

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 44332 B1** (51) Cl. internationale : **C02F 3/32**
- (43) Date de publication : **28.10.2020**

- 
- (21) N° Dépôt : **44332**
- (22) Date de Dépôt : **25.12.2018**
- (71) Demandeur(s) : **UNIVERSITÉ SULTAN MOULAY SLIMANE (USMS), Présidence USMS BP 591, AV. IBN KHALDOUN, CP23000 Beni MELLAL (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **BENNAJAH MOUNIR ; ELKACMI REDA**
- (74) Mandataire : **ELKACMI REDA**

- 
- (54) Titre : **NOUVELLE CONCEPTION D'UN BIORÉACTEUR A BOUCLE EXTERNE POUR LE TRAITEMENT DES EFFLUENTS LIQUIDES**

- (57) Abrégé : Un procédé innovant de traitement biologique s'est montré très efficace et moins coûteux pour traiter différents polluants solubles et colloïdaux dans les rejets liquides agricoles, industriels et urbains. La présente invention consiste en un dispositif industriel qui permet la dégradation par voie biologique de la charge polluante organique des effluents. La technique a été testée avec succès dans le cas d'un rejet liquide à forte charge biologique. Le traitement a été réalisé en présence des microalgues. La dépollution des rejets dans le bioréacteur gazosiphon à boucle externe développé s'effectue en alimentation continue des rejets à traiter et par apport d'oxygénation, pour la première fois dans ce type d'appareil moyennant une ventilation. L'invention est axée sur l'administration d'une quantité importante de l'air ambiant contenant l'oxygène et le gaz carbonique nécessaires pour le traitement biologique en présence des microalgues. Cet apport est assuré pour la première fois dans ce type de réacteur par le billet d'une ventilation permettant de créer une dépression entre l'extérieur et l'intérieur du réacteur, ce qui permet d'acheminer un débit considérable d'air vers l'intérieur de l'appareil. Comparativement aux autres techniques de traitements appliqués dans des réacteurs similaires, le présent procédé s'est montré très avantageux en termes d'efficacité de traitement et de consommation énergétique. Pour le traitement du rejet d'origine agricole testé dans un appareil de 35 litres de capacité, une efficacité d'abattement de DCO de l'ordre de 87,35% et un taux de décoloration de l'ordre de 90,46 % ont été enregistrés pour une consommation énergétique de 0,8 W/kg DCOéliminé pendant 12 heures de traitement.

## **NOUVEAU BIOREACTEUR INNOVANT VENTILIFT A BOUCLE EXTERNE POUR LE TRAITEMENT DES EFFLUENTS LIQUIDES**

Reda ELKACMI<sup>1\*</sup> et Mounir BENNAJAH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Equipe Procédés Agro-Industriels et Environnementaux, Département de Chimie et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques de Béni-Mellal, Université Sultan Moulay Slimane, Béni-Mellal, Maroc

<sup>2</sup>Département Génie des Procédés, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Rabat (ENSMR), BP 753 Agdal, Rabat, Maroc

\*E-mail address: [redakcm@gmail.com](mailto:redakcm@gmail.com), [r.elkacmi@usms.ma](mailto:r.elkacmi@usms.ma)

### **Résumé :**

Un procédé innovant de traitement biologique s'est montré très efficace et moins coûteux pour traiter différents polluants solubles et colloïdaux dans les rejets liquides agricoles, industriels et urbains. La présente invention consiste en un dispositif industriel qui permet la dégradation par voie biologique de la charge polluante organique des effluents. La technique a été testée avec succès dans le cas d'un rejet liquide à forte charge biologique. Le traitement a été réalisé en présence des microalgues. La dépollution des rejets dans le bioréacteur gazosiphon à boucle externe développé s'effectue en alimentation continue des rejets à traiter et par apport d'oxygénation, pour la première fois dans ce type d'appareil moyennant une ventilation.

L'invention est axée sur l'administration d'une quantité importante de l'air ambiant contenant l'oxygène et le gaz carbonique nécessaires pour le traitement biologique en présence des microalgues. Cet apport est assuré pour la première fois dans ce type de réacteur par le billet d'une ventilation permettant de créer une dépression entre l'extérieur et l'intérieur du réacteur, ce qui permet d'acheminer un débit considérable d'air vers l'intérieur de l'appareil.

Comparativement aux autres techniques de traitements appliqués dans des réacteurs similaires, le présent procédé s'est montré très avantageux en termes d'efficacité de traitement et de consommation énergétique. Pour le traitement du rejet d'origine agricole testé dans un appareil de 35 litres de capacité, une efficacité d'abattement de DCO de l'ordre de 87,35% et un taux de décoloration de l'ordre de 90,46 % ont été enregistré pour une consommation énergétique de 0,8 W/kg DCO<sub>éliminé</sub> pendant 12 heures de traitement.

**Originalité et description détaillée :**

Le traitement de la matière organique et son élimination est une discipline importante du traitement des rejets liquides en raison du nombre important des polluants industriels « rejets » chargés en matière organiques. L'étude menée à mis le point sur plusieurs travaux scientifiques concernant le traitement de la matière organique par des procédés physiques, biologiques et chimiques. L'oxydation biologique reste une technique efficace permettant d'atteindre des rendements d'abattement importants compte tenu du faible coût opératoire. Dans la pratique industrielle, l'oxydation par oxygénation reste un moyen rentable pour la réduction de la matière organique en raison du coût relativement faible de l'exploitation des unités de traitement. La disponibilité de l'air et sa teneur en oxygène fait de l'oxygénation moyennant l'apport de l'air comprimé un procédé très répandu en industrie.

Dans ce cadre la présente invention consiste en un réacteur de traitement efficace pour la matière organique (DCO, DBO<sub>5</sub>, coloration, turbidité, conductivité, salinité....) n'imposant pas de compression d'air pour le traitement.

Le besoin en oxygène et en gaz carbonique nécessaires au traitement par voie biologique est assuré par ventilation. Le ventilateur dimensionné en fonction de la capacité de réacteur permet de créer une différence de densité entre l'intérieur et l'extérieur du réacteur, une alimentation en air ambiant est assurée moyennant un tube doté d'un distributeur au bout. L'air ambiant circule ainsi de l'extérieur vers l'intérieur du réacteur, le distributeur est placé à une hauteur optimale au fond du compartiment Riser, les bulles produites dans ce compartiment permettent de créer une différence de densité entre le compartiment Riser et Downcomer. Cette différence de densité provoque une circulation externe du polluant à l'intérieur de l'appareil ce qui permet une agitation interne hautement favorable pour le traitement. L'apport en air ambiant vers l'intérieur de l'appareil permet en plus de l'avantage hydrodynamique relatif à l'agitation, une alimentation du milieu biologique en oxygène et en gaz carbonique. L'oxygène active fortement la dégradation de la matière organique par oxydation alors que le gaz carbonique apporté se combine avec la fraction résultante de l'oxydation de la matière organique pour activer le développement in situ des microalgues. Le système de traitement étant exposé à l'ensoleillement, il est donc biologiquement efficace surtout si le procédé est réalisé dans un appareil fabriqué en vers ou en plexiglass, figure 1.

**Description de la géométrie du bioréacteur :**

- Le volume total du liquide dans le réacteur dépend de la hauteur  $h$  du liquide dans le séparateur, l'appareil peut donc fonctionner avec une capacité allant de 30 à 40 L. La hauteur du liquide dans cette zone est  $h=18$  cm, hauteur totale est  $H = 22$  cm.
- Le compartiment Riser de diamètre 23,3 cm à une hauteur de 134 cm subdivisé en deux parties :
  - $H_1= 109$  cm : hauteur de la section droite.
  - $H_3= 25$  cm : hauteur de la partie inférieure conique assurant la jonction entre les deux compartiments.
- Le compartiment Downcomer a un diamètre de 15,6 cm et une hauteur de l'ordre de  $H_1+H_4=169$  cm avec :
  - $H_4= 60$  cm hauteur de la partie inférieure du compartiment Downcomer reliant sa section droite à la section inclinée basse du réacteur.
- Le rapport des sections de ces deux compartiments ( $A_{\text{Downcomer}}/A_{\text{Riser}}$ ) est de 0,44. Ce rapport géométrique permet un fonctionnement optimal du bioréacteur pour le cas testé.
- La distance entre les axes verticaux des deux compartiments Riser et Downcomer est de 56 cm, cette distance est une valeur limite qui permet de bloquer la recirculation des bulles d'air du Riser vers le Downcomer.
- Les deux compartiments Riser et Downcomer sont reliés en bas par un tube incliné de diamètre 15,6 cm et de longueur 63,6 cm et qui constitue un prolongement du compartiment Downcomer.
- Le tube d'apport d'air est en acier inox de longueur 1 m, épaisseur 2 mm et de diamètre 5 cm. La position du tube introduit dans le compartiment Riser est variable. Dans notre cas, une valeur optimale  $H_2$  est trouvée suite à une étude d'optimisation.
- Deux distributeurs de bulles sont soudés à l'extrémité de tube inox, ils sont reliés avec un tube en T. Leur diamètre est de 3 mm, ils sont dotés chacun de 67 buses hautes pression.
- Un ventilateur à 9 pâles tournants à une vitesse de 1500 tr/min, cette vitesse permet de limiter les turbulences et assurer une agitation optimale moyennant un débit d'air de l'ordre de  $0,025$  m<sup>3</sup>/s.

- Un régulateur électrique raccordé à une source d'énergie renouvelable (panneau solaire ou éolienne) permet de produire une quantité d'énergie suffisante au fonctionnement du ventilateur d'extraction d'air.
- L'alimentation et le vidange du bioréacteur se fait en bas du réacteur au niveau de la section inclinée moyennant un robinet de vidange.
- La partie inférieure du compartiment Downcomer est reliée à une conduite de 4 cm de diamètre, s'élevant jusqu'au niveau du liquide dans le haut du chambre de séparation. Cette conduite est raccordée à un siphon, afin de maintenir un niveau stable de l'effluent dans le réacteur.

La vitesse d'agitation est un paramètre important à contrôler pour la conduite du procédé du traitement. La turbulence créée par la circulation du liquide devra être à sa valeur optimale permettant un maximum de rendement biologique. Une turbulence excessive s'est montrée défavorable pour le traitement et peut provoquer la dégradation d'une fraction des microalgues nécessaire au traitement. La vitesse de circulation des rejets dans l'appareil est directement liée à la différence de densité entre les deux compartiments :

$$U_{\text{Liquide}} = f(\rho_{\text{Riser}} - \rho_{\text{Downcomer}}) \quad (1)$$

$U_{\text{Liquide}}$  : Vitesse de liquide dans le réacteur.

$\rho_{\text{Riser}}$  : Masse volumique de liquide dans le compartiment Riser.

$\rho_{\text{Downcomer}}$  : Masse volumique de liquide dans le compartiment Downcomer.

Cette différence est provoquée par l'apport d'air ambiant au niveau de Riser, plus le compartiment Riser est chargé en bulles d'air (taux de vide ou rétention gazeuse) plus la différence de densité est importante et par conséquent la vitesse augmente.

La vitesse de circulation est liée à la vitesse de ventilation, la taille de ventilateur et ses pales et surtout la position de distributeur d'air dans le compartiment Riser. L'utilisation d'un ventilateur pour réaliser l'apport en air ambiant dans le réacteur permet au procédé de traitement un raccordement facile à une source d'énergie renouvelable. Dans ce cadre la ventilation dans notre réacteur se montre normalisée et le ventilateur est dimensionné conformément aux standards industriels ce qui est couramment utilisé. Ceci facilite l'augmentation d'échelle et permet à la ventilation dans ce procédé d'être indépendante du traitement. La vitesse de

circulation devient donc uniquement en fonction de la position de distributeur d'air ambiant. La position du distributeur est corrélée avec la vitesse de circulation de liquide selon la relation suivante :

$$U_{\text{Liquide, Downcomer}} = 8,24 * (h_{\text{disp}} / h_{\text{max}}) \quad (2)$$

$U_{\text{liquide, Down}}$  : Vitesse de liquide dans le compartiment Downcomer.

$h_{\text{disp}} = (H1+h) - H2$  : Hauteur de dispersion correspond à la hauteur de liquide au-dessus des distributeurs dans le compartiment Riser.

$h_{\text{max}} = H1+h=127$  cm : Hauteur maximum du dispersion correspondant à la position basse des électrodes dans le compartiment Riser.

Dans des procédés classiques du traitement utilisant les réacteurs gazosihons [1, 2], l'air ambiant est apporté moyennant un compresseur. Le remplacement du compresseur par un system de ventilation dans notre cas a dévoilé un avantage énergétique majeur. Ce qui a permis une applicabilité combinée du traitement utilisant des sources classiques d'énergie renouvelable, ce qui n'était pas économiquement viable dans le cas d'un système de traitement doté d'un compresseur à air surtout dans le cadre d'une applicabilité industriel.

### **Exemple d'application du bioréacteur pour le traitement et la détoxification des margines d'olive.**

Les margines, ou eaux de végétation issus de l'extraction de l'huile d'olive présentent une nuisance environnementale à savoir l'acidification du milieu naturel, la réduction de la fertilité du sol et la disparition de la vie aquatique. Pour cette raison, ces effluents ont été testés dans notre bioréacteur afin d'étudier l'élimination de la matière organique (DCO) et la coloration.

L'échantillon a été prélevé à partir d'un bassin de stockage dans une unité de trituration local fonctionnant en système continu. L'examen des caractéristiques de cet échantillon a montré un DCO initial de l'ordre de 4,68 g O<sub>2</sub>/l, DBO<sub>5</sub> d'environ 10,49 g O<sub>2</sub>/l et une absorbance (395 nm) correspondant à une coloration initiale de 9,15.

Le bioréacteur sujet d'invention utilisé pour le traitement des margines dans notre cas est celui représenté dans la figure 2. Le volume du rejet testé est de 35 l, il circule entre les deux compartiments de l'appareil véhiculé par une différence de densité générée par un débit d'air introduit de l'ordre de 0,025 m<sup>3</sup>/s. Cette valeur de débit correspond à une vitesse de ventilation

de 1500 tr/min. Cette valeur de débit d'air a été adoptée pour permettre d'un côté de créer une différence de densité suffisante entre les deux compartiments du réacteur et donc une agitation favorable pour le traitement (minimiser l'effet de la diffusion externe d'O<sub>2</sub>) et d'un autre côté, apporter et diffuser de l'oxygène dans la solution afin de dégrader la matière organique. En présence de CO<sub>2</sub> atmosphérique, l'énergie solaire et les sels dissous, le milieu de traitement devient favorable pour l'activité des microalgues (*Chlorella vulgaris*). Ces derniers consomment de la matière organique et libèrent de l'oxygène favorable pour la dégradation de la matière organique présente dans l'effluent à traiter.

Pour déterminer la vitesse optimale  $U_{\text{liquide,Down}}$  permettant le bon fonctionnement et assurant des meilleurs rendements de détoxification d'effluent, trois vitesses ont été testées correspondants aux trois positions de distributeur  $H_2=84,15$  cm,  $H_2'=63,5$  cm et  $H_2''=39,61$  cm équivalents aux hauteurs de dispersions  $h_{D1}=42,85$  cm,  $h_{D2}=63,5$  cm et  $h_{D3}=87,39$  cm.

Les tests réalisés sur l'appareil ont montré qu'un abattement efficace de la DCO et de la coloration est trouvé à des vitesses de circulation de liquide comprises dans l'intervalle 2,78 - 5,67 m/s.

Dans ce cadre une hauteur  $H_2=84,15$  cm de distributeur a permis une vitesse de circulation interne optimale dans l'appareil permettant ( $U_{\text{liquide,Down}}=2,78$  m/s) après 12 heures de traitement d'atteindre un taux d'élimination de la coloration de l'ordre de 90,46 % et un abattement de DCO de l'ordre de 87,35 % (figure 3). Ces rendements se sont avérés très satisfaisants compte tenu de la faible consommation électrique de l'appareil.

#### Références:

1. Chisti, M. Y., & Moo-Young, M. (1987). Airlift reactors: characteristics, applications and design considerations. *Chemical Engineering Communications*, 60(1-6), 195-242.
2. Merchuk, J. C., & Gluz, M. (1999). Bioreactors, air-lift reactors. *Gas*, 1, 2.

**Revendications:**

1. Bioréacteur ventilift à boucle externe pour le traitement des effluents liquides basé sur la circulation d'effluent liquide à travers les deux sections de l'appareil (Riser et Downcomer) par ventilation. Une alimentation en air ambiant est assurée moyennant un tube doté d'un distributeur introduit dans le compartiment Riser à une profondeur optimale assurant une vitesse de circulation adéquate et des taux d'abatteurs élevés.
2. Bioréacteur ventilift à boucle externe selon la revendication 1, équipé d'un tube qui permet la génération des bulles d'air qui provoquent une circulation du liquide. L'emplacement du distributeur est corrélé avec la vitesse de circulation ce qui facilite l'augmentation d'échelle et permet à la ventilation dans ce procédé d'être indépendante du traitement.
3. Bioréacteur ventilift à boucle externe selon les revendications 1 et 2, couplé avec une nouvelle source d'énergie renouvelable, telle qu'une cellule photovoltaïque ou éolienne, pour alimenter le ventilateur d'extraction d'air ambiant de l'extérieur vers l'intérieur de l'appareil.
4. Bioréacteur ventilift à boucle externe selon les revendications 1, 2 et 3, capable d'assurer la détoxification et le traitement des effluents liquides en présence des microalgues.
5. Procédé de traitement des margines d'olive dans le bioréacteur gazosiphon à boucle externe s'effectue selon les étapes suivantes :
  - a- Extraction d'air contenu dans l'appareil par ventilation créant ainsi une dépression permettant de générer in situ des bulles d'air qui provoquent la circulation de l'effluent dans l'appareil.
  - b- L'oxygène apporté sert à la dégradation de la matière organique par oxydation.
  - c- En présence de rayonnement solaire et les nutriments dissous, le gaz carbonique apporté de l'extérieur se combine avec la fraction de COD résultant de l'oxydation de la matière organique. Ce qui conduit à l'activation de développent in situ des microalgues.
  - d- Les microalgues type (*Chlorella vulgaris*), consomment de la matière organique et libèrent l'oxygène favorable pour la dégradation de la charge polluante présente dans les margines.



6. Procédé selon les revendications 1, 2, 3, 4 et 5 est caractérisé pour des effluents à teneur organique importante tels que les eaux usées urbaines, rejets de textiles, eaux usées de tanneries à l'échelle semi-pilote et industrielle.

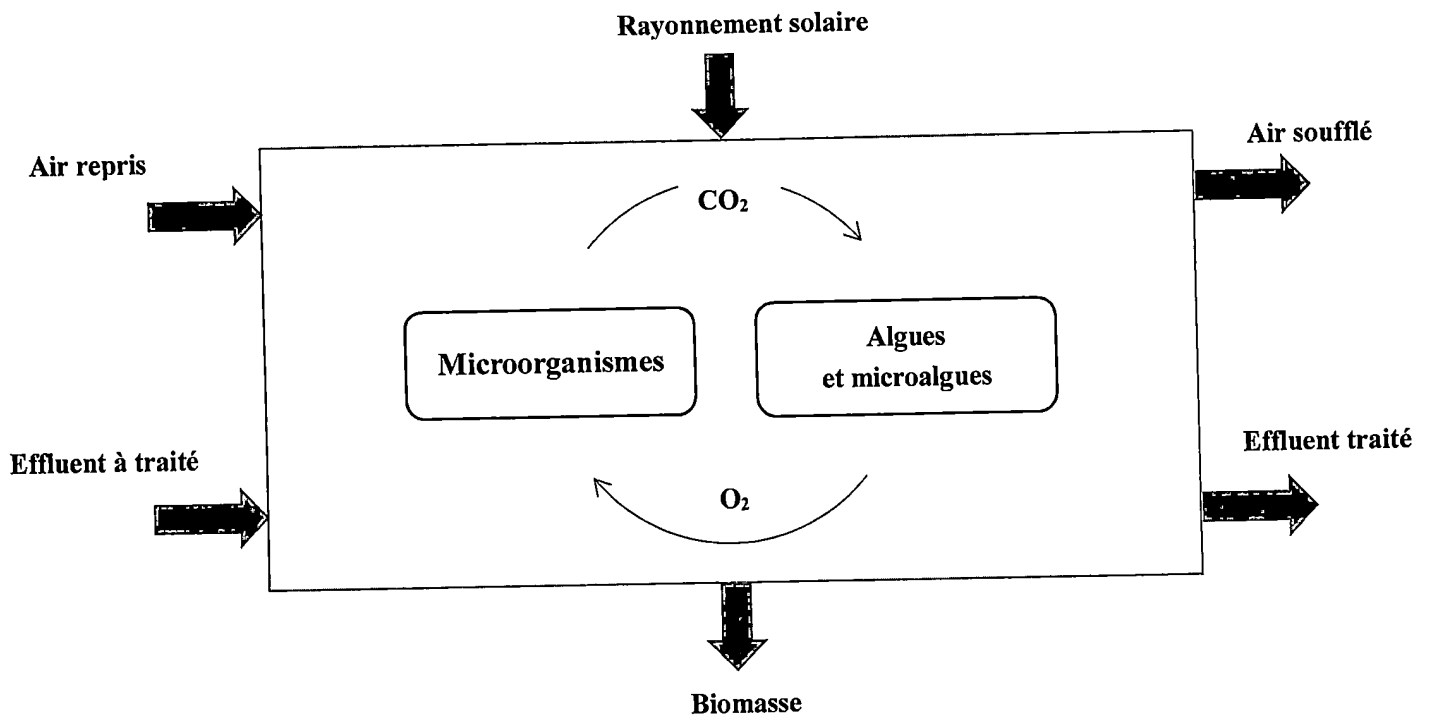


Figure 1 : Schéma simplifié de principe de traitement dans le bioréacteur

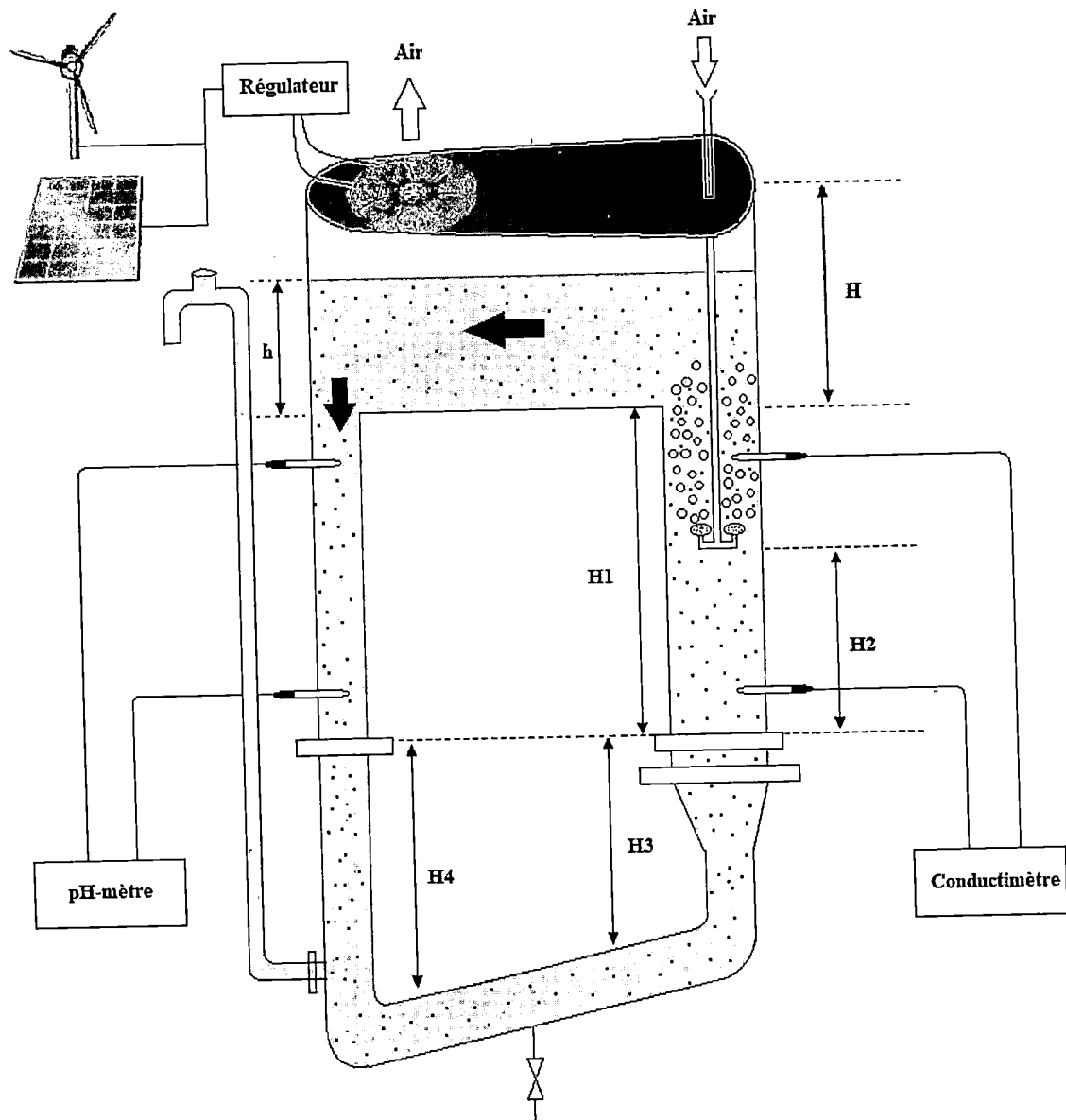


Figure 2 : Schéma représentatif du fonctionnement du bioréacteur en présence des microalgues

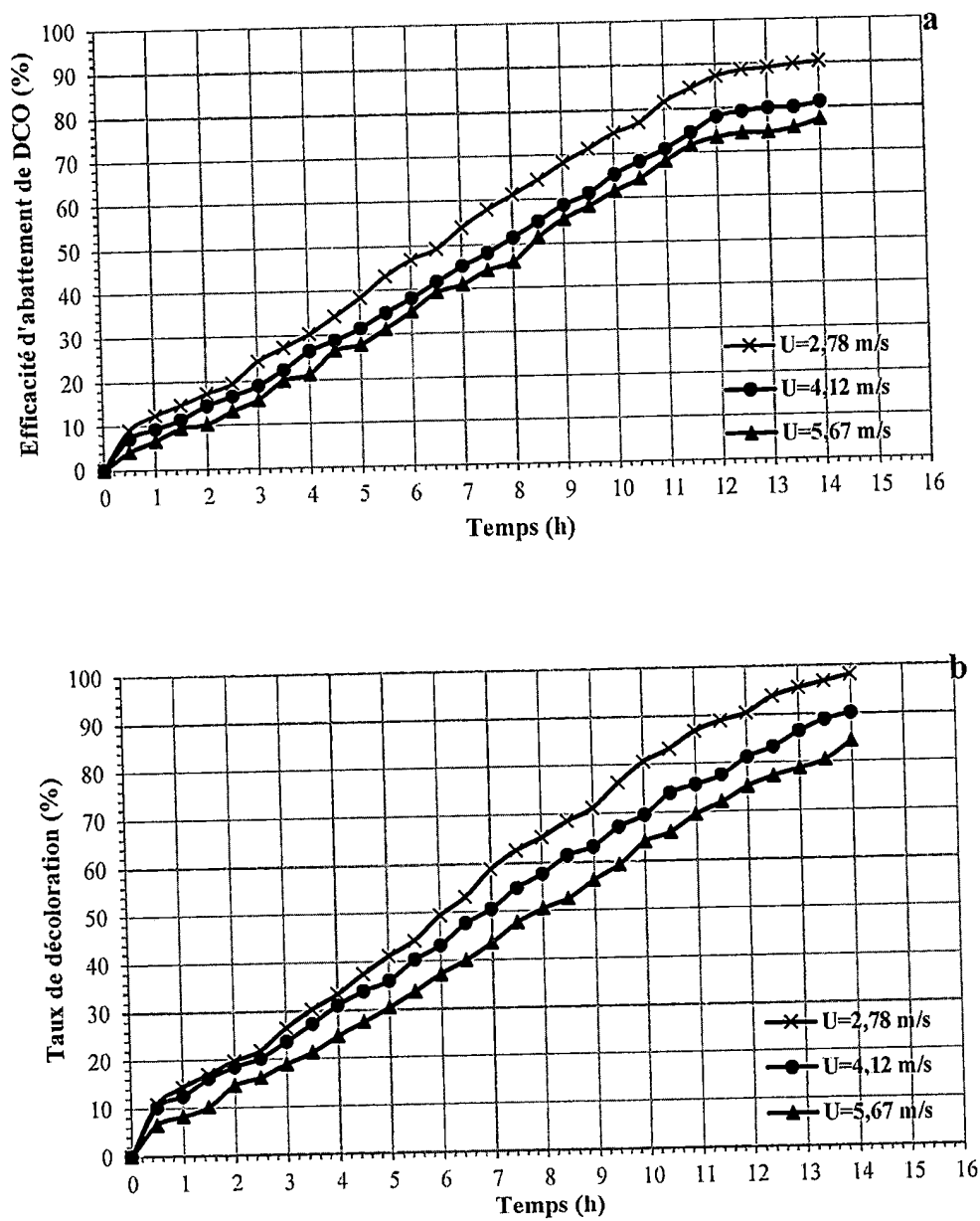


Figure 3 : Evolution des efficacités d'abattement de DCO (a) et de décoloration (b) pendant le traitement biologique en fonction de la vitesse de circulation de liquide



**RAPPORT DE RECHERCHE  
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**  
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la  
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée  
par la loi 23-13)

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 44332	Date de dépôt : 25/12/2018
Déposant : UNIVERSITÉ SULTAN MOULAY SLIMANE (USMS)	
Intitulé de l'invention : NOUVELLE CONCEPTION D'UN BIORÉACTEUR A BOUCLE EXTERNE POUR LE TRAITEMENT DES EFFLUENTS LIQUIDES	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site <a href="http://worldwide.espacenet.com">http://worldwide.espacenet.com</a> , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité <input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: MESLOHI Abderrahmane	Date d'établissement du rapport : 05/08/2019
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

**Partie 1 : Considérations générales****Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description  
6 Pages
- Revendications  
6
- Planches de dessin  
3

**Partie 2 : Rapport de recherche**

Classement de l'objet de la demande :

CIB : C02F 3/32

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	AIRLIFT REACTORS: APPLICATIONS IN WASTEWATER TREATMENT; Petronela Cozma, Maria Gavrilescu ; Environmental Engineering and Management Journal August 2012, Vol.11, No. 8, 1505-1515	1-6
A	External loop inversed fluidized bed airlift bioreactor (EIFBAB) for treating high strength phenolic wastewater ; Kai-Chee Loh, Jun Liu ; Chemical Engineering Science 56 (2001) 6171-6176	1-6

**\*Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément  
-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier  
-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent  
-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs  
-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

**Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité****Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté	Revendications 1-6	Oui
	Revendications Aucune	Non
Activité inventive	Revendications 1-6	Oui
	Revendications Aucune	Non
Application Industrielle	Revendications 1-6	Oui
	Revendications Aucune	Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : AIRLIFT REACTORS: APPLICATIONS IN WASTEWATER TREATMENT

**1. Nouveauté**

Aucun des documents cités ci-dessus ne divulgue l'ensemble des caractéristiques techniques de la revendication 1, d'où l'objet de ladite revendication est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. Par la suite, les revendications 2-6 dépendantes sont aussi nouvelles.

**2. Activité inventive**

Le document D1 qui est considéré comme étant l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 décrit l'utilisation de réacteurs à boucle externe pour le traitement des eaux usées.

La différence entre la revendication 1 et le document D1 réside dans le système de ventilation. L'effet technique cité dans la présente demande est que la présence d'un ventilateur dans le réacteur permet à la ventilation d'être indépendante du traitement.

Le problème que la présente demande se propose de résoudre peut être considéré comme la fourniture d'un autre réacteur à boucle externe pour le traitement des effluents liquides.

La solution proposée par la présente demande implique une activité inventive. En effet, l'homme du métier ne peut arriver à l'objet de la revendication 1, en tenant compte des divulgations du document D1 sans faire preuve d'esprit inventif.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 implique une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les revendications 2-6 dépendent de la première revendication dont l'objet est considéré inventif pour les raisons énoncées ci-dessus, ainsi elles satisfont également, en tant que telles, aux exigences de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13 concernant l'activité inventive.

**3. Application industrielle**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.