبع (هواء، ثاني أكسيد الكربون)، المحاكاة العددية بينت أن جذور HO[•] والهيدروجين (H₂) هي المكونات الأكثر وفرة في الفقاعة. معدل إنتاج هذه الأنواع يزداد مع ازدياد شدة الصوت وينقص بمجرد ارتفاع التردد، درجة حرارة السائل والضغط الخارجي. ومع ذلك، يمارس CO₂ تأثير كابح بشكل كبير على إنتاج HO[•] والهيدروجين. النسبة المئوية للكبح تزداد مع زيادة ونيرة تردد الموجات فوق الصوتية ونقصان شدتها. علاوة على ذلك، تشبع الماء بخليط من الغاز مكون من ثاني أكسيد الكربون والارغون يمكنه تحسين وبشكل ملحوظ إنتاج جذر HO[•] والهيدروجين. القيمة الحدية لثاني أكسيد الكربون تؤول الى النسب المتدنية بمجرد ارتفاع درجة حرارة السائل وانخفاض شدة الامواج فوق الصوتية.

الكلمات المفتاحية: النشاط الصوتي الكيميائي، التجويف الصوتي، الغاز المشبع، تأثير ثاني أكسيد الكربون.