



(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 41746 B1** (51) Cl. internationale : **C02F 1/52; C02F 3/1263; C02F 9/00; C02F 3/30**
- (43) Date de publication : **30.09.2019**

-
- (21) N° Dépôt : **41746**
- (22) Date de Dépôt : **29.12.2017**
- (71) Demandeur(s) : **Université Hassan II de Casablanca, 19, Rue Tarik Bnou Ziad, Mers Sultan, BP 9167 , Casablanca (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **SOUABI SALAH ; Hajar BAKRAOUY ; Khalid DIGUA ; Latifa MOUHIR ; Abdeslam TALEB ; Mohammed Karim ben hachmi**
- (74) Mandataire : **NAHID HANANE**

-
- (54) Titre : **Traitement des rejets de lixiviats par SBR combiné avec la coagulation floculation suivie d'une filtration sur matériaux**
- (57) Abrégé : La présente invention propose un schéma de traitement des rejets de lixiviats riches en matières toxiques par une technique simple à mettre en œuvre en investissement et en exploitation. Les différentes étapes qui constitue le procédé de traitement sont comme suite : « Bassin Stockage + SBR + Coagulation floculation + Filtration » Cette technique présente plusieurs avantages en particulier, elle permet de produire une eau respectant les normes de rejets indirects avec le moindre coût tout en éliminant les mauvaises odeurs liées à H₂S et aux ions ammoniums. En outre le matériau utilisé est abondant dans la nature. Une fois le matériau est saturé il n'est pas nécessaire de le régénérer. Deux types de lixiviat peuvent être traités: Lixiviats jeunes et Lixiviats stabilisés. La nitrification et la dénitrification ont permis une bonne élimination des ions ammoniums et H₂S ce qui a permis de réduire considérablement les mauvaises odeurs. Les rendements d'élimination globaux obtenus par cette technique ont montré un bon rendement de la pollution

ABREGE

La présente invention propose un schéma de traitement des rejets de lixiviats riches en matières toxiques par une technique simple à mettre en œuvre en investissement et en exploitation. Les différentes étapes qui constitue le procédé de traitement sont comme suite :

« **Bassin Stockage + SBR + Coagulation floculation + Filtration** »

Cette technique présente plusieurs avantages en particulier, elle permet de produire une eau respectant les normes de rejets indirects avec le moindre coût tout en éliminant les mauvaises odeurs liées à H₂S et aux ions ammoniums. En outre le matériau utilisé est abondant dans la nature. Une fois le matériau est saturé il n'est pas nécessaire de le régénérer.

Deux types de lixiviat peuvent être traités: Lixiviats jeunes et Lixiviats stabilisés.

La nitrification et la dénitrification ont permis une bonne élimination des ions ammoniums et H₂S ce qui a permis de réduire considérablement les mauvaises odeurs.

Les rendements d'élimination globaux obtenus par cette technique ont montré un bon rendement de la pollution

**Traitement des rejets de lixiviats par SBR combiné avec la coagulation floculation
suivie d'une filtration sur matériaux**

S.SOUABI, H.BAKRAOUY, M. ABOURI, K.DIGUA, L. MOUHIR, A. TALEB, K.
BENHACHEM

Laboratoire de Génie des Procédés et Environnement, Université Hasssan II, Faculté des
Science & Techniques Mohammedia, Maroc

DESCRIPTION

Le domaine de l'invention concerne la lutte contre la pollution des rejets de lixiviats produits par les décharges publiques.

La gestion des déchets solides demeure un enjeu d'avenir pour les pays du monde entier.

Dans ce contexte, le Maroc s'est inscrit dans une démarche volontariste en matière de gestion des déchets et qui a pour principal objectif d'améliorer les conditions de traitement des déchets tout en limitant les nuisances occasionnées par les émissions de méthane et la production de lixiviat. Ce dernier est un jus qui provient de l'eau qui percole à travers les déchets en se chargeant bactériologiquement et chimiquement en substances minérales et organiques dissoutes ou en suspension. Les impacts de ces rejets sont considérables en particulier la pollution de la nappe phréatique et les eaux de surface. En outre le dégagement des mauvaises odeurs pourrait perturber les habitants au voisinage des décharges publiques. Actuellement les techniques de traitement des rejets de lixiviats sont peu nombreux et coûtent chers en particulier l'osmose (80 DH/m³) inverse qui reste une technique plus coûteuse pour les pays en développement comme pour les pays développés.

La technique proposée permet de réduire considérablement les effets néfastes des décharges publiques sur la population avec un coût qui s'adapte avec le côté financier pour les pays en voie de développement. En effet, le traitement biologique par SBR qui demande moins d'espace pourrait être efficace et moins coûteux en investissement et en exploitation.

La technique consiste à réduire la pollution de lixiviat par voie biologique suivi d'un traitement par l'injection des réactifs chimiques (coagulation floculation). L'eau sortant de cette dernière étape passe dans un filtre contenant un matériau filtrant permettant ainsi de réduire considérablement la pollution.

La technique concerne l'utilisation d'un processus qui combine un traitement biologique par SBR suivi d'une coagulation floculation et filtration sur des matériaux (briques rouges par

exemple) comme déchets de construction pour le traitement des rejets de lixiviats. D'autres matériaux peuvent être utilisés tels que : le gravier, sable,...et autres.

Dans notre projet la technique combinant le SBR avec la coagulation floculation suivi d'une filtration a été testée sur des effluents prélevés au niveau de la décharge publique de la ville de Kénitra.

Le réacteur SBR (Sequencing Batch Reactor) est un réacteur à biomasse libre, infiniment mélangé lors duquel un cycle de fonctionnement est répété successivement. En effet, le procédé SBR est une technique qui s'adapte bien avec la variation des charges polluantes pour les effluents à traiter. Il fonctionne en mode discontinu et demande moins d'espace puisque toutes les étapes de traitement (nitrification dénitrification dégradation de la matière organique) se produisent dans le même bassin.

Dans notre projet la technique combinant le SBR avec la coagulation floculation suivi d'une filtration a été testée sur des effluents prélevés au niveau de la décharge publique de la ville de Kénitra.

Description de schéma de traitement

Les réacteurs discontinus séquentiels, communément appelés SBR (Sequencing Batch Reactor) sont des processus dans lesquels les phases de réactions biologiques et les processus de décantation se déroulent dans le même bassin (**figure 1**).

Le traitement par SBR présente plusieurs avantages comparé au traitement classique par boues activées. En effet, dans un SBR, il existe différentes cinétiques de croissance relatives à différentes espèces de microorganismes, ce qui palie au problème d'apparition des bactéries filamenteuses. De plus, le SBR améliore les cinétiques des réactions en assurant des concentrations en substrat et des vitesses de réactions maximales à la fin de la phase de remplissage.

Le procédé réacteur séquentiel discontinu (RSD) est une alternative aux techniques traditionnelles. C'est un procédé à boues activées par alimentation séquentielle de l'effluent à traiter. Toutes les étapes épuratoires (phases aérobie, anoxie et sédimentation) sont successivement réalisées dans un seul et même réacteur.

Le système SBR utilise un bassin unique dans lequel se réalise un cycle de traitement composé de cinq étapes (figure 1):

Phase 1 Remplissage de la cuve (figure 1 et 4 étape 2): la réaction au cours de laquelle on alterne phases aérobies et anoxiques, la décantation, la purge, le repos et le soutirage des

boues. Le remplissage consiste à alimenter le réacteur en condition d'aération avec des effluents préalablement stockés dans un bassin tampon dimensionné pour contenir un volume généré sur 24 heures.

Phase 2 Aération (figure 1 et 4 étape 2) : Cette étape concerne l'aération du bassin pour activer le développement de la biomasse. Les boues biologiques qui sortent d'une phase de décantation sans alimentation ni aération sont affamées et vont donc capter immédiatement la pollution. Ce processus, appelé accumulation, va favoriser le développement de bactéries classiques floculantes en limitant l'apparition de bactéries filamenteuses et les phénomènes de bulking. Cette phase qui dure généralement 18 heures, la pollution va être dégradée grâce à l'oxygène provenant de l'aération. L'âge des boues dans le réacteur étant élevé, toutes les conditions sont réunies pour favoriser la croissance des bactéries nitrifiantes qui vont convertir l'ion ammonium NH_4^+ en nitrate.

Le nitrate formé sera dénitrifié pendant les premières heures de réaction du cycle suivant (phase anoxie).

Phase 3 Anoxie (figure 2 et 3) : Arrêt de l'aération pour favoriser la transformation des nitrates en N_2 un gaz qui va s'échapper dans l'air. Les conditions sont donc réunies pour qu'une dénitrification s'opère par oxydation du nitrate (NO_3^-) et une libération de N_2 .

Le traitement de la pollution carbonée, de l'azote et la stabilisation des boues se réalisent donc dans un seul et unique réacteur.

L'élimination des nitrates avant coagulation floculation est nécessaire car les ions nitrates au niveau du décanteur primaire pourra provoquer la dénitrification des nitrates tout en produisant l'azote N_2 qui provoque la mauvaise décantation au niveau du décanteur primaire.

Phase 4 Décantation (figure 1 et 4 étape 2): Aération et agitation sont stoppées durant 4 heures pour clarifier l'effluent traité. Aucun flux ne vient plus perturber la décantation. Les boues sont évacuées pour être traitées.

Phase 5 Vidange du réacteur (figure 1 et 4 étape 2) : La dernière phase consiste à évacuer l'effluent traité et, selon une périodicité variable, à soutirer les boues en excès.

Classiquement, le procédé fonctionne sur un cycle de 24 heures et ne nécessite que deux ouvrages : le bassin tampon nécessaire au stockage des effluents à traiter et le réacteur proprement dit dans lequel se déroule l'intégralité du process épuratoire.

Dans le cadre de l'élimination biologique de l'azote, une étape anoxique est adjointe au processus. Ceci signifie que le bassin est agité mais non aéré. Le réacteur SBR (Sequencing Batch Reactor) est un réacteur à biomasse libre, infiniment mélangé lors duquel un cycle de fonctionnement est répété successivement.

Le temps et la répartition de la phase de réactions en phases aérobies, anaérobies ou anoxiques dépend du rendement épuratoire qu'on souhaite réaliser ainsi que du type de pollution qu'on souhaite traiter.

A la base le SBR est bien adapté aux effluents fortement concentrés. C'est tout naturellement qu'il a trouvé ses premières applications dans la dépollution des rejets de lixiviats. Dans le cas du traitement d'effluents concentrés en azote ammoniacal une des voies d'optimisation envisageable est la nitrification partielle (avec arrêt au stade des nitrites). En effet, les principaux paramètres à maîtriser étant le pH, la charge appliquée en azote ammoniacal, ainsi que la durée des cycles (périodes aérées).

Le mode de contrôle du réacteur mis en place au cours de cette étude, basé sur la mesure de l'activité respiratoire, permet d'optimiser la durée des cycles du procédé quelle que soit la concentration en azote ammoniacal de l'effluent à traiter et l'activité des micro-organismes. Ce système permettra d'atteindre une charge éliminée très élevée et de garantir un rendement d'élimination voisinage de 100% de l'ammoniaque et une conversion maximale de l'azote en nitrites.

L'extraction des boues peut se faire soit en phase de réaction soit en phase de repos.

Exemple pratique pour le traitement de lixiviat de décharge par SBR :

Dans cette partie, le lixiviat a été sujet à un traitement biologique par SBR pendant la période d'étude. Pour ce faire, nous avons mis en œuvre deux SBR qui diffèrent par la durée allouées aux phases qui constituent le cycle de fonctionnement. La succession des phases et leurs durées sont comme suit (figure 2) :

Schémas descriptif du projet

Le traitement des rejets de lixiviats (stabilisés ou jeune) par nitrification dénitrification ou par SBR combiné avec la coagulation floculation suivi d'une filtration sur différents matériaux en particulier les briques rouges comme déchets de construction est donné sur la figure 3.

Nous avons procédé à l'analyse quotidienne des paramètres physicochimiques du lixiviat traité. Cette analyse regroupe : NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Phénol, Phosphore total, DCO, DBO_5 , turbidité, couleur, Absorbance à 254nm, Détergent, Oxygène dissous, Température. Les deux cycles étudiés ont montré un bon rendement d'élimination de la pollution azotée, phosphoré et organique.

Revendications

1- Procédé de traitement des rejets de lixiviats comprenant les étapes suivantes :

- Traitement biologique par SBR ;
- Traitement physico-chimique par la coagulation floculation ;
- Filtration sur différents matériaux (briques rouges...).

caractérisé en ce que le SBR comme première étape permet de réduire considérablement la pollution (métallique, organique + l'ammoniac), tout en minimisant le coût des réactifs chimiques durant la coagulation floculation et la réduction des boues produites.

2- Procédé selon la revendication 1 caractérisé par un traitement biologique type SBR durant 24 heures à travers le schéma SBR1 et SBR 2 (figure 2).

3- Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il est combiné avec le traitement physico-chimique par la coagulation floculation qui permet de réduire efficacement la teneur des polluants non éliminés par SBR en particulier les métaux lourds et les matières organiques toxiques.

4- Procédé selon les revendications 1 et 3 caractérisé en ce que la coagulation floculation optimisée permet de prolonger le temps de filtration sur matériaux (briques rouges...).

5- Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la filtration par différents matériaux (briques rouges...) permet d'améliorer davantage l'élimination de la pollution dissoute.

6- Procédé selon les revendications 1 et 5 caractérisé en ce que la filtration par différents matériaux (briques rouges...) permet la valorisation de ces matériaux solides abondant dans la nature

DESSINS

1-Mécanisme SBR :

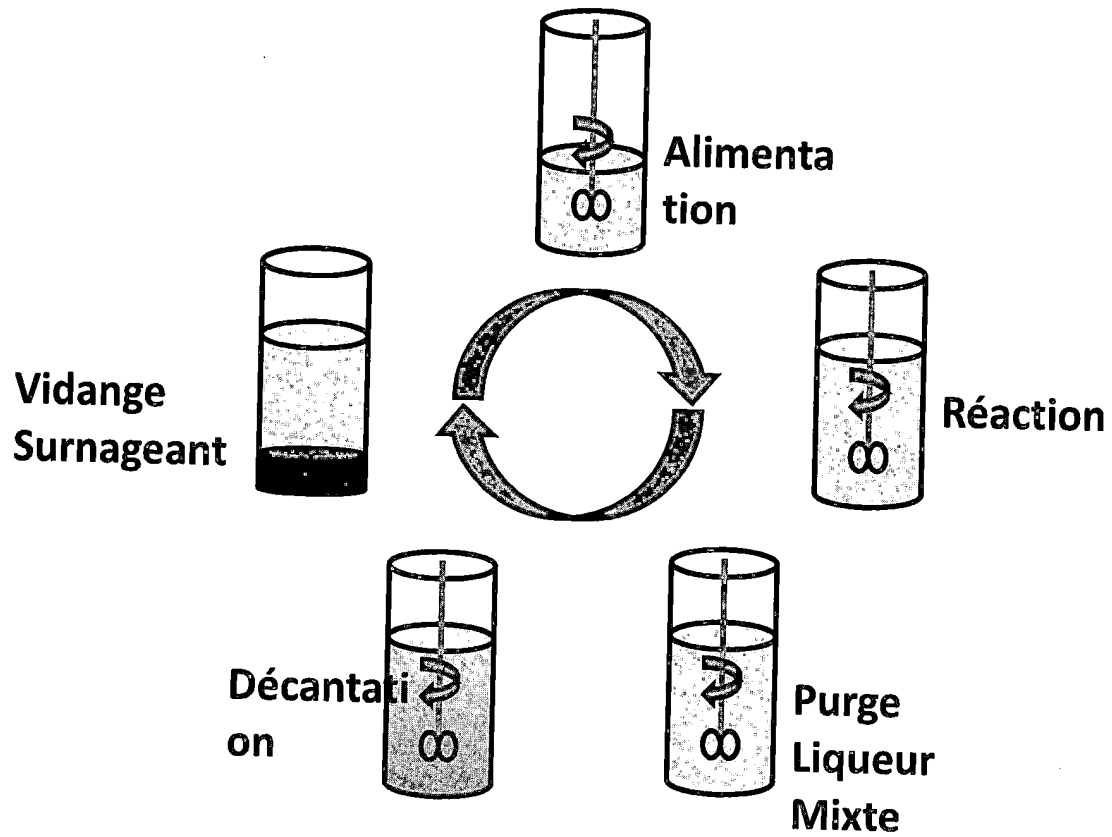


Figure 1: étapes constituant la technique de traitement par SBR

- 1-L'alimentation du bassin par le lixivats
- 2-La réaction biologique : (aération et biodégradation)
- 3-La purge de liqueur mixte
- 4-La décantation.
- 5-La vidange.

2- Exemple pratique pour le traitement de lixiviat de décharge par SBR :

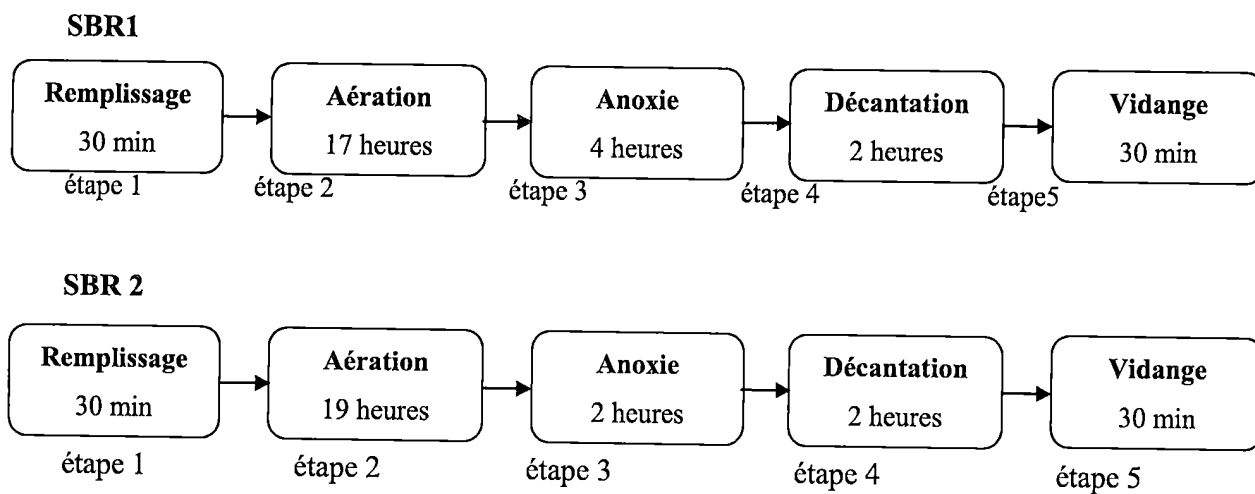


Figure 2 : traitement de lixiviat par SBR : étude comparative entre deux cycle

Schémas descriptif

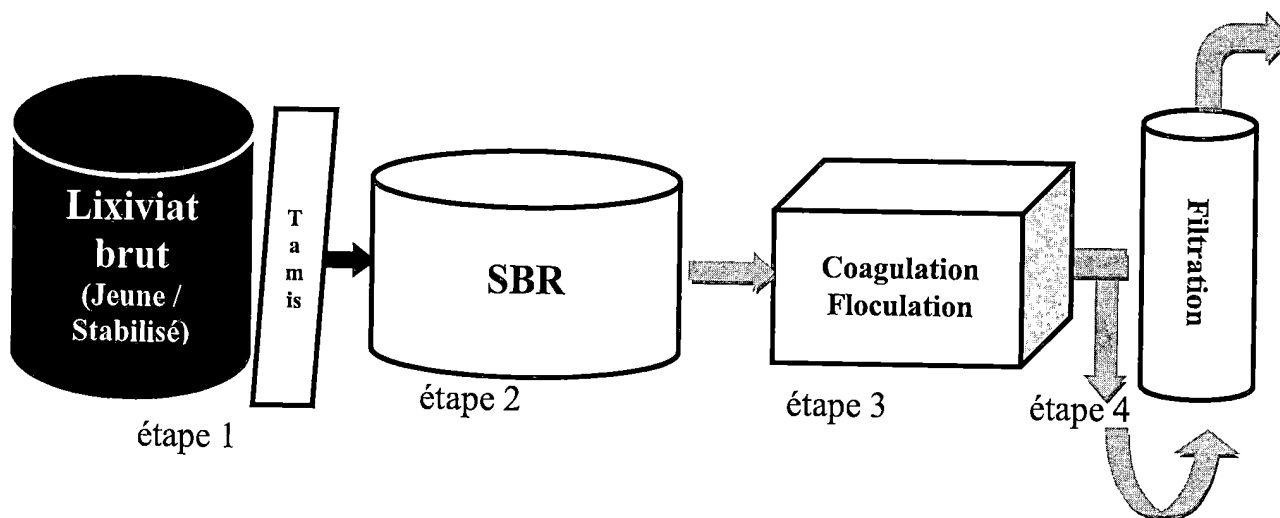


Figure 3 : Traitement de lixiviat par SBR suivi d'une coagulation floculation et filtration sur différents matériaux



**RAPPORT DE RECHERCHE DEFINITIF AVEC OPINION SUR
LA BREVETABILITE**

*Établi conformément à l'article 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*

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 41746	Date de dépôt : 29/12/2017
Déposant : Université Hassan II de Casablanca	
Intitulé de l'invention : Traitement des rejets de lixiviats par SBR combiné avec la coagulation floculation suivie d'une filtration sur matériaux.	
Classement de l'objet de la demande : CIB : C02F1/52, C02F3/30, C02F9/00 CPC : C02F3/1263	
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	
Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 3 : Remarques de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 4 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu de la demande telle qu'initialement déposée <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: BRINI Abdelaziz	Date d'établissement du rapport : 18/09/2019
Téléphone: (+212) 5 22 58 64 14	

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

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

- Demande telle qu'initialement déposée
- Demande modifiée suite à la notification du rapport de recherche préliminaire :
- Revendications
6
- Observations à l'appui des revendications maintenues
- Observations des tiers suite à la publication de la demande
- Réponses du déposant aux observations des tiers
- Nouveaux documents constituant des antériorités :
- Suite à la recherche complémentaire (Couvrant les documents de l'état de la technique qui n'étaient pas disponibles à la date de la recherche préliminaire)
 - Suite à la recherche additionnelle (couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)
- Observations à l'encontre de la décision de rejet

Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 3 : Remarques de clarté**

1. La revendication 2 contient des références aux dessins (figure 2). Conformément à l'article 10 du décret d'application de la loi n° 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, les revendications ne doivent pas comporter de telles références, à moins qu'un tel renvoi ne soit nécessaire à l'intelligence de la revendication ou qu'il ne contribue à la clarté ou à la concision de celle-ci.
2. Les revendications 4 à 6 ne satisfont pas à l'exigence de clarté conformément à l'article 35 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, car l'objet de la protection demandée n'est pas clairement défini. Les revendications 4 à 6 tentent de définir l'objet par le résultat recherché, ce qui revient simplement à énoncer le problème sous-jacent, sans indiquer les caractéristiques techniques nécessaires pour parvenir à ce résultat.

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:

D1: Alkhafaji R. Abood et al "Non-biodegradable landfill leachate treatment by combined process of agitation, coagulation, SBR and filtration". Waste Management 34 (2014) 439–447.

D2: M. El-Fadel et al "Combined coagulation–flocculation and sequencing batch reactor with phosphorus adjustment for the treatment of high-strength landfill leachate: Experimental kinetics and chemical oxygen demand fractionation".

Journal of the Air & Waste Management Association 63(5):591–604, 2013.

D3: MERZOUKI Mohamed et al "Procédé pour la réduction de la charge polluante du lixiviat de la décharge contrôlée de la ville de Fès". DÉCHETS, SCIENCES et TECHNIQUES - REVUE FRANCOPHONE D'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE - N° 58 - 2eme TRIMESTRE 2010.

D4: KR101410524(B1)

1. Nouveauté (N) :

Aucun des documents susmentionnés ne divulgue les mêmes caractéristiques techniques telles que décrites dans les revendications 1-6, d'où celles-ci sont nouvelles conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive (AI)

Le document D1 qui est considéré comme étant l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 divulgue un procédé de traitement des lixiviats en combinant plusieurs types de traitement physico-chimique à savoir la coagulation-floculation et la filtration avec un traitement biologique SBR (Sequencing Batch Reactor).

L'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que le procédé comprend en première étape un traitement biologique par SBR, en deuxième étape un traitement par coagulation floculation et en dernière étape une filtration sur des briques rouges.

L'effet technique est de minimiser les réactifs chimiques utilisés et ainsi réduire les boues produites durant la coagulation floculation.

Le problème que la présente demande se propose de résoudre peut être considéré comme étant la fourniture d'un procédé amélioré combinant la SBR et la coagulation-floculation.

La solution proposée n'est pas évidente pour la raison suivante :

Bien que la combinaison de la technique de coagulation-floculation avec SBR est connue de l'art antérieur comme on peut le voir à partir des documents D1, D2, D3 et D4, aucun de ces documents ne divulgue ni suggère un enchaînement des étapes dudit procédé tel que décrit dans la présente demande.

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, au vu des documents D1 à D4.

Les revendications 2-6 dépendent de la revendication 1 et satisfont en tant que telles aux exigences de l'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :

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.