

## Validation du procédé lit bactérien comme Meilleure Technique Disponible (MTD)

### [ Validation of the bacterial bed process as Best Available Technique (BAT) ]

*Samir Baroud, Mouad Sadi, Khadija El Kharrim, and Driss Belghyti*

Laboratoire d'Agro-physiologie, Biotechnologies, Environnement et Qualité, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Today, Moroccan WWTPs must comply with the IPPC Directive (2008/1 / EC) (Integrated Pollution Prevention and Control) through their international regulations, justifying the use of the best available techniques. The "Bacterial Bed" process set up for wastewater treatment in the city of Khenifra, showed a strong robustness of the purification system, which can ensure a significant elimination of the organic load and wait for very encouraging purification yields. These results have led us to ask the following question: can our process be considered as the best available technique? The comparison of the bacterial bed process has therefore been performed with other methods available in Morocco. To do this and given the lack of evaluation methods, we propose the "Focus L-BAT" method based on a thorough analysis of the 12 IPPC Directive considerations. The method is structured according to a tree structure with 3 levels (BAT performance evaluation objectives, criteria and indicators). The evaluation mode is qualitative and based on a five-level scoring system. Although weaker on criteria such as energy consumption, maintenance, maintenance or ease of implementation, the bacterial bed process has its strong points on criteria such as - control of consumption and recycling, regulatory compliance, prevention of risks related to chemicals. The results show that, for the bacterial bed process, 42% of the criteria are rated as having good or very good performance compared to activated sludge and aerated lagoon processes. The bacterial bed process is therefore more efficient than the activated sludge and aerated lagoon processes in terms of BAT criteria. It can therefore be candidate for BAT of BREF urban wastewater treatment as a performance technique.

**KEYWORDS:** BAT, Environmental Assessment, Focus L-BAT, WWTP, technique performant.

**RÉSUMÉ:** Les STEP du Maroc doivent aujourd'hui se conformer à la directive IPPC (n°2008/1/CE) (Integrated Pollution Prevention and Control) via leur réglementation internationale en justifiant l'utilisation des meilleures techniques disponibles. Le procédé « Lit Bactérien » mis en place pour le traitement des eaux usées de la ville Khenifra, a montré une forte robustesse du système d'épuration, qui peut assurer une élimination importante de la charge organique et attendre des rendements épuratoires très encourageants. Ces résultats obtenus nous ont menés à nous poser la question suivante : notre procédé peut-il être considéré comme meilleure technique disponible ? La comparaison du procédé des lits bactériens a donc été effectuée avec d'autres procédés disponibles au Maroc. Pour ce faire et étant donné l'inexistence de méthodes d'évaluation, nous proposons la méthode « Focus L-BAT » qui repose sur une analyse approfondie des 12 considérations de la directive IPPC. La méthode est structurée suivant une arborescence à 3 niveaux (objectifs, critères et indicateurs d'évaluation des performances des MTD). Le mode d'évaluation est qualitatif et basé sur un système de notation en cinq niveaux. Bien que plus faible sur des critères du type consommation d'énergie, maintenance, entretien ou encore facilité de mise en œuvre, le procédé lits bactériens voit ses points forts sur des critères tels que – maîtrise des consommations et recyclage, conformité réglementaire, prévention des risques liés aux produits chimiques. Les résultats montrent que, pour le procédé lits bactériens, 42% des critères sont notés comme ayant une bonne voire une très bonne performance par rapport aux procédés les boues activés et lagunage aéré. Le procédé lits bactériens est donc plus performant que les procédés : boues activés et lagunage aéré au regard des critères MTD. Il peut donc être candidat aux MTD du BREF traitement des eaux usées urbaine comme technique performant.

**MOTS-CLEFS:** MTD, évaluation environnementale, Focus L-BAT, STEP, technique performant.

## **1 INTRODUCTION**

L'eau est un bien précieux qui subit diverses pollutions et dégradations : les écosystèmes et la santé des personnes en sont directement impactés [1]. De nos jours, la maîtrise des impacts environnementaux est devenue un enjeu majeur. En effet, la réglementation est de plus en plus exigeante et les coûts de non-conformité peuvent être plus difficiles à supporter que la mise en place d'options environnementales adaptées au contexte de l'industriel. De plus, le coût élevé des techniques des stations d'épuration [2]. Néanmoins, malgré les efforts accomplis par l'administration et les organisations de gestions de l'assainissement au Maroc, auraient besoin de plus de guides méthodologiques pratiques et simples d'utilisation qui répondent aux obligations réglementaires en matière de prévention et de protection de l'environnement.

Pour parvenir à cet objectif, la directive européenne dite IPPC (n°2008/1/CE) (Integrated Pollution Prevention and Control) impose aux industries à fort potentiel de pollution d'utiliser des meilleures techniques disponibles (MTD) afin d'atteindre un niveau élevé de protection de l'environnement dans l'Union Européenne. A ce titre, la réglementation française ne prescrit pas l'utilisation d'une ou plusieurs MTD mais insiste sur l'évaluation des performances au regard des MTD. Afin d'aider les industriels, les MTD de référence sont regroupées, de façon non exhaustive, par secteurs d'activité dans des guides techniques élaborés au niveau européen, les BREFs. De plus, la directive IPPC présente dans son annexe IV douze considérations à prendre en compte pour la sélection d'une technique comme MTD [3].

Le procédé lis bactérien, mis en place pour l'épuration des eaux usées domestiques de la ville Khenifra, consiste à alimenter en eau usée, préalablement décantée, un ouvrage contenant une masse de matériaux (pouzzolane ou plastique) servant de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique responsable de l'assimilation de la pollution. Par ailleurs, le procédé proposé est simple d'utilisation. Les résultats obtenus nous ont menés à nous poser la question suivante : Notre procédé peut-il être considéré comme meilleure technique disponible ? L'approche utilisée pour étudier le procédé lit bactérien de la STEP de Khenifra, comprend en premier temps, une description sommaire des procédés d'épuration des eaux usées disponibles au Maroc, il aborde ensuite une analyse et comparaison de ces procédés par la méthodologie Focus L-BAT et enfin, la validation de la technologie lits bactériens comme MTD.

## **2 MATERIEL ET METHODES**

### **2.1 MILIEU D'ÉTUDE**

La station d'épuration des eaux usées de Khenifra, est située à environ 500 mètre du périmètre urbaine au sud-ouest de la ville de Khenifra sur la rive gauche de l'oued Oum Errabia. L'accès actuel au site de la STEP se fait par une piste depuis la route national N°8. La filière d'épuration, de type lits bactériens, composée de deux filières (Figure 1)

1- La filière eau : comprend les ouvrages suivants

- Un prétraitement : dégrillage, dessablage, canal de mesure venturi
- Un ensemble de dispositifs de traitement et d'évacuations des déchets de prétraitement (refus de dégrillage, sables)
- Une décantation primaire
- Un traitement biologique par lit bactériens
- Une décantation secondaire

2- Filière boues : les boues sont extraites par pompage au niveau des décanteurs primaires ainsi qu'au niveau des décanteurs primaires ainsi qu'au niveau des clarificateurs. La filière est constituée des ouvrages suivants :

- L'extraction des boues depuis les décanteurs secondaires
- La digestion anaérobie de boues primaires et secondaires dans les Fosses Imhoff.
- Le pompage des boues digérées vers les lits de séchage
- La déshydratation des boues dans les lits de séchage
- Une aire de stockage des boues sèches

La STEP a une capacité de 153 200 Equivalents Habitants (Horizon 2025, 35 g DBO/hab/j) un débit moyen de 11 494 m<sup>3</sup>/j et un débit de pointe journalière de 14 707 m<sup>3</sup>/j, avec une charge en DBO<sub>5</sub> de 5 363 Kg/j, avec une charge de 5 863 Kg/j en MES et 10 726 Kg/j en DCO.

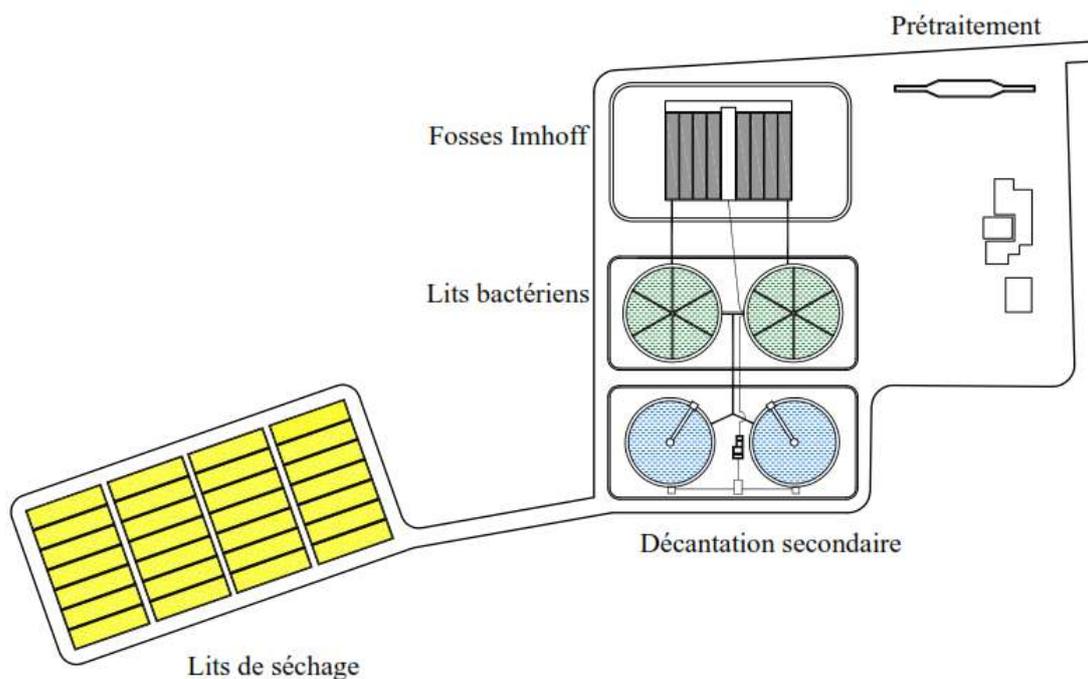


Fig. 1. Schéma général des filières de la STEP de la ville de Khenifra

## 2.2 CONCEPT DE MEILLEURE TECHNIQUE DISPONIBLE

Le concept de Meilleure Technique Disponible (Best Available Techniques en anglais (BAT)) est apparu en 1996 avec la directive européenne IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) sur la prévention et le contrôle intégré de la pollution n°96/61/EC. Il a récemment été repris dans la version codifiée de cette directive [4].

La directive IPPC n° 2008/01/EC s'applique dans une logique de prévention et de réduction intégrées des pollutions industrielles et a pour objet d'imposer une approche globale de l'environnement. L'objectif de cette approche intégrée est d'améliorer la gestion et le contrôle des processus industriels afin de parvenir à un niveau élevé de protection de l'environnement dans son ensemble dans l'Union Européenne, en évitant ou en minimisant les émissions polluantes dans l'eau, l'atmosphère et les sols ainsi que les déchets.

La définition donnée par l'article 2-12 de la directive n°2008/01/EC est la suivante : une MTD est « le stade de développement le plus efficace et avancé des activités et de leurs modes d'exploitation, démontrant l'aptitude pratique de techniques particulières à constituer, en principe, la base des valeurs limites d'émission visant à éviter et, lorsque cela s'avère impossible, à réduire de manière générale les émissions et l'impact sur l'environnement dans son ensemble. »

Les MTD sont considérées comme les « meilleures » techniques, au sens où elles sont les plus efficaces pour atteindre un niveau élevé de protection de l'environnement dans son ensemble. Ces techniques sont « disponibles », ce qui signifie qu'elles sont testées à une échelle leur permettant de les appliquer dans le contexte du secteur industriel concerné, dans des conditions techniquement viables, en prenant en considération les coûts et les avantages. Il n'est pas nécessaire que ces techniques soient utilisées ou produites sur le territoire de l'Etat membre intéressé. Enfin, la notion de « techniques » recouvre aussi bien les technologies employées que la manière dont l'installation est conçue, construite, entretenue, exploitée et mise à l'arrêt.

Pour être considérée MTD, l'évaluation doit prendre en considération les caractéristiques techniques de l'installation concernée, sa localisation géographique et les conditions locales de l'environnement. Une MTD dans un contexte donné peut ne pas l'être si les conditions locales et environnementales venaient à être changées. De plus, la directive IPPC propose dans son annexe IV, 12 considérations pour déterminer des MTD (Tableau 1).

Tableau 1. Liste des 12 considérations de la directive IPPC (annexe IV)

Considérations (C)	Libelles
C1	Utilisation de techniques produisant peu de déchets
C2	Utilisation de substances moins dangereuses
C3	Développement des techniques de récupération et de recyclage des substances émises et utilisés dans le procédé et des déchets, le cas échéant
C4	Procédés, équipements ou modes d'exploitation comparables qui ont été expérimentés avec succès à une échelle industrielle
C5	Progrès techniques et évolution des connaissances scientifiques
C6	Nature, effets et volume des émissions concernées
C7	Dates de mises en service des installations nouvelles ou existantes
C8	Durée nécessaire à la mise en place d'une meilleure technique disponible
C9	Consommation et nature des matières premières (y compris l'eau) utilisées dans le procédé et l'efficacité énergétique
C10	Nécessité de prévenir ou de réduire à un minimum l'impact global des émissions et des risques sur l'environnement
C11	Nécessité de prévenir les accidents et d'en réduire les conséquences sur l'environnement
C12	Informations publiées par la commission en vertu de l'article 16 paragraphe 2 ou par des organisations internationales.

### 2.3 ENJEUX ET OBJECTIF DES BREFS

En réponse à l'article 16 de l'IPPC, un échange d'informations est organisé par la Commission Européenne pour élaborer des guides de référence sur les meilleures techniques disponibles. Il se traduit par le "processus de Séville" qui synthétise et enregistre ces MTD dans des BREF (BatREFerence document) [5,6]. Les BREF ou BatREF document sont des guides, rédigés par le bureau européen de l'IPPC (E-IPPC-B) de Séville sur la base des recommandations techniques des groupes de travail techniques sectoriels TWG (Technical Working Group), pour composer d'experts de tous les Etats Membres et des Etats candidats à l'Union, des industriels concernés et des ONG.

Les BREFs constituent des catalogues de procédés existants en Europe, éprouvés industriellement pour les activités industrielles définies dans l'annexe de la directive IPPC. Ils sont élaborés dans l'objectif d'organiser et d'échanger les informations disponibles sur les MTD, d'aider à un équilibre technologique des pays de la Communauté Européenne et de favoriser la diffusion mondiale des valeurs limites et des techniques utilisées dans la Communauté. De plus, leur objectif est d'encourager les Etats Membres dans l'application efficace de cette Directive. Ce sont des outils d'aide à la décision pour l'inspecteur instruisant une demande d'autorisation à exploiter et pour les responsables d'une activité qui doivent définir leur politique environnementale en justifiant de l'utilisation de meilleures techniques disponibles.

Les BREFs regroupent des données qualitatives ou quantitatives pour définir les performances environnementales, énergétiques et économiques des techniques. Ils sont des documents imposants (certains font plus de 700 pages). La liste des BREFs disponibles figurent en annexe de la circulaire du 25 juillet 2006 avec leur état d'avancement. L'ensemble des 33 BREFs couvrant la globalité des activités IPPC a été adoptée en décembre 2006. Les BREF peuvent concerner un secteur en particulier (6 BREFs dits "vertical") ou concerner des dispositions communes de différentes activités industrielles (27 BREFs dits "horizontaux"). Ainsi, les industriels doivent dans la majorité des cas s'appuyer sur plusieurs BREFs [7].

L'objectif de ces BREFs est double :

- Un catalogue de procédés existants en Europe, éprouvés industriellement pour les activités industrielles définies dans l'annexe I de la directive IPPC.
- Un outil d'aide à la décision d'une part, pour l'inspecteur étudiant une demande d'autorisation à exploiter et d'autre part, pour les responsables d'une activité qui doivent définir leur politique environnementale en justifiant de l'utilisation de meilleures techniques disponibles.

### 2.4 MÉTHODOLOGIES EXISTANTES

Quatre travaux ont inspiré la méthode que nous avons développée pour l'évaluation du procédé lits bactériennes au regard des performances des MTD :

- Les travaux réalisés sur les 12 considérations de l'IPPC [8,9]. Ce travail a permis de montrer l'hétérogénéité des considérations et qu'une restructuration et reformulation étaient nécessaires. Ce fut notamment les travaux de Laforest (2007) et Cikankowitz (2008) ;
- La méthodologie d'évaluation des performances environnementales des techniques en vue de les valider comme meilleures techniques disponibles intitulée L-BAT (Local-Best Available Technique). Deux approches ont été développées dans le cadre de ce travail de recherche : une approche théorique basée sur l'étude des 12 considérations (Annexe IV de l'IPPC) et une approche expérimentale. L'approche expérimentale a été validée dans le cadre de la thèse de Cikankowitz (2008). L'approche théorique a servi de base à la méthodologie Zéro Plus ;
- La méthode Zéro Plus développée dans le cadre du projet ZéroPlus (projet LIFE Environnement LIFE05 ENV/E/000256 repose sur un outil d'évaluation de techniques par rapport aux performances d'une technique de référence qui peut être une MTD. Elle renforce L-BAT en complétant les critères de performance économique et en explicitant les considérations par des indicateurs de comparaison de techniques [10] ;
- La méthode Focus L-BAT développée grâce aux trois outils d'évaluation précédents. Cette méthodologie permet d'évaluer précisément mais de façon qualitative les performances d'un procédé à celles d'un procédé de référence. Il permet de se focaliser sur le procédé plutôt que sur l'ensemble de l'outil de production comme la méthodologie L-BAT le propose actuellement. Elle est donc un complément et un renforcement de cette dernière. C'est pour cette raison qu'elle s'appelle Focus L-BAT.

## 2.5 MÉTHODOLOGIE PROPOSÉE : LA MÉTHODOLOGIE FOCUS L-BAT

La méthodologie d'évaluation utilisée s'appuie donc sur la base de référence à l'évaluation des performances environnementales développée par Cikankowitz (2008) et sur la méthodologie ZéroPlus (2009). L'objectif étant l'évaluation du procédé intensif des lits bactériens (traitement biologique aérobie à culture fixée des eaux usées de la ville Khenifra) comme Meilleure Technique Disponible (MTD). La structure de l'arborescence utilisée pour notre méthodologie d'évaluation est alors divisée en 4 rubriques :

- les **objectifs** MTD définis par la méthodologie L-BAT : environnement, risques / sécurité, performance technique et faisabilité économique.
- l'identification des **sous-objectifs et des critères** répondant plus précisément à ces objectifs
- l'association des **12 considérations** de l'IPPC pour chaque critère identifié et,
- l'identification des **indicateurs** permettant d'évaluer précisément le procédé.

Afin de pouvoir comparer des procédés ayant des fonctionnements différents, il n'est pas possible de présenter une évaluation quantitative sur la base de paramètres ou de variables de fonctionnement. Ainsi, l'évaluation se fera via le renseignement des critères et sera de type qualitatif. Les 12 considérations n'étant pas toutes pertinentes pour notre étude, nous en avons sélectionné huit : C1, C2, C3, C4, C5, C6, C8, C9.

Les considérations C7 (dates de mises en service des installations nouvelles ou existantes) et 12 (informations publiées par la commission en vertu de l'article 16 paragraphe 2 ou par des organisations internationales) ne peuvent être prise en compte étant donné que le procédé lits bactériens avec des Fosse Imhoff en amont est un procédé innovant qui n'a pas encore approuver pour les grands villes et qu'aucune information à son sujet est publiée. Les considérations C10 (nécessité de prévenir ou de réduire à un minimum l'impact global des émissions et des risques sur l'environnement) et C11 (nécessité de prévenir les accidents et d'en réduire les conséquences sur l'environnement) concernent les conséquences du procédé sur l'environnement en termes de risques et d'accidents ce qui ne peut être étudié car le procédé n'a pas encore été exploité à l'échelle industrielle.

Pour compléter la définition des MTD, quatre nouvelles considérations issues des travaux du projet ZéroPlus ont été ajoutées [10] :

- C13. Retour sur investissement
- C14. Réduction des coûts (MP, traitement des déchets, etc.),
- C15. Réduction des coûts de maintenance et d'entretien et,
- C16. Réduction des coûts de non-conformité.

Le tableau 1 présente l'arborescence utilisée pour l'objectif 'prévenir et limiter les impacts environnementaux'. Les 3 autres objectifs étant décrits et structurés sur le même schéma. Ce cadre de référence facilite la comparaison et l'évaluation des procédés en MTD. Le mode d'évaluation se base sur l'échelle à 5 niveaux suivante :

- une note positive « ++ » indiquant une très bonne performance par rapport au procédé de référence
- une note positive « + » indiquant une bonne performance par rapport au procédé de référence
- une note neutre « 0 » indiquant aucun changement dans le niveau de performance par rapport au procédé de référence
- une note négative « - » indiquant une baisse de performance significative par rapport au procédé de référence

- une note négative « -- » indiquant une baisse de performance très significative par rapport au procédé de référence qui présente une charge polluante en matière de DBO<sub>5</sub>, DCO et MES très élevée.

**Tableau 2. Extrait de l'arborescence d'évaluation des performances des techniques**

Objectifs MTD	Sous-objectifs – critères	Identification des considérations de l'IPPC	Indicateurs	
Prévenir et limiter les impacts environnementaux	Maîtrise des consommations + valorisation	Eau	C3 : Développement des techniques de récupération et de recyclage des substances émises et utilisées dans le procédé et des déchets, le cas échéant % de l'eau réutilisée ou recyclée par rapport au procédé actuel (taux de recyclage)	
		Energie	C9 : Consommation et nature des matières premières (y compris l'eau) utilisées dans le procédé et efficacité énergétique % de réduction de la consommation d'eau comparé au procédé actuel	
		Produits chimiques	C9 : Consommation et nature des matières premières (y compris l'eau) utilisées dans le procédé et efficacité énergétique % de variation de la quantité d'énergie utilisée comparé au procédé actuel	
		Réduction des pertes de produits chimiques par entraînement	C9 : Consommation et nature des matières premières (y compris l'eau) utilisées dans le procédé et efficacité énergétique % de réduction de la consommation de produits chimiques comparé au procédé actuel	
	Traitement des rejets (VLE)	effluents liquides	C6 : Nature, effets et volume des émissions concernées % des émissions dans l'eau par rapport au procédé actuel	
		Déchets solides (DND, DD, etc.)	C1 : Utilisation de techniques produisant peu de déchets	% de réduction (écart) des déchets solides produits comparé au procédé usuel (ou par rapport à une référence ou un objectif défini en interne)
				% de variation (écart) des déchets contenant des substances dangereuses comparé au procédé usuel (ou par rapport à une référence ou un objectif défini en interne)
	Traitement des rejets (valorisation interne et valorisation externe)	C3 : Développement des techniques de récupération et de recyclage des substances émises et utilisées dans le procédé et des déchets, le cas échéant	% de valorisation des sous-produits (taux de valorisation externe) % de récupération/réutilisation sur place (taux de valorisation interne)	
	Surveillance des rejets	C6 : Nature, effets et volume des émissions concernées	Existe-t-il des modes de surveillance de rejets comme prévu par la réglementation ?	
	Performance technique (mise en œuvre)	Maintenir, améliorer la productivité		y-a-t-il une amélioration en terme de rendement de l'installation + amélioration de la qualité du produit ?
Facilité de mise en œuvre		C8 : Durée nécessaire à la mise en place d'une meilleure technique disponible	Y-a-t-il des améliorations notables en termes de facilité de mise en œuvre comparé au procédé actuel ?	
Simplicité de fonctionnement			Y-a-t-il des améliorations notables en termes de simplicité de fonctionnement ?	
Simplicité de maintenance			Y-a-t-il des améliorations notables en termes de simplicité de maintenance ?	
Fiabilité		C4 : Procédés, équipements ou modes d'exploitation comparables qui ont été expérimentés avec succès à une échelle industrielle	Est-ce que la technique est plus fiable ou aussi fiable que le procédé actuel ? Y-a-t-il des améliorations en terme de fiabilité ?	
Anticipation face à l'évolution des contraintes réglementaires			Est-ce que la technique prend en compte les possibles évolutions de la réglementation ?	
Expérience et savoir-faire industriel		C5 : Progrès techniques et évolution des connaissances scientifiques	Est-ce que la technique choisie prend en compte les progrès technologiques et les évolutions des connaissances scientifiques ?	

### 3 RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 DESCRIPTION DES PROCÉDÉS

##### 3.1.1 LIT BACTÉRIEN

Le plus ancien procédé à biomasse fixée est le lit bactérien (Figure 2). La biomasse est fixée sur un matériau de grosse granulométrie (3 à 8 cm) sur lequel percole l'effluent à traiter. L'air est transféré par diffusion à travers le film d'eau ruisselant à la surface du matériau. Une vitesse hydraulique suffisante, assurée par un recyclage d'eau traitée, permet l'évacuation des boues en excès qui sont séparées de l'effluent traité dans un ouvrage de décantation situé en aval [11].

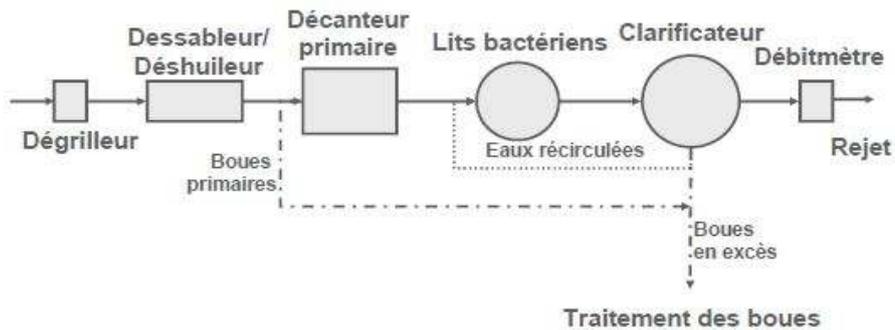


Fig. 2. Schéma d'une STEP à procédé lit bactérien

##### 3.1.2 CULTURES LIBRES (BOUES ACTIVÉES)

Le terme « cultures libres » regroupe les procédés où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de floccs au sein du liquide à traiter.

Pour cela, on utilise un bassin brassé, pour conserver en suspension la culture, dans lequel est maintenue :

- soit une concentration d'oxygène, pour les procédés aérobies ;
- soit une absence d'oxygène, pour les procédés anaérobies.

Le procédé par « boues activées » est le plus commun des procédés par « cultures libres ».

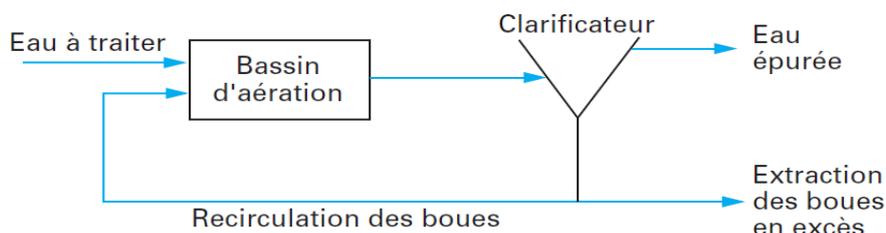


Fig. 3. Schéma minimal d'un traitement par boues activées

La figure 3 présente le schéma de circulation de fluide (eaux usées) au niveau du procédé d'épuration par boues activées.

##### 3.1.3 LAGUNAGE AÉRÉ

Le procédé d'épuration par lagunage aéré est très similaire au procédé du lagunage naturel. Néanmoins, la surface nécessaire peut être réduite grâce à un système d'aération artificielle. Son rôle essentiel est une dégradation forcée de la  $DOB_5$ , moyennant un apport exogène d'oxygène.

L'aération des bassins diffère selon le mode d'introduction de l'oxygène et du schéma de circulation. Selon le type d'aérateur utilisé, la puissance spécifique nécessaire se situe entre 1 et 2 W/m<sup>3</sup> à 8W/m<sup>3</sup>. Le lagunage aéré est un système performant et économiquement très favorable pour l'épuration biomécanique des eaux usées. Ce procédé s'intègre facilement dans le site environnant et les frais d'exploitation sont réduits. Le temps de séjour prolongé des eaux résiduaires en lagunage aéré permet d'obtenir une qualité constante de l'effluent traité, même en cas de pointes de pollution ou de charge hydraulique momentanée. La figure 4 montre le principe de fonctionnement du lagunage aéré [12].

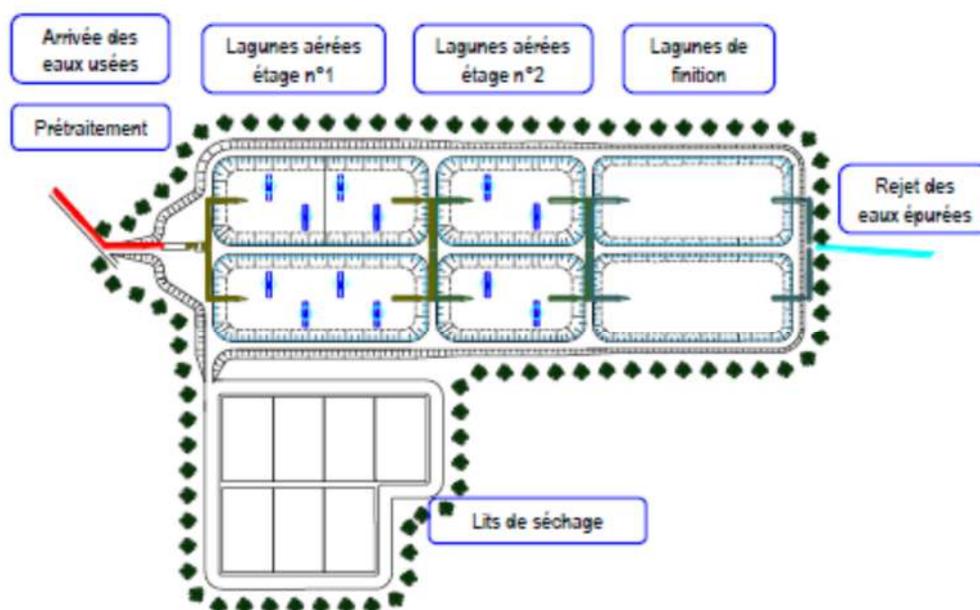


Fig. 4. Schéma de principe du procédé lagunage aéré

### 3.2 OUTILS D'AIDES À L'ÉVALUATION DES PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES DES MTD

Afin de pouvoir évaluer les performances des procédés au regard des meilleures techniques disponibles, peu d'outils sont disponibles. En effet, la plupart des outils d'évaluation environnementale existants concernent aussi bien les produits que les projets ou les organisations. Ils s'intéressent essentiellement à la performance globale d'un système mais sont moins adaptés à une application spécifique au niveau d'un procédé ou d'une technologie. Ainsi, ils ne permettent pas de faire une évaluation au regard des performances des meilleures techniques disponibles. Néanmoins, plusieurs outils existent. Nous en avons retenu quatre :

- Les travaux réalisés sur les 12 considérations de l'IPPC
- La méthode L-BAT
- La méthode ZeroPlus
- La méthode Focus L-BAT

Seule la méthode Focus L-Bat sera développée dans cet article du fait que c'est cette dernière, inspirée des précédentes, que nous avons adaptées pour notre étude

### 3.3 ADAPTATION DE LA MÉTHODE FOCUS L-BAT À NOTRE CAS

Notre objectif est l'évaluation du procédé d'épuration des eaux usées de Khenifra comme Meilleure Technique Disponible par référence à des techniques d'épuration connues et éprouvées, l'approche méthodologique d'évaluation adoptée consiste à :

- Identifier les sous-objectifs et les critères répondant plus précisément aux objectifs MTD définis par la méthodologie L-BAT : environnement, risques / sécurité, performance technique et faisabilité économique ;
- Analyser la pertinence des spécifications de l'IPPC par rapport au projet et proposer, le cas échéant, des considérations supplémentaires spécifiques au secteur de l'épuration des eaux usées ;
- Associer les considérations de l'IPPC pour chaque critère identifié ;

- Identifier les indicateurs permettant d'évaluer d'une manière spécifique le procédé
- Comparer et évaluer qualitativement les performances des procédés ;
- Comparer et évaluer quantitativement les performances des procédés.

En se basant sur le raisonnement ci-dessus et l'approche Focus L-BAT, nous adapterons la méthode comme suit :

L'analyse des 12 considérations de l'IPPC tenant compte des spécificités du projet laisse voir que ces dernières ne sont pas toutes pertinentes pour notre étude et que certains aspects ne sont pas couverts.

C'est ainsi que la considération C12 (informations publiées par la commission en vertu de l'article 16 paragraphe 2 ou par des organisations internationales) n'est pas applicable étant donné que le procédé n'existe pas en Europe et qu'aucune information à son sujet n'a été publiée. De plus, la dénomination des indicateurs a été modifiée afin de pouvoir effectuer une analyse des procédés pris individuellement. Les résultats seront présentés sous la forme d'un pourcentage de note positive par rapport aux procédés. De plus, nous avons choisi de représenter les résultats sous la forme de profil d'indicateurs de type radar. Cette représentation permet de comparer rapidement les profils de chaque procédé entre eux et d'identifier les points forts et faibles de chacun.

### 3.4 EVALUATION DES PROCÉDÉS PAR LA MÉTHODE FOCUS L-BAT

L'évaluation qualitative que nous proposons compare les caractéristiques des procédés à boues activées, lits bactériens et lagunage aéré qui sont des procédés mondialement connus et maîtrisés sur le plan performances, avantages et inconvénients au procédé d'épuration. Il est important de rappeler que l'évaluation du procédé lit bactérien se fait tenant compte de l'objectif de conception, à savoir, la mise en place d'une station d'épuration permettra d'évacuer vers le milieu récepteur une eau épurée respectant les normes de rejets, ce qui participera non seulement à la préservation de l'environnement mais aussi à l'amélioration de la qualité de vie de la population et de l'image de la zone d'étude. La comparaison des procédés est faite suivant ces objectifs en passant en revue les critères et les indicateurs d'évaluation de ces objectifs.

Les résultats sont reportés sur les profils des différents procédés sur les figures 5,6 et 7.

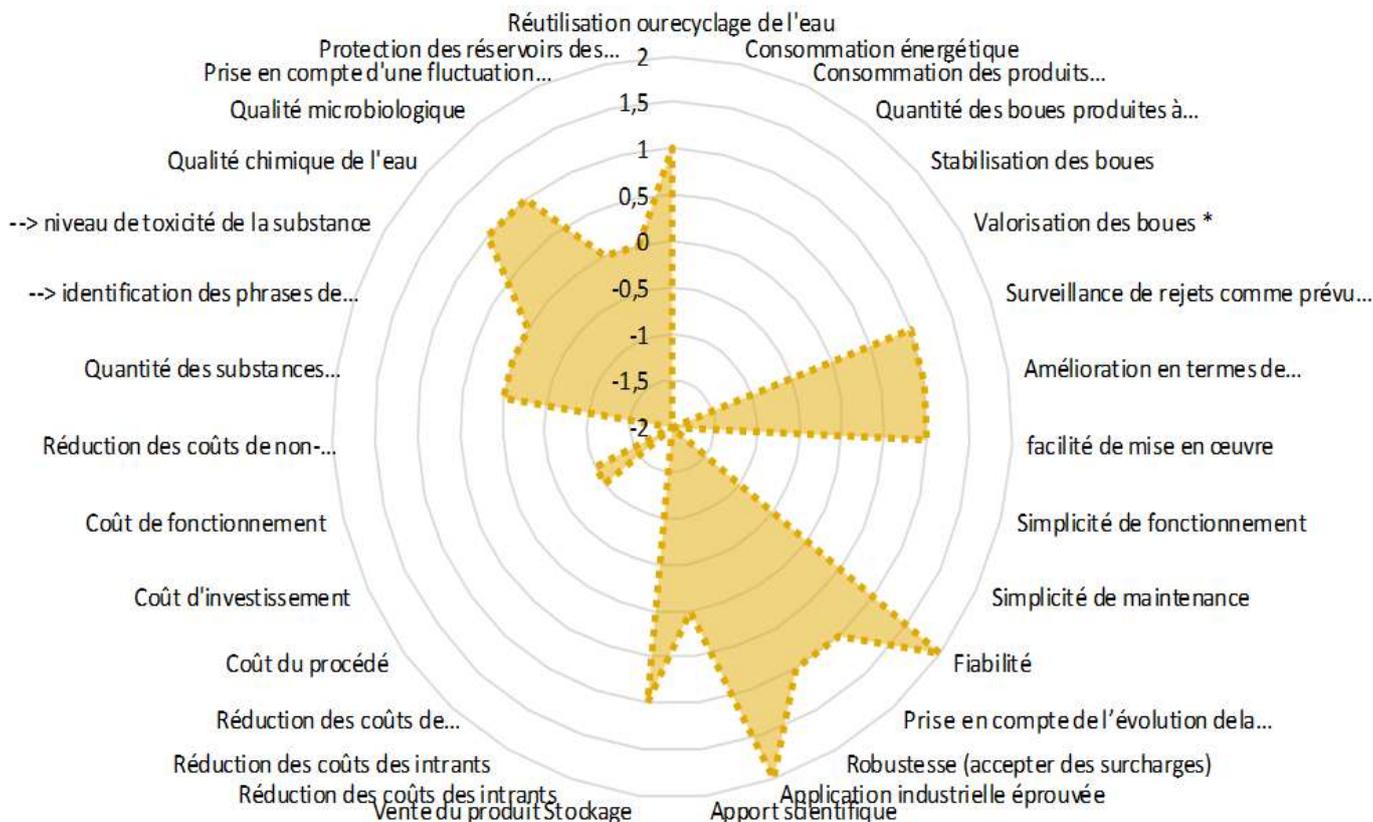


Fig. 5. Profil du procédé boues activée suivant l'évaluation des indicateurs de performance d'une MTD

L'analyse du profil du procédé boues activées (Figure 5) montre qu'il nécessite de l'énergie et de la consommation des produits chimiques. Les quantités des boues produites par le procédé sont plus importantes que les boues issues du mode de traitement extensif. Pour l'objectif de performance technique, les boues activées en matière de Maintenir sont améliorés. La Productivité de ce procédé nécessite une main d'œuvre et un savoir-faire spécialisé, le fonctionnement de la STEP n'est pas simple il demande une maintenance poussée et compliquée.

Le procédé "boues activées" fait sa preuve d'épuration des eaux usées, il est connu par sa fiabilité de performances en matière d'éliminations de la DBO, de la DCO, MES et des agents pathogènes. Parmi les inconvénients des boues activées le coût du procédé élevé ; le coût d'exploitation (énergétique) élevé, nous considérons que le coût d'investissement est aussi élevé et sensible aux variations de charges : hydraulique et organique.

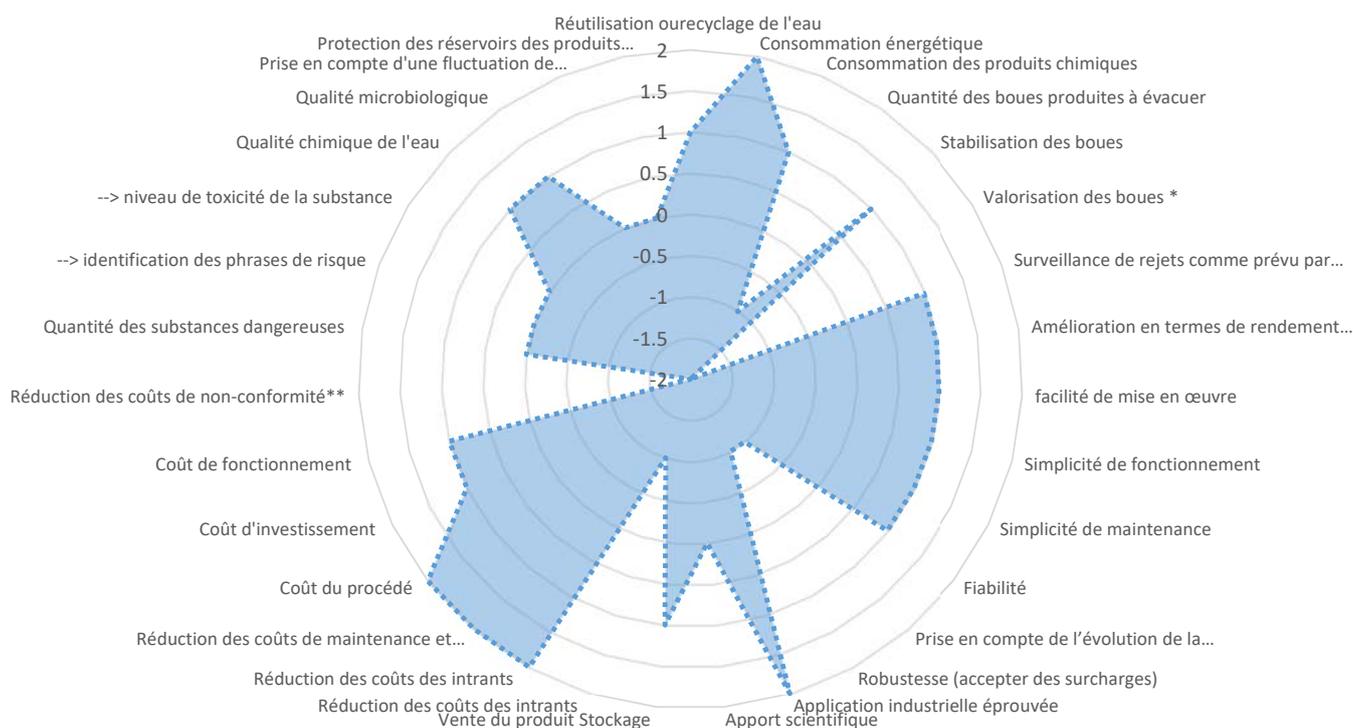


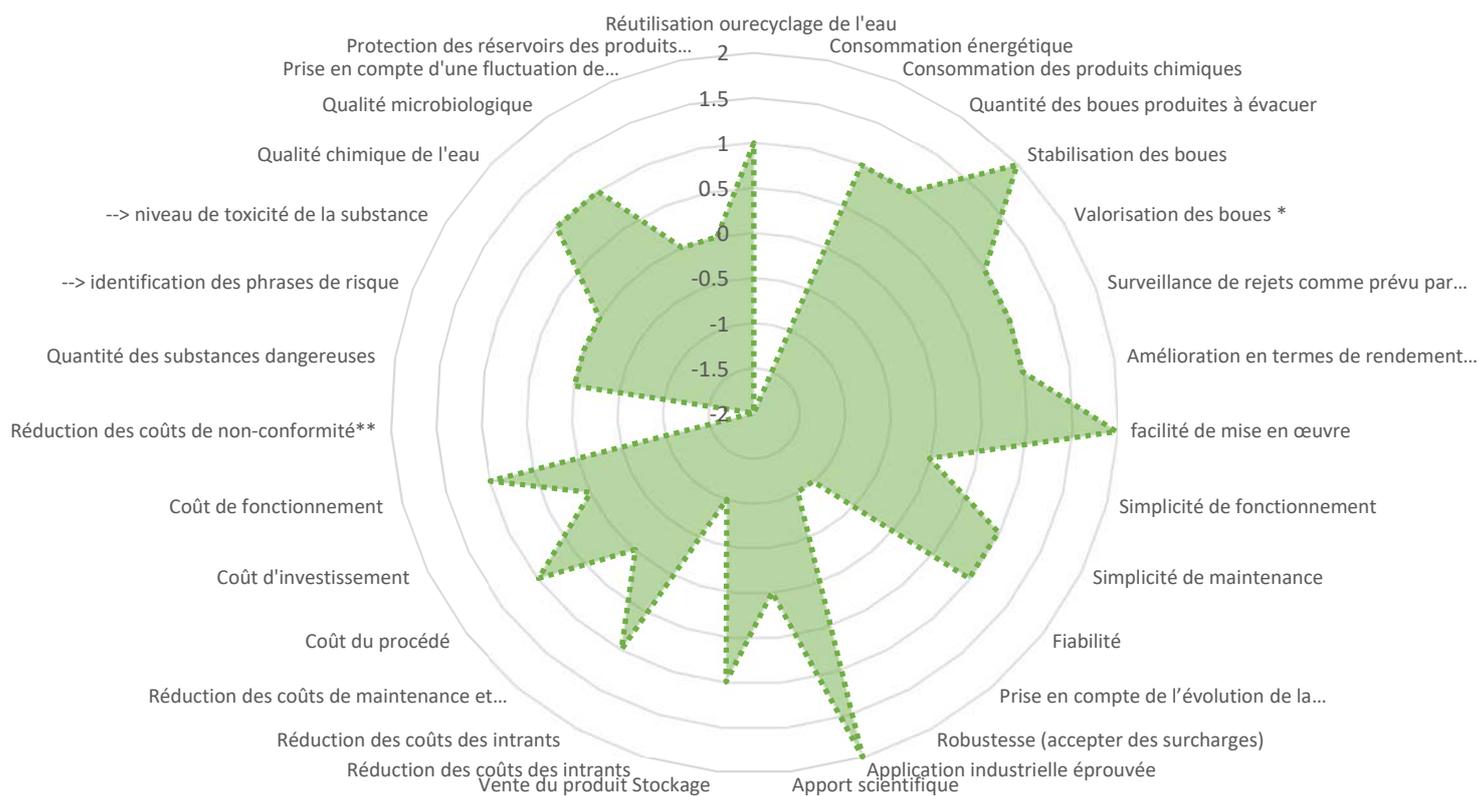
Fig. 6. Profil du procédé lit bactérien suivant l'évaluation des indicateurs de performance d'une MTD

Le profil du procédé lit bactérien (Figure 6) montre des plages des avantages positifs plus larges par rapport au profil du procédé des boues activées. Le grand avantage que représente le procédé des lits bactériens par rapport aux boues activées tient surtout à la faible consommation d'énergie, celle-ci n'étant nécessaire que pour le fonctionnement des pompes pour le remplissage des lits bactériens. Ce procédé déjà approuvé par ces bonnes performances en terme de réduction de la DBO, de la DCO et des MES.

Contrairement au procédé boues activées le traitement requiert une main d'œuvre et un savoir-faire spécialisé, les lits bactériens sont faciles à opérer. Le fonctionnement du procédé est très sensible aux variations de charges et aux problèmes de contamination.

De par l'excellente qualité de l'eau à la sortie des lits, ceux-ci peuvent répondre à des exigences de plus en plus poussées par augmentation de la température et constituent une grande innovation dans la simplicité pour les pays arides. Le faible coût du procédé par rapport aux boues activées et lagunage àère, Nous considérons que le coût d'investissement est moins élevé que dans le cas des techniques à boues activées et lagunage àère et Faible cout de fonctionnement. Aucune substance dangereuse ni utilisée dans le procédé lits bactériens.

Les boues issues du procédé lits bactériens, sont connues pour être mieux stabilisées dans les fosses Imhoff et plus accessibles pour la réutilisation. L'expérience de notre recherche a montré que ces boues peuvent être utilisées dans des matériaux de construction. Le procédé supporte les variations de débit et de concentration des effluents et permettent une très bonne qualité de l'eau sans éliminer sa valeur fertilisante.



**Fig. 7. Profil du procédé lagunage aéré suivant l'évaluation des indicateurs de performance d'une MTD**

L'analyse du profil du procédé du lagunage aéré suivant l'évaluation des indicateurs de performance d'une MTD (Figure 7) a montré une consommation d'énergie et les boues issues du mode de traitement semi extensif, sont connues pour être mieux stabilisées que celles en provenance des systèmes intensifs. Contrairement au mode intensif de traitement qui requiert une main d'œuvre et un savoir-faire spécialisé, le lagunage aéré est facile à opérer par apport aux boues activées. Les équipements d'aération dans les bassins aérés et les lagunes ne requièrent pas de maintenance poussée ni compliquée. Le fonctionnement du procédé est très sensible aux variations de charges et aux problèmes de contamination.

De par l'excellente qualité de l'eau à la sortie des lagunes, celle-ci peuvent répondre à des exigences de plus en plus poussées par augmentation du temps de séjour, le procédé donne des bonnes performances épuratoires notamment en matière de pathogènes semblable au lagunage naturel ; mais il est très sensible aux variations de charges et aux problèmes de contamination.

La comparaison du procédé du lagunage aéré permet de construire un profil moins large au profil du procédé des lits bactériens. La tendance du profil montre que le procédé à prévenir et limiter les impacts environnementaux, ainsi que présente des très bonnes performances techniques.

Par ailleurs, Le temps de traitement relativement long par rapport aux procédés intensifs et L'occupation au sol reste importante comparée aux procédés intensifs. En effet les coûts d'investissement et de fonctionnement sont plus élevés par rapport au procédé lits bactériens. Par contre au niveau du procédé lagunage aéré aucune substances dangereuses utilisées.

### 3.5 SYNTHÈSE DES PERFORMANCES DU PROCÉDÉ DE LA STEP DE KHENIFRA

La comparaison des procédés est faite suivant ces objectifs en passant en revue les critères et les indicateurs d'évaluation de ces objectifs. La comparaison des procédés montre des différences notables d'évaluation pour chaque procédé. Les résultats sont reportés sur le tableau3.

Tableau 3. Evaluation qualitative du procédé de la STEP de Khenifra

Notation du critère	Boues activées	Lit bactérien	Lagunage aéré
-2	11	1	1
-1	2	4	3
0	6	6	9
1	9	14	14
2	2	5	3
<b>Total</b>	30	30	30
	13	25	20
<b>Avantage par type de traitement</b>	22%	43%	34%
<b>Avantage par rapport au lit bactérien</b>	-21%	0%	-9%

Le tableau 2 résume les performances du procédé de la STEP de Khenifra par rapport aux procédés de référence et conformément à la méthode Focus L-BAT. Il montre que l'évaluation qualitative de celui-ci laisse voir que le procédé de Khenifra propose 21 % d'avantages en plus que les boues activées et 9% d'avantages en plus du lagunage aéré.

La validation de la technique se fait par le calcul du taux de chaque note obtenue par rapport au nombre de la note totale. La somme des notes du procédé est 70% points (supérieure à 50%) alors la technique peut être supposée comme la meilleure technique disponible pour la situation étudiée. Le profil des différents procédés est reporté sur la figure 8.

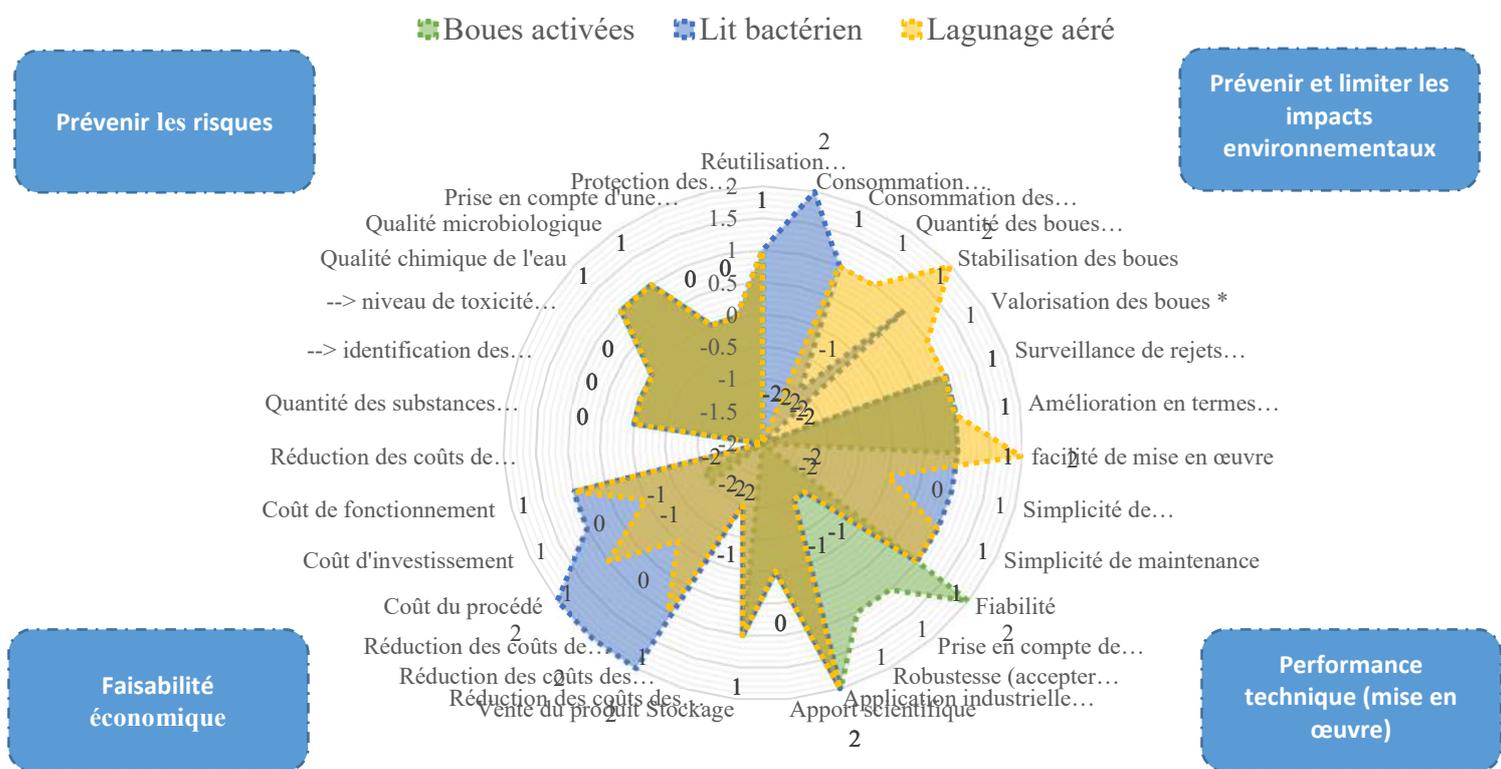


Fig. 8. Couplage des profils des procédés suivant l'évaluation des indicateurs de performance d'une MTD

La figure 8 synthétise la comparaison des procédés sur les quatre objectifs d'évaluation de la performance des techniques au regard des performances des MTD. La performance de la STEP de Khenifra est alors évaluée à travers les quatre objectifs :

1. Prévention et limitation des impacts environnementaux ;
2. Prévention des risques ;
3. Performance technique (mise en œuvre) ;
4. Faisabilité économique.

Les objectifs 1 et 2 s'inscrivent dans le cadre de la performance environnementale, l'objectif 3 rend compte de la notion de performance technique et l'objectif 4 traite la performance économique. Finalement, les performances technique, environnementale et économique doivent être combinées pour garantir un niveau de performance globale conforme à celui des MTD. Les plages des avantages sont de plus en plus larges au fur et à mesure que l'on s'oriente vers un traitement intensif des eaux usées avec le procédé des lits bactériens (Figure 77).

Le procédé du lit bactérien, qui est un procédé qui a fait ses preuves dans de nombreux pays se caractérise par :

- Excellents abattements pour l'élimination de la charge organique, pouvant répondre à des exigences poussées ;
- Bonne résistance aux surcharges hydrauliques organiques passagères ;
- Très faible consommation en énergie ;
- Aucune consommation de produits chimiques ;
- Production de boues stabilisées permettant de simplifier la filière de traitement des boues.

Contrairement les systèmes extensifs et semi extensifs restent relativement modérés sur les plans investissements et fiabilités comparés aux technologies intensives. Les coûts d'exploitation sont également très faibles et les marges qui peuvent être laissées par la commercialisation de l'eau permettent à long terme l'amortissement des installations, mais le terrain est un facteur limitant. Pour le mode intensif (les boues activées) le traitement requiert une main d'œuvre et un savoir-faire spécialisé, les lits bactériens sont faciles à mettre en œuvre, à maintenir, à entretenir et ils ne nécessitent pas des grandes surfaces et sur le plan investissements ils sont modérés. La station d'épuration de Khenifra peut être donc considérée comme une MTD. Toutefois, Les conditions climatiques et la caractérisation de l'eau à l'entrée de la station étant décisives pour la qualité de l'eau à la sortie de la STEP, il est important de souligner que cette évaluation ne peut être valable que dans un contexte de milieu physique et humain similaires.

#### 4 CONCLUSION

La méthodologie Focus L-BAT développée permet de faire une évaluation qualitative de procédés en vue de les valider comme une meilleure technique disponible. Elle se base sur une arborescence à 4 niveaux auxquels doivent répondre une évaluation de performances techniques au regard de la directive IPPC. La racine de cette arborescence constitue les 4 objectifs d'évaluation suivants :

- Prévention et limitation des impacts environnementaux ;
- Prévention des risques ;
- Performance technique (mise en œuvre) ;
- Faisabilité économique

L'évaluation des objectifs montre que les plages des avantages sont de plus en plus larges au fur et à mesure que l'on s'oriente vers un traitement intensif des eaux usées avec le procédé des lits bactériens. Les performances du procédé montrent que les lits bactériens proposent 21 % d'avantages en plus que les boues activées et 9% d'avantages en plus que le lagunage aéré.

L'étude comparative des performances à l'aide de la méthodologie Focus L-BAT du procédé du lit bactérien, avec les procédés des boues activés et du lagunage aéré, montre que notre procédé est meilleur pour 70% des points. La STEP de Khenifra traitant les eaux usées via le procédé du lit bactérien peut être donc considérée comme une MTD.

#### REFERENCES

- [1] Attab. 2011. Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration HAUD BERKAOUI par l'utilisation d'un filtre a sable local, Algérie 2011.
- [2] Laforest V., Cikankowitz A., 2006 Report on legal framework on integrated pollution prevention and control. DL6001\_1. Life 05/ENV/E/000256 (projet ZeroPlus), 2006, 114p.
- [3] Loic Perrin, Anne Cikankowitz, Jacques Bourgois, Valérie Laforest. Validation du procédé Val-Boue comme meilleure technique disponible. Colloque Eau, Déchets et Développement Durable, Mar 2010, Alexandrie, Egypte. pp.223-229, 2010. <emse-00477071>
- [4] Directive 2008/CE du Conseil du 15 janvier 2008 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, JOUE n°L24 du 29/01/2008.
- [5] Lucas. P., Gislev M., Litten D. 2000, French expectations concerning IPPC Directive and Reference Documents on Best Available Technologies (BREF). European Conference, The Sevilla Process: a driver for environmental performance in industry, 6-7 April 2000, Stuttgart. pp. 33-38 ; pp. 77-87 ; pp. 91-95

- [6] Litten.D 2002 Best Available Techniques (BAT) and BAT Reference Documents. International IPPC Conference, 25-26 April 2002, Seville.
- [7] MEDEF ,2006. Guide « Prévention et réduction intégrées de la pollution : le bon usage des BREFs ». décembre 2006
- [8] Laforest, V., Berthéas, R., Integrated environmental regulation – How to define best available techniques? 9th European Roundtable on Sustainable Consumption and Production Bilbao 12-14 mai 2004
- [9] Cikankowitz, A., méthodologie d'évaluation des performances environnementales en vue de les comparer puis de les valider « meilleures techniques disponibles ». Thèse sci. Saint Etienne : ENSM-SE, le 10 décembre 2008, 376p., p.53
- [10] ZéroPlus, 2009, European Project report, DL5002 Multicriterial assesment of feasibility performance BAT's candidate industrial applications, 26p
- [11] Gaid, A.E. 1993. Traitement des eaux usées urbaines .Paris. Techniques de l'ingénieur. 28p
- [12] Hakima EL HAITE., traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation. These sci. Saint Etienne : ENSM-SE, le 12 Avril 2010, 204 p., p.53.