



Ecole Normale

**CERES-
ERTI**

Centre d'Enseignement et de Recherches sur l'Environnement et
la Société
Environmental Research and Teaching Institute

ATELIER L'EAU Qualité vs Quantité

1^{er} semestre – Année 2012–2013

Traitement des eaux usées

Solène MOULIN, David ROZEN-RECHELS,
Milena STANKOVIC

Traitement des eaux usées

Solène Moulin
David Rozen-Rechels
Milena Stankovic

6 février 2013

Table des matières

1	Introduction	2
2	Survol de la diversité des polluants	2
3	Traitement des eaux usées : diversité, coût et rendements	2
3.1	Les méthodes de traitements	2
3.1.1	Traitements physico-chimiques : traitements primaires	2
3.1.2	Traitements biologiques : traitements secondaires	3
3.1.3	Nouveaux traitements : traitements tertiaires	3
3.1.4	Diversité des techniques, diversité des stations	4
3.2	La réalité des installations : coûts et rendements	4
3.2.1	Les coûts des installations	4
3.2.2	Les rendements des installations	5
3.2.3	Comment fixer des limites significatives?	6
4	Les impacts sociologiques et environnementaux	7
4.1	Émergence d'un traitement des eaux : une nécessité!	7
4.2	Un traitement encadré par des institutions	7
4.2.1	De nouvelles normes en vigueur au service de la protection de l'environnement	7
4.2.2	Des lois ajustées aux cas : industriels, urbains, ruraux, propriétaires!	8
4.3	Limites et nouvelles problématiques	9
5	Conclusion	9

Table des figures

1	Exemple des eaux usées de Saskatoon au Canada - Schéma d'une station utilisant les traitements primaires ("plusieurs écrans"), secondaires ("bassin principal") et tertiaires (DNF au niveau du "bio-réacteur"). [8]	4
2	Classement des procédés selon le coût d'investissement (Boues activées aération prolongée (BA), Boues activées SBR (SBR), Lagunage naturel (LN), Lagunage aéré (LA), Disques biologiques (DB), Infiltration-percolation (IP), Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical (FPR)) [3]	5
3	Classement des procédés selon le coût de fonctionnement (Boues activées aération prolongée (BA), Boues activées SBR (BA SBR), Lagunage aéré (LA), Disques biologiques (DB), Infiltration-percolation (IP), Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical (FPR), Décanteur (DD), Lit Bactérien (LB)) [3]	5
4	Évolution des différents stades (A, B, C et D) de transformations morphologiques d' <i>Hydra attenuata</i> en réponse à la présence d'une toxicité aquatique. Modifié de Trottier, 1995.	7
5	Accès de la population aux différentes technologies d'épuration des eaux. Nord : Suède, Norvège / Finlande et Islande / Sud-Est : Bulgarie, Roumanie, Turquie / Sud : France, Italie, Espagne, Portugal / Est : Slovénie, Slovaquie,... / Centrale : Allemagne, Autriche, Benelux	8

1 Introduction

Lorsque l'homme utilise l'eau il ne fait pas que la consommer, mais il en rejette une partie dans l'environnement. C'est ce que l'on appelle l'eau usée. Cette eau usée peut contenir différents polluants. On a donc tout d'abord commencé à la traiter pour des raisons sanitaires. Les premiers réseaux d'évacuation des eaux usées remontent à l'antiquité. Au XIXe siècle les premiers systèmes de traitement de ces eaux ont vu le jour, les premiers objectifs étaient alors sanitaires, hygiéniques et l'amélioration du confort. La prise de conscience écologiste des années 70-80 a permis de prendre en compte l'impact environnemental des eaux usées : il a alors fallu éliminer de nombreux polluants chimiques, dont certains étaient encore inconnus. Cependant de nombreux progrès restent encore à faire. Les méthodes de traitements sont en constante évolution afin de répondre de manière spécifique au contexte dans lequel les stations de traitement s'insèrent.

Nous tenterons alors de répondre à la question suivante : Quels sont les défis du traitement des eaux usées ?

Nous verrons tout d'abord la diversité des modes de traitements des eaux usées, des traitements les plus basiques aux plus innovants. Puis nous étudierons les contextes socio-politiques et les régulations qui pèsent sur le traitement des eaux usées.

2 Survol de la diversité des polluants

Il existe plusieurs types de polluants dans l'eau usée. Ils ont été mis en évidence progressivement et grâce aux améliorations techniques de détection. Les premiers éléments à avoir attiré l'attention ont été les bactéries, à l'origine de problèmes sanitaires, tels le choléra. Les eaux usées domestiques sont aussi source de matière organique, dissoute ou sous forme particulaire qui contient du carbone, de l'azote et aussi du phosphore ; ces substances nutritives en fortes concentrations enrichissent, parfois jusqu'à l'asphyxie le milieu où elles sont déversées, sols et eaux de surface. Puis de nouveaux problèmes sont arrivés. La révolution industrielle a apporté de nombreux polluants métalliques ainsi que des produits chimiques toxiques tels que les nonylphénols retrouvés dans l'industrie de la papeterie. Les polluants que l'on découvre aujourd'hui sont des composés actifs tels que les détergents, les médicaments, les oestrogènes et des perturbateurs endocriniens. Leur présence est à relier directement à leur utilisation quotidienne dans la population. Ces nouveaux polluants sont autant de défis à relever et autant de nouvelles technologies à créer pour y répondre.

3 Traitement des eaux usées : diversité, coût et rendements

3.1 Les méthodes de traitements

Les méthodes de traitement des eaux usées sont diverses et peuvent être classées en trois catégories : les traitements primaires, secondaires et tertiaires. On peut également tenter une classification physique et biologique qui revient grossièrement à distinguer d'un côté les traitements primaires et de l'autre les traitements secondaires et tertiaires.

3.1.1 Traitements physico-chimiques : traitements primaires

Nous traiterons ici à la fois des prétraitements et des traitements primaires au sens strict.

Les prétraitements sont une phase d'épuration grossière. On élimine tous les éléments solides volumineux et grossiers (sables, corps gras) qui pourraient d'ailleurs endommager les installations par la suite. Notons qu'on retire alors environ 35% des éléments polluants. [8] Tout d'abord on réalise le *dégrillage* : on fait passer l'eau à travers des grilles plus ou moins grossières pour récupérer tous les éléments solides plus gros que les espacements des grilles. L'eau qui est issue de ce premier traitement subit ensuite le *dessablage* et le *déshuilage-dégraissage*. La vitesse d'écoulement de l'eau est ralentie, des particules de taille alors plus petite vont sédimenter (boues primaires) et les graisses, moins denses vont remonter à la surface. On va alors retirer les sables par pompage et prélever l'écume.

Le traitement primaire au sens strict est un traitement physico-chimique. Il est possible d'ajouter dans l'eau des agents coagulants et floculants. On peut alors récupérer un grand nombre de particules en suspension par décantation ou flottation. (boues physico-chimiques)

Cette étape permet d'éliminer 90% des particules et objets en suspension. [8] [1] Elle est commune à une très grande majorité des stations d'épuration.

Mais il reste alors dans l'eau tout ce qui y est dissous : éléments azotés, phosphatés, composés actifs et des particules fines.

Se rajoutent ensuite les traitements secondaires voire tertiaires.

3.1.2 Traitements biologiques : traitements secondaires

Ces traitements sont biologiques et permettent d'éliminer les polluants dissous. Pour cela on utilise des populations de micro-organismes capables de les consommer. Dans les cas étudiés, le principe général est de favoriser la croissance de communautés de bactéries aérobies, c'est-à-dire qui prélève l'O₂ pour leur métabolisme.

On en distingue différents types :

Le lagunage naturel : Les eaux usées sont stockées dans des plans d'eau peu profonds : les lagunes. L'activité microbienne se fait naturellement : échange avec l'atmosphère, photosynthèse. . . Des aérateurs peuvent être utilisés pour brasser l'air et optimiser l'activité des bactéries. Ces processus induisent la formation de boues de lagunage au fond des bassins qui sont récupérées. [1]

Les boues activées : On force ici le mélange du dioxygène, des eaux usées et des bactéries dans des bassins. Les espèces sont sélectionnées selon ce que l'on souhaite éliminer : carbone, azote, phosphore. Les bactéries et leurs déchets du métabolisme forment, dans un bassin appelé clarificateur, des boues (boues secondaires) qui sont ensuite traitées et utilisées pour la fertilisation des sols par exemple. Une partie de ces boues retourne dans les bassins pour éviter une trop grande perte en bactéries. [8]

Les biofiltres et filtres bactériens : On peut également faire percoler l'eau à travers un matériau où se développent des bactéries. Cela peut être des galets ou des supports (lits bactériens) ou des argiles cuites, des schistes, des sables. . . (biofiltres). Ces traitements sont utilisés en plus du processus des boues activées, permettant d'éliminer une plus grande diversité de polluants. En effet, on va alors concentrer les bactéries et ainsi localiser leur action, la rendant plus efficace. [1]

De nombreuses stations d'épuration cumulent aujourd'hui les traitements primaires et secondaires. Certaines plus rares utilisent des traitements avancés ou tertiaires. En effet, à la fin des traitements secondaires, il reste encore dans l'eau des éléments dissous que les bactéries n'auront pas absorbés (azote, phosphore) et des éléments qu'elles ne sont de toute manière pas aptes à traiter (œstrogènes par exemple).

3.1.3 Nouveaux traitements : traitements tertiaires

Ces traitements sont à la fois physico-chimiques et biologiques. On les réalise après les traitements primaires et secondaires afin d'éliminer des éléments nutritifs résiduels, des polluants organiques résistants, des métaux, des pigments. . . Par exemple, on peut utiliser des traitements biologiques avancés pour éliminer le phosphore par le *Déplacement Nutritif Biologique (DNF)*. On fait passer l'eau par différents réservoirs avec des bactéries et dans des conditions environnementales différentes (différence de concentration en dioxygène par exemple). On récupère ensuite les boues lors d'un nouveau passage dans un clarificateur. [8]

Un autre type de traitement que l'on pourrait classer comme tertiaire est le traitement aux UV. On dénature alors des molécules, comme les œstrogènes, sensibles à ces rayons. [8]

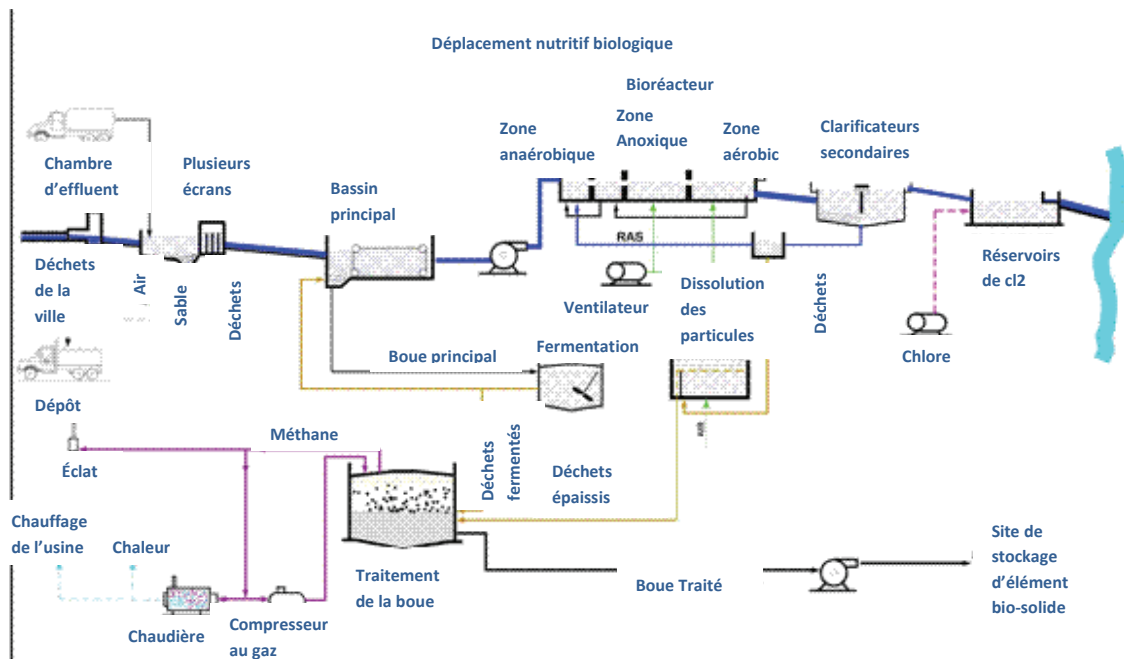


FIGURE 1 – Exemple des eaux usées de Saskatoon au Canada - Schéma d'une station utilisant les traitements primaires ("plusieurs écrans"), secondaires ("bassin principal") et tertiaires (DNF au niveau du "bioréacteur"). [8]

3.1.4 Diversité des techniques, diversité des stations

Certaines stations d'épuration vont s'en tenir aux prétraitements (station primaires) et aux traitements physico-chimiques (stations physico-chimiques). D'autres vont compléter ces traitements par des traitements secondaires, on distinguera alors les stations boues activées, stations lits bactériens... En France, la pratique du lagunage naturel est encore présente pour des communes peu peuplées, de par sa simplicité, son coût plus faible et son efficacité.

3.2 La réalité des installations : coûts et rendements

3.2.1 Les coûts des installations

Le traitement des eaux usées représente un coût qui est pris en charge par les consommateurs suivant le principe de pollueur-payeur. Les coûts sont liés à la fois à la construction des installations et à leur fonctionnement.

La directive européenne du 21 mai 1991 [5] définit la notion d'équivalent habitant comme suit : « la charge organique biodégradable ayant une demande biochimique d'oxygène en cinq jours (DB05) de 60 grammes d'oxygène par jour ». Cette notion permet de calculer la capacité d'une installation.

Lorsqu'on étudie les résultats d'un rapport sur le traitement des eaux en Rhin-Meuse (c.f. figures 2 et 3), on note une très grande hétérogénéité des coûts de construction mais aussi de fonctionnement. Ces derniers sont dus aux coûts des personnels, de l'électricité, aux produits et à des problèmes techniques parfois très nombreux.

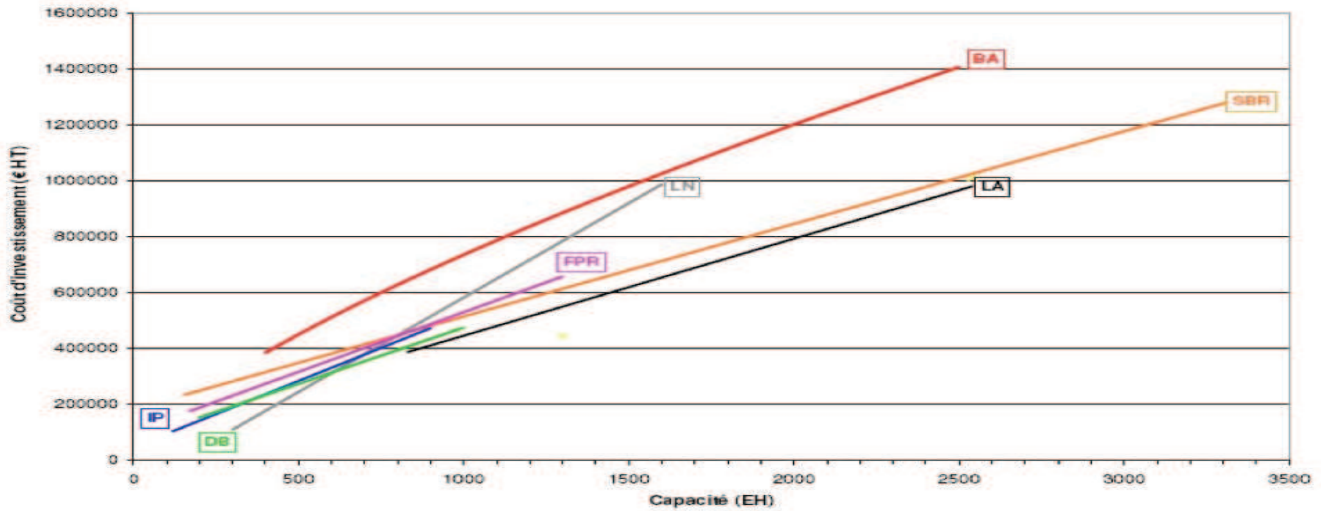


FIGURE 2 – Classement des procédés selon le coût d'investissement (Boues activées aération prolongée (BA), Boues activées SBR (SBR), Lagunage naturel (LN), Lagunage aéré (LA), Disques biologiques (DB), Infiltration-percolation (IP), Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical (FPR)) [3]

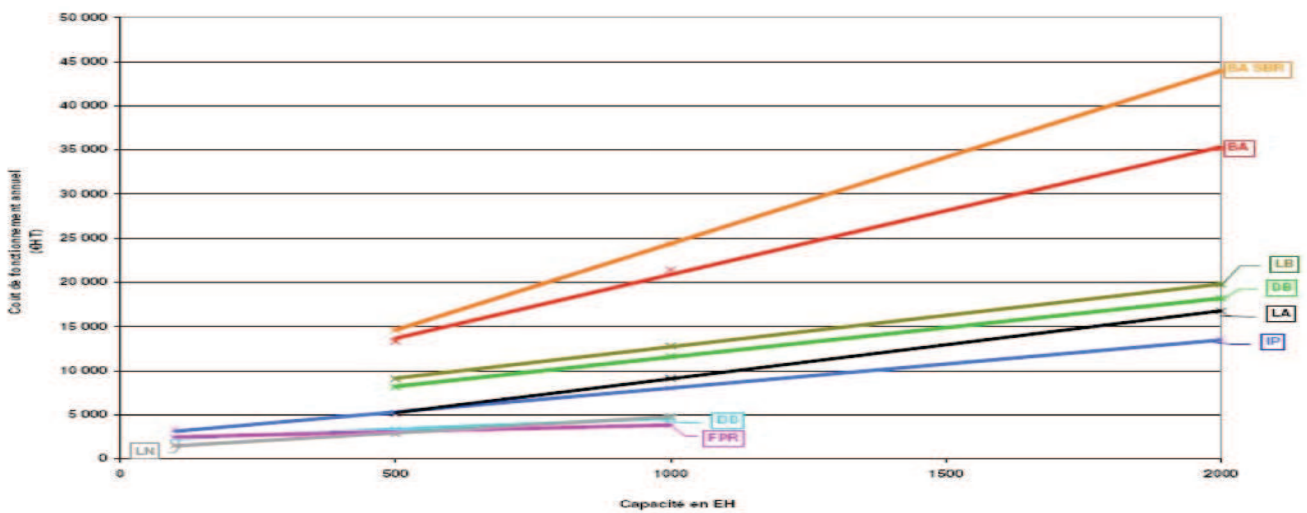


FIGURE 3 – Classement des procédés selon le coût de fonctionnement (Boues activées aération prolongée (BA), Boues activées SBR (BA SBR), Lagunage aéré (LA), Disques biologiques (DB), Infiltration-percolation (IP), Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical (FPR), Décanteur (DD), Lit Bactérien (LB)) [3]

3.2.2 Les rendements des installations

Il existe quatre niveaux de rendements (D1, D2, D3 et D4) définis par la circulaire n° 97-31 du 17/02/97 [12] comme suit :

« Niveaux types de performances des systèmes de traitement :

	D1	D2	D3	D4
DBO	rdt $\geq 30\%$	≤ 35 mg/L		≤ 25 mg/L
DCO			rdt $\geq 60\%$	≤ 125 mg/L
MES	rdt $\geq 50\%$			
NKj			rdt $\geq 60\%$	

TABLE 1 – Les niveaux types de performances des systèmes de traitements - Classification selon différents paramètres : Demande Biologique en Oxygène (DBO), Demande Chimique en Oxygène (DCO), Matières En Suspension (MES) et Azote Kjeldahl (AZj : azote organique + ammoniacal)

Ces divers niveaux, applicables à des moyennes sur 24 heures, sont exprimés soit en rendement :

$$\frac{\text{flux des eaux brutes} - \text{flux des effluents purs}}{\text{flux des eaux brutes}}$$

soit en concentrations de polluants dans les effluents épurés dans la mesure où ils font référence à des procédés qui se jugent difficilement sur les mêmes critères. »

Les niveaux correspondent aux procédés suivants [3] [12] :

- **D1** : Fosse septique "toutes eaux" (FSTE), Décanteur-digesteur (DD)
- **D2** : Lagunage aéré (LA)
- **D3** : Lagunage naturel (LN)
- **D4** : Boues activées aération prolongée (BA), Boues activées SBR (SBR), Lit bactérien (LB), Disques biologiques (DB), Infiltration-percolation (IP), Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical (FPRv), Filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal (FPRh)

On remarque alors que les stations les plus coûteuses sont aussi celles qui ont le meilleur rendement. On peut se demander si cela est une bonne compensation économique ou s'il devient nécessaire de trouver des procédés d'épuration aussi efficaces et moins chers. Mais les limites de l'épuration des eaux peuvent être bien plus concrètes.

3.2.3 Comment fixer des limites significatives ?

Ces niveaux sont-ils significatifs ? En effet leur établissement a été fait en fonction des rendements observés pour les différents types de procédés. Il serait plus légitime d'établir des niveaux basés sur leurs effets sur les milieux aquatiques en aval des stations. Pour ce faire des bio-indicateurs du milieu récepteur sont utilisés. Les bivalves comme la moule d'eau douce sont couramment utilisés comme marqueurs des pollutions urbaines. En effet leur mode d'alimentation par filtration, leur tolérance et leur métabolisme ne produisant que faiblement des bio-transformants en font de très bon bio-accumulateurs des contaminants. L'hydre d'eau douce est aussi utilisée car cet organisme qui a la capacité de se régénérer entièrement est particulièrement sensible aux produits pharmaceutiques et aux perturbateurs endocriniens. On peut observer des changements au niveau de sa forme et de ses tentacules, allant jusqu'à sa désintégration, en réponse aux stress environnementaux. (Figure 4) [4]

Des études menées au Canada, par exemple, permettent de mettre en évidence les impacts de nouveaux polluants comme les médicaments ou encore les cosmétiques relâchés en quantité croissante dans l'environnement. Les chercheurs impliqués mènent en parallèle des études en laboratoire avec des prélèvements d'eau et des études en milieu naturel utilisant des espèces bio-indicatrices initialement présentes ou réimplantées. Les perturbateurs endocriniens, retrouvés en quantité de plus en plus importantes à cause des contraceptifs hormonaux et différents composés industriels, sont à l'origine d'une féminisation des espèces qui entraîne la diminution du taux de reproduction. Des espèces sont donc menacées dans des environnements à proximité des centrales de traitements des eaux usées. Ces problèmes seront à nouveau évoqués par la suite. [4]

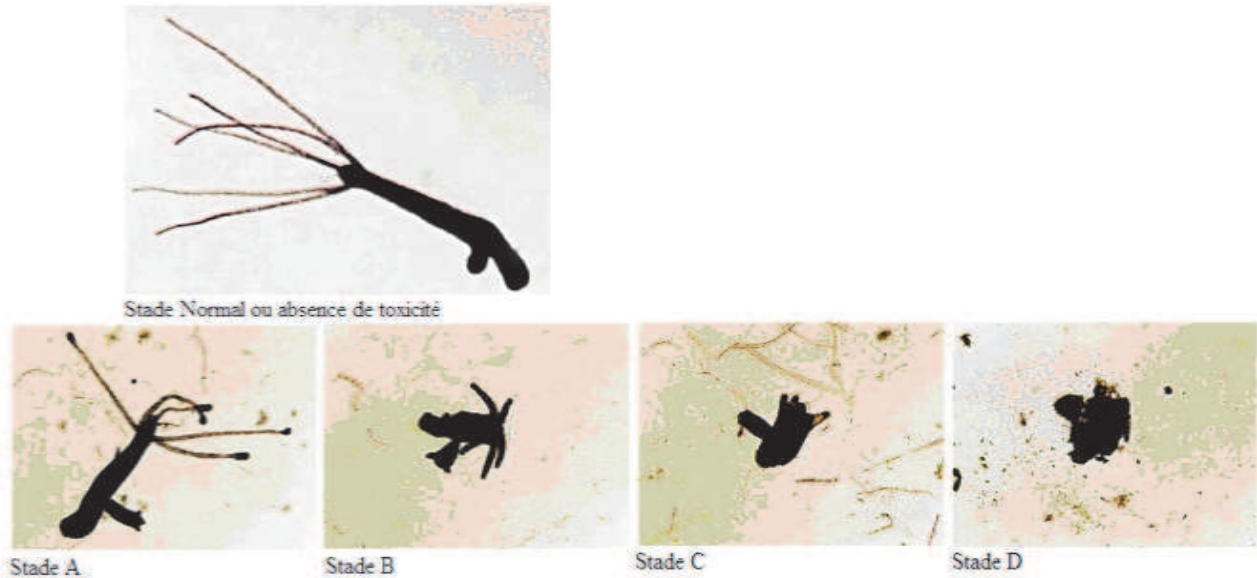


FIGURE 4 – Évolution des différents stades (A, B, C et D) de transformations morphologiques d'*Hydra attenuata* en réponse à la présence d'une toxicité aquatique. Modifié de Trottier, 1995.

4 Les impacts sociologiques et environnementaux

4.1 Émergence d'un traitement des eaux : une nécessité !

L'importance du traitement des eaux usées est connue depuis l'antiquité romaine : à l'époque son but principal était de traiter les eaux issues de l'agriculture afin de diminuer les odeurs émises. Cependant, il a fallu attendre le XIXe siècle pour que l'épuration de l'eau devienne incontournable à la société. [2] Les apparitions sporadiques des épidémies ayant été reliées aux bactéries présentes dans l'eau, les populations urbaines ont pris conscience que l'enjeu du traitement des eaux était fondamental. Peu après, les grandes villes ont aussi compris qu'il fallait réduire la quantité de polluants présents dans l'eau que l'on déversait dans l'environnement. Ce furent les premiers pas vers des contrôles plus stricts des eaux usées. Aujourd'hui ce contrôle est imposé par des législations au niveau européen aussi bien que national et le traitement des eaux usées est un enjeu majeur à la fois collectif mais aussi individuel.

Le traitement des eaux usées permet donc à la population urbaine aussi bien que rurale de mieux contrôler son impact sur l'environnement. Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des polluants ou autres substances qui, même diluées, peuvent avoir un effet à long terme sur les milieux naturels. Traiter les eaux usées aujourd'hui a une visée aussi bien sanitaire qu'environnementale. Ces techniques tendent à être aussi rapprochées de la nature que possible, utilisant même dans certains cas des bassins d'épuration avec des plantes.

Les législations européennes ont débuté sur le pied de la protection sanitaire – le but initial était donc d'empêcher que l'absence des traitements des eaux induisent des épidémies. Depuis, elles sont de plus en plus dédiées à la protection de l'environnement. Nous verrons dans la partie qui suit comment, et surtout quelles sont les conditions à respecter aujourd'hui pour pouvoir y arriver.

4.2 Un traitement encadré par des institutions

4.2.1 De nouvelles normes en vigueur au service de la protection de l'environnement

Depuis les années 70, différentes directives européennes sont entrées en vigueur afin de protéger les ressources aquatiques, gérer l'eau potable et usée et protéger l'environnement. Il a pourtant fallu attendre la directive de 1991 pour avoir un encadrement plus strict concernant les eaux usées urbaines, obligeant toute agglomération comptant plus de 2 000 habitants d'avoir un système élaboré d'épuration des eaux [5]. Ces systèmes doivent comporter des technologies primaires et secondaires, ainsi que tertiaires s'il y a eu eutrophisation (eau enrichies en nutriments, nitrates et phosphore, et montrant par conséquent une prolifération d'algues). Cette législation a été suivie en 1998 par une Directive visant à protéger les eaux destinées à la consommation humaine. Ainsi, l'eau potable en Europe doit depuis respecter les critères imposés en matière de qualité, pureté, élimination des micro-organismes. Cette

directive met en place le principe de précaution dans le cadre du traitement des eaux. Cela concerne typiquement la concentration des pesticides et des nitrates dans l'eau potable. Le niveau maximum toléré est 20 fois plus bas que celui imposé par l'OMS. Ceci est dû au fait que l'Union Européenne vise désormais à protéger en parallèle l'environnement et la santé humaine. [6] La législation a donc évolué tout au long du XXe siècle afin de prendre davantage en compte les nouveaux polluants et l'environnement.

Depuis l'entrée en vigueur de la Directive de 1991 [5], l'Union Européenne suit l'évolution des technologies d'épuration des eaux usées de tous ses pays membres, surtout au niveau des plus grandes agglomérations urbaines. Ainsi paraissent régulièrement des études de l'efficacité de son implémentation. La plus récente, parue en 2009 [7], a clairement montré que depuis les années 1990 les technologies employées ont nettement évolué. Cependant, il est visible que le pourcentage de la population qui est connecté aux systèmes de traitements tertiaires n'est pas égal dans toutes les régions de l'Europe (Figure 5). Pour le Nord (Suède, Norvège, Finlande et Islande) il atteint 70%, mais il est beaucoup plus bas pour l'Europe du Sud-est (Bulgarie, Roumanie et Turquie). En France il est de 80%. Pour les pays du Sud (dont la France) et l'Est (Slovénie, Slovaquie etc.), l'augmentation de l'emploi des systèmes d'épuration tertiaires est notable au cours des années. L'implémentation de cette directive en Europe n'est donc pas égale.

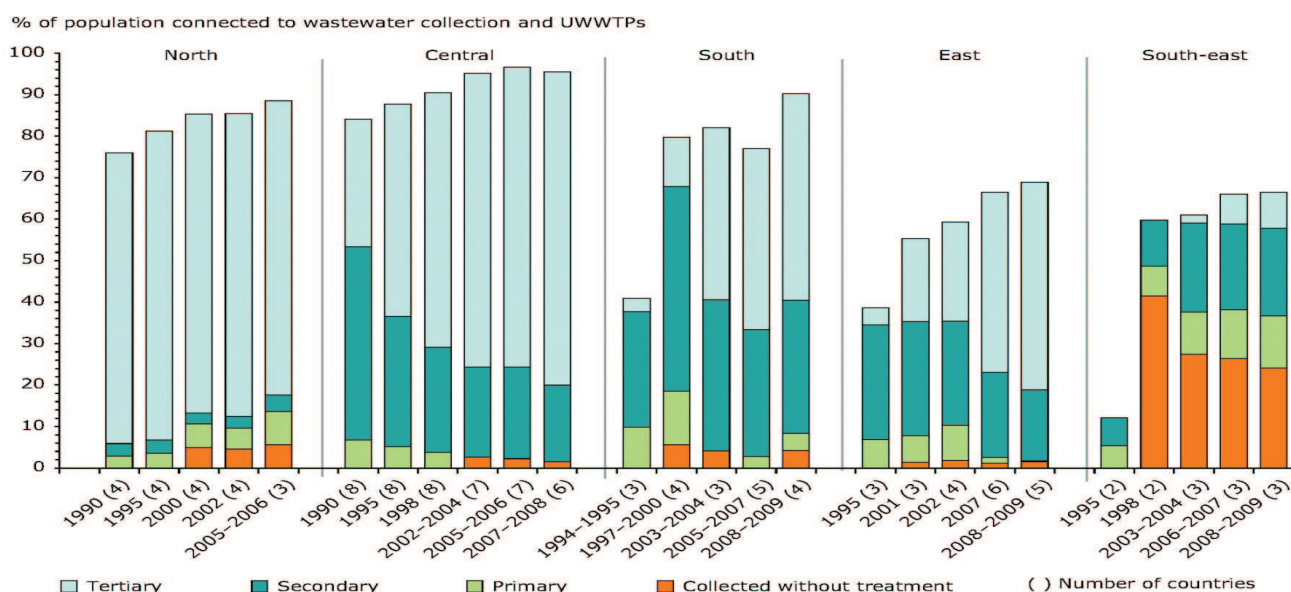


FIGURE 5 – Accès de la population aux différentes technologies d'épuration des eaux. Nord : Suède, Norvège, Finlande et Islande / Sud-Est : Bulgarie, Roumanie, Turquie / Sud : France, Italie, Espagne, Portugal / Est : Slovaquie, Slovaquie,... / Centrale : Allemagne, Autriche, Benelux

L'efficacité de la mise en place des nouvelles technologies visant à protéger davantage l'environnement dépend donc fortement de l'état économique des pays membres et de leur propre législation. Il y existe cependant la volonté commune d'améliorer l'efficacité des traitements afin de protéger l'environnement.

4.2.2 Des lois ajustées aux cas : industriels, urbains, ruraux, propriétaires !

La Directive que nous avons évoquée précédemment oblige donc la mise en place de systèmes d'épuration dans les agglomérations de plus de 2000 habitants. Celles de moins de 2000 habitants ont généralement déjà accès à un système d'épuration.[14] Elle s'applique donc plutôt au milieu urbain.

Cet encadrement ne vaut pas pour les populations de moins de 2000 habitants n'ayant pas de systèmes collectifs d'assainissement. Dans le milieu rural donc, étant donné que les législations européennes n'encadrent pas de près l'assainissement, la réglementation concernant les traitements à entreprendre est mise en place par les États.

Il existe en France des décrets en lien avec les traitements non-collectifs des eaux usées dans le milieu rural. [12] Le milieu rural est un cas très spécifique, d'autant plus que les habitats peuvent être semi-diffus (les habitations sont trop éloignées pour avoir un système d'assainissement collectif) et l'assainissement des écarts communaux doit aussi être encadré et réfléchi. A présent, toute zone pour laquelle les assainissements autonomes ne sont pas envisageables

doit trouver une solution de système d'assainissement semi-collectif, c'est-à-dire d'assainissement de proximité. Ceci est obligatoire puisque dans le milieu rural les cours d'eau de faible débit peuvent rapidement être exposés à des quantités de polluants très élevées.

En ce qui concerne la législation sur les eaux usées industrielles, elle repose au niveau européen sur la Directive de 1991. [5] Il y est cité que les pays membres ont l'obligation de mettre en place des systèmes d'épuration des eaux usées provenant des industries agroalimentaires et autres. Il y est souligné que les industries urbaines doivent demander une pré-autorisation pour le déversement des eaux usées dans les cours d'eau usée urbains. Cette législation a été réalisée dans le cadre de la volonté européenne de protéger l'environnement : lors de la construction des stations d'épuration, des systèmes de supervision et de prévention de la pollution ont été mis en place. Dans le cadre de cette Directive viennent s'insérer des lois propres à chaque état membre, visant à contrôler plus strictement les eaux usées industrielles.

4.3 Limites et nouvelles problématiques

Toutes les législations que nous avons évoquées visent à contrôler la qualité des eaux et à encadrer l'épuration, le tout dans le but de préserver la santé humaine et l'environnement. Cependant, soigner ou prévenir des maladies humaines ou animales peut avoir des effets en aval. Les médicaments utilisés ou des phytohormones peuvent être retrouvés dans les cours d'eau surtout en aval des stations d'épuration. Leur détection est devenue plus efficace avec le temps et il est aujourd'hui possible de mesurer des quantités infimes de ces substances (au niveau du ng/L).

Les substances comme les œstrogènes restent toujours, même à des concentrations aussi faibles, des perturbateurs endocriniens majeurs. Les œstrogènes naturels, comme l'œstradiol, l'œstriol et l'œstrone, ainsi que les phyto-œstrogènes, ont une courte demi-vie. En revanche, les œstrogènes synthétiques (typiquement trouvés dans les pilules contraceptives) ainsi que des composés chimiques pouvant mimer leur action (pesticides, phtalates, produits de ménage, etc.) ont une demi-vie beaucoup plus longue [10] et peuvent par conséquent s'accumuler dans le corps, souvent dans le tissu adipeux. Pour tout cela, une nouvelle catégorie de molécules est étudiée pour sa toxicité en aval des stations d'épuration : les PPCP (Pharmaceuticals and Personal Care Products). Elle regroupe les médicaments et les cosmétiques dont les traces sont mesurables dans l'eau épurée. Ces substances peuvent s'avérer nocives pour la santé humaine mais leur impact sur l'environnement est encore étudié. Ce qui est déjà certain, c'est qu'elles peuvent affecter les organismes vivants dans les milieux aquatiques et ceux-ci sont donc directement exposés.

Une étude, portant sur le devenir des composés des œstrogènes en aval des stations d'épuration, a été menée par l'INRA en 2008.[9] Elle a montré, sur une station modèle, que les techniques classiques de biodégradation par les microorganismes peuvent éliminer les œstrogènes des eaux usées urbaines, mais que, quand ils sont adsorbés sur de la boue, ces composés non seulement persistent mais gardent également leur toxicité. C'est ce qui est généralement montré en ce qui concerne les techniques d'élimination des œstrogènes des eaux usées. [11]

Les impacts sur les milieux ne sont que récemment pris en compte et évalués. On observe notamment une baisse de la reproduction des poissons due à une féminisation des mâles. On attend beaucoup des nouvelles technologies récemment développées pour trouver une solution au problème. Par exemple, un rayonnement ultraviolet utilisé aux longueurs d'ondes d'absorption des composés visés permettrait la dégradation de ces derniers. Son efficacité dépend cependant de nombreux paramètres tels que la présence de matières en suspension. Les résultats sont de 40% à 50% pour les nonylphénols polyéthoxylates (interférants des récepteurs hormonaux naturels utilisés dans l'industrie et dans des détergents, dégraissants et autre produits destinés au nettoyage) et d'environ 20% pour les œstrogènes (ce résultat pouvant aller jusqu'à 95% de dégradation avec des intensités plus fortes). Cette méthode pose cependant des problèmes, les produits générés à l'issue de la dégradation pouvant être toxiques. En effet une étude montre que la désinfection par rayonnement ultraviolet entraîne une surmortalité des poissons du milieu. [4] Il est donc nécessaire que de nouvelles technologies soient mises au point, que leur efficacité soit prouvée et leur que impact sur le milieu soit connu.

En Europe, pour mettre en place une législation concernant l'élimination des œstrogènes des eaux usées urbaines, on essaye d'abord d'analyser les techniques et les rapports coûts - bénéfiques. Il a été montré que l'épuration des eaux basée sur du carbone actif granulaire était plus efficace avec du carbone réactivé (C401) qu'avec du carbone vierge (F400) mais que les deux étaient affectés par l'absorption compétitive par de la matière organique présente dans l'eau. [13]

5 Conclusion

Le traitement des eaux usées est un processus très important pour la vie quotidienne des habitants des villes et du monde rural. On effectue l'épuration des eaux usées non seulement pour protéger la santé de la population

et éviter les maladies contagieuses, mais aussi pour protéger l'environnement. Aujourd'hui, ce dernier but devient de plus en plus important et les techniques de traitement et les stations d'épuration évoluent constamment. Les traitements usuels (primaires et secondaires) ont été complétés par des traitements qui visent à éliminer le plus possible de substances nocives pour les écosystèmes (tertiaires). Tout cela est évidemment très encadré, et c'est cette orchestration au niveau européen qui aide à mieux veiller sur la qualité de l'eau potable et usée.

L'eau, élément indispensable à la vie, doit être protégée et sa qualité doit être régulièrement contrôlée. Nous avons commencé à contrôler et à protéger aussi bien l'eau que l'on boit que l'eau que l'on rejette. Cependant, les lois en vigueur et les technologies d'épuration doivent encore évoluer pour répondre à l'évolution des styles de vie, car avec de nouveaux polluants arrivent de nouveaux dangers aussi bien pour les écosystèmes aquatiques que pour l'homme.

Références

- [1] ADEME. Organisation et fonctionnement d'une station d'épuration. ademe.fr.
- [2] Advanced BioTech. Wastewater collection and treatment. adbio.com.
- [3] Agence de l'eau Rhin-Meuse. Les procédés d'épuration des petites collectivités. eau-rhin-meuse.fr.
- [4] Pascal Bélanger. Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de montréal. usherbrook.ca.
- [5] EU. *Directive 91/271 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires*, 21/05/1991.
- [6] EU. *Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption*, 03/11/1998.
- [7] EU. *5th Commission Summary on the Implementation of the Urban Waste Water Treatment Directive*, 2009.
- [8] Fondation de l'Eau Potable Sûre. Traitement des eaux usées. safewater.org.
- [9] INRA. Devenir des œstrogènes dans les stations d'épuration. inra.fr.
- [10] Katie McAvoy. Occurrence of estrogen in wastewater treatment plant and waste disposal site water samples. *Clearwaters*, 2008.
- [11] Koh and al. Treatment and removal strategies for estrogens from wastewater. *Environmental Technology Vol.29 No. 3*, 2008.
- [12] République Française. *Circulaire 97/31 relative à l'assainissement de communes-ouvrages de capacité inférieure à 120kg DBO5/jour (2000 EH)*, 1997.
- [13] Rowsell and al. Removal of steroid estrogens form wastewater using granular activated carbon : comparison between virgin and reactivated carbon. *Water Environment Research Vol.81 No. 4*, 2009.
- [14] WECF. Sustainable and cost-effective wastewater systems. wecf.eu.

Annexe 1 - Article 2 de la Directive du 21/05/1991 relative au traitement des eaux résiduaires [5] Aux fins de la présente directive, on entend par :

- 1) "**eaux urbaines résiduaires**" : les eaux ménagères usées ou le mélange des eaux ménagères usées avec des eaux industrielles usées et/ou des eaux de ruissellement ;
- 2) "**eaux ménagères usées**" : les eaux usées provenant des établissements et services résidentiels et produites essentiellement par le métabolisme humain et les activités ménagères ;
- 3) "**les eaux industrielles usées**" : toutes les eaux usées provenant de locaux utilisés à des fins commerciales ou industrielles, autres que les eaux ménagères usées et les eaux de ruissellement ;
- 4) "**agglomération**" : une zone dans laquelle la population et/ou les activités économiques sont suffisamment concentrées pour qu'il soit possible de collecter les eaux urbaines résiduaires pour les acheminer vers une station d'épuration ou un point de rejet final ;
- 5) "**système de collecte**" : un système de canalisations qui recueille et achemine les eaux urbaines résiduaires ;
- 6) "**un équivalent habitant (EH)**" : la charge organique biodégradable ayant une demande biochimique d'oxygène en cinq jours (DB05) de 60 grammes d'oxygène par jour ;
- 7) "**traitement primaire**" : le traitement des eaux urbaines résiduaires par un procédé physique et/ou chimique comprenant la décantation des matières solides en suspension ou par d'autres procédés par lesquels la DB05 des eaux résiduaires entrantes est réduite d'au moins 20% avant le rejet et le total des matières solides en suspension des eaux résiduaires entrantes, d'au moins 50% ;
- 8) "**traitement secondaire**" : le traitement des eaux urbaines résiduaires par un procédé comprenant généralement un traitement biologique avec décantation secondaire ou par un autre procédé permettant de respecter les conditions du tableau 1 de l'annexe I ;
- 9) "**traitement approprié**" : le traitement des eaux urbaines résiduaires par tout procédé et/ou système d'évacuation qui permettent, pour les eaux réceptrices des rejets, de respecter les objectifs de qualité retenus ainsi que de répondre aux dispositions pertinentes de la présente directive et d'autres directives communautaires ;
- 10) "**boues**" : les boues résiduaires, traitées ou non, provenant de stations d'épuration des eaux urbaines résiduaires ;
- 11) "**eutrophisation**" : l'enrichissement de l'eau en éléments nutritifs, notamment des composés de l'azote et/ou du phosphore, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux d'espèces supérieures qui entraîne une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau en question ;
- 12) "**estuaire**" : la zone de transition à l'embouchure d'un cours d'eau entre l'eau douce et les eaux côtières. Les Etats membres établissent les limites extérieures (maritimes) des estuaires aux fins de la présente directive, dans le cadre du programme de mise en oeuvre, conformément à l'article 17 paragraphes 1 et 2 ;
- 13) "**eaux côtières**" : les eaux en dehors de la laisse de basse mer ou de la limite extérieure d'un estuaire.

Annexe 2 - Extrait - Circulaire 97/31 du 17/02/97 relative à l'assainissement de communes-ouvrages de capacité inférieure à 120 kg DBO5/jour (2000 EH) [12]

1.2 . Niveaux types de rejet pour les ouvrages soumis à déclaration

De manière schématique, quatre classes de traitement peuvent être distinguées (cf tableau).

Le niveau de traitement D1 correspond aux exigences minimales fixées à l'article 14 de l'arrêté et, d'un point de vue technique, à une simple décantation primaire sans ajout de réactifs, dont l'extension ultérieure, à l'aide d'un procédé à cultures fixées, est très aisée. Les solides décantés (les boues primaires) doivent être stabilisés et le recours aux décanteurs-digesteurs combinés correspond souvent bien au volume à traiter dans le cas où l'impact des rejets sur le milieu naturel est faible.

Il est toutefois clair que ce niveau sera réservé à des milieux peu fragiles - notamment d'un point de vue sanitaire - et offrant une dilution importante. Des exigences supplémentaires devront être fixées dans le cas contraire.

Le niveau D2 permet d'avoir recours à des solutions techniques variées parmi lesquelles les cultures fixées, lits bactériens ou disques biologiques paraissent bien adaptés aux petites collectivités tant au point de vue de l'énergie à dépenser pour le traitement que la simplicité d'exploitation, et notamment de gestion des boues.

La conception de ces stations d'épuration à culture fixée recourt préférentiellement à l'usage d'un premier étage de décantation primaire combiné à la digestion des boues.

Selon le dimensionnement des réacteurs biologiques, il sera ou non possible d'obtenir une nitrification estivale, ce qui peut renforcer grandement la protection du milieu naturel.

Le recours à la technique du lagunage aéré est à prendre en considération, notamment dans le cas où des activités artisanales sont susceptibles de provoquer des déséquilibres dans la composition des eaux à traiter ou des variations de charges importantes.

Le niveau D3 correspond bien aux performances attendues du lagunage naturel tel qu'il a été développé en France. Son adéquation à la protection du milieu tient notamment à ses performances soutenues sur l'azote, mieux assurées lorsque trois bassins sont réalisés. L'expression de l'efficacité tient au fait qu'il n'y a pas conservation des débits dans de telles installations et que la DCO non filtrée est le paramètre le plus représentatif et le moins critiquable pour exprimer l'action du lagunage naturel sur la charge organique.

Le niveau D4 coïncide avec le niveau classique de traitement des collectivités dont le système d'assainissement est soumis à autorisation. Ces techniques sont bien adaptées à l'élimination du paramètre azote ammoniacal qui est généralement le facteur limitant de la qualité du milieu récepteur.

Les procédés choisis pour assurer ces performances devraient donc naturellement être ceux capables de nitrifier au rang desquels on peut mettre en avant :

- les boues activées en aération prolongées ;

[...]

Ces divers niveaux, applicables à des moyennes sur 24 heures, sont exprimés soit en rendement :

$$\frac{\text{Flux des eaux brutes} - \text{Flux des effluents épures}}{\text{Flux des eaux brutes}}$$

Soit en concentrations des polluants dans les effluents épurés dans la mesure où ils font référence à des procédés qui se jugent difficilement sur les mêmes critères.