

■ ■ ■ Les lits de séchage plantés de roseaux

pour traiter les boues issues de l'épuration* en Provence-Alpes-Côte d'Azur



* *Dei sanhas per essuiar lei fangas sortidas de l'apuramen*

CE TROISIÈME DOSSIER TECHNIQUE ABORDE LA FILIÈRE "LITS DE SÉCHAGE PLANTÉS DE ROSEAUX" (LSPR) pour la déshydratation de boues issues du traitement des eaux usées ou de matières de vidange provenant d'installations d'assainissement individuel. L'objectif de ce dossier est de diffuser des informations sur la filière pour contribuer à améliorer les connaissances sur ce procédé.

Il présente la filière, l'état de son développement sur le territoire régional, une synthèse des préconisations nationales ainsi que des recommandations pratiques de l'ARPE visant à éviter les dysfonctionnements les plus souvent rencontrés. Des notions de coûts d'investissement et d'exploitation sont précisées en fin de dossier.

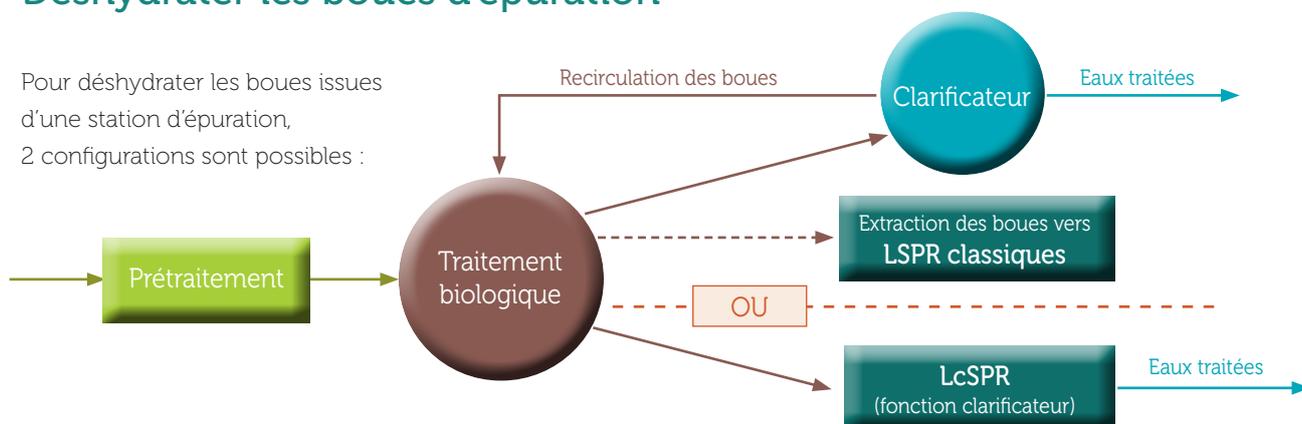
Il s'appuie notamment sur des visites annuelles de sites et sur des échanges avec l'Irstea (Institut de recherche en science et technologie pour l'environnement et l'agriculture) et les services des départements alpins (Alpes de Haute-Provence, Hautes-Alpes et Alpes-Maritimes). Ces échanges ont été nombreux, notamment dans le cadre de la participation de l'ARPE à la rédaction du guide national portant sur ce procédé et au groupe national de travail EPNAC (Évaluation de Procédés Nouveaux d'Assainissement des petites et moyennes Collectivités), animé par l'Irstea.

LES INFORMATIONS DIFFUSÉES DANS CE DOSSIER TECHNIQUE sont issues du suivi spécifique de cette filière réalisé sur le territoire régional depuis 2009 par l'ARPE. Ce suivi est réalisé au sein de l'unité "Assainissement et milieux aquatiques", dans le cadre de la mission d'évaluation de techniques innovantes en matière d'assainissement.

PRÉSENTATION de la filière de déshydratation et applications possibles

Déshydrater les boues d'épuration

Pour déshydrater les boues issues d'une station d'épuration, 2 configurations sont possibles :



Téléchargement

> Pour télécharger plus de documents sur ce procédé, rendez-vous sur le site de l'EPNAC <http://epnac.irstea.fr> > boues d'épuration > lits de séchage plantés de roseaux

Configuration "Lits de séchage plantés de roseaux" classiques (LSPR)

les LSPR constituent la file boues

Lorsque l'épuration biologique est réalisée par culture libre (boues activées), une recirculation des boues est obligatoire, d'où la nécessité de disposer d'un ouvrage de clarification qui séparera les boues des eaux traitées.

Dans ce cas, les LSPR constituent la file boues de la station d'épuration. Dans la suite du document, nous parlerons alors de "lits de séchage plantés de roseaux classiques" (LSPR classiques).

Avantages...



- ⊕ coûts d'exploitation réduits par rapport aux systèmes mécaniques classiques,
- ⊕ stockage des boues sur plusieurs années,
- ⊕ diminution des quantités de matières sèches à évacuer du fait de la dégradation d'une partie de la matière organique par minéralisation,
- ⊕ boues directement valorisables en épandage agricole,
- ⊕ bonne intégration paysagère,
- ⊕ pas de local propre à la déshydratation des boues à prévoir,
- ⊕ pas d'odeurs générées si les lits fonctionnent correctement,
- ⊕ exploitation nécessitant peu de technicité, mais un suivi rigoureux,
- ⊕ impact environnemental réduit par rapport aux systèmes mécaniques classiques (conception impliquant sans doute moins de nuisances environnementales globales, faible consommation d'énergie, pas de réactifs nécessaires, ...),

... et inconvénients



- ⊖ emprise au sol plus importante qu'un système mécanique classique,
- ⊖ nécessité d'une montée en charge progressive de l'alimentation pouvant imposer la mise en œuvre d'un moyen de déshydratation complémentaire à la mise en service des lits,
- ⊖ nuisances olfactives difficiles à contenir en cas de dysfonctionnement,
- ⊖ exploitation sensible à différents paramètres sur lesquels il est difficile d'intervenir (conception initiale, météo, charge d'alimentation directement dépendante de la production de boues de la file eau, ...),
- ⊖ opérations de curage ponctuelles mais régulières et nécessitant une intervention extérieure (manipulations délicates de pelle mécanique).

> Pour télécharger le document national "guide de dimensionnement et de gestion" des LSPR <http://epnac.irstea.fr> > boues d'épuration > lits de séchage plantés de roseaux



Configuration "Lits de clarification séchage plantés de roseaux"

LcSPR = clarification + file boues

Ces ouvrages ont deux objectifs à remplir simultanément :

- clarifier les eaux issues de la zone biologique de la station d'épuration,
- déshydrater les boues qui s'accumulent en surface.

Dans la suite du document, nous parlerons alors de "lits de clarification séchage plantés de roseaux" (LcSPR).

Dans cette configuration, aucune recirculation de boues n'est possible contrairement à une clarification classique.

Aussi, les LcSPR ne peuvent être utilisés qu'à l'aval de traitements par cultures fixées (biodisques ou lits bactériens).

En effet, la biomasse épuratrice étant fixée sur un support au sein du réacteur biologique, ces systèmes ne nécessitent pas de recirculation de boues.

Ces ouvrages nécessitent un dimensionnement plus important que des LSPR classiques puisqu'ils sont soumis aux mêmes contraintes organiques auxquelles sont ajoutées de fortes contraintes hydrauliques.

Leur exploitation peut s'avérer délicate faute d'un dimensionnement rigoureux imposant notamment une bonne connaissance des charges hydrauliques reçues.

Dans la pratique, plusieurs expériences en région montrent que les lits n'acceptent pas la totalité de leur débit nominal de temps sec, ce qui provoque des déversements fréquents d'effluents non clarifiés vers le milieu récepteur malgré la présence de bassins d'orage.

Téléchargement

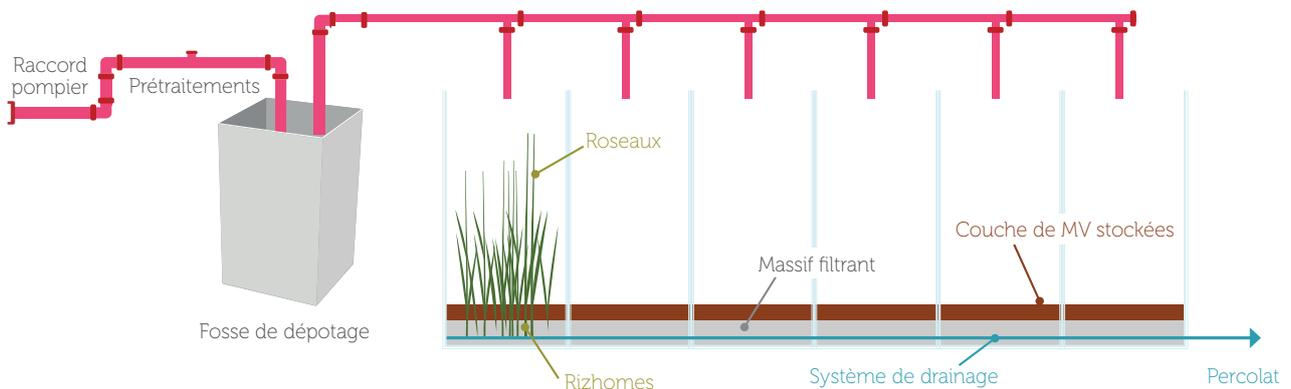
> Pour télécharger les fiches produites par l'EPNAC sur deux procédés utilisant des LcSPR, rendez-vous sur le site de l'EPNAC :

- 1- <http://epnac.irstea.fr> > Procédé Rhizopur
- 2- <http://epnac.irstea.fr> > Procédé Ecodisk



Déshydrater les matières de vidange issues de l'assainissement autonome

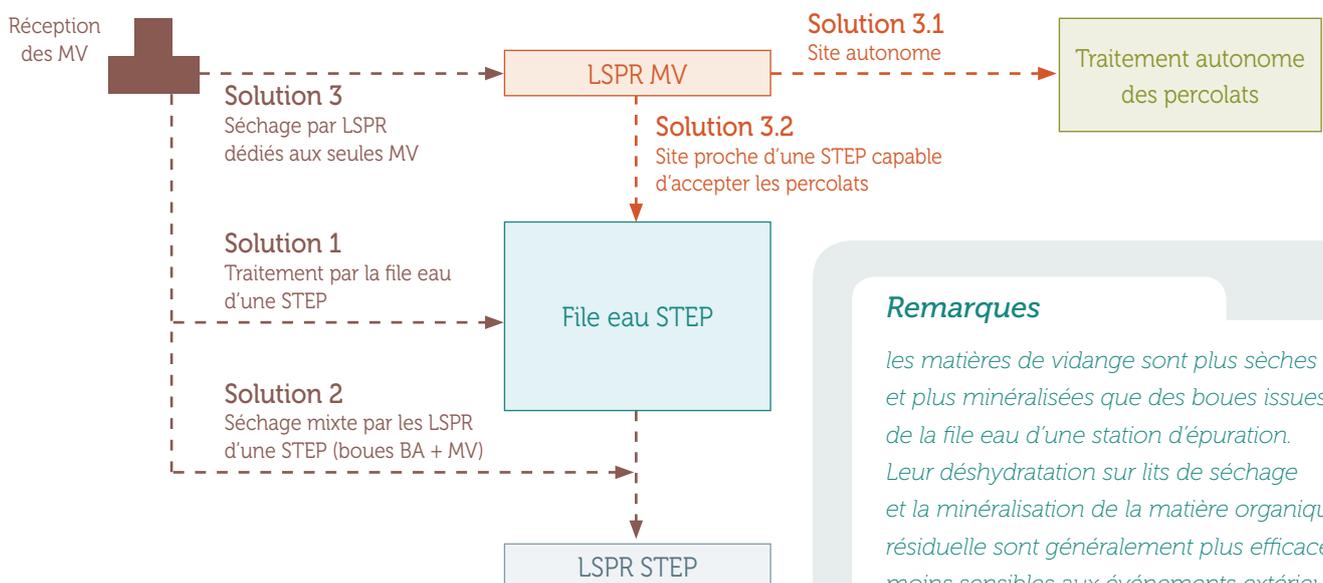
Dans ce cas, les produits à déshydrater sont issus du curage des installations d'assainissement autonome des particuliers (fosses septiques par exemple). Dans la suite du document, nous parlerons alors de "lits de séchage plantés de roseaux pour les matières de vidange" (LSPR MV).



Cette solution alternative de gestion des matières de vidange peut être particulièrement intéressante en milieu rural où les stations d'épuration susceptibles d'accueillir ces matières sont parfois relativement éloignées de leur lieu de production. Dans ce cas, centraliser les apports sur un site de LSPR MV permet de :

- réduire les distances de transport,
- mieux maîtriser le devenir de ces déchets valorisables.

Les solutions 2 et 3 du schéma ci-dessous, constituent les configurations possibles de réception des matières de vidange par des lits plantés :



Remarques

les matières de vidange sont plus sèches et plus minéralisées que des boues issues de la file eau d'une station d'épuration. Leur déshydratation sur lits de séchage et la minéralisation de la matière organique résiduelle sont généralement plus efficaces et moins sensibles aux événements extérieurs (surcharge organique ponctuelle, météo, ...).

Principe de fonctionnement général

L'ensemble de ces procédés ont pour vocation principale de déshydrater des boues d'épuration ou des matières de vidange afin d'en faciliter le stockage, le transport et la valorisation.

Les produits à sécher sont envoyés par pompage sur un massif filtrant constitué de couches de sable et de graviers de plus en plus grossiers. Des roseaux ont été plantés sur ce massif pour réduire les risques de colmatage des lits et en augmenter l'aération.

La majeure partie des eaux, contenues dans les produits à déshydrater, percole à travers le massif et s'évacue par les drains de collecte disposés au fond des lits. Les roseaux affinent également la déshydratation par évapotranspiration.

Les produits sont retenus et stockés en surface des lits sur plus d'un mètre d'épaisseur.

Ces ouvrages étant fortement sollicités hydrauliquement et organiquement, de longues périodes de mise au repos après une phase d'alimentation sont nécessaires.

C'est pourquoi il est indispensable de disposer de plusieurs lits sur un même site. À surface égale, on gagnera en souplesse d'exploitation en augmentant le nombre de lits.

Qu'ils soient conçus en béton ou par terrassement en déblai/remblai, leur fonctionnement est identique.

En revanche, chaque type présente des avantages et des inconvénients :

→ LITS RÉALISÉS EN CASIERS BÉTONS :



© ARPE PACA



© ARPE PACA



© Occitane d'Environnement

→ LITS RÉALISÉS EN DÉBLAI / REMBLAI :



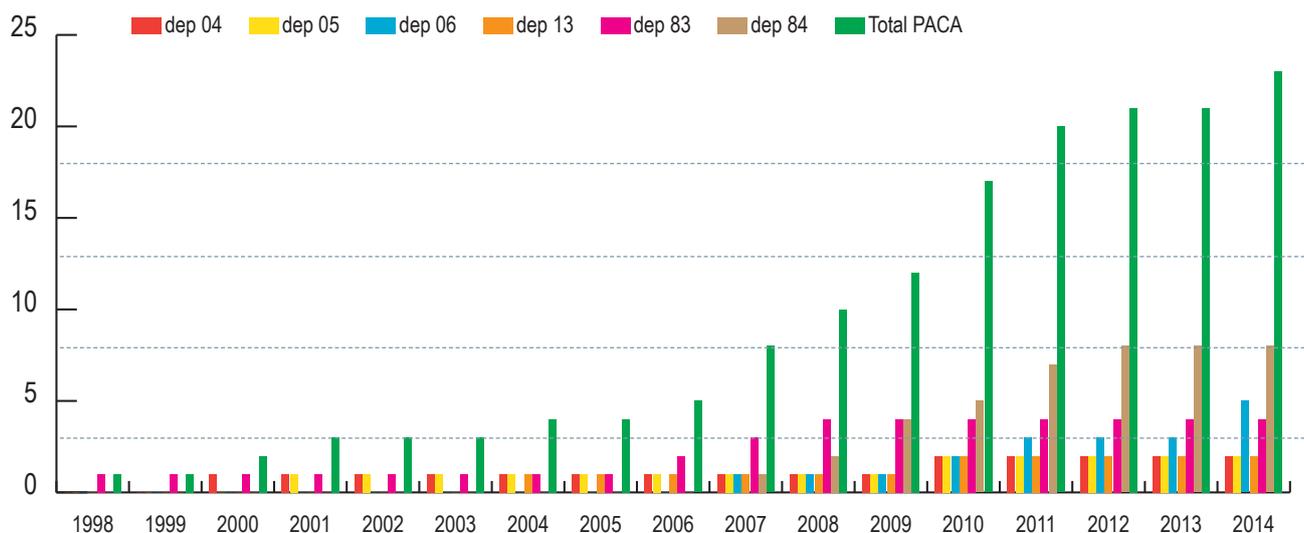
Plus compacts (environ 2 fois moins encombrants), les casiers béton sont toutefois plus chers à réaliser que les lits conçus en déblai/remblai. Toutefois, sur des terrains rocheux et/ou accidentés, les ouvrages béton peuvent s'avérer moins coûteux puisqu'ils nécessitent moins de terrassements.

La conception déblai/remblai est sans doute moins impactante d'un point de vue environnemental (à confirmer par la méthode de l'analyse du cycle de vie) et l'intégration paysagère peut être meilleure.

ÉTAT DES LIEUX de ces filières en Provence-Alpes-Côte d'Azur

Évolution du nombre d'installations

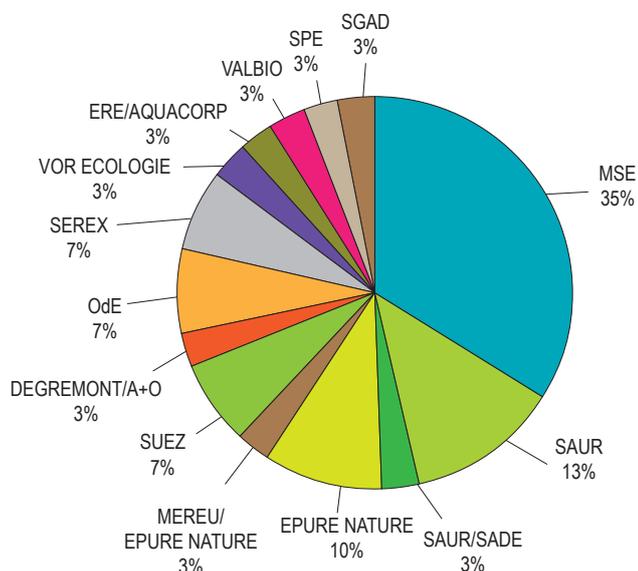
Depuis 1998, 23 stations d'épuration de la région utilisent des LSPR pour déshydrater leurs boues d'épuration. Les capacités de traitement de ces stations sont comprises entre 250 et 5 000 EH, mais les lits de séchage plantés de roseaux peuvent être employés sur des stations de capacité bien supérieure. En effet, au niveau national, on rencontre des installations déshydratant les boues de stations d'épuration d'une capacité proche de 30 000 EH, et au Danemark jusqu'à 125 000 EH. À cela, s'ajoutent 5 stations utilisant des LcSPR pour clarifier et déshydrater les boues et 3 sites de réception de matières de vidange (LSPR MV), dont 2 seulement sont actuellement opérationnels.



Évolution du nombre de stations d'épuration équipées de lits de séchage plantés de roseaux en Provence-Alpes-Côte d'Azur (hors LcSPR et LSPR MV)

Téléchargement

> Pour télécharger la carte localisant l'implantation des lits de séchage plantés de roseaux en région, rendez-vous sur le site de l'ARPE PACA : www.arpe-paca.org > domaines d'actions > assainissement et milieux aquatiques > évaluation de techniques innovantes > lits de séchage plantés de roseaux



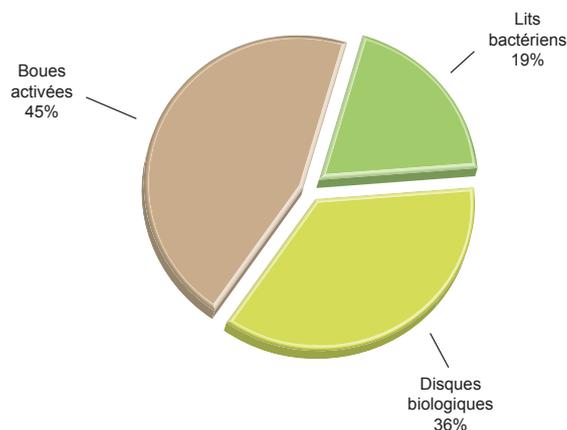
Constructeurs intervenant en Provence-Alpes-Côte d'Azur

En 2015, 14 constructeurs [ou groupements de constructeurs] avaient construit des LSPR, LcSPR ou LSPR MV sur 31 sites de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Répartition des types de procédés épuratoires disposés en amont des LSPR ou LcSPR

Nous avons recensé 3 types de techniques épuratoires dont les boues sont déshydratées par des lits de séchage plantés de roseaux, faisant office de clarificateur ou non (LSPR ou LcSPR).

Majoritairement, les LSPR classiques sont utilisés pour déshydrater les boues de station d'épuration de type boues activées.



Dysfonctionnements rencontrés et solutions d'urgence appliquées

Depuis 2009, les visites annuelles consacrées au suivi des lits de séchage plantés de roseaux ont permis de mettre en avant un certain nombre de dysfonctionnements récurrents.

Ces dysfonctionnements se traduisent généralement par :

- un mauvais développement des roseaux,
- l'apparition de nuisances (odeurs, larves et mouches éristales),
- dans certains cas de dysfonctionnements sévères : incapacité de prendre en charge la totalité de la production de boues. La qualité des eaux traitées par la station d'épuration peut être indirectement impactée par ce type de défaillance.

→ CAS PARTICULIER DES SITES DE DÉSHYDRATATION DES MATIÈRES DE VIDANGE (LSPR MV)

Nous ne détaillerons pas les problématiques propres aux LSPR MV, cette filière étant moins soumise aux dysfonctionnements décrits ci-après. Il est toutefois à noter qu'une attention particulière doit être portée :

- à l'estimation des quantités de matières de vidange à traiter tout au long de l'année. Pour cela, nous recommandons aux maîtres d'ouvrage de passer des conventions avec les entreprises réalisant les vidanges d'installations de particuliers afin de garantir des apports réguliers. Une information aux particuliers et une incitation financière, favorisant le pompage des matières de vidange hors périodes de pointe, permettront également d'étaler au maximum ces apports tout au long de l'année,
- à la facilité d'utilisation du site de dépotage par la mise en place d'un système de gestion automatique (badge propre à chaque vidangeur conventionné) et d'un matériel adapté au débit de refoulement des camions de vidange (cf. guide FNDAE n° 37 - chapitre IV notamment).

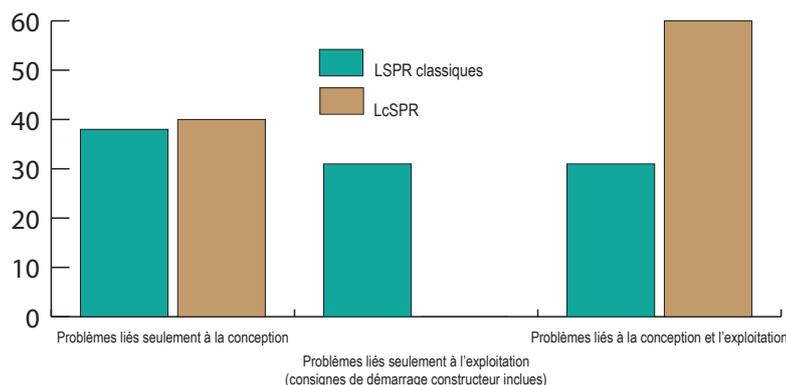
Téléchargement

> Pour télécharger le guide FNDAE n° 37 "Guide technique sur les matières de vidange issues de l'assainissement non collectif" : <http://epnac.irstea.fr>



→ GÉNÉRALITÉ SUR L'ORIGINE DES PRINCIPAUX DYSFONCTIONNEMENTS IDENTIFIÉS

Ces dysfonctionnements peuvent être de plusieurs ordres. On distingue ici les dysfonctionnements liés à la conception des ouvrages et ceux liés aux consignes d'exploitation appliquées (issues des préconisations du constructeur ou non).



Il faut cependant indiquer qu'un dysfonctionnement est souvent dû à une combinaison de plusieurs causes dont certaines peuvent être liées à des phénomènes extérieurs ou difficilement maîtrisables (météo, qualité des boues, implantation du site, ...).

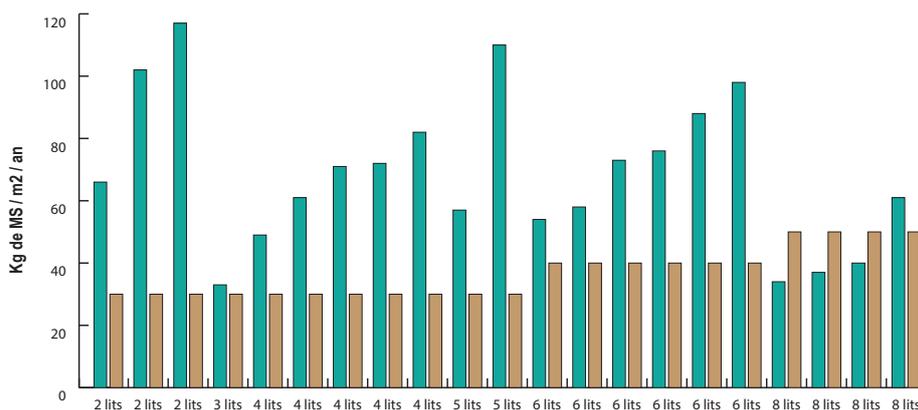
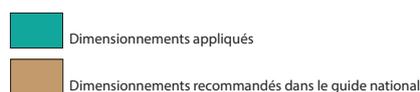
→ ORIGINES PRINCIPALES DES DYSFONCTIONNEMENTS LIÉS À LA CONCEPTION DES OUVRAGES

Les problèmes liés à la conception des ouvrages seront de plus en plus pénalisants, au fur et à mesure que la station d'épuration aura à traiter une charge proche de sa capacité nominale. Ceci est d'autant plus vrai en période de curage où les lits non curés sont davantage sollicités.

Ces dysfonctionnements peuvent avoir pour origine différents aspects liés à la conception :

Sous-dimensionnement des ouvrages

Sans doute en raison de préconisations nationales initialement pas assez claires (en tous cas peu connues), près de 90 % des installations dont l'ARPE a suivi le fonctionnement étaient sous-dimensionnées par rapport aux recommandations du guide Irstea paru en fin d'année 2013.



À ce jour, ces sous-dimensionnements n'ont pas été systématiquement pénalisants, car les charges traitées par les stations d'épuration concernées sont souvent bien inférieures à leur capacité nominale de traitement.

Matériaux ou drainage du massif filtrant

La déshydratation des boues s'effectue en grande partie par la percolation de l'eau qu'elles contiennent. Aussi, la perméabilité et le drainage du massif filtrant sont des points essentiels.

Il est donc absolument nécessaire de respecter les recommandations Irstea concernant :

- les granulométries et la qualité des matériaux utilisés,
- la densité et les types de drains à installer.

Dans le cas des lits de clarification/séchage (LcSPR), la mise en œuvre d'un massif filtrant inadapté a un effet direct sur la qualité des eaux traitées rejetées.

C'est notamment le cas lorsque la perméabilité du massif est trop importante. Ceci provoque des pertes conséquentes de matières en suspension.

→ DYSFONCTIONNEMENTS LIÉS À L'EXPLOITATION DES OUVRAGES

Même si le dimensionnement et le nombre de lits disponibles sont corrects, des dysfonctionnements peuvent survenir à différentes étapes de l'exploitation.

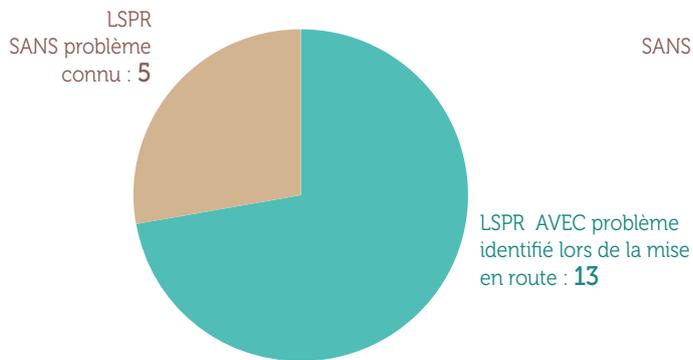
Surcharges à la mise en route des installations

Le démarrage de ces systèmes est sans doute l'étape la plus sensible liée à l'exploitation des lits. Ceci est également le cas dans une moindre mesure, lors de la remise en service des lits suite au curage des boues.

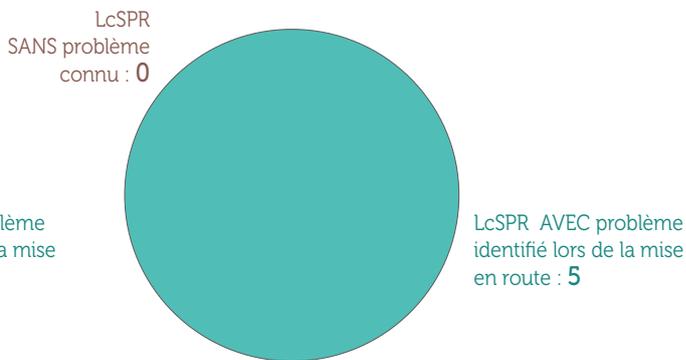
En effet, les roseaux encore peu développés ne doivent pas recevoir une charge organique trop importante. Cela nuirait au développement de leurs rhizomes et les massifs filtrants se colmatent rapidement.

Dans les faits, les lits sont souvent alimentés alors que les roseaux viennent seulement d'être plantés.

Si l'enracinement des roseaux et la montée en charge progressive de leur alimentation en boues ne sont pas anticipés, les dysfonctionnements sont inévitables.



*Proportion des LSPR classiques suivis
ayant connu un dysfonctionnement
à la mise en route.*



*Proportion des LcSPR suivis
ayant connu un dysfonctionnement
à la mise en route.*

Mise en service des différents types de LSPR : une étape sensible

Les recommandations Irstea confirment nos observations de terrain :

- Il faut laisser s'implanter les roseaux dans le massif filtrant avant même de débiter la montée en charge progressive de l'alimentation en boues.
- Afin de favoriser leur développement, les roseaux pourront être arrosés si besoin, soit par des eaux usées traitées ou une faible quantité de boues d'épuration si cela est possible, soit à l'eau d'arrosage (ou eau potable, si aucune autre solution n'est possible).

Par la suite, les dysfonctionnements rencontrés au démarrage peuvent rentrer dans l'ordre une fois les interventions d'urgence consenties par le constructeur (si les lits sont correctement dimensionnés).

Consignes d'exploitation inadaptées

Des dysfonctionnements peuvent survenir au démarrage des lits lorsque de mauvaises consignes d'exploitation sont appliquées (préconisations inadaptées pouvant provenir du constructeur), ou en cours d'exploitation, en raison d'une connaissance partielle du mode de fonctionnement de ces systèmes.

Ces consignes inadaptées concernent généralement le mode d'alimentation des lits :

- Plusieurs lits alimentés en même temps ou dans la même journée : l'intérêt de disposer de plusieurs lits pour optimiser les temps de repos et augmenter la souplesse d'exploitation est perdu.
- Alimentation du lit fractionnée en plusieurs petites alimentations quotidiennes : ceci limite l'effet piston provoqué par l'apport d'un volume d'effluent important. Cet effet améliore la percolation des eaux. De plus, une à deux alimentations par jour permettent de limiter la sollicitation du lit au cours de la journée. Une fois l'alimentation effectuée, le lit connaît une longue phase de ressuyage jusqu'à la prochaine alimentation.
- Fréquence de rotation de l'alimentation des lits inadaptée à la charge, au développement des roseaux, à l'état de colmatage des lits, ...
- Volume d'effluent boueux extrait de la file eau trop important par rapport à la production de boues de la station d'épuration. Ceci peut notamment provoquer une surcharge hydraulique des lits.

→ RÉPONSES D'URGENCE APPLIQUÉES AUX DIFFÉRENTS PROBLÈMES RENCONTRÉS

Nous avons recensé 3 types d'interventions d'urgence appliqués en réponse à un dysfonctionnement :

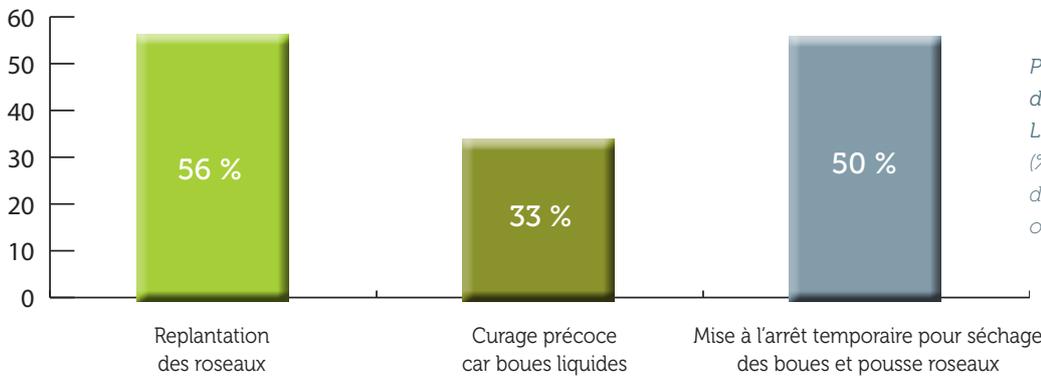
- replantation des roseaux,
- curage précoce car les boues stockées sont trop liquides pour garantir une aération suffisante des rhizomes,
- arrêt temporaire de l'alimentation pour améliorer le séchage des boues et la pousse des roseaux. Cette solution impose la mise en œuvre d'une déshydratation complémentaire (unité de déshydratation mobile, géotube, ...).



Curage précoce



Replantation de roseaux

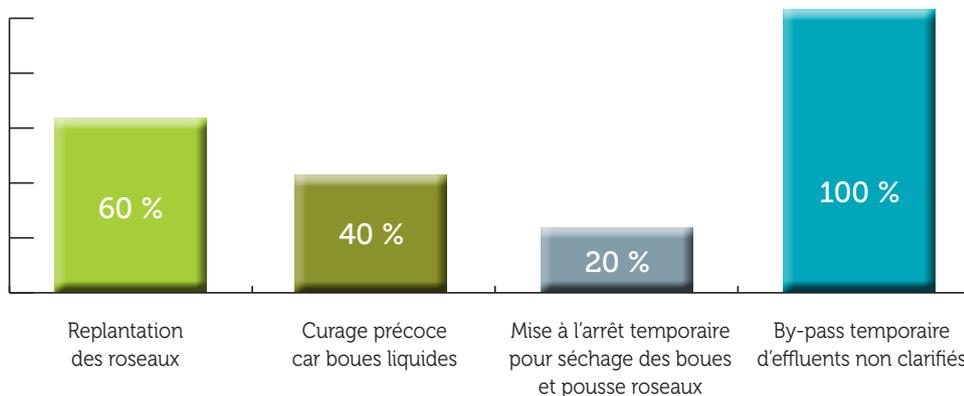


Proportion des réponses d'urgence appliquées aux LSPR classiques défaillants (% sur 13 LSPR pour lesquels des dysfonctionnements ont été identifiés)

Un quatrième type de réponse consiste à construire des lits supplémentaires. Cette solution, relativement lourde, a été choisie par deux maîtres d'ouvrage dont les lits avaient initialement été largement sous-dimensionnés.

De même, nous n'avons pas fait apparaître ici des solutions plus rares liées à l'ajout ou au remplacement d'éléments défaillants initialement installés (pompe d'extraction des boues, matériaux filtrants, drains, ...).

Pour les lits de clarification séchage plantés de roseaux (LcSPR), s'ajoute une quatrième réponse d'urgence consistant à limiter volontairement le débit journalier appliqué sur les lits. Ceci implique qu'une partie des effluents issus de la file eau sont déversés directement vers le milieu récepteur sans étape de clarification. Ces déversements sont quotidiens et opérés, dans la majorité des cas, sur des périodes de temps relativement longues.



Proportion des réponses d'urgence appliquées aux LcSPR classiques défaillants (% sur 5 LcSPR pour lesquels des dysfonctionnements ont été identifiés)

→ CONCLUSION

Ces différents constats mettent en évidence que les filières LSPR classiques et LcSPR ne peuvent donner satisfaction que si leur dimensionnement est correct et les consignes d'exploitation adaptées.

Les nombreuses erreurs de dimensionnement ou d'exploitation rencontrées ont parfois pour origine des préconisations nationales parfois changeantes ou pas assez explicites. Ceci a poussé l'Irstea à engager 2 thèses portant sur le sujet et à rédiger un guide national. Nous en reprenons ci-après les principales recommandations de conception et d'exploitation.

Téléchargement

> Pour télécharger le guide Irstea portant sur les LSPR : <http://epnac.irstea.fr> > boues d'épuration > lits de séchage plantés de roseaux



SYNTHÈSE des préconisations Irstea

Les préconisations données par l'Irstea ne concernent pas la filière de déshydratation/clarification (LcSPR). Les dimensionnements appliqués à ces derniers sont encore aujourd'hui propres à chaque constructeur et devront évidemment être beaucoup plus sécuritaires que les valeurs données pour les LSPR classiques et les LSPR MV.

Cette synthèse ne se substitue en aucun cas au guide national, qui reste beaucoup plus précis et complet. Il s'agit ici d'avoir en mémoire les grandes lignes des préconisations détaillées dans le guide.

Préconisations Irstea liées à la conception

→ CHARGES SURFACIQUES DE DIMENSIONNEMENT (cf. page 30 du guide national)

Les dimensionnements préconisés doivent tenir compte aujourd'hui du nombre de lits mis en œuvre. Ce dernier est lui-même à mettre en lien avec la capacité des ouvrages.

Cas de LSPR classiques :

	4 lits	6 lits	8 lits
Charge surfacique* (Kg de MS.m ⁻² .an ⁻¹)	30	40	50

* à calculer à partir de la surface plantée

Charge surfacique des LSPR en fonction du nombre de lits mis en œuvre

Capacité de la station d'épuration	Nombre de lits recommandés
≤ 2 000 EH	4 ou 6
2 000 à 10 000 EH	8 (6 possible)
10 000 à 20 000 EH	8
≥ 20 000 EH	≥ 10

Nombre de lits à mettre en œuvre en fonction de la capacité de la station d'épuration associée aux LSPR

Cas de LSPR MV (matières de vidange) :

	4 lits	≥ 6 lits
Charge surfacique* (Kg de MES.m ⁻² .an ⁻¹)	40	50**

* à calculer à partir de la surface plantée

** la charge peut être portée à 70 dans les DOM

Charge surfacique des LSPR MV en fonction du nombre de lits mis en œuvre

Tonnes de MES à déshydrater par an	Nombre de lits recommandés
≤ 20	4
20 – 100	6
≥ 100	≥ 6

Nombre de lits à mettre en œuvre en fonction de la quantité de matières de vidange à déshydrater

→ CONSTITUTION DU MASSIF FILTRANT

(cf. page 44 du guide national)

Le massif filtrant sur lequel seront plantés les roseaux doit permettre de retenir la grande majorité des matières solides tout en garantissant une perméabilité suffisante pour évacuer gravitairement une grande partie de l'eau contenue dans le produit à déshydrater.

Pour cela, l'Irstea préconise de respecter l'empilement des couches de matériaux tel que décrit ci-contre :

5 à 10 cm de sable grossier / $0,2 \leq d_{10} \leq 0,4$ mm et $4 \leq CU = d_{60}/d_{10} \leq 5$

20 à 30 cm de gravier fin / granulométrie comprise entre 2/4 et 3/6

10 cm de couche de transition / d_{15} couche transition ≤ 5 d_{85} couche supérieure

15 cm de gravier grossier / granulométrie comprise entre 15/30 et 30/60

Il est fortement recommandé de planter des roseaux âgés d'au moins 1 an et demi en pot de 0,5 litres (ce qui correspond à des plants dont les tiges dépassent 40 cm).





Remarque ARPE

Nous déconseillons de remplacer le sable de filtration par du compost car la granulométrie de ce dernier est difficile à maîtriser. En effet, nous avons observé plusieurs colmatages de surface du massif filtrant que nous associons à l'utilisation de compost.

Colmatage par la couche de compost mis en évidence par le carottage (compost prélevé en fond de tarière)

→ SYSTÈMES D'ALIMENTATION ET DE DRAINAGE (cf. page 46 du guide national)

Système d'alimentation

L'alimentation des lits se fera par un débit supérieur à $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ par le biais de canalisations dont les parties aériennes seront impérativement en inox. Un dispositif anti-affouillement doit être aménagé afin de casser le jet.

La densité des points d'alimentation doit respecter les préconisations suivantes :

- 1 point / 100 m^2 maximum
lorsque l'alimentation se fait par le centre du lit,
- 1 point / 50 m^2 maximum
lorsque l'alimentation se fait par un des bords.



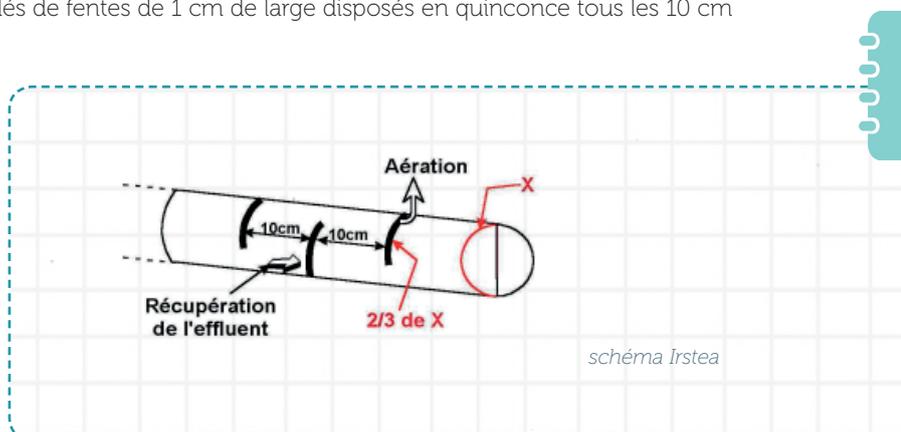
Canalisation d'alimentation inox, plaque déflectrice et cheminée d'aération munie d'un chapeau

Système de drainage (et d'aération)

Le réseau de drainage disposé en fond de filtre doit être suffisamment dense pour garantir une évacuation efficace du percolat et une bonne aération du massif filtrant.

Pour cela les drains doivent respecter *a minima* les préconisations suivantes :

- diamètre de 100 mm minimum (préférer $\geq 125 \text{ mm}$)
- densité de drains $> 0,25 \text{ m}$ linéaire de drain / m^2
- drains reliés à la surface par des cheminées d'aération avec chapeau
- PVC entaillés de fentes de 1 cm de large disposés en quinconce tous les 10 cm



Préconisations Irstea liées à l'exploitation

→ LES DIFFÉRENTES PHASES DE FONCTIONNEMENT (cf. page 51 du guide national)

Au cours de la durée de vie d'une installation, on distingue 4 phases majeures de fonctionnement. Chacune de ces phases nécessite une exploitation spécifique, récapitulées ci-après :

Phase de fonctionnement	Descriptif	Principales consignes spécifiques à respecter
Période d'acclimatation	Période sans alimentation en boues visant à favoriser l'implantation des roseaux et le développement de leurs rhizomes.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Arrosage des roseaux ou mise en charge des lits à prévoir. ■ Fin de la période d'acclimatation à partir du moment où les roseaux montrent des signes de pousse effective*.
Période de démarrage	Les volumes envoyés sur les lits sont limités afin de ne pas provoquer la mort des jeunes roseaux et le colmatage des lits.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Augmentation progressive de la charge appliquée* jusqu'à la moitié de la capacité nominale de LSPR classiques et jusqu'à 30 kgMES.m⁻².an⁻¹ pour les LSPR MV (matières de vidange).
Fonctionnement nominal	Les lits sont alimentés sans restriction pour répondre aux besoins, dans la limite de leur capacité nominale.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Augmentation progressive de la charge appliquée* jusqu'à leur capacité nominale en été, une fois que les roseaux ont atteint une densité suffisante.
Période de curage	Les cycles de curage s'étalent sur plusieurs années car on ne peut curer qu'un à 2 lits par an** pour ne pas trop surcharger les autres lits. Le démarrage du cycle doit être anticipé de manière à ce que le dernier lit curé ne déborde pas.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Arrêt de l'alimentation du lit à curer au moins 4 mois avant le curage qui doit être réalisé en été, ■ Redémarrage progressif du lit curé jusqu'à une charge de 25 kgMS.m⁻².an⁻¹ maximum (30 pour les LSPR MV), ■ Surcharge des lits non curés limitée à 10 kgMS.m⁻².an⁻¹ au-delà de leur capacité nominale (20 pour les LSPR MV), ■ Réalimentation du lit curé à sa capacité nominale pas avant que la densité de roseaux soit suffisante (généralement pas avant l'été suivant le curage).

* Pour plus de précisions sur la montée en charge à appliquer, se référer aux tableaux 11, 12 et 13, page 51, 54 et 55 du guide national. Les tableaux 12 et 13 indiquent notamment les durées minimales de chaque période en fonction de la saison de plantation des roseaux.

** Jusqu'à 8 lits, il est préférable de ne curer qu'un seul lit par an. Il pourra être envisagé d'en curer 2 par an à partir du moment où la surcharge reçue par les autres lits ne dépassent pas les valeurs recommandées. Au-delà de 8 lits, il faudra nécessairement curer 2 lits par an.



Densité de roseaux suffisante pour appliquer une charge de fonctionnement nominale (de l'ordre de 250 tiges/m²)

→ CYCLES D'ALIMENTATION / REPOS (cf. page 58 du guide national)

Quelle que soit la phase de fonctionnement, l'exploitant ne devra alimenter qu'un seul lit à la fois. Ceci permet d'alterner, pour chaque lit, des périodes de repos et d'alimentation.

De manière générale, le mode d'alimentation choisi par l'exploitant doit viser à obtenir des phases de repos les plus longues possibles (les sites disposant d'un nombre de lits plus important seront favorisés). En fin de période de repos, les boues stockées dans les lits doivent être craquelées. Ce phénomène met en évidence l'optimisation du séchage, de l'aération et donc de la minéralisation des boues. Quoi qu'il en soit, la siccité ne doit pas être inférieure à 15 %, même en hiver.

Remarques ARPE

Le mode de fonctionnement peut être modifié en fonction de la saison, de la phase de fonctionnement et des années de service des lits. Deux observations majeures permettront à l'exploitant de définir le cycle d'alimentation le plus adapté :

- **Le colmatage progressif du lit alimenté.** Les signes indiquant que le colmatage du lit nécessite d'alimenter un autre lit, sont :
 - un flaquage persistant en augmentation,
 - un débit de percolat trop faible. La mesure et l'enregistrement de ce débit apportent une indication précieuse. En l'absence de matériel de mesure, l'exploitant estimera visuellement la diminution de ce débit. La comparaison devra être faite chaque jour aux mêmes heures et de préférence peu de temps après une alimentation,
- **Le stress hydrique des roseaux.** Plus la couche de boues stockées est importante, plus la réserve en eau augmente, les périodes de repos pourront donc être plus longues. Un jaunissement et un flétrissement des feuilles sont les signes d'un manque d'eau trop important.

À titre indicatif, le tableau 14 du guide national, donne des intervalles de jours d'alimentation et de repos en fonction de la phase de fonctionnement et des années de service des lits.

Il est conseillé de limiter le nombre de jours :

- d'alimentation de LSPR classiques à 7 jours consécutifs en hiver pour réduire les risques de colmatage (8 à 10 en été),
- de repos de LSPR MV à 25 jours consécutifs en été pour éviter que les roseaux ne sèchent trop. En effet, les siccités des matières de vidange stockées pouvant être élevées, la réserve hydrique pour les roseaux est d'autant plus limitée.

Récapitulatif des préconisations relatives aux cycles d'alimentation / repos

- n'alimenter qu'un lit à la fois,
- limiter au maximum le nombre d'alimentations journalières (idéalement : 1 fois par jour aux heures les plus chaudes),
- chercher à obtenir des temps de repos les plus longs possibles, en veillant à :
 - ne pas colmater le lit alimenté : suivre le flaquage de surface et le débit du percolat,
 - limiter le stress hydrique des roseaux : vérifier l'absence de flétrissement et de jaunissement des feuilles.



Téléchargement

- > Pour télécharger le guide national Irstea portant sur les LSPR :
<http://epnac.irstea.fr> > boues d'épuration > lits de séchage plantés de roseaux



RECOMMANDATIONS PRATIQUES pour répondre aux principaux dysfonctionnements (hors LcSPR)

Notre suivi de terrain, opéré depuis 2009, nous a permis de recenser plusieurs dysfonctionnements dont les causes ont été identifiées et pour lesquels des solutions ont souvent pu être mises en œuvre. Parfois, les causes peuvent être multiples et difficiles à identifier clairement au premier constat. Nous présentons ci-après un descriptif de quelques-uns des dysfonctionnements principaux rencontrés. Nous proposons des pistes visant à l'identification de leurs origines et à la recherche de solutions.

Dysfonctionnements liés à L'EXPLOITATION

Observations sur site

Observations liées à un manque d'aération des lits :

→ Fuites de lombrics en surface ou par les drains de collecte



Lombrics remontant en surface



Lombrics juvéniles dans le regard de collecte

La présence de lombrics dans les boues montre que le milieu est bien oxygéné. Leur fuite à l'air libre traduit un problème d'aération.

→ Relargage de phosphates dans le percolat vers la file eau de la station

Les stations d'épuration traitant le phosphore par voie physico-chimique associent les phosphates à des ions métalliques. Le complexe ainsi formé se retrouve dans les boues stockées sur les lits. Lorsque le réactif utilisé est du chlorure ferrique (FeCl_3), le complexe P-Fe est rompu dans des conditions anoxiques et anaérobies.

Le relargage de phosphates est donc lié à un défaut d'aération des boues stockées.

La concentration en phosphore imposée en sortie de certaines stations peut devenir difficile à respecter.

→ Densité optimale des roseaux jamais atteinte



Origines possibles du dysfonctionnement

Ce manque d'aération peut avoir trois causes majeures :

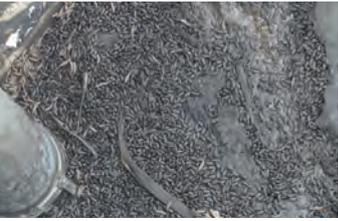
- Réglages d'exploitation inadaptés (le plus souvent : alternance de l'alimentation inadaptée et/ou montée en charge progressive non respectée).
- Obstruction des drains limitant le drainage des eaux et les transferts d'oxygènes. Il est également possible que ces drains aient été sous-dimensionnés ou mal conçus (diamètre ou densité insuffisant, mauvaise ventilation par convection entre un point haut et bas,...).
- Sous-dimensionnement des ouvrages : se référer à la partie "dysfonctionnements liés à la conception".

Solutions à mettre en œuvre

Réponses graduelles possibles pour améliorer l'aération des lits :

- **Vérification et éventuellement modification des consignes d'exploitation** en cherchant à augmenter au maximum les temps de repos de chaque lit. Il faudra pour cela adapter les fréquences de permutation de l'alimentation d'un lit à l'autre, en veillant toutefois à :
 - ne pas surcharger le lit alimenté qui se colmate progressivement de jour en jour (observation journalière ou mesure du débit de percolat),
 - ne pas provoquer de stress hydrique des roseaux par des temps de repos trop longs. Le manque d'eau est caractérisé par un jaunissement et un flétrissement des feuilles en période végétative. Au plus la couche de boues stockée est importante (et mal déshydratée), au plus le risque de stress hydrique est réduit.Par ailleurs, de manière générale il est recommandé :
 - d'alimenter les lits un par un,
 - de réduire au maximum le nombre d'alimentation quotidienne du lit.
- **Mise au repos** des lits (arrêt temporaire de l'alimentation),
- **Replantation** si besoin de roseaux âgés d'au moins 1 an et demi si la couche de boues n'est pas trop importante (moins d'une dizaine de centimètres),
- Mise en œuvre d'une **solution complémentaire de déshydratation** dès lors que la montée en charge de l'alimentation des lits ne permet pas la prise en charge de la production de boues d'épuration de la file eau,

→ Apparition de larves de mouches éristales et d'odeurs



La prolifération de larves de mouches éristales traduit la présence de conditions anoxiques voire anaérobies dans la couche de boues. Leur développement est souvent associé à l'apparition de mauvaises odeurs.

Ces conditions nuisent fortement au développement des roseaux, ce qui accentue généralement le déficit d'aération.

→ Pousse de roseaux dans le système d'aération (recherche d'oxygène par les rhizomes)



→ Faible densité des roseaux et flaquage persistant



- Si cela est insuffisant, prévoir l'**évacuation précoce des boues**, puis, replantation de nouveaux roseaux et respect des recommandations de mise en route.
- Si toutes ces interventions ne permettent pas une bonne reprise de la déshydratation, les surcharges sont certainement liées à un **sous dimensionnement** à la conception. limitation des apports avec mise en place curative d'une solution complémentaire de déshydratation ou construction de lits supplémentaires (cf partie "dysfonctionnement liés à la conception").

Si, malgré la mise en œuvre de consignes d'exploitation adaptées, les problèmes persistent, l'origine des dysfonctionnements est alors probablement due à un ou des défauts de conception.

Autres types de dysfonctionnements liés à l'exploitation

→ Colonisation des roseaux incomplète au démarrage et limitée autour des points d'alimentation



- La charge appliquée ne permet pas d'utiliser l'ensemble de la surface des lits. Cela peut avoir pour origine :
 - une forte sous charge de l'installation en générale,
 - et/ou à une mauvaise répartition pouvant provenir d'un sous-dimensionnement du débit surfacique d'alimentation ou de l'alimentation simultanée de plusieurs lits ne permettant pas de distribuer correctement la boue.

- 1 alimentation journalière pour favoriser l'infiltration et la répartition (lame d'eau entre 10 et 30 cm/bâchée).
- Alimenter un seul lit à la fois et mettre en place une rotation rapide des lits.
- Arrosage artificiel des roseaux par de l'eau de sortie station pour entretenir les roseaux en attendant que la charge augmente

→ Gel d'effluent stagnant au démarrage



État du lit au dégel



- Plantation trop tardive (fin automne / début d'hiver).
- Plusieurs alimentations réparties dans la journée et la nuit.

- Respect de la période d'acclimatation recommandée dans le guide Irstea en fonction de la période de plantation.
- 1 alimentation journalière pour favoriser l'infiltration (lame d'eau entre 10 et 30 cm/bâchée).
- Programmation du démarrage de l'alimentation aux heures les plus chaudes de la journée.
- Arrosage des jeunes plants par rotation rapide de l'alimentation plutôt qu'un arrosage simultanée de plusieurs lits.
- Par exemple, il pourra être envisagé d'alimenter un lit différent chaque jour.

Dysfonctionnements liés à LA CONCEPTION

Observations sur site

→ Accumulation rapide des boues et faible densité (voire absence) de roseaux



Origines possibles du dysfonctionnement

- Sous-dimensionnement probable des lits (d'autant plus problématique en phase de curage et de redémarrage).
- Les apports trop importants de boues ne laissent pas le temps aux roseaux de se développer correctement. Ainsi, ils n'améliorent pas la percolation des eaux quiaturent les boues stockées. L'oxygène ne se diffuse pas correctement, ce qui nuit encore au développement des roseaux.

Solutions à mettre en œuvre

- Construction de lits supplémentaires de manière à disposer d'une surface de lits suffisante.
- Mise en œuvre d'une solution complémentaire de déshydratation : l'utilisation de géotubes (bâches filtrantes) paraît être une solution complémentaire adaptée (elle nécessite toutefois de prévoir la récupération des percolats et de mettre en œuvre un système d'injection de polymère).



→ Nombre de lits inférieur à 4



- Même si la surface mise en œuvre est suffisante, un nombre de lits inférieur à 4 ne permet pas une exploitation correcte de ces systèmes en raison de :
 - temps de repos insuffisant des lits,
 - surcharge trop importante du lit non curé en phase de curage

- Construction de lits supplémentaires si la surface plantée est insuffisante.
- Division des casiers envisageable, si le système d'alimentation le permet et que la surface plantée est suffisante.
- Mise en œuvre d'une solution complémentaire de déshydratation.

→ Mauvaise densité de roseaux et flaques persistantes – L'ensemble du massif est plus ou moins saturé d'eau

→ Perte de gravier drainant (ici : absence de drain)



- La mauvaise percolation des eaux peut être due notamment à l'utilisation de matériaux filtrants inadaptés (granulométrie trop fine, présence trop importante de "poussières", matériau colmatant, migration de MES ayant provoqué un colmatage en profondeur du massif, ...).
- Un drainage défaillant ne permettant pas l'évacuation assez rapide des eaux percolées. Le mauvais drainage peut s'expliquer par exemple par : une densité de drains insuffisante (voire une absence de drains), des diamètres de drains ou une épaisseur de fentes insuffisants, des graviers drainants de granulométrie trop fine, une casse de drain, etc.

- Si la mauvaise percolation n'est pas due à de mauvaises consignes d'exploitation, identification de l'origine de la mauvaise perméabilité par des carottages du massif et/ou une inspection des drains et du massif filtrant par des méthodes non destructives*.
- Si la qualité des matériaux est en cause, remplacement des couches de matériaux incriminés.
- Si le drainage est défaillant, les interventions à mettre en œuvre iront d'un simple nettoyage de drain au remplacement complet du réseau de drainage, impliquant le changement, partiel ou total, des matériaux filtrants.

→ Colmatage superficiel du massif filtrant : le massif est sec sous la couche de filtration colmatée



- La répartition granulométrique de la couche de filtration est trop fine ou la teneur en "poussières" (fines < 80 µm) du matériau est trop importante.
- L'utilisation de compost dont la granulométrie et la perméabilité sont difficiles à garantir, est une cause possible de tels dysfonctionnements.

- Remplacement de la couche filtrante colmatée après avoir coupé les roseaux et évacué les boues si besoin (référence du sable à mettre en œuvre dans le paragraphe reprenant les préconisations Irstea).

Téléchargement

*Pour télécharger l'article de la revue d'Irstea portant sur les outils de diagnostics non destructifs des massifs filtrants : <http://www.set-revue.fr/contrôle-des-installations-d-assainissement-non-collectif-l-apport-determinant-des-outils-de-diagnos/texte>

→ Mauvaise répartition des boues



→ Retour du percolat chargé en matières en suspension



- Absence de la couche de filtration de surface censée être composée de sable grossier.
- Ici, l'utilisation de gravier 4/6 en tant que couche de filtration limite la répartition des boues et la rétention des matières en suspension sur les lits. Avec l'augmentation de la hauteur de boues stockées, ce phénomène aura tendance à s'estomper. Cependant, les MES ayant migré au sein du massif filtrant peuvent avoir un effet colmatant sur le long terme et limiter l'aération du lit.
- Présence de passages préférentiels dus à une mauvaise répartition granulométrique du massif filtrant, un nombre de points d'alimentation insuffisant ou à des écoulements favorisés le long des cheminées d'aération, par exemple.

- Ajout d'une couche de sable grossier après avoir coupé les roseaux. Évacuation des boues si besoin (référence du sable à mettre en œuvre dans le paragraphe reprenant les préconisations Irstea).
- Limitation du risque de passages préférentiels :
 - pas d'alimentation à proximité immédiate des cheminées d'aération.
 - respect des lames d'eau recommandées par bâchée (≤ 30 cm/bâchée).
 - respect du nombre de points d'alimentation recommandés (1 pour 50 m² pour une alimentation par les bords, tous les 100 m² pour une alimentation par le centre).

→ Migration de boues dans le massif filtrant



- Absence de la couche de filtration de surface composée de sable grossier.
- Les MES qui ont migré au travers du massif filtrant peuvent avoir un effet colmatant sur le long terme et limiter l'aération du lit.

- Mise au repos prolongée du lit pour sécher les boues accumulées dans le massif. À la remise en service du lit, ces matières s'évacueront avec le percolat.
- Nettoyage des drains à l'eau chaude et à "contre-courant".
- Ajout d'une couche de sable grossier après avoir coupé les roseaux. Évacuation des boues présentes.
- Si ces interventions s'avéraient insuffisantes, un remplacement complet du massif filtrant est à envisager.

→ Gel d'équipements



- Stagnation d'effluent dans des conduites ou équipements peu ou pas protégés du gel.



- Même en climat méditerranéen, le gel peut avoir des conséquences graves sur les équipements (vannes, pompes, conduites...). Nous préconisons donc :
- la mise hors-gel systématique des équipements les plus sensibles.
 - l'aménagement d'un abri adéquat si des pompes en cale sèche sont utilisées pour extraire les boues d'épuration.

→ Usure prématurée de la géomembrane – étanchéité non garantie



- Pose peu soignée.
- Absence de protection de la géomembrane.
- Pente des talus trop importante par rapport à la tenue du terrain.

- Les ouvrages ne doivent pas être réceptionnés si les talus ne sont pas parfaitement stables, si la géomembrane n'est pas correctement ancrée au terrain, si l'étanchéité des soudures n'est pas garantie.
- Afin de prolonger sa durée de vie, une protection de la géomembrane est appréciée (pas de partie à l'air libre).



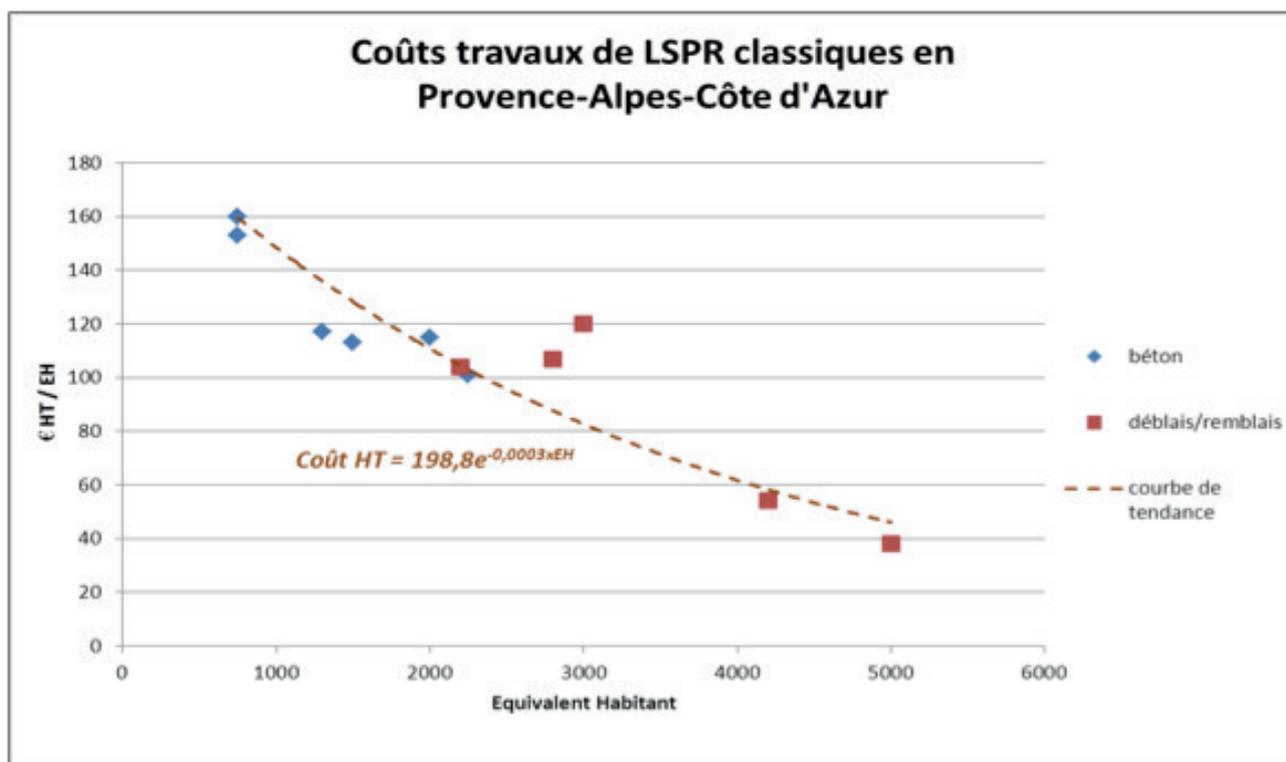
NOTIONS DE COÛTS pratiqués en Provence-Alpes-Côte d'Azur

Coûts d'investissement des LSPR classiques

Nous présentons ici l'évolution des coûts liés aux seuls travaux et équipements relatifs aux LSPR classiques, en fonction de la capacité nominale de la station d'épuration associée. Ces coûts sont exprimés en € HT.

Ces données proviennent de 11 réalisations construites sur des stations d'épuration dont la capacité est comprise entre 750 et 5000 EH.

Une de ces valeurs provient d'une réalisation localisée dans la Drôme (données : Département de la Drôme), dont le coût est comparable aux coûts pratiqués en Provence-Alpes-Côte d'Azur.



Nous n'avons pas constaté de grandes différences entre les coûts liés à une conception béton ou déblai/remblai.

Ordre de grandeur des coûts liés à l'exploitation de LSPR classiques

Pour estimer les coûts d'exploitation, nous avons tout d'abord listé les différentes tâches routinières et ponctuelles à réaliser pour permettre une exploitation optimale (ces données apparaissent dans le tableau ci-dessous).

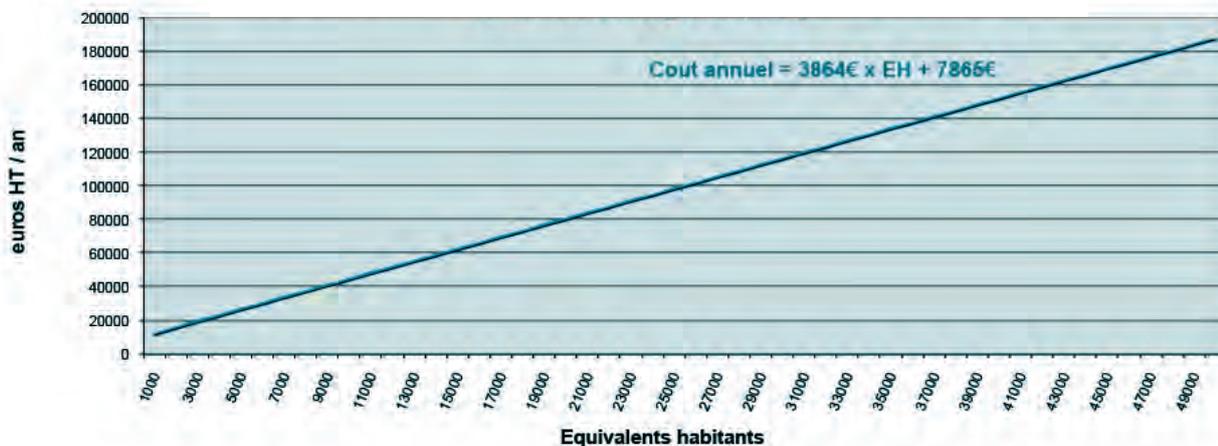
À partir des taux horaires de main-d'œuvre retenu (20 € HT/h), du coût de l'énergie (0,11 € HT/Kw. h) et des coûts de curage, de transport et d'épandage pratiqués dans la région, nous avons représenté l'évolution des coûts d'exploitation annuels estimés en fonction de la capacité des ouvrages.

Nous avons pris pour hypothèses de travail :

- la solution retenue de valorisation des boues est l'épandage agricole direct. Ces boues fortement minéralisées peuvent être considérées comme stables au sens de l'arrêté du 8 janvier 1998. Ces boues se prêtent très bien à l'épandage agricole qui constitue la solution la plus économique et sans doute la plus intéressante d'un point de vue environnemental.
- un plan d'épandage réalisé tous les 10 ans,

- une minéralisation des boues opérée dans les lits de 30 % (lorsque les préconisations de conception et d'exploitation sont respectées, la minéralisation est encore meilleure),
- un site composé de 6 LSPR,
- des LSPR correctement dimensionnés fonctionnant à charge nominale,

À partir de ces hypothèses, nous avons estimé à 12,5 Kg_{MS}/EH la quantité annuelle moyenne de boues à évacuer sur 20 ans (2 cycles de curage de 6 ans réalisés en 20 ans).



Ordre de grandeur du coût annuel d'exploitation de LSPR équipés de 6 lits dimensionnés à 40 kg de MS/(m².an)

	1 000 EH	5 000 EH	10 000 EH	20 000 EH	50 000 EH
Alternance des lits / observation des roseaux / suivi du débit de filtration / suivi [PO4] percolat	1 h/semaine				
Suivi [MS]BA / calcul de la charge surfacique appliquée / détermination du volume de boues à extraire	1 h/semaine				
Suivi des boues stockées (1 prélèvement/lit pour mesure des hauteurs, calcul des siccités et des MVS)	8 h/an	8 h/an	8 h/an*	8 h/an*	8 h/an*
Détermination du prévisionnel de remplissage des lits et établissement du rétroplanning de curage	4 h/an				
Entretien des appareils métrologiques (débitmètres boues et perméat)	10 h/an				
Entretien des pompes d'extraction des boues	0,5 h/semaine				
Consommations électriques (0,11 € HT/kW.h)	700 kW/h.an	3 500 kW/h.an	7 000 kW/h.an	14 000 kW/h.an	35 000 kW/h.an
Imprévus	20 h/an				
Sous-total du coût d'exploitation hors évacuation des boues (€ HT / an)	3 520 €	3 825 €	4 210 €	4 980 €	7 290 €

* pour un nombre de lit > 8, les valeurs indiquées pourront être légèrement supérieures

Plan d'épandage	1 000 €	1 050 €	1 150 €	1 350 €	2 000 €
Bilan agronomique	500 €	550 €	600 €	700 €	1 000 €
Curage des boues	3 000 €	5 300 €	8 200 €	14 000 €	31 500 €
Transport des boues (dans un rayon compris entre 10 et 30 km)	1 300 €	6 300 €	12 500 €	25 000 €	62 500 €
Épandage agricole	2 300 €	8 900 €	17 100 €	33 600 €	83 100 €
Sous-total évacuation des boues* (€ HT / an) (solution épandage agricole direct)	8 100	22 100 €	39 550 €	74 650 €	180 100 €

* Pour connaître le prix global du curage des 6 lits, multiplier par 10 (4 ans sans curage + 6 ans de curage)

Total des coûts d'exploitation	(€ HT / an)	11 620 €	25 925 €	43 760 €	79 630 €	187 390 €
	(€ HT / EH)	11,60 €	5,20 €	4,40 €	4,00 €	3,70 €

Détail des estimations des temps et coûts d'exploitation annuels pour une valorisation finale des boues en épandage agricole direct (cycle de 10 ans pour 6 lits)

La part la plus importante du coût d'exploitation est liée aux opérations de curage.

Nous conseillons aux maîtres d'ouvrage d'anticiper ces dépenses en provisionnant annuellement une ligne budgétaire allouée à cette dépense.

De la même manière, nous conseillons d'engager au plus tôt les études (plan d'épandage) et les démarches administratives préalables à l'épandage des boues curées (au moins 1 an avant le premier curage).

Une fois le plan d'épandage établi, il sera valable durant tout le cycle de curage (1 lit à curer par an).



■ ■ ■ Les lits de séchage plantés de roseaux pour traiter les boues issues de l'épuration en Provence-Alpes-Côte d'Azur

INFORMATIONS PRATIQUES

Annelise FREIHAUT, Coordinatrice de l'Unité "Assainissement et Milieux Aquatiques"

Gilles MALAMAIRE, Référent mission "Évaluation de Techniques Innovantes"

04.42.90.90.81 / g.malamaire@arpe-paca.org



arpe-paca.org

