

Effet d'une Matrice Naturelle sur la Décoloration Sonochimique de l'Acid Blue 25

Houria Ghodbane, Oualid Hamdaoui

Résumé

Au cours du XX^{ème} siècle, les rejets domestiques et industriels ont grandement contribué à la dégradation de l'environnement. Ces diverses pollutions ne sont pas sans impact sur le milieu naturel et la santé humaine. Le développement et la mise en place de procédés performants de traitement des eaux ont donc été nécessaires pour limiter au maximum les rejets des polluants dans le milieu aquatique.

La pollution des eaux par les colorants organiques engendre un certain nombre de problèmes écologiques, qui augmentent du fait que la plupart sont difficiles à éliminer par les techniques classiques de traitement. Actuellement, les progrès les plus récents dans le traitement des eaux ont été faits dans les procédés d'oxydation avancés (POA) qui apparaissent comme des techniques plus performantes pour la destruction des polluants organiques bioréfractaires présents dans les effluents industriels. Ces procédés sont basés sur la production in situ d'un oxydant très puissant, le radical hydroxyle $\cdot\text{OH}$, qui réagit avec la matière organique pour conduire à sa minéralisation. Parmi ces techniques, la sonochimie, un procédé très récent basé sur le phénomène de cavitation, apparaît comme un procédé adapté aux traitements des composés organiques récalcitrants. L'implosion de ces cavités va fournir l'énergie nécessaire pour induire des transformations chimiques et physiques du milieu.

Houria Ghodbane, Laboratoire de Génie de l'Environnement, Département de Génie des Procédés, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Université d'Annaba, BP 12, 23000 Annaba
E-mail: hiba_ghodbane@yahoo.fr

Oualid Hamdaoui, Laboratoire de Génie de l'Environnement, Département de Génie des Procédés, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Université d'Annaba, BP 12, 23000 Annaba
E-mail: ohamdaoui@yahoo.fr

Dans ce travail, il est proposé d'étudier l'effet d'une matrice naturelle sur la décoloration sonochimique de l'Acid Blue 25 (un colorant anionique) à 1700 kHz. Les résultats obtenus montrent que les milieux naturels favorisent la décoloration sonochimique.

Mots clés : Traitement des eaux, Sonochimie, Décoloration, Colorant anionique.

1- INTRODUCTION

En l'espace d'un siècle, la consommation mondiale d'eau a considérablement augmenté. Estimée à 400 milliards de m³ en 1900, elle s'élevait à 7000 milliards de m³ en 2001. Les prélèvements d'eau pour l'ensemble des industries représentent 32 % du volume total prélevé sur la ressource en eau et les traitements industriels sont encore à l'heure actuelle responsable de la moitié des rejets ponctuels de pollution organique dans le milieu naturel, auxquels s'ajoutent les pollutions du secteur agricole et des rejets urbains.

L'organisation mondiale de la santé (OMS) estime que 80 % des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau. Depuis quelques années, des efforts sont déployés pour le développement de procédés moins consommateurs d'eau, le recyclage de l'eau dans les procédés existants, la modernisation des systèmes d'exploitation, etc. Malheureusement, on estime qu'encre à l'heure actuelle la grande majorité des eaux polluées ne sont pas acheminées vers une station d'épuration, mais évacuée dans le milieu naturel.

Les effluents des usines de fabrication des colorants et des industries qui les consomment sont fortement colorés et caractérisés par une demande chimique en oxygène (DCO) élevée. Les colorants réduisent la pénétration de la lumière du soleil dans les eaux du milieu récepteur, retardent la photosynthèse et sursoient la croissance de la flore aquatique. Les colorants peuvent également engendrer des effets très néfastes dans les eaux lorsqu'ils subissent une dégradation anaérobie dans les sédiments, du fait de la formation d'amines très toxiques issues de leur dégradation incomplète par les bactéries. Le déversement direct des eaux usées chargées en colorants dans les usines municipales d'eaux usées et/ou dans l'environnement peut entraîner la formation de produits de décomposition cancérogènes.

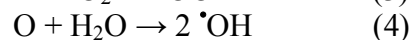
C'est dans l'intention de développer des techniques de traitement rapides, moins onéreuses et plus adaptées aux composés organiques réfractaires ou toxiques que les procédés d'oxydation avancés (POA) ont vu le jour. Les POA sont des techniques de traitement faisant appel à des intermédiaires radicalaires très réactifs, particulièrement les radicaux hydroxyles (HO^\bullet) à température ambiante. Le développement des POA pour le traitement des eaux contaminées par les matières organiques, est une tentative de tirer avantage de la non sélectivité et de la rapidité de réaction des HO^\bullet . Les radicaux libres HO_2^\bullet et leur base conjuguée $\text{O}_2^{\bullet -}$ sont également utilisés dans les processus de dégradation, mais ces radicaux sont moins réactifs que les radicaux hydroxyles.

Les radicaux hydroxyles ont été choisis parmi l'ensemble des oxydants les plus puissants susceptibles d'être appliqués à la dépollution des eaux, car ils répondent à un ensemble de critères d'exigence : (a) ne pas induire de pollution secondaire, (b) ne pas être toxique, (c) ne pas être corrosif pour les équipements, (d) être le plus rentable possible, (e) être relativement simple à manipuler.

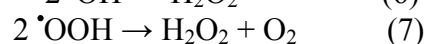
Parmi les POA, la sonochimie, un procédé très récent basé sur le phénomène de cavitation, apparaît comme une technique adaptée aux traitements des composés organiques récalcitrants. La sonochimie de

l'eau est centrée sur le phénomène de cavitation: lorsqu'une onde de pression périodique est appliquée à un liquide, il y a création et évolution de bulles de cavitation. Soumises aux fluctuations de pression, ces bulles vont croître (dégazage de la solution et vaporisation des solutés et du solvant) puis s'effondrent brutalement (1/1 000 000 de seconde).

Au stade final de l'implosion de la bulle, la température atteint plusieurs milliers de degrés et la pression plusieurs centaines d'atmosphères; la bulle se comporte alors comme un réacteur multifonctions. Des radicaux (issus de la sonolyse de l'eau à l'intérieur de la bulle) sont éjectés dans le milieu où ils vont réagir avec les composés en solution [1] et avec d'autres espèces présentes (O_2 et H_2O), divers autres radicaux sont formés (réactions (1) - (5)) [2].



En l'absence de soluté, ces radicaux sont recombinaisonnés sous forme de peroxyde d'hydrogène qui est libérée dans le milieu (réactions (6) et 7)) [2].



Dans ce travail, il est proposé d'étudier l'effet d'une matrice naturelle sur la décoloration sonochimique de l'Acid Blue 25 (un colorant anionique) à 1700 kHz. Les résultats obtenus montrent que les milieux naturels favorisent la décoloration sonochimique.

Mots clés : Traitement des eaux, Sonochimie, Décoloration, Colorant cationique

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Réactifs

- Acid Blue25 (AB25)

Le colorant anthraquinonique employé, Acid Blue25 (AB25), fourni par Sigma-

Aldrich, a été employé sans purification. La formule de l'AB25 est $C_{20}H_{13}N_2NaO_5S$ et son poids moléculaire est de 416,39. La structure chimique de l'AB25 est présentée sur la Figure .1.

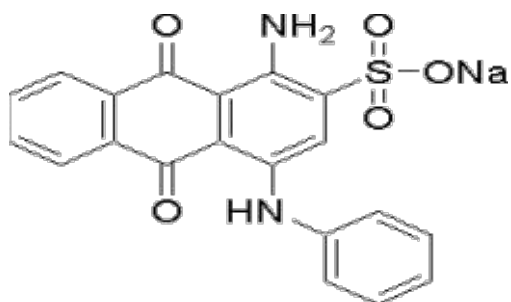


Figure .1. La structure chimique de l'AB25

- Eau minérale «Ifri» contient 265 mg/L d'hydrogencarbonate et son pH est de 7,2.

Dans cette étude, nous avons utilisé de l'eau distillée ayant un pH de 6,5 et une conductivité de 3 $\mu S/cm$.

2. 2. Méthodes

Les expériences ont été réalisées dans un réacteur cylindrique à double enveloppe de 215 mL de volume (Voir Figure.2.). Les irradiations ultrasonores sont émises par une céramique piézoélectrique (2 cm de diamètre) opérant à une fréquence de 1700 kHz, fixée au fond du réacteur. La température dans le réacteur est maintenue constante par recirculation d'un réfrigérant dans la double enveloppe. La puissance acoustique dissipée dans le réacteur est déterminée par la méthode calorimétrique est (14 W).

La concentration de l'Acid Blue25 a été déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible (JENWAY 6405) à 602 nm. Le volume de la solution irradiée est de 100 mL. Des cuves en verre de 1 cm de trajet optique ont été utilisées.

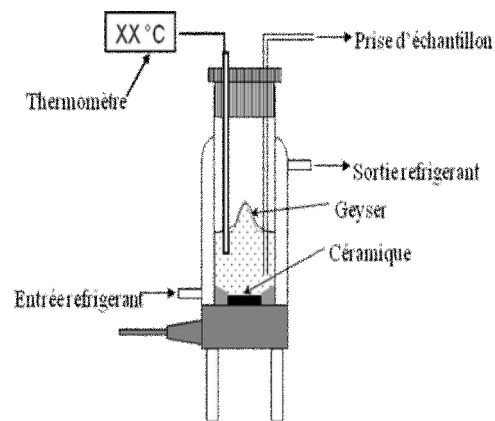


Figure .2. Schéma du réacteur ultrasonore opérant à très haute fréquence (1700 kHz).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Effet d'une matrice naturelle

Etant donné que les effluents industriels contenant des colorants sont chargés en sels, des essais de décoloration sonochimique de l'Acid Blue25 (50 mg/L) ont été réalisés en utilisant une eau minérale (Ifri). Les principales caractéristiques de ce dernier sont les suivants : pH = 7,2, $Ca^{2+} = 81 \text{ mg L}^{-1}$, $Mg^{2+} = 24 \text{ mg L}^{-1}$, $Na^+ = 15,8 \text{ mg L}^{-1}$, $Cl^- = 72 \text{ mg L}^{-1}$, $SO_4^{2-} = 53 \text{ mg L}^{-1}$, $HCO_3^- = 265 \text{ mg L}^{-1}$.

Les résultats obtenus, présentés sur la Figure .3. montrent que la vitesse de décoloration dans l'eau naturelle est plus rapide que celle obtenue dans l'eau distillée. Il semble que les sels contenus dans l'eau minérale favorisent la décoloration de l'Acid Blue25 par ultrasons de très haute fréquence. De plus, ces résultats plaident en faveur de l'applicabilité de la technique de décoloration sonochimique à 1700 kHz dans les effluents industriels réels.

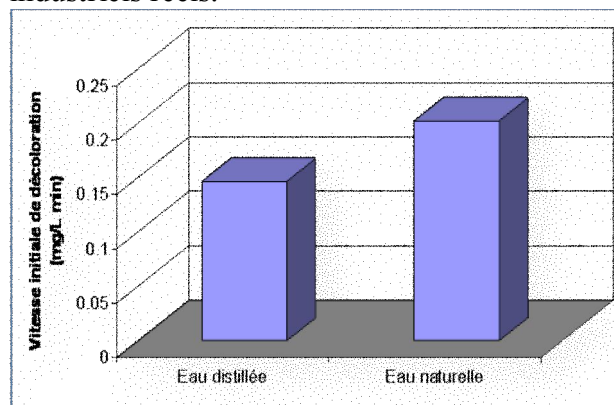


Figure .3. Décoloration sonochimique de l'AB25 dans les eaux distillée et naturelle

(Concentration= 50mg/L, Fréquence = 1700 kHz, Puissance = 14 W, Température= 20± 1°C, , pH ~ 6).

4. Conclusion

La dégradation sonochimique de l'Acid Blue25 menée dans les eaux distillée et naturelle montre que la dégradation est plus efficace dans l'eau naturelle par rapport à l'eau distillée.

References

- [1] T.J. Mason, C. Pétrier, Advanced oxidation processes for water and wastewater treatment, in: S. Parson (Ed.), Ultrasound Processes, IWA Publishing, London, 2004, pp. 185–208.
- [2] D.M. Marmion, Handbook of US Colorants. Foods, Drugs, Cosmetics and Medical Devices, third ed., Wiley, New York, 1991.