

Pollutions ponctuelles

ZONES DE REJET VÉGÉTALISÉES EN ADOUR-GARONNE

Recommandations pour la conception et la gestion



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ce document a été réalisé avec l'appui d'IRH ingénieur conseil et la contribution d'un comité de pilotage constitué des membres suivants :

Jean-Philippe Chanseau (Charente eaux 16),
Patricia Bacquey Zanettin (DDT 32),
Eric Boissière (DDT 81),
Caroline Belaubre, Jolanda Boisson et Pauline Giupponi (IRH IC),
Catherine Boutin et Stéphanie Prost-Boucle (IRSTEA),
Christophe Castillan et Alain Merpillat (SATESE 19),
Jean-François Ducom, Catherine Etcheverria et Jérôme Hugonneng (SATESE 40),
Jean Marc Bec (SATESE 81),
Patrick Labescau (SYDED 46),
Lauriane Boulp, Jocelyne Di Mare, Guillaume Garin, Marc Rateau et Dominique Tesseyre (AEAG).

L'Agence tient à remercier l'ensemble des acteurs qui ont contribué à cette étude : les membres du comité de pilotage pour leur implication ainsi que les communes de Bascons, Caillac, Meyssac, Mios, Montans, et Saint Romain pour la mise à disposition de leur site.

SOMMAIRE

Résumé des conclusions de l'étude	8
1 Vocabulaire	9
1.1 Définition d'une ZRV	9
1.2 Termes utilisés.....	10
2 Préconisations générales.....	11
2.1 Dans quels cas étudier la pertinence d'une ZRV ?.....	11
2.2 Démarches et études préalables	12
2.2.1 Démarche générale	12
2.2.2 Cadrage du projet : les bonnes questions à se poser	12
2.2.3 Étude préalable, faisabilité.....	16
2.2.4 Définitions des objectifs en fonction du contexte local	19
2.3 Bonnes pratiques de conception	22
2.3.1 Recommandations générales.....	22
2.3.2 Morphologie.....	23
2.3.3 Hydraulique.....	26
2.3.4 Liaison douce avec le milieu	30
2.3.5 Accès	30
2.3.6 Végétalisation.....	31
3 Recommandations par objectif	37
3.1 Lisser et tamponner les débits	37
3.2 Maximiser la réduction des volumes	37
3.2.1 Évapotranspiration	37
3.2.2 Infiltration	38
3.2.3 Cas du « zéro rejet ».....	39
3.3 Restauration des paramètres O ₂ , pH, température	39
3.4 Optimiser le rôle épurateur	40
3.4.1 Épuration des paramètres organiques.....	40
3.4.2 Élimination de l'azote.....	41
3.4.3 Abattement de la bactériologie	42
3.4.4 Rétention partielle du phosphore	42
3.4.5 Micropolluants	43
3.5 Rôles annexes	43
3.5.1 Décantation et rétention des MES et des départs de boues accidentels	43
3.5.2 Récupération des trop-pleins, by-pass et déversoirs en tête de station.....	44
3.6 Favoriser la biodiversité et lutter contre les espèces indésirables.....	45
3.7 Prendre en compte l'aspect paysager et social	46
3.7.1 Intégrer le système de traitement dans le paysage	46
3.7.2 La ZRV comme outil pédagogique.....	47

3.7.3	Une valorisation économique possible	47
3.8	Ne pas négliger l'exploitation et entretien	47
3.8.1	Opérations d'exploitation	48
3.8.2	Recommandations	49
3.9	Suivi, contrôle des performances	51
3.9.1	Réglementation applicable et responsabilités	51
3.9.2	Autosurveillance.....	52
4	Évaluation des coûts.....	53
4.1	Coûts de conception et de construction.....	53
4.2	Coûts d'entretien et d'exploitation	53
5	Conclusion	54
6	Tables des références.....	55
6.1	Documents contractuels.....	55
6.2	Bibliographie.....	55
ANNEXES		58

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Classification des ZRV selon le groupe de travail EPNAC – Source : [17].g	10
Figure 2 : Logigramme décisionnel	11
Figure 3 : Les bonnes questions à se poser.....	13
Figure 4 : Descriptif du test à la fosse dans le guide EPNAC – source : [17].b	19
Figure 5 : Différence entre une chute d'eau et une cascade	27
Figure 6 : Exemples de systèmes de sortie par surverse modulable	29
Figure 7 : Représentation schématique de la répartition des macrophytes dans la zone littorale d'un lac tempéré peu profond (Montegur. Doc. ACTA. Tome 1, 1987).	33
Figure 8 : Exemple de réduction de la pointe de débit horaire	37
Figure 9 : Exemple d'espèces indésirables à surveiller	46
Figure 10 : Entretien des noues de la ZRV de Caillac - © ESAT DE BOISSOR.....	48
Figure 11 : Regard de sortie « piège à lentilles »	51
Figure 12 : Comparaison d'un bassin avec ou sans passage de canards.....	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des conclusions de l'étude sur les performances des ZRV.....	8
Tableau 2 : Processus préalable à la réalisation d'une ZRV	12
Tableau 3 : Contexte général à étudier en phase préalable	17
Tableau 4 : Objectifs en fonction du contexte	20
Tableau 5 : Pertinence de la ZRV en fonction des objectifs recherchés et du contexte local.....	21
Tableau 6 : Leviers de l'hydrodynamique et des mécanismes dans les ZRV.....	24
Tableau 7 : Morphologie(s) adaptée(s) par objectif	25
Tableau 8 : Espèces appropriées, rencontrées sur les ZRV du bassin AEAG	32
Tableau 9 : Inventaire faune-flore des zones de rejets végétalisées	34
Tableau 10 : Recommandations d'intervention sur les ZRV	49

Introduction

Depuis 1970, la politique publique de l'eau s'inscrit dans un cadre européen. C'est ainsi que la Directive 2000/60/CE, dite la Directive Cadre sur l'eau (DCE) du 23 octobre 2000 [A], fixe comme objectif la non détérioration de l'état des milieux aquatiques et l'atteinte du bon état. Ces objectifs environnementaux doivent être atteints à un rythme progressif avec des échéances fixées de 2015 à 2027.

Dans ce contexte, depuis une dizaine d'années de nouveaux aménagements apparaissent en aval des stations d'épuration : **les zones de rejets végétalisées**. Ces ouvrages sont implantés suite aux préconisations de maitres d'œuvre, notamment dans le cas de milieux récepteurs sensibles (faible débit d'étiage, amont de bassin versant) quand le traitement traditionnel des eaux usées ne suffit pas à garantir l'absence d'impact sur le cours d'eau.

En 2012, l'agence de l'eau Adour-Garonne constatait que ces ZRV en sortie de STEU étaient en pleine expansion sur le bassin, mais ne disposait ni de retours d'expériences ou de suivis qualitatifs suffisants pour conclure sur l'efficacité de ces dispositifs ni de règles de conception et d'entretien associées.

L'agence a donc souhaité savoir, par le biais de cette étude confiée à IRH Ingénieur Conseil, dans quelles mesures ces ouvrages peuvent contribuer à atteindre les objectifs de bon état de la DCE sur les cours d'eau du bassin

Ce document donne des préconisations pour mieux concevoir et exploiter les ZRV lorsque le contexte du projet a montré leur pertinence. Des fiches techniques « *Zones de rejet végétalisées en Adour Garonne : guide pratique pour la conception et la gestion des zones de rejet végétalisées* » synthétisent l'intégralité de l'étude.

Liste des abréviations

AEAG :	Agence de l'eau Adour Garonne	NNO3 :	Azote nitrique
COD :	Carbone organique dissous	NQ :	non quantifié
COT :	Carbone organique total	NR :	non renseigné
DBO5 :	Demande biochimique en oxygène à 5 jours	NTK :	Azote Kjeldahl
DCE :	Directive Cadre sur l'eau (directive 2000/60)	LD :	Limite de détection
DCO :	Demande chimique en oxygène	LQ :	Limite de quantification
DDT :	Direction Départementale des Territoires	NQE :	Norme de qualité environnementale
EH :	Équivalent habitant	PCB :	Polychlorobiphényle
EPEC :	Épuration en Eau Courante	pH :	Potentiel hydrogène
EPNAC :	Évaluation des Procédés Nouveaux d'Assainissement des petites et moyennes Collectivités	PPO4 :	Orthophosphates
FPR :	Filtres plantés de roseaux	PR :	Poste de relevage ou poste de refoulement
HAP :	Hydrocarbure aromatique polycyclique	P total (Pt):	Phosphore total
MES :	Matières en suspension	PZ :	Piézomètre
MS :	Matières sèches	Redox :	Potentiel d'oxydo-réduction
MVS :	Matières volatiles sèches	SATESE :	Service d'assistance technique aux exploitants de station d'épuration
NH4 :	Ammonium	STEU :	Station de traitement des eaux usées (anciennement STEP)
NNH4 :	Azote ammoniacal	ZL :	Zone Libellule®
NNO₂ :	Azote nitreux	ZRV:	Zone de rejet végétalisée
NO3 :	Nitrates		

Guide des renvois

[A] : Référence bibliographique – Cf. §6.1 Documents contractuels

[1] : Référence bibliographique – Cf. §6.2 Bibliographie

[déf.] : Renvoi à une définition – Cf. ANNEXE PARTIE AANNEXE 1 : Définition.

Résumé des conclusions de l'étude

L'étude menée sur 5 sites en Adour-Garonne et complétée par un recueil de données complémentaires a permis de constater un rôle bénéfique des ZRV, notamment grâce à la réduction des volumes rejetés. Mais les résultats ont aussi montré plusieurs contreperformances, et surtout mis en avant des problèmes récurrents de conception ainsi que la nécessité d'entretenir les zones.

La présentation et les résultats détaillés de cette étude font l'objet d'un rapport final dédié (partie 1 et 2).

Le tableau suivant synthétise les conclusions de l'étude.

Tableau 1 : Synthèse des conclusions de l'étude sur les performances des ZRV

<i>Des performances constatées et des objectifs possibles</i>	<i>Des limites certaines et des contraintes à prendre en compte</i>
Une régulation et une réduction possible des flux rejetés.	Aucune performance garantissable.
Un abattement complémentaire de l'azote possible.	Des risques de dégrader ponctuellement la qualité de l'eau.
Un abattement de la bactériologie possible.	Des résultats aléatoires sur le phosphore, liés à la capacité d'infiltration du sol.
L'aspect biodiversité, paysage et social est un atout.	La ZRV exige exploitation et entretien pour maintenir son bon fonctionnement.
La ZRV fait office de tampon avec le milieu récepteur : rétention des pollutions accidentelles, restauration des paramètres pH, température, oxygénation ...	Plus le traitement de la STEU est poussé, plus le risque que la ZRV dégrade la qualité du rejet augmente.

La ZRV peut être une réponse pertinente dans certains contextes. Toutefois, les besoins et les contraintes liés au projet doivent être clairement définis, afin de rechercher la conception la plus adaptée.

Grace à ces conclusions, aux observations faites sur le terrain, à la bibliographie, aux recueils de données complémentaires et aux retours d'expériences, des recommandations pratiques et techniques ont pu être proposées. **Ce guide de préconisations techniques est complété par des fiches de synthèses, à destination de tous les acteurs concernés par la mise en place d'une ZRV.**

1 Vocabulaire

1.1 Définition d'une ZRV

Depuis leur création il y a une dizaine d'années, plusieurs termes ont été utilisés pour définir ce type de zone : **Zone de rejet végétalisée, zone de rejet intermédiaire, zone de dissipation, zone humide artificielle....**

Le terme Zone de Rejet Végétalisée « ZRV » et sa définition ont finalement été entérinés par l'arrêté ministériel du 21/07/2015, relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif [C]:

« Une zone de rejet végétalisée est un espace aménagé entre la station de traitement des eaux usées et le milieu récepteur superficiel de rejet des eaux usées traitées. Cet aménagement ne fait pas partie du dispositif de traitement des eaux usées mais est inclus dans le périmètre de la station. »

Arrêté du 21/07/2015 [C] - Article 2, point 30

Face à l'engouement pour ce type de dispositif, le groupe de travail « Évaluation des procédés nouveaux d'assainissement des petites et moyennes collectivités (EPNAC) », constitué de IRSTEA (Cemagref), de l'ONEMA, des services de l'état (DDT), des conseils départementaux (SATESE), et des agences de l'eau, a intégré ce thème dans ses ateliers et rédigé depuis 2001 plusieurs documents de référence.

La définition d'une Zone de Rejet Végétalisée telle que définie dans l'arrêté ministériel a ainsi été complétée et détaillée :

« La ZRV est située à l'aval d'une station d'épuration et à l'amont du milieu récepteur superficiel : elle reçoit donc de l'eau usée traitée par une station. Elle peut recevoir les effluents issus du déversoir d'orage en tête de station ou du by-pass après prétraitement, au-delà du débit de référence.

Les ZRV peuvent être végétalisées artificiellement ou naturellement, et les végétaux présents peuvent être de toutes tailles, arbres inclus. Bien que certaines ne soient pas végétalisées à la construction, tous ces ouvrages finissent généralement par être colonisés par les végétaux au cours du temps plus ou moins naturellement.

EPNAC, Classification des ZRV [17].g

Il est important de noter que la ZRV ne doit pas être confondue avec les appellations suivantes, parfois utilisées à tort :

- **Zone humide** (zonage réglementaire de protection de l'environnement définie par la convention RAMSAR)
- **Zone tampon** (terme générique géographique et appliqué à l'agriculture)
- **Zone d'infiltration** (en sortie de station d'épuration lorsque l'infiltration totale et permanente est le but recherché)

La fiche 14 des commentaires de l'arrêté du 21 juillet 2015 [D] précise la définition de la ZRV :

Les ZRV ne sont pas des zones humides, des zones tampons ou des dispositifs d'infiltration permanente et totale.

L'objectif global des ZRV vise à une atténuation de pression des rejets de la STEU sur les milieux aquatiques récepteurs de surface (réduction de volume ou lissage du débit, stockage temporaire, abattement complémentaire sur des substances, valorisation écologique, etc.). Ainsi, les rôles attendus de ces zones sont variés et rarement quantifiés et difficilement quantifiables.

Commentaire technique de l'arrête du 21 juillet 2015 - Partie 1 [D] - Fiche 14, §4

L'amalgame est souvent fait entre zone d'infiltration et zone de rejet végétalisée, puisqu'elles sont toutes deux positionnées en sortie de station d'épuration avec des conceptions similaires, et un objectif commun de réduction de volumes.

Dans le cas d'un objectif d'infiltration totale tout au long de l'année des eaux en sortie de STEU, on parlera de zone d'infiltration puisqu'il n'y a plus de **notion de milieu récepteur superficiel**.

La zone d'infiltration est soumise à une réglementation particulière, détaillée à l'Article 8 de l'Arrêté du 21 juillet 2015 [C] (étude pédologique, hydrogéologique et environnementale, montrant la possibilité et l'acceptabilité de l'infiltration).

1.2 Termes utilisés

L'ANNEXE 1 présente le glossaire complet des termes techniques utilisés dans le présent rapport. Le paragraphe ci-dessous renvoie uniquement aux définitions relatives à la ZRV.

« **ZRV** » : Le terme ZRV s'entend au titre de la définition de l'arrêté du 21 juillet 2015 [C], rappelée au paragraphe 1.1.

« **Milieu récepteur** » ^[def.] : Dans la suite du document, le terme « milieu récepteur » désigne le premier compartiment qui collecte les eaux issues de la ZRV.

Il peut s'agir :

- Du milieu récepteur superficiel aquatique dans le cas d'un rejet direct (cours d'eau, fossé...),
- Du sol et la masse d'eau souterraine, dans le cas de l'infiltration totale ou partielle de l'effluent traité.

Plusieurs milieux récepteurs peuvent être identifiés par site.

Typologie des ouvrages : L'atelier ZRV du groupe national EPNAC a défini une classification des ZRV selon leur configuration. Quatre types de zones ont été définies, comme présentées dans la Figure 1 : prairie ; fossé/noues ; bassin ; ou autres (sol reconstitué). Cette classification est reprise dans le cadre de cette étude.

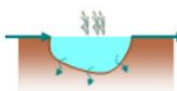
Sol en place (sol remanié ou non)			Sol reconstitué (matériaux rapportés)
Prairie  <i>Sol relativement plat, sans surcreusement</i>	Bassin  <i>Sol avec surcreusement, différence de niveau</i>	Fossé  <i>Longueur très supérieure à la largeur</i>	Autres ▪ filtre horizontal, ▪ fossé drainant, ▪ terte d'infiltration, ▪ etc. <i>Exemples de matériaux : sables, graviers</i>

Figure 1 : Classification des ZRV selon le groupe de travail EPNAC – Source : [17].g

A noter que :

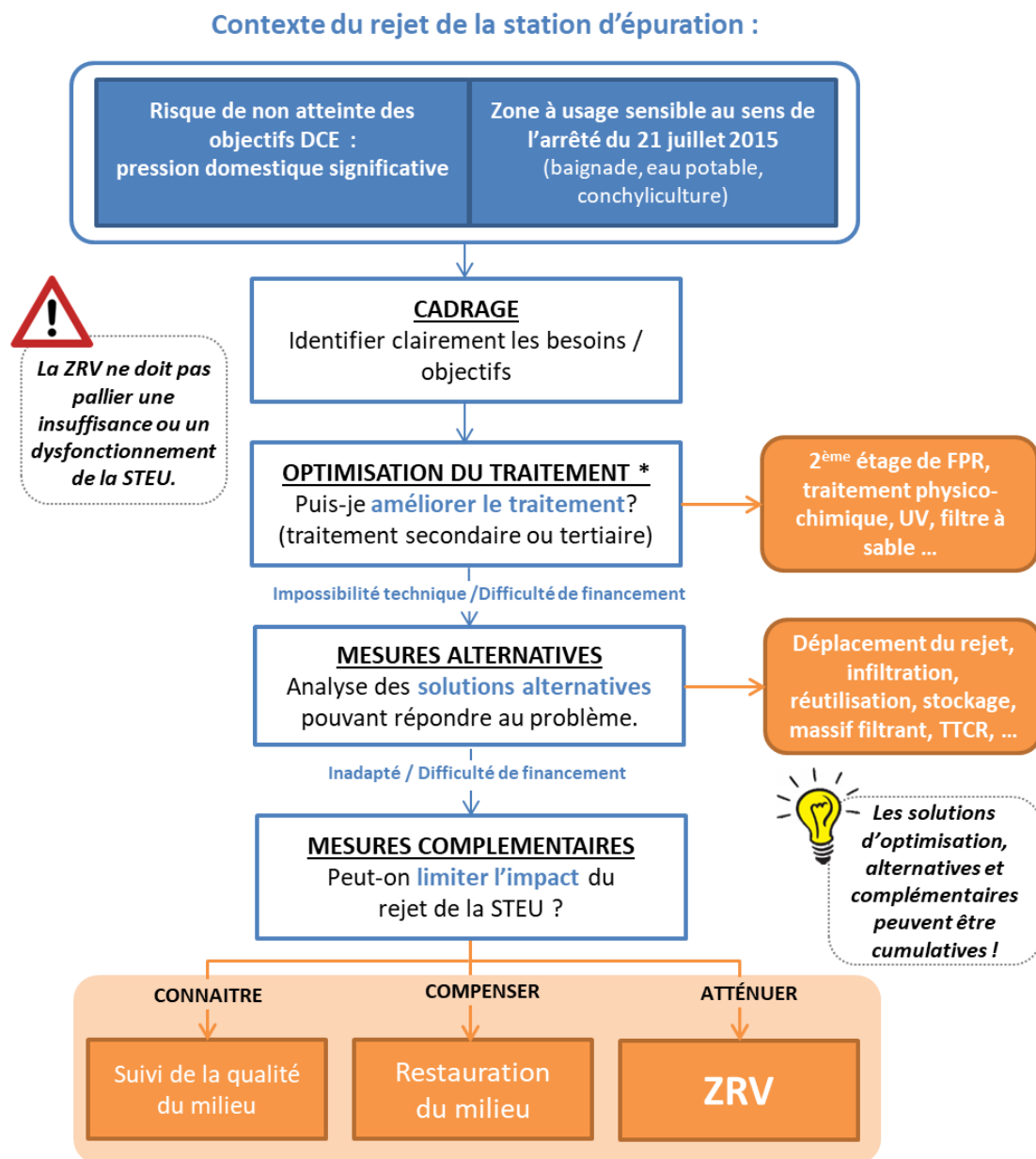
- le terme « **roubines** » utilisé par le constructeur et/ou le maître d'ouvrage du site de Bascons (40) entre dans la classe « fossé, noues ».
- parmi les sites sélectionnés dans le cadre de la présente étude, il n'y a pas de ZRV de type « prairies ».

2 Préconisations générales

2.1 Dans quels cas étudier la pertinence d'une ZRV ?

La ZRV peut être une réponse pertinente dans certains contextes. Toutefois, les besoins et les contraintes doivent être clairement définis, afin de rechercher la conception la plus adaptée.

Le logigramme décisionnel suivant permet de cibler le cas où une ZRV peut être recommandée.



A chaque étape de décision, les choix doivent se justifier :



**Se référer au document « Eléments de méthode pour la détermination des niveaux de rejets du petit collectif » publié par le Ministère de l'environnement ou à la doctrine de bassin Etat/Agence. Ces documents donnent des exigences maximales abordables de traitement selon la capacité des STEU compatibles avec les possibilités techniques et financières des maîtres d'ouvrages.*

Figure 2 : Logigramme décisionnel

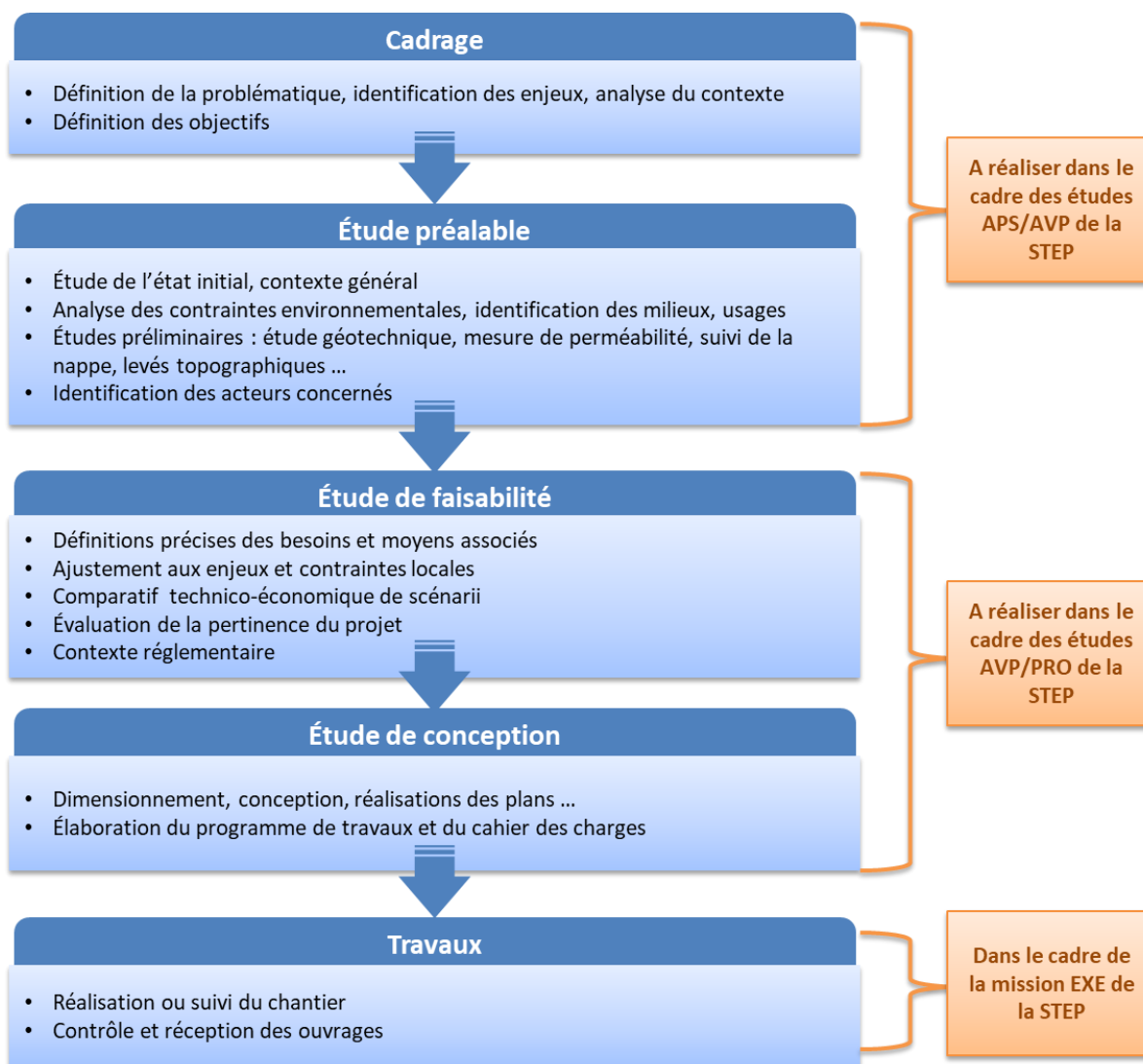
2.2 Démarches et études préalables

2.2.1 Démarche générale

Le processus de conception et réalisation de la ZRV doit être intégré dans une démarche classique de type maîtrise d'œuvre, telle que celle appliquée à la station d'épuration.

Le respect de ces différentes étapes permet de cibler efficacement les besoins, les contraintes, les enjeux, et d'apporter une réponse adaptée.

Tableau 2 : Processus préalable à la réalisation d'une ZRV



2.2.2 Cadrage du projet : les bonnes questions à se poser

En 2010 [13], le Cemagref (IRSTEA) en collaboration avec l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse faisait le constat suivant :

Le travail d'enquête sur des installations existantes a mis en évidence que dans la majorité des cas, les objectifs attendus n'étaient pas clairement définis. Il est généralement fait implicitement l'hypothèse que cet ouvrage supplémentaire ne peut que contribuer à réduire l'impact sur le milieu hydraulique superficiel du flux résiduel de polluants issu de la station d'épuration.

C. BOUTIN et al. - Point sur les Zones de Dissipation Végétalisées [13]

Plusieurs années après, ce constat est toujours vrai, et même si les ZRV sont de plus en plus prises en compte dans la réflexion globale du projet d'assainissement, la définition de leur(s) objectif(s) et la raison de leur implantation restent parfois floues.

Une question essentielle doit intervenir en amont de tout projet :
« Une ZRV est-elle pertinente dans le contexte de mon projet ? »

Cette question comprend plusieurs implications résumées dans le diagramme ci-dessous :

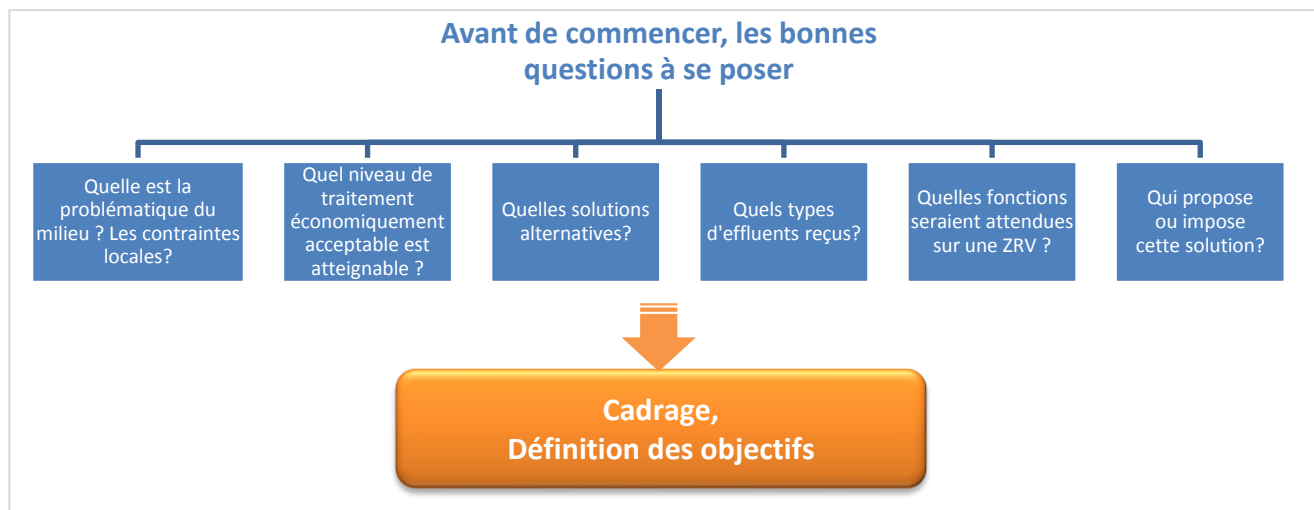


Figure 3 : Les bonnes questions à se poser

Ces questions doivent permettre de dégager des **objectifs clairs** et de définir **les modalités de conception et de réalisation de la ZRV**.

Rappel : les objectifs de traitement de la STEU doivent être résolus en amont de la réalisation de la ZRV. La ZRV n'est pas considérée comme un dispositif de traitement en soit.

a. Quelles est la problématique du milieu ? Quelles sont les exigences locales ?

Le respect des objectifs locaux de qualité (Bon ou Très Bon Etat, et usages éventuels) des milieux récepteurs superficiels (cours d'eau) impose souvent des niveaux de traitement sur les STEU plus poussés que les minima nationaux fixés en cohérence avec la directive ERU.

Toutefois, ces niveaux de traitement théoriques obtenus par calcul de dilution s'avèrent dans certains cas difficilement applicables dans le respect des objectifs de traitement (niveaux de rejet très faibles sur les paramètres azote et phosphore notamment, voire zéro rejet) pour des petites collectivités.

Les contextes qui peuvent entraîner une réflexion pour la mise en place d'une ZRV en complément d'une optimisation du traitement de la STEU jusqu'à des seuils technico-économiquement acceptables, sont les suivants :

- Zones à usages sensibles en aval du rejet : enjeux baignade, alimentation en eau potable, zone conchylicole ou pêche à pied
- Pression domestique ^[def.] significative sur la masse d'eau : risque de non atteinte des objectifs DCE du cours d'eau localement et/ou de la masse d'eau notamment en cas d'étiage sévère.



Les réponses qui ne sont pas satisfaisantes :

*La ZRV va compenser les mauvais fonctionnements de la STEU,
La ZRV remplace un deuxième étage de filtres plantés de roseaux,
Il reste de la place disponible sur la parcelle,
La ZRV « ne peut pas faire de mal », « est toujours mieux que rien »,
La commune voisine en a mis une en place, ...*

Seule une identification claire du contexte local peut permettre d'apporter une réponse adaptée.

b. Quel niveau de traitement économiquement acceptable est atteignable ?

La ZRV ne doit pas être la réponse « miracle » à toutes les problématiques. Les contraintes d'exploitation qu'elle entraîne peuvent la rendre moins performante que des procédés de traitement plus coûteux à l'investissement, mais plus fiables ou moins gourmands en temps d'exploitation. Avant tout questionnement sur la pertinence d'une ZRV, il est nécessaire d'étudier la possibilité d'un traitement complémentaire.

Des **process de traitements complémentaires** peuvent être mis en place, comme un traitement physico-chimique pour le phosphore, une filtration tertiaire sur sable complétée par un système de traitement aux UV pour abattre la bactériologie, ...

La question qui doit se poser est de savoir si une amélioration du process de la station d'épuration est techniquement possible et envisageable à un coût raisonnable. Le Ministère de l'environnement a publié en 2015 un guide intitulé « Éléments de méthode pour la définition des niveaux de rejets du petit collectif » [18] élaboré avec le groupe de travail EPNAC qui propose une approche pragmatique pour la définition des niveaux de rejet de la STEU, et donne des valeurs guides de niveaux d'exigence seuils au-delà desquels des difficultés financières sont rencontrées.

c. Quels autres systèmes alternatifs ?

D'autres **solutions alternatives** peuvent aussi être envisagées. Dans son dossier technique « Les Zones de Rejet en Provence-Alpes-Côte d'Azur » [5], L'ARPE (Agence Régionale Pour l'Environnement) recense les grandes catégories de systèmes existants, leurs usages, contraintes et leurs coûts...

Parmi ces solutions on citera notamment :

- Taillis (très) courte rotation (implique l'autorisation de réutiliser les eaux pour l'irrigation)
- Lagunage tertiaire
- Massifs filtrants végétalisés
- Infiltration aménagée

Si les contraintes de rejet dans le milieu récepteur sont vraiment fortes, il pourra également être envisagé le déplacement du point de rejet, le stockage ou la réutilisation des eaux usées traitées.

Idéalement, la ZRV ne doit pas être la seule réponse apportée lors des études de faisabilité. Seul un comparatif technico-économique avec d'autres systèmes au regard des objectifs poursuivis doit permettre de conclure à la pertinence de la ZRV.

d. Quelles fonctions sont attendues ?

Fonctions constatées : D'après les résultats de la présente étude, les fonctions suivantes peuvent être attribuées à la ZRV :

- Lissage hydraulique des pointes de débits horaires,
- Réduction des volumes, donc des flux rejetés,
- Abattement complémentaire sur l'azote global et l'ammonium,
- Abattement bactériologique.

Fonctions secondaires : Dans une moindre mesure et sous réserve d'une conception appropriée, de conditions spécifiques et d'une exploitation suivie, la ZRV peut également prétendre aux objectifs suivants :

- Abattements complémentaires de la DCO et de la DBO,
- Restauration des paramètres, O₂, pH, température,
- Intégration paysagère, rôle social et pédagogique...



Sur ces paramètres, la ZRV peut ponctuellement avoir un effet inverse : dégradation des rejets avec création de NO₂, anoxie ...

Rappel : Une zone dont l'objectif est l'atteinte du zéro-rejet toute l'année (absence de milieu récepteur) ne peut pas être considérée comme une ZRV. Ce dispositif d'infiltration doit répondre aux obligations de l'arrêté du 21 juillet 2015.

Autres paramètres : Si sur les paramètres ci-après, l'aspect bénéfique des ZRV ne peut pas être totalement écarté, ces objectifs ne permettent pas de justifier à eux seuls l'implantation d'une ZRV.

- Soit parce que les résultats montrent des performances trop variables ou majoritairement non significatives :
 - Rendement sur le phosphore,
 - Rétention des MES,
 - Abattement complémentaire sur les micropolluants ^[def.]
- Soit parce que la STEU doit être performante sur ces paramètres et que d'autres solutions de gestion existent :
 - Rétention des départs de boues accidentels,
 - Récupération des trop-pleins et by-pass.



Sur ces paramètres, les ZRV peuvent montrer des résultats contradictoires (abattements complémentaires comme dégradation du rejet), ou peu concluants.

Rappel : La mise en place d'une ZRV pour répondre à un objectif précis ne doit pas par ailleurs dégrader la qualité des eaux et remettre en cause les performances de la STEU et les objectifs DCE du milieu récepteur

e. Quels types d'effluents reçus ?

Parmi les critères déterminant la mise en place d'une ZRV et sa conception, la nature des eaux reçues par la zone est primordiale.

Ces eaux peuvent être de différentes natures :

- Eaux traitées sortie STEU,
- By-pass (eaux brutes pré-traitées ou non),
- Trop-plein et déversoirs d'orage (eaux brutes pré-traitées ou non),
- Eaux pluviales,
- Drains.

La collecte de ces différents effluents peut poser des difficultés particulières qu'il faudra prendre en compte lors de la conception de la zone et de la définition de ses objectifs.

Parmi ces contraintes :

- Les apports d'eaux pluviales ou de déversoirs d'orage peuvent entraîner des montées en charge hydraulique importantes et rapides sur la ZRV. Ces pointes de débit peuvent provoquer un **lessivage de la zone** et une pollution ponctuelle du milieu.
- Le raccordement des trop-pleins, by-pass et déversoirs d'orage apporte des eaux usées chargées dans la ZRV. Ces eaux peuvent entraîner avec elles des macros déchets, boues et graisses qu'il faudra contenir sur la zone et **évacuer régulièrement**. Les apports importants de MES risquent également de **colmater** rapidement les ouvrages et les sols (obstruction des massifs filtrants, perte d'infiltration, ...).

f. Rôle de la Police de l'Eau dans la décision

Dans le cas où malgré l'optimisation du traitement et la recherche de solutions alternatives au traitement plus poussé (parfois non compatible avec le contexte du projet), l'atteinte du bon état ou le respect des usages est compromis, les services de la Police de l'Eau et des milieux aquatiques peuvent être emmenés à demander au maître d'ouvrage la mise en place d'une mesure « compensatoire » ou « correctrice ». Cette demande s'applique à répondre aux dispositions des articles R214 et suivants du code l'environnement.

La ZRV peut être considérée comme une de ces mesures « correctrices », **mais elle reste une solution parmi d'autres et ne peut être imposée en tant que telle.**

En collaboration avec l'agence et la police de l'eau, diverses autres options peuvent être envisagées, comme une action de restauration locale du cours d'eau ou la mise en place d'un suivi de la qualité du milieu récepteur les premières années de fonctionnement de la STEU.



Ce qu'il ne faut pas faire :

Considérer la ZRV comme la seule réponse possible aux contraintes locales ou à une exigence réglementaire

2.2.3 Étude préalable, faisabilité

Afin de pouvoir répondre à son (ses) objectif(s), la ZRV doit, comme tout ouvrage du système d'assainissement, faire l'objet d'une **réflexion préliminaire intégrant des études préalables et une étude de faisabilité.**

Ces études entraînent des **coûts qui doivent être anticipés**. Les ZRV sont souvent mises en place sur des petites collectivités, qui cherchent un moyen rustique et peu onéreux pour optimiser le traitement des eaux usées. Toutefois ces coûts initiaux sont indispensables à la maîtrise des dépenses sur le long terme :

- Si la ZRV ne permet pas d'atteindre les objectifs fixés, des mesures complémentaires devront être mises en place, de nouvelles études seront à réaliser, un suivi du milieu pourra être exigé par l'état, etc.
- Si la conception de la ZRV n'a pas été réfléchi en fonction des besoins et contraintes locales, des coûts d'entretien et d'exploitation imprévus pourront venir alourdir les frais annuels.

Le degré d'investigation de ces études devra être adapté à la taille du projet, aux moyens de la collectivité mais aussi aux enjeux associés.

À titre indicatif, nous recommandons que les coûts de conception / réalisation associés à la ZRV ne dépassent pas 10% du prix total de la station.

a. Prise en compte de l'environnement du site

L'environnement du site est souvent déterminant dans la conception de la ZRV.

Les données à rechercher sont les mêmes que celles nécessaires à l'élaboration et à l'instruction du projet de la station d'épuration : une analyse des données collectées dans ce cadre permet déjà d'avoir une vision assez précise des contraintes et particularités du site.

Les données à étudier sont résumées ci-après :

Tableau 3 : Contexte général à étudier en phase préalable

Contexte général	
Localisation sur la commune	Accès, distance des habitations, visibilité du site ...
Contrainte d’urbanisme, servitude	Document d’urbanisme (PLU...), servitudes des réseaux, servitude de passage, ...
Contexte climatique	Températures extrêmes pouvant impacter la végétation, pluviométrie mensuelle et pour différentes périodes de retour, vents principaux ...
Usages autour du site	Tourisme, zones à usages sensibles (puits, captage AEP, baignade...), zones agricoles, autres installations, industriels ...
Disponibilité parcellaire	Pour permettre d’aménager au mieux le projet sur l’espace disponible
Topographie	
Géologie et hydrogéologie	
Géologie et pédologie locale	Permet d’anticiper le potentiel d’infiltration
Géotechnique	Caractéristique des sols, mission géotechnique standard
Risque de remontée de nappe	Disponible sur le site Georisques
Caractéristique de la nappe	Identifiant (masse d’eau), profondeur, variabilité dans le temps, état, sensibilité...
Piézomètres existants	Évaluation de la profondeur de la nappe, chronique historique, ...
Milieu récepteur	
Caractéristique du milieu récepteur	Nom, localisation, descriptif, masse d’eau, ...
Qualité	Données des stations qualité (SIE Adour Garonne), mesures locales disponibles, objectifs d’état dans le SDAGE ...
Usages du cours d’eau	Pêche, baignade, AEP, irrigation, pisciculture, ...
Contrainte environnementale	
Zone inondable	Emprise du plan de prévention du risque inondation (PPRI), niveau des plus hautes eaux
Zones protégés	ZNIEFF, ZICO, Natura 2000, zones humides, bois classés, sites et monuments, ...
Faune / Flore	Inventaire existant ou à prévoir, espèces protégées, ...

b. Étude de sol / tests d'infiltration

Lorsque l'objectif principal est la réduction des flux via l'infiltration, une étude poussée des caractéristiques du sol doit être réalisée.

Le groupe de travail EPNAC a publié en 2012 [17].b un guide méthodologique accompagné de fiches techniques détaillant le contenu des études de sol préliminaires à la conception de la ZRV.

Rappel : si le mode de fonctionnement recherché est une infiltration totale et permanente dans le sol (absence de milieu récepteur superficiel), une étude hydrogéologique détaillée avec avis d'un hydrogéologue agréé devra être réalisée, conformément à l'arrêté du 21 juillet 2015 [C].

Deux types d'études doivent être réalisés :

- Nature du sol : profil pédologique et étude géotechnique
- Mesure de perméabilité du sol

Nature des sols	Perméabilité
La nature des sols peut être appréhendée via des études géotechniques qui permettent de déterminer ses caractéristiques : nature, texture, granulométrie, traces d'hydromorphie^[déf.], profondeur et nature du substratum rocheux. Ils permettent de quantifier leur aptitude à l'infiltration et/ou d'identifier un frein souterrain à l'écoulement (couche très argileuse par exemple).	La perméabilité K d'un sol est la capacité de ce dernier à infiltrer l'eau. Il s'agit de la vitesse de circulation de l'eau dans le sol, ou vitesse d'infiltration. Cette perméabilité est mesurée par la réalisation de tests d'infiltration.
Type de test : ▪ Sondage à la tarière ▪ Sondage à la fosse ▪ Mission géotechnique G1	Type de test : ▪ Test double anneaux ▪ Test de Porchet ▪ Perméamètre de Guelph ▪ Test à la fosse
<i>Pour en savoir plus :</i> <i>EPNAC (2013) - Contenu des études préalables à la réalisation d'une Zone de Rejet Végétalisée</i>	

c. Perméabilité : Quel test choisir ?

Les retours d'expérience et la consultation des différents acteurs du domaine montrent que les études de sol réalisées pour le dimensionnement des ZRV ne sont pas assez approfondies pour garantir la pérennité de l'infiltration recherchée.

Les tests ponctuels de perméabilité réalisés sur les ZRV sont souvent contraints par :

- l'hétérogénéité des sols, variable à l'échelle locale,
- la complexité et le coût de mise en œuvre des tests sur les petits projets.

L'infiltration en phase de fonctionnement n'est généralement pas à la hauteur des résultats des tests d'infiltration réalisés en phase préliminaire et ce, malgré les marges de sécurité prises.

En effet, en général seuls 2 ou 3 tests sont réalisés avec de l'eau claire : la question de la représentativité de ces tests sur une surface réduite et à un temps donné se pose. Les résultats obtenus ne traduisent pas forcément les conditions réelles (sol hétérogène, sursaturé, avec des eaux parfois chargées et colmatantes).

L'IRSTEA travaille actuellement sur des techniques de métrologie pour fiabiliser cette mesure.

Pour optimiser les résultats des tests, les quelques recommandations suivantes sont préconisées :

- ➔ Analyser visuellement le terrain et s'appuyer sur l'étude pédologique et géologique du site pour appréhender l'hétérogénéité de la zone et adapter le nombre de tests.
- ➔ Réaliser les tests non pas sur le sol en surface mais à la profondeur envisagée pour la ZRV, c'est-à-dire généralement entre 20 cm et 1 m.
- ➔ La capacité des sols à l'infiltration est aussi directement liée à leur saturation et à la présence d'une nappe souterraine à faible profondeur. Sur le site retenu, une évaluation du niveau de la nappe et de ces variations doit être réalisée (suivi piézométrique, étude bibliographique...).

- ➔ Réaliser les tests en condition défavorables, c'est-à-dire en période de nappe haute et/ou après un période de fortes pluies.
- ➔ Dans le cadre de la création d'une ZRV, il est difficile de conclure sur le test idéal. Des études sont en cours pour déterminer le type de test le plus approprié et le plus représentatif des phénomènes d'infiltration dans le sol d'une ZRV. **D'autres recommandations pourront prochainement être proposées.**
- ➔ A l'heure actuelle, le test qui semble le plus représentatif des phénomènes d'infiltration dans la ZRV est le **test à la fosse**.

Le test à la fosse consiste à mesurer la capacité du sol à infiltrer les eaux à une profondeur donnée. Il a l'avantage de permettre de quantifier l'infiltration verticale au fond de l'ouvrage, mais aussi l'infiltration latérale qui peut être importante dans les ZRV. Ce test est réalisé en condition de saturation du sol, c'est-à-dire avec un fonctionnement proche de celui d'une ZRV.

Figure 4 : Descriptif du test à la fosse dans le guide EPNAC – source : [17].b

Test à la fosse

Ce test n'est pas décrit dans une norme, même partiellement.

Le test à la fosse consiste à mesurer la capacité du sol à infiltrer les eaux en profondeur. Le trou est réalisé à l'aide d'un **tractopelle ou d'une mini-pelle** jusqu'à la profondeur à laquelle on désire infiltrer. Les conditions de saturation initiales s'appliquent de façon équivalente aux tests précédents.

La formule s'applique à la surface de fond de fouille.



Etudes Préalables – Atelier ZRV – Groupe de travail EPNAC
Mars 2013
Page 12

Le test à la fosse nécessite 4 équipements :

- un engin de chantier
- un volume important d'eau (l'idéal étant un point d'eau)
- un mètre
- un chronomètre

Ces quatre points sont généralement toujours disponibles sur un chantier, ce qui peut permettre de réaliser ces tests facilement en parallèle des travaux sur la station d'épuration, lorsque les deux projets sont conjoints.

2.2.4 Définitions des objectifs en fonction du contexte local

La mise en place d'une ZRV doit se justifier sur les éléments identifiés en phase de cadrage, tels que définis au paragraphe 2.2.2. Elle s'appuie en priorité sur les enjeux du milieu récepteur. En fonction de ce contexte, **les objectifs devront être clairement définis.**

Le tableau ci-après présente pour chaque objectif le contexte auquel il est applicable.

Tableau 4 : Objectifs en fonction du contexte

Objectifs	Dans quel contexte ?	En aval de quelle STEU ?
Régulation des débits	▪ Réseau unitaire : sensible aux eaux de pluies et autres eaux claires parasites ▪ Pression domestique^[def.] significative, étiage sévère : Risque de non atteinte des objectifs DCE (déclassement local et/ou temporaire) ▪ Érosion des berges	Tout type de STEU
Réduction des volumes	▪ Pression domestique^[def.] significative, étiage sévère : Risque de non atteinte des objectifs DCE (déclassement local et/ou temporaire) ▪ Zone à usage sensible	Tout type de STEU
Abattement de la bactériologie	▪ Zone à usage sensible en aval du rejet	Tout type de STEU
Abattement complémentaire de l'azote	▪ Pression domestique^[def.] significative sur l'ammonium : Risque de non atteinte des objectifs DCE (déclassement local et/ou temporaire)	Tout type de STEU
Abattement complémentaire DCO /DBO	▪ Coûts de mise en œuvre d'un traitement poussé prohibitifs.	Système rustique < 200 EH
Restauration des paramètres O₂, pH, T°	▪ Problématique d'oxygénation, de température et/ou de pH du milieu récepteur vis-à-vis des objectifs DCE	Tout type de STEU
Rétention des dépôts de boues accidentels	▪ Probabilité de pertes accidentelles de boues	STEU < 2000 EH

Une fois les objectifs ciblés, il s'agit de **vérifier leur cohérence avec le contexte local**.

Le tableau ci-après présente la cohérence entre objectifs recherchés et contexte local, afin de vérifier la pertinence de la ZRV.

Tableau 5 : Pertinence de la ZRV en fonction des objectifs recherchés et du contexte local

CONTEXTE LOCAL			OBJECTIF(S) RECHERCHÉ(S)									
			Régulation des débits (lisser et tamponner)	Réduction des volumes :		Abattement complémentaire de la bactériologie	Restauration des paramètres O2, pH, T°	Rétention des départs de boues accidentels	Abattement complémentaire :			
				par infiltration	par évapor-transpiration				DCO /DBO	Azote	Phosphore	MES
	Contraintes de site	Sol peu perméable	-	⊘	-	-	-	-	-	⊘	!	
		Nappe <1m ou circulation d'eau dans le sol	-	⊘	!	-	-	-	-	⊘	!	
		Surface limitée (<500 m²)	!	!	!	!	-	-	-	!	!	
		Pente forte	!	!	!	!	-	!	!	-	!	
	Système d'assainissement	Réseau unitaire / trop-plein	!	!	-	!	-	!	!	-	!	
		STEU > 200 EH*	-	-	-	-	-	-	⊘	-	!	
		Qualité poussée du rejet (dénitrif. / déphosphat.)	-	-	-	-	-	-	⊘	⊘	⊘	

*au delà de 200 EH, on considère que le niveau de traitement atteignable par des filières adaptées aux petites collectivités est suffisant au regard de l'objectif DCE sur la pollution carbonée

⊘	Non approprié - La ZRV n'est pas une réponse pertinente à l'objectif recherché.
!	Peu approprié - cet objectif ne permet pas de justifier à lui seul l'implantation d'une ZRV
!	Pertinent avec contraintes - Contexte à prendre en compte lors de la conception pour adapter le fonctionnement de la ZRV
-	Pertinent - Le contexte est favorable ou sans contrainte sur le projet

2.3 Bonnes pratiques de conception

2.3.1 Recommandations générales

Les retours d'expériences montrent qu'il est impossible de s'engager sur les performances de la ZRV. Malgré les précautions et la qualité de la conception, la ZRV reste un milieu ouvert et non contrôlé, soumise aux variations des compartiments extérieurs (sous-sol, nappe, air, biosphère).

Les recommandations suivantes ont pour but d'optimiser au maximum le fonctionnement de la ZRV.

Il existe tout une liste de recommandations de bon sens ou issues des retours d'expérience. Nous avons essayé de les résumer ci-après :

Conception de la zone

- ➔ **S'appuyer sur les caractéristiques du site** (pente, nature des sols, végétation existante, contraintes...) pour profiter des atouts présents et pour créer une dynamique « naturelle ».
- ➔ **Prévoir un by-pass de la ZRV**, qui facilite l'exploitation et permet d'adapter le fonctionnement. Il est aussi possible de mettre en place des by-pass intermédiaires pour pouvoir mettre certaines parties de la ZRV à sec afin de faire l'entretien fractionné des ouvrages.
- ➔ **Réfléchir à un fonctionnement saisonnier** plutôt qu'annuel.

Adapter la morphologie

- ➔ **Privilégier un fonctionnement sur deux files en alternance** (avec possibilité de by-pass), qui permettent de moduler le fonctionnement de la zone (fonctionnement sur 1 ou 2 files, mise à sec temporaire possible des ouvrages).
- ➔ **Anticiper la problématique de colmatage des sols**. Surdimensionner les zones d'infiltration, éviter le rejet d'eaux chargées là où l'on souhaite privilégier l'infiltration.
- ➔ **Favoriser les surfaces de contact** entre les différents compartiments : sol/eau, eau/air, eau/végétation, végétation/air, ... La quasi-totalité des mécanismes en jeux dans les ZRV sont liées à ces surfaces de contact.
- ➔ **Multiplier les ouvrages et les morphologies** autant que les contraintes de site le permettent pour favoriser différents milieux, différentes conditions et donc différents mécanismes.

Optimiser le fonctionnement

- ➔ **Prévoir un dégrillage grossier** des trop-pleins et des by-pass pour retenir les macro-déchets et les graisses.
- ➔ **Limiter les apports d'eaux pluviales** dans la zone pour éviter un lessivage en période d'orage, ou l'anticiper à la conception.

Anticiper l'exploitation

- ➔ **Anticiper les contraintes d'exploitations** : prévoir des accès faciles, la mise hors d'eau des ouvrages, ...
- ➔ **Réfléchir aux risques de nuisances**, vérifier la proximité des habitations et adapter la conception pour ne pas créer des conditions favorables au développement des odeurs, des moustiques...
- ➔ **Ne pas négliger la sécurité** si le site est accessible au public.
- ➔ **S'appuyer sur des pratiques de gestion reconnues**, inspirées des systèmes écologiques connus pour leurs performances épuratoires (forêt alluviale, lagune, zone humide, ...)



Ce qu'il ne faut pas faire :

*Négliger les contraintes du site et concevoir un projet purement théorique,
Ne pas réaliser d'état des lieux, d'étude préliminaire,
Ne pas sécuriser le dimensionnement,
Concevoir sans objectif(s) ciblé(s), ...
Surestimer le potentiel du site et de la ZRV
Définir/exiger des performances quantifiées*

2.3.2 Morphologie

a. Quelle morphologie privilégier ?

Les retours d'expériences sur les zones humides et autres ZRV montrent une grande variabilité des résultats, souvent indépendante de la morphologie des zones.

Pour une même typologie d'ouvrages, de nombreux paramètres entrent en jeu (temps de séjours, écoulement, substrat, lame d'eau, végétation, etc.).

Plus que la morphologie de l'ouvrage, c'est donc l'hydrodynamique des ZRV et les surfaces d'échange entre compartiments qui vont impacter positivement la qualité de l'eau.

Rappel : Le groupe de travail EPNAC a distingué 4 grands groupes de morphologie pour les ZRV (cf. Figure 1): fossé / noues, bassin, prairie, autres (matériaux rapportés).

Dans les recommandations suivantes, sont parfois différenciés fossés et noues, selon les caractéristiques suivantes :

- Fossé : ouvrage étroit, profond, aux berges pentues :



- Noues : ouvrage évasé, peu profond, aux berges douces :



Chacune des morphologies et chaque caractéristique de la zone permettent de jouer sur les leviers de l'hydrodynamique et des mécanismes en jeux dans la ZRV, tout en apportant des avantages particuliers.

Tableau 6 : Leviers de l'hydrodynamique et des mécanismes dans les ZRV

Morphologie	Levier	Effet
Bassins	➔ Écoulement lentique	Décantation
	➔ Volume de tampon	Lissage hydraulique, rétention de boues
	➔ Temps de séjour	Un temps de séjour important favorise les réactions physico-chimiques et biologiques
	➔ Surface de contact sol/eau/air	Une surface de contact importante : - Favorise les échanges et les réactions physico-chimiques - Favorise l'évapo-transpiration et l'infiltration
	➔ Mise en place de plusieurs ouvrages en parallèle	Facilite l'entretien et l'exploitation (mise à sec temporaire)
Prairie	➔ Surface de contact sol/eau/air	Favorise l'évapotranspiration Favorise l'infiltration
	➔ Écoulement lent à travers la végétation	Rétention des MES
Fossé / Noues	➔ Surface de contact sol/eau/air	Une surface de contact importante : - Favorise les échanges et les réactions physico-chimiques - Favorise l'évapo-transpiration et l'infiltration
	➔ Profil hétérogène	Diversité des milieux et des réactions physico-chimiques et biologiques, Diversité des écoulements (lents, rapide, dans les sédiments...)
	➔ Permet l'implantation d'arbuste	Favorise l'évapotranspiration Ombre sur les ouvrages qui permet de limiter le développement des lentilles d'eaux.
	➔ Création d'une dynamique hydraulique	Oxygénation, Favorise les processus organiques
	➔ Volume tampon	Lissage hydraulique, rétention boues
	➔ Temps de séjour	Un temps de séjour important favorise les réactions physico-chimiques et biologiques
	➔ Mise en place de plusieurs ouvrages en parallèle	Facilite l'entretien et l'exploitation (mise à sec temporaire)

Caractéristiques	Levier	Effet
Végétation	➔ Freine les écoulements	Décantation, lissage hydraulique, favorise les réactions physico-chimiques
	➔ Support bactérien	Favorise le développement d'une faune bactérienne (favorable ou défavorable)
	➔ Création d'ombre	Favorise la biodiversité mais limite la photosynthèse algale et la destruction des bactéries fécales
	➔ Capacité de stockage	Stockage partiel et temporaire de N et P
Matériaux rapportés	➔ Support bactérien	Création d'un biofilm qui favorise les processus organiques
	➔ Barrière mécanique eau/sol	Limite le développement des hydrophytes Limite les échanges sol/eau
Lame d'eau	➔ <40-50cm	Favorise la pénétration des rayons UV (Photosynthèse, Hydrolyse bactérienne) Favorise le développement de la végétation
	➔ >40-50 cm	Limite le développement des hydrophytes Facilite la décantation
Dynamique hydraulique	➔ Crée des zones turbulences	Limite le développement des lentilles d'eau Favorise les processus organiques
	➔ Favorise les échanges eau/air	Réoxygénation de l'eau Favorise les processus organiques

À partir de ces constats, il est possible de hiérarchiser les caractéristiques à favoriser en fonction des objectifs visés.

Afin d'orienter les intervenants pour la conception des zones, le tableau suivant présente pour chaque objectif les morphologies les plus adaptées. Cette recommandation est basée sur les retours d'expérience et les connaissances sur les mécanismes en jeux.

L'ensemble des recommandations de conception et de gestion des ZRV par objectif est détaillé au paragraphe 3.1 à 3.9 du présent guide et dans les fiches techniques « *Recommandations pratiques pour la conception et la gestion des zones de rejet végétalisées* » de l'étude.

Tableau 7 : Morphologie(s) adaptée(s) par objectif

Objectifs	Morphologie(s) adaptée(s)
Régulation des débits	Tout type de ZRV
Réduction des volumes	Bassins Prairie Noues plantées
Abattement de la bactériologie	Bassins Noues larges Prairie
Abattement complémentaire de l'azote	Noues végétalisées Bassins en cascade
Abattement complémentaire DCO /DBO	Tout type de ZRV
Restauration des paramètres O₂, pH, T°	Noues méandreuses Bassins en cascade
Rétention des départs de boues accidentels	Fossé Bassin

b. Recommandations

Dans le cadre de ses publications sur les Zones de Rejet Végétalisées [1]&[2], l'agence de l'eau Rhin-Meuse (AERM) a fait plusieurs recommandations afin d'augmenter le potentiel des ZRV.

La recommandation la plus souvent mise en avant est la création d'une diversité et d'une asymétrie des profils hydrauliques.

La ZRV doit rester un ouvrage qui se rapproche le plus possible d'un milieu naturel dynamique.

L'objectif est de créer une diversité des milieux, favorables à la mise en place de phénomènes d'autoépurations^[def.].

Ces bonnes pratiques sont souvent contraintes par l'espace disponible et les **impératifs d'accès / de circulation** qui ne doivent pas être négligés, mais au contraire anticipés lors de la conception de la zone.

- ➔ **Une diversité des milieux** est souvent bénéfique, que ce soit en termes de biodiversité, d'hydraulique, ou d'auto-épuration (création de conditions hétérogènes et dynamiques). Les spécialistes en génie écologique préconisent généralement des pentes douces, des ouvrages larges et ouverts, des profils asymétriques.
- ➔ À l'issue des résultats du cadrage et de l'étude de faisabilité du projet, **certaines morphologies seront privilégiées**. Les choix techniques pourront également **s'appuyer sur les contraintes foncières et d'accès**
- ➔ **Profiter de la topographie du terrain** pour créer une dynamique (cf. recommandation générales).
- ➔ **La recherche d'esthétique** (aménagement paysager) peut également participer au choix de la morphologie.

2.3.3 Hydraulique

a. Importance de la dynamique hydraulique

D'une manière générale, l'hydraulique est souvent source de problèmes sur les ouvrages existants. Il est donc essentiel de ne pas négliger ce paramètre lors de la conception de la ZRV.

La dynamique hydraulique de la zone permet d'assurer l'optimisation des processus physico-chimiques et biologiques, limite les problèmes d'écoulement et permet de limiter le développement des lentilles d'eau.

Les conseils suivants sont applicables à toutes les ZRV :

- ➔ S'appuyer sur les caractéristiques topographiques du terrain pour **créer une dynamique hydraulique** faite de remous, de cascades, ...
- ➔ **Éviter autant que possible les portions rectilignes et plates** qui favorisent les eaux stagnantes,
- ➔ Favoriser les écoulements à travers **différents substrats** (galets, graviers, boues...), qui offrent des conditions biologiques et physico-chimiques différentes,
- ➔ Si la topographie le permet, **installer une cascade** en entrée ou en sortie de ZRV.



Ce qu'il ne faut pas faire :

Créer une zone tirée au cordeau en oubliant la dynamique hydraulique et l'aspect biodiversité : La ZRV doit être conçue comme un milieu naturel hétérogène et non un ouvrage de génie civil.



Quelles différences entre cascade et chute d'eau ?

- Une chute d'eau est une nappe d'eau qui tombe brusquement d'un niveau à un autre, par une pente verticale ou presque.
- Une cascade est un type de chute d'eau qui se caractérise par la présence de petits paliers, par exemple avec un écoulement sur des rochers.

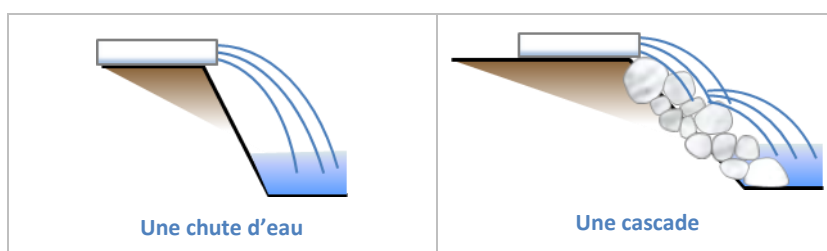


Figure 5 : Différence entre une chute d'eau et une cascade

Des mesures menées dans le cadre du projet EPEC [7] ont montré que la cascade est plus bénéfique en termes de réoxygénation et d'optimisation des processus organiques que la chute d'eau.

b. Système de répartition des eaux en entrée de ZRV

Sur les sites suivis comportant plusieurs files et plus généralement sur des ouvrages comme les prairies, l'alimentation de la ZRV est une source potentielle de problèmes.

Le système de répartition doit être finement étudié pour permettre une gestion adaptée et variée de la ZRV : alimentation d'une, plusieurs ou aucune file(s), by-pass saisonnier de la zone.

- ➔ Prévoir un **ouvrage de répartition** vers les différentes files ou le by-pass de la ZRV.
- ➔ Pour un ouvrage de type prairie ou bassin : **répartir les eaux sur la surface totale** de manière à utiliser au maximum la capacité de la ZRV et à éviter un colmatage en entrée d'ouvrage.
- ➔ Pour les prairies, si la topographie le permet, préférer **une alimentation par bâchées**, sinon une **alimentation multi-points** qui permet de répandre les eaux sur la totalité de la surface de sol disponible et de minimiser la stagnation des eaux.
- ➔ Si la topographie le permet, **une entrée en cascade** doit être privilégiée.

c. Optimisation des écoulements sur la zone

Un des objectifs hydrauliques est d'assurer sur la ZRV un flux homogène, en évitant au maximum les zones mortes.

Dans un document publié en 2010 [13], le CEMAGREF (IRSTEA) rappelle qu'il est important de soigner l'hydraulique de la ZRV :

L'enjeu consiste à utiliser la totalité de la surface disponible en lui apportant de l'eau de façon la plus homogène possible afin d'utiliser au maximum les capacités intrinsèques du milieu.

Il est donc nécessaire de répartir les eaux ; différents moyens sont envisageables : cheminement à faible pente et nombreux méandres, goulotte de distribution et légers seuils perpendiculaires au sens de l'écoulement, succession de bassins à faible profondeur, ...

C.BOUTIN, Point sur les Zones de Dissipation Végétalisées [13] - §6.5

Afin d'éviter les zones mortes :

- ➔ **Éloigner l'entrée et la sortie** et éviter de les positionner en vis-à-vis immédiat
- ➔ Préférer des **formes allongées, linéaires ou ovoïdes** qui limitent les zones mortes. Les bassins de forme rectangulaire sont par exemple à proscrire.



d. Les liaisons entre ouvrages

Sur la quasi-totalité des sites étudiés, le transfert des flux entre les ouvrages pose des problèmes récurrents d'hydraulique et de bouchage des canalisations (débris de massettes, racines de saule).

Les canalisations entre ouvrages sont généralement installées pour faciliter le passage pour l'entretien de la zone.

Il existe d'autres systèmes de communication entre ouvrages qui pourraient être moins contraignants :

- Merlon en gravier sur lequel peut circuler un engin léger
- Canal de surverse bétonné, ...

D'une manière générale :

- ➔ Les canalisations entre les ouvrages doivent être **courtes et réservées aux zones aménagées pour l'entretien**, car elles constituent une rupture dans la dynamique hydraulique des ouvrages.
- ➔ Les cascades ou ouvrages de surverse permettent une **liaison douce entre les différentes parties de la ZRV**.
- ➔ L'accessibilité des liaisons **fait partie intégrante de la conception**. Prévoir des ouvrages de type plateformes, marches naturelles...

- ➔ Lorsqu'une canalisation est inévitable, il faut en **protéger les entrées et sorties**, et éviter la présence d'arbres ou d'arbustes à proximité (risque d'obstruction, de casse).

e. Ouvrages de sortie de la ZRV

Tout comme les ouvrages de liaison, ils résultent d'une contrainte d'accès et sont souvent à l'origine de désordre hydraulique.

- ➔ Autant que possible, **favoriser une liaison douce avec le milieu récepteur** et éviter les canalisations

Pour favoriser un courant de surface dans la ZRV qui limite le développement des lentilles d'eau, on privilégiera autant que possible une sortie avec **un système par surverse**.

Le système de sortie de la ZRV doit idéalement être modulable pour gérer les niveaux d'eaux dans la zone et permettre la vidange.

- ➔ La **possibilité de vidanger** les ouvrages doit être prévue à la conception, par exemple avec des **systèmes amovibles** pour une évacuation en fond d'ouvrage.
- ➔ Il est recommandé de mettre en place des **ouvrages avec gestion du niveau** tels que les batardeaux, les martellières, les lames réglables, ...

Anticiper dès la conception les risques d'obstruction : privilégier les surverses, protéger les entrées de canalisation.



Martellière avec vanne permettant vidange (réalisation SUEZ)



Surverse à hauteur réglable et amovible (planches dans un rail - inspirée du « moine ») ©SATESE- CG81

Figure 6 : Exemples de systèmes de sortie par surverse modulable



Ce qu'il ne faut pas faire :

Obstruction due à la végétation de canalisation non accessible pour l'entretien



2.3.4 Liaison douce avec le milieu

Initialement (surtout sur le bassin de l'agence de l'eau Rhin-Meuse), la ZRV devait servir de liaison douce entre la STEU et la rivière.

En Adour-Garonne, on remarque qu'il y a finalement quasiment toujours une canalisation de rejet en sortie de la ZRV, avec un aménagement en berge de rivière. Souvent cette canalisation répond à une contrainte sécuritaire (clôture de la zone), foncière, ou une servitude de passage entre la zone et le cours d'eau.

Il est bon de rappeler que l'enrochement et le bétonnage des berges au point de rejet dans le cours d'eau doivent être évités, en raison de la forte dégradation engendrée sur le milieu physique et des impacts sur le fonctionnement du cours d'eau.

- ➔ Lorsque cela est possible, il faut **favoriser des liaisons douces** qui permettent d'accompagner le rejet et de limiter les impacts sur les berges. La ZRV joue parfaitement ce rôle.
- ➔ S'il n'y a pas de contraintes particulières, un fossé de rejet est à privilégier plutôt qu'une canalisation.
- ➔ Penser à évaluer le risque de remontée des eaux de la rivière dans la ZRV en cas de crue.



Ce qu'il ne faut pas faire :

*Créer des points durs en berge de rivières,
Canaliser par habitude sans envisager une solution alternative.*

2.3.5 Accès

La ZRV étant pensée comme un espace naturel, contraint par le foncier, la réflexion de l'accès aux ouvrages est souvent négligée.

Si sur des installations récentes, cela ne pose pas toujours de difficultés, après plusieurs années de mise en service, l'accès aux ouvrages devient indispensable pour réaliser l'entretien de la zone (entretien de la végétation, faucardage, curage).

Le suivi in-situ de plusieurs zones a également permis de faire apparaître une négligence récurrente : **l'accès aux liaisons entre ouvrages**. Lorsque la ZRV comporte plusieurs compartiments, des problèmes hydrauliques fréquents sont constatés à cause de l'obstruction/colmatage des canalisations ou organes de liaison entre ouvrages.

L'accès à ces équipements s'avère très souvent compliqué et dangereux, ce qui limite les possibilités d'interventions de l'exploitant et donc le fonctionnement correct de la zone.

D'une manière générale, l'accès en tout point de la ZRV doit être réfléchi dès la phase de conception.

Lors des études de conceptions, il est nécessaire d'étudier en détails :

- ➔ **L'accès au rejet** : nécessaire pour vérifier le fonctionnement de la zone, réaliser des contrôles.
- ➔ **L'accès aux ouvrages de liaisons** : indispensable pour assurer l'entretien de la ZRV garantissant son bon fonctionnement et la sécurité de l'exploitant.
- ➔ **L'accès pour entretien** : Prévoir le passage des engins d'entretien, les possibilités accès pour fauchage, curage, etc.



Ce qu'il ne faut pas faire :

Négliger les accès et se rendre compte trop tard des besoins d'exploitation.

2.3.6 Végétalisation

Rappel : Les végétaux jouent un rôle principalement indirect dans l'épuration des eaux usées. (cf. mécanismes en jeu en Partie 1 et fiche EPNAC [17].e).

Dans la ZRV on attribue aux végétaux les rôles suivants :

- Évapotranspiration, diminution saisonnière des volumes d'eau
- Contribution à la dynamique hydraulique
- Intégration paysagère
- Favorise les conditions propices à la dénitrification
- Absorption faible et saisonnière de l'azote et du phosphore
- Absorption négligeable des métaux lourds
- Conditions limitant la photodégradation des micropolluants ^[def.] et des bactéries
- Pas d'absorption de la pollution carbonée

a. Quels végétaux planter ?

Bien qu'il existe des études quant au rôle de certaines espèces dans la phytoremédiation, dans le cas d'une ZRV, la végétation sera choisie prioritairement pour ses avantages horticoles / paysagers plutôt que pour un objectif épuratoire donné.

En fonction du rôle attendu de la ZRV, on peut toutefois privilégier certains types de plantations :

- ➔ **Dénitrification** : les travaux de WESNER (1994) [35] précisent qu'un **mélange de macrophytes émergents et immergés** est favorable à l'élimination de l'azote.
- ➔ **Évapotranspiration** : les arbustes à croissance rapide comme **les saules sont recommandés** pour favoriser la diminution des débits.
- ➔ **Élimination de la bactériologie** : dans le cas où la ZRV a pour objectif principal l'abattement des bactéries fécales, une trop grande densité de végétation n'est pas recommandée.

Lors de la conception de la ZRV, les végétaux plantés seront choisis dans une gamme standard d'espèces locales adaptées en fonction des contraintes climatiques (stress hydrique si la ZRV est mise à sec, risques de gel...)

Tableau 8 : Espèces appropriées, rencontrées sur les ZRV du bassin AEAG

<i>Salicaire</i>	<i>Plantain d'eau</i>
<i>Ache faux-cresson</i>	<i>Renoncules (espèces variées)</i>
<i>Acore calame</i>	<i>Roseau à balais</i>
<i>Aulne</i>	<i>Rubadier</i>
<i>Baldingère (faux roseau)</i>	<i>Salicaire</i>
<i>Epilobe</i>	<i>Saules (espèces variées)</i>
<i>Glycérie aquatique</i>	<i>Scirpes (espèces variées)</i>
<i>Iris des marais</i>	<i>Scrofulaire aquatique</i>
<i>Joncs (espèces variées)</i>	<i>Souchets (espèces variées)</i>
<i>Laïches (espèces variées)</i>	<i>Véronique "Mouron d'eau"</i>
<i>Massette à larges feuilles</i>	<i>Véronique des ruisseaux</i>
<i>Menthe aquatique</i>	<i>Etc.</i>

La présence de végétaux flottants (lentilles, azollas, potamots...) n'est pas totalement néfaste, car elle permet, en petite quantité, d'abaisser le taux d'oxygène dans l'eau tout en apportant une source de carbone nécessaire à la dénitrification. Cependant, il s'agit d'espèces envahissantes dont le développement non maîtrisable entraîne des effets néfastes sur la zone (anoxie, colmatage, ...).

De manière générale :

- ➔ **Ne pas prévoir un abattement de pollution par les plantes.** L'aspect phyto-remédiation doit être écarté en attendant des recherches spécifiques.
- ➔ **Planter peu,** par petits îlots
- ➔ **Privilégier les espèces locales.**
- ➔ **Laisser la végétation coloniser naturellement,** favoriser la dynamique naturelle de la zone en surveillant la progression de certaines espèces si elles prennent le dessus.
- ➔ **Choisir des espèces** qui peuvent être taillées ou fauchées sans difficultés.

Rappel : Le prélèvement des nutriments par les plantes reste un phénomène de stockage temporaire et qui n'est effectif que pendant la période végétative. Seuls un fauchage et une évacuation des végétaux du site permettent d'exporter définitivement ces polluants du milieu.

Le profil Figure 7 présente l'implantation naturelle des macrophytes sur les bords des lacs tempérés peu profonds. Cette disposition, qui se retrouve lorsque la ZRV se végétalise naturellement, doit être recherchée lors de la plantation des végétaux.

Le type de végétaux sera adapté au climat et au contexte local. Le Tableau 9 page suivante présente les espèces qui s'adaptent généralement aux ZRV du bassin.

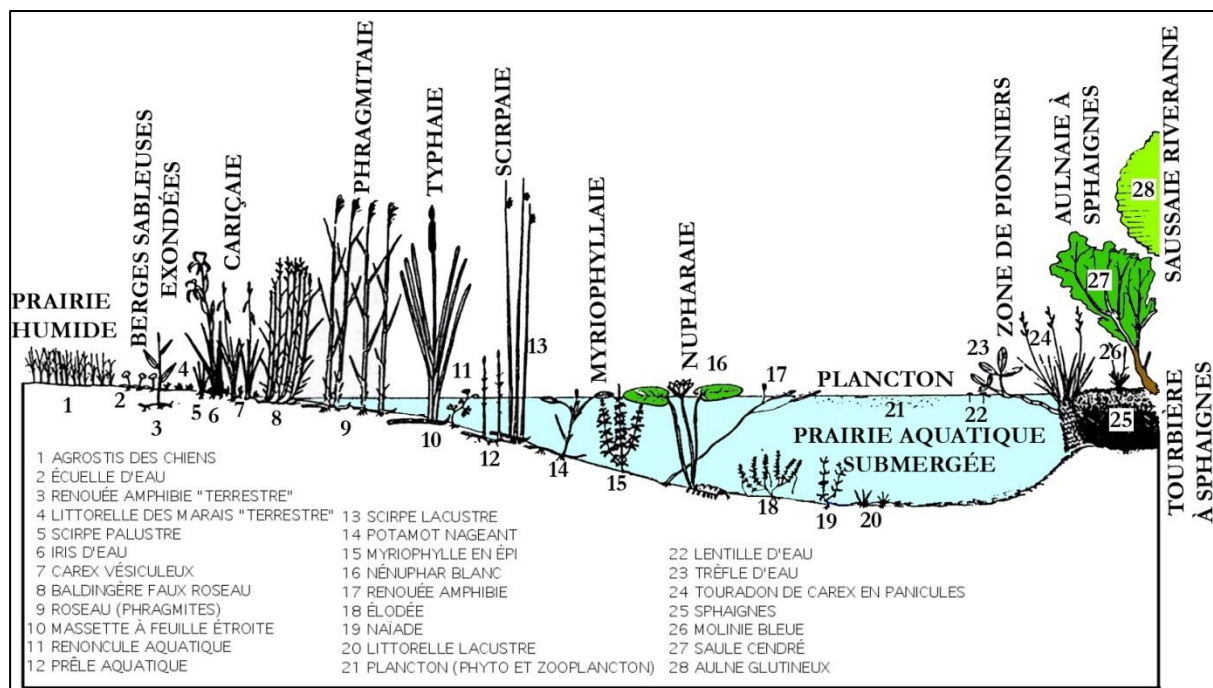


Figure 7 : Représentation schématique de la répartition des macrophytes dans la zone littorale d'un lac tempéré peu profond (Montegur. Doc. ACTA. Tome 1, 1987).

Tableau 9 : Inventaire faune-flore des zones de rejets végétalisées
Quelques espèces typiques des zones étudiées

FLORE – quelques exemples		
Roseaux à balais <i>Phragmites australis</i> 	Massette à larges feuilles <i>Typha latifolia</i> 	Saule <i>Salix sp.</i> 
Jonc <i>Juncus sp.</i> 	Jonc des chaisiers <i>Schoenoplectus lacustris</i> 	Scirpes des marais <i>Eleocharis palustris</i> 

Laîche <i>Carex sp.</i> 	Iris des marais <i>Iris pseudacorus</i> 	Acore <i>Acorus calamus</i> 
Salicaire commune <i>Lythrum salicaria</i> 	Eupatoire chanvrine <i>Eupatorium cannabinum</i> 	Epilobe à petites fleurs <i>Epilobium parviflorum</i> 
Renoncule rampante <i>Ranunculus repens</i> 	Ache faux cresson <i>Helosciadium nodiflorum</i> 	Menthe aquatique <i>Mentha aquatica</i> 

b. Règle de plantation

La plantation des végétaux doit toujours se faire de manière réfléchie, en anticipant leur développement.

Des problèmes récurrents liés aux arbres et arbustes (principalement saules) sont constatés :

- Déracinement des arbres plantés en berge par manque d'ancrage et développement excessif,
- Obstruction et casse des canalisations par les racines.

De manière générale, **le manque d'entretien de la végétation conduit à des dysfonctionnements** hydrauliques (obstruction des liaisons, formation d'îlots denses qui bloquent les écoulements).

Plusieurs points doivent être réfléchis avant toute plantation :

- ➔ **Implantation des arbustes :** ils ne doivent pas être plantés sur des berges ou trop près du bord. Prévoir de tailler les saules environ tous les 3 à 5 ans pour éviter qu'ils s'effondrent.
- ➔ **Anticiper l'entretien :** les végétaux doivent être régulièrement fauchés ou taillés. L'accès aux ouvrages et les possibilités d'évacuation doivent être réfléchis. De même la végétation ne doit pas créer un obstacle pour accéder aux ouvrages.

Dans une saulaie, il est par exemple possible de ne planter des saules que d'un côté des noues pour maintenir un accès facile, pour réaliser la taille et le curage.



Ce qu'il ne faut pas faire :

Planter des espèces non-locales

Réaliser des mono-plantations, sauf si leur rôle est parfaitement défini (saulaie...)

Planter les arbres trop près des berges,

Ne pas réaliser d'entretien

3 Recommandations par objectif

3.1 Lisser et tamponner les débits

Lissage des pics/pointes de débit horaire
Limitation de l'impact du débit de la STEU sur le milieu récepteur

Le lissage hydraulique en sortie de zone est constaté dans 100 % des sites étudiés, ce qui permet une protection physique du milieu récepteur. En effet, cela permet de réduire l'érosion des berges due aux à-coups hydrauliques.

- ➔ **Plus la ZRV sera « grande » et plus les débits seront lissés.** Le linéaire hydraulique et le volume de la zone sont des paramètres qui influencent positivement le lissage des pointes de débit.
- ➔ **La création d'obstacle à l'écoulement** (seuils, parcours sinueux, végétation, ouvrage de liaison...) permet de réduire efficacement la pointe de débit.
- ➔ **Une pente faible et une succession d'ouvrage** favorisent le lissage des débits.

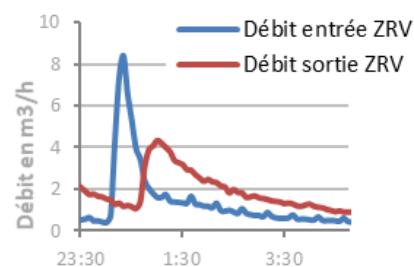


Figure 8 : Exemple de réduction de la pointe de débit horaire



Ce qu'il ne faut pas faire :

Les ouvrages rectilignes sont à éviter pour atteindre cet objectif

3.2 Maximiser la réduction des volumes

Réduction des volumes journaliers d'eau rejetés,
Réduction des débits pour réduire les flux rejetés

Un des objectifs principaux des ZRV est de diminuer les volumes d'eaux usées issues de la STEU pour réduire les flux rejetés au milieu naturel.

Cette diminution des volumes est possible grâce à l'infiltration dans le sol et/ou l'évapotranspiration.

Par conséquent, une faible densité de végétation et une texture de sol plutôt argileuse sont finalement des conditions peu propices à la réduction des volumes rejetés.

3.2.1 Évapotranspiration

L'évapotranspiration est un mécanisme surtout efficace au printemps et en été, lors de la période de croissance des végétaux et par fortes chaleurs.

Même si des études montrent qu'en Espagne et en Italie, l'évapotranspiration peut atteindre jusqu'à 60 mm/j, la valeur la plus couramment admise sous notre latitude est de 10 à 15 mm/j en période estivale, soit pas plus de 10 à 15 l/j/m² de ZRV plantée.

Les pertes de volume liées à l'évapotranspiration vont donc être relativement faibles et négligeables comparées aux pertes par infiltration.

Pour favoriser l'évapotranspiration, des aménagements de bon sens sont à prévoir :

- ➔ Utilisation de la **plus grande surface** disponible
- ➔ Ouvrages évasés et **peu profond** (lame d'eau entre 1 et 20 cm)
- ➔ **Végétalisation** dense des ouvrages

D'une manière générale, la morphologie la plus adaptée sur des petits ouvrages pour favoriser l'évapotranspiration est la **prairie filtrante**.

Des espèces comme **le saule ou le bambou** sont connues pour avoir un bon pouvoir d'évapotranspiration. Si le saule reste une espèce locale à privilégier, le bambou offre pour l'aspect paysager l'avantage d'être persistant (attention toutefois à cette espèce envahissante : une barrière anti-rhizome est recommandée pour éviter le développement des bambous en dehors de la zone).

3.2.2 Infiltration

À l'issue des études préalables à la conception de la STEU, une capacité d'infiltration théorique est déterminée : elle servira de base au dimensionnement.

Toutefois, le retour d'expérience du département de la Dordogne dont l'objectif des ZRV est le zéro rejet, montre toutes les précautions à prendre avec cette valeur théorique. En effet, malgré des études de sol et un surdimensionnement des surfaces pouvant aller jusqu'à 6 m²/EH (alors que la littérature préconise entre 1 et 3 m²/EH - *Agence de l'eau Rhin Meuse, 2011 [1]*), l'objectif du zéro rejet n'est que rarement atteint. Les eaux chargées colmatent rapidement le sol qui devient alors inapte à l'infiltration.

Une fois mise en route, la capacité réelle de la ZRV à infiltrer les eaux est bien souvent inférieure à cette estimation, et on observe souvent une diminution des vitesses d'infiltration dans le temps, conduisant éventuellement au colmatage des ouvrages.

Cette perte d'infiltration est liée à plusieurs paramètres :

- Saturation en eau du sol
- Colmatage des sols par les MES
- Création d'un biofilm imperméable

Les différents acteurs rencontrés lors de cette étude (constructeurs, scientifiques, maîtres d'œuvre, SATESE...) s'accordent à dire que **la mise à sec temporaire de la zone est le meilleur moyen de favoriser l'infiltration, en maximisant les capacités du sol**.

Cette mise à sec permet au sol de retrouver sa capacité d'infiltration en permettant le ressuyage du sol, la minéralisation des dépôts colmatant et l'oxydation du biofilm bactérien et algal.

Généralement, cette mise hors d'eau est possible sans arrêt de la ZRV, avec un **fonctionnement en alternance** (phase alimentation et repos), sur plusieurs files, pour limiter les risques de colmatage.

En cas d'un objectif chiffré d'infiltration, cela sous-entend une surface doublée par rapport aux calculs théoriques majorés d'un coefficient de sécurité.

Les constructeurs de l'association FEVE (fédération professionnelle des entreprises du secteur de l'épuration végétalisée) recommandent une **alternance de l'alimentation** avec des mises hors d'eau de 2 à 3 semaines pour permettre au sol de retrouver sa capacité d'infiltration (ressuyage, minéralisation de boues). Toutefois cela peut favoriser le relargage du phosphore.

- ➔ Si le milieu ne présente qu'une sensibilité saisonnière (étiage, usage saisonnier...), un **arrêt de plusieurs mois** est possible en dehors de la période sensible (par exemple l'hiver).
- ➔ Le **curage régulier** des ouvrages permet d'évacuer les dépôts de MES et ainsi de limiter le colmatage des sols. Un protocole de curage est fourni en ANNEXE 2.

Parmi les paramètres à ne pas négliger, la **capacité d'infiltration latérale** est à considérer. S'il est difficile de les quantifier, les pertes latérales peuvent :

- Augmenter la capacité d'infiltration dans la zone,
- Percoler dans le terrain, notamment lorsque les ouvrages sont sur un point haut ou surélevés, et former des zones marécageuses imprévues en point bas.

Dans le cadre de la conception d'une zone avec un objectif de réduction des volumes, les recommandations suivantes sont applicables :

- ➔ Le coefficient de **perméabilité du sol en place doit être supérieure à 10^{-7} m/s** (idéalement 10^{-6} m/s) pour assurer un minimum d'infiltration.
- ➔ Dimensionner avec un **coefficient de sécurité x10 minimum** par rapport au test d'infiltration.
- ➔ Dimensionner sur **deux (ou plusieurs) ouvrages en alternance** pour permettre une mise à sec et un ressuyage de la zone.
- ➔ Mettre en place un **ouvrage de rétention des MES** distinct de l'ouvrage d'infiltration si des pics de MES peuvent survenir.

3.2.3 Cas du « zéro rejet »

Les retours d'expérience montrent que malgré la réalisation de différents tests de perméabilité, la prise en compte de coefficients de sécurité importants, une gestion régulée de la zone, etc., les ZRV se colmatent et n'infiltrant pas autant que prévu.

Les constructeurs soulignent qu'il est impossible de s'engager sur un volume d'infiltration malgré les demandes des maîtres d'œuvres et/ou de la Police de l'Eau.

Il faut garder à l'esprit que le zéro rejet ne peut être garanti sur ces zones sur le long terme.

Si l'objectif de « zéro rejet » fait suite à une obligation réglementaire, alors en fonction des conclusions des études de faisabilité **la ZRV ne sera pas l'installation à privilégier** : Un dispositif d'infiltration performant devra être mis en place, un massif drainant, des tranchées d'infiltration ...

Ces dispositifs sont soumis aux obligations de l'arrêté du 21 juillet 2015 [C].

3.3 Restauration des paramètres O₂, pH, température

a. Réoxygénation de l'eau

Les résultats des suivis ont montré des rejets en sortie de ZRV parfois anoxiques. La baisse parfois importante du taux d'oxygène dissous dans les eaux en sortie ZRV est principalement liée aux ouvrages couverts de lentilles d'eau et/ou d'azollas. La privation de lumière dans la colonne d'eau conduit à une baisse de la photosynthèse des algues et une consommation de l'oxygène restant par les organismes aérobies.

Cette anoxie peut ponctuellement être favorable pour les mécanismes de dénitrification, mais elle est **néfaste pour le milieu récepteur**.

Lors de la conception d'une ZRV, il faut donc anticiper ce phénomène et prévoir la mise en place d'une réoxygénation en sortie de zone.

L'étude a mis en évidence qu'une chute d'eau au niveau du rejet peut déjà améliorer considérablement l'oxygénation de l'eau. Les travaux de recherche du groupe EPEC (EPuration en Eau Courante) [7] ont démontré qu'en termes de transfert d'oxygène, il est préférable de mettre en place des **cascades plutôt que des chutes** (cf. Figure 5 - p27).

- ➔ Dans les noues, il est possible de **mettre en place des seuils** pour créer des remous et une ré-oxygénation des eaux. La mise en place de **matériaux rapportés** (type galets) dans les méandres peut également jouer ce rôle.
- ➔ Après un bassin à écoulement lentique, il est préconisé de **mettre en place une noue (voire noue avec substrat rapporté) ou une cascade.**

b. Remontée du pH

Lorsque le pH en sortie de STEU est bas, la technique la plus efficace pour revenir à une valeur neutre est de dégazer le CO₂ présent en trop grande quantité dans l'eau. Ce gaz étant très volatile, de simples remous et cascades vont permettre de l'éliminer facilement.

- ➔ Les recommandations sont donc les mêmes que pour l'oxygène dissous : **cascade, seuils, méandres...**

3.4 Optimiser le rôle épurateur

Les résultats de l'étude et les retours d'expérience s'accordent à dire qu'**il est difficile de s'engager sur des performances quantifiées**. Si la ZRV peut contribuer à améliorer certains rendements, ces résultats sont dépendants de nombreux paramètres non maîtrisables en système ouvert. En effet, contrairement aux stations d'épuration, la ZRV n'est pas un réacteur fermé, de ce fait les échanges entre les différents compartiments (eau/sol/air/plantes) sont variables dans le temps et dans l'espace.

3.4.1 Épuration des paramètres organiques

Les matières organiques telles que la DCO, la DBO sont des matières oxydables qui, nécessitent de l'oxygène pour leur décomposition. Présentes en excès dans les cours d'eau, elles asphyxient le milieu.

Les stations de plus de 200 EH doivent être performantes sur le traitement des paramètres organiques. **Cet objectif ne sera préconisé que pour des stations rustiques recevant une charge inférieure à 200 EH.**

Les résultats de l'étude montrent que l'élimination complémentaire des paramètres organiques n'est pertinente que lorsque les concentrations en entrée ZRV sont significatives (DCO >100 mg/l et DBO > 6 mg/l). En sortie de procédés de traitement performants tels que les boues activées, biodisques, et filtres plantés de roseaux deux étages, la ZRV n'aura que peu d'impact sur ces paramètres.

- ➔ Lorsque les eaux en sortie station ne présentent pas de pointe de pollution organique, **la ZRV n'apportera pas de traitement complémentaire et risque au contraire de dégrader de la qualité de l'eau.**
- ➔ **Le traitement de la pollution organique se fera prioritairement sur la STEU.** La ZRV n'apportera un complément que si les coûts de mise en œuvre d'un traitement plus poussé sont prohibitifs (STEU < 200 EH).

Si les eaux en sortie de STEU sont encore chargées en pollution organique, quelques mesures spécifiques peuvent améliorer les rendements sur ces paramètres :

- ➔ **Une eau bien oxygénée** au sein de la ZRV permet la dégradation. Cependant après l'oxydation de ces matières organiques, l'eau devient pauvre en oxygène : la mise en place d'une chute ou cascade en sortie de ZRV enrichira l'eau en oxygène dissous avant le rejet dans le cours d'eau.
- ➔ **Une zone de décantation :** les matières organiques se trouvent pour partie sous forme particulaires décantables. Les préconisations relatives à la rétention des MES peuvent donc être applicables.

La ZRV ne doit pas compenser une insuffisance de traitement sur la station. **Elle ne se substitue pas à un deuxième étage de filtres plantés de roseaux.**

Un traitement suffisant de la DBO et de la DCO sur la STEU doit permettre d'atteindre les limites de rejet réglementaires en amont de la ZRV.

3.4.2 Élimination de l'azote

Dans la ZRV, l'élimination de l'azote peut se faire soit par nitrification/dénitrification, soit par assimilation par les plantes.

La principale voie d'élimination de l'azote reste la dénitrification. La dénitrification a l'avantage d'exporter de l'azote du système de façon définitive en le transformant en forme gazeuse (N_2). Toutefois, une réaction de **nitrification/dénitrification incomplète produit des nitrates, des nitrites** et du protoxyde d'azote (N_2O), qui est un puissant gaz à effet de serre.

Pour que la réaction de dénitrification ait lieu, les bactéries dénitrifiantes doivent se trouver en présence de nitrates et de carbone organique dans un environnement anoxique qui peut être atteint au niveau de la zone hyporhéique^[def.] de la ZRV.

Pour favoriser l'élimination de l'azote dans la ZRV, il faut veiller à respecter les deux préconisations suivantes :

- ➔ Mise en place de conditions favorables à la nitrification/dénitrification : **alternance de zones aérobies et anaérobies, support pour le biofilm, source de carbone organique.**
- ➔ Temps de séjour suffisant pour éviter une réaction incomplète et la formation de nitrates et de nitrites.

Pour favoriser l'élimination de l'azote, les conceptions suivantes sont adaptées : Noues végétalisées avec alternance de zones lenticules suivies de méandres avec des matériaux rapportés, bassins en cascades densément plantés.

On pourra alors appliquer les mesures suivantes :

- ➔ **Création d'un écoulement hyporhéique**^[def.], favorable à l'autoépuration^[def.].
- ➔ **Plantation de macrophytes** qui améliore le processus de dénitrification, en fournissant le carbone organique ainsi que des sites de fixation pour les bactéries dénitrifiantes.
- ➔ **Combinaison des hydrophytes ainsi que des hélophytes** (plantes immergées et émergentes).
- ➔ **Alternance des faciès, sinuosité et diversité des substrats** pour favoriser la dynamique hydraulique et l'apparition des différentes conditions nécessaires à la dénitrification.

Si la couche de dépôts en fond d'ouvrage permet un écoulement hyporhéique favorable à la dénitrification, à l'inverse, la décomposition de la matière organique peut être à l'origine de l'augmentation des concentrations en ammonium (ammonification).

En complément de la dénitrification, il est aussi possible de favoriser le prélèvement de l'azote (ammonium, nitrates) par la plante, même si ce phénomène reste minoritaire :

- ➔ **Plantation dense** de végétation,
- ➔ **Création de zones à écoulement lent** qui favorisent le prélèvement de l'azote.

Il existe peu de données sur la capacité des plantes à prélever l'azote en fonction des espèces. La recherche d'une biodiversité et la facilité d'exportation (faucardage, taille, récolte) seront donc les critères de choix à privilégier.

Les plantes vont permettre de stocker temporairement l'azote. En effet, **si la végétation n'est pas fauchée, l'azote retournera au milieu** au moment de la sénescence^[def.] des plantes.

L'étude EPEC [7] publiée en 2015 a mis en évidence le rôle des supports bactériens (tels que les seuils poreux, les galets, les rondins de bois, les gabions^[def.] et les îlots de végétations) dans les mécanismes d'élimination de l'azote. Mais les seuils poreux et les gabions ayant tendance à se colmater facilement, ils seront à éviter si des eaux chargées sont susceptibles d'être rejetées dans la ZRV.

Bien qu'une saisonnalité de l'abattement de l'azote n'ait pas pu être mise en avant de manière évidente sur les sites étudiés, c'est une conclusion qui ressort de nombreuses autres études. Effectivement, les réactions microbiologiques sont favorisées lors des températures estivales. De plus, l'assimilation par les plantes est typiquement un mécanisme des périodes printemps/été.

Les performances à attendre en hiver sont donc faible à nulle. En l'absence d'entretien et d'export de la végétation, un **risque de dégradation** de la qualité de l'eau est prévisible.

3.4.3 Abattement de la bactériologie

Les résultats du suivi montrent qu'un temps de séjour suffisamment long (>24h) ainsi qu'un milieu ouvert favorise l'abattement de la bactériologie.

D'une manière générale, la densité de végétation impacte l'abattement bactériologique : présente en excès, elle nuit à la pénétration des rayons solaires et offre des conditions de survie favorables aux bactéries fécales.

Pour atteindre un objectif d'abattement bactériologique, il est nécessaire de combiner :

- ➔ **Un temps de séjour suffisamment long** (idéalement >2jours),
- ➔ **Un milieu ouvert avec une faible profondeur d'eau (30-40cm)** pour favoriser la pénétration des rayons UV, tels que des noues ou des bassins peu profonds avec une faible lame d'eau
- ➔ **Peu ou pas de végétation**
- ➔ **Favoriser un léger courant de surface** pour éviter le développement des lentilles d'eau
- ➔ **Mettre en place de matériaux rapportés** en fond d'ouvrage qui auront la double fonction de limiter le développement des macrophytes et d'offrir un support aux bactériophages.
- ➔ **Prévoir un traitement efficace des MES** sur la STEU ou une rétention en tête de ZRV

3.4.4 Rétention partielle du phosphore

Les phénomènes de transformation du phosphore sont nombreux : L'accrétion du sol, l'adsorption, la précipitation, le prélèvement par les plantes et les communautés microbiennes, la fragmentation et le lessivage, la minéralisation. Le prélèvement par les plantes est minoritaire en termes de flux. Du fait de l'absence de phase gazeuse le phosphore ne peut être éliminé des milieux aquatiques que par l'intermédiaire des capacités de stockage.

En dehors d'une diminution des flux par la réduction des volumes, il n'a pas été démontré d'impact notable des ZRV sur les concentrations des paramètres phosphorés (Pt, PPO4).

Sur les ZRV, la réduction des rejets en phosphore passe essentiellement par la **réduction des flux liée à l'infiltration**.

- ➔ En installant des substrats spéciaux avec une capacité de sorption élevée (apatite, argile modifiée), l'élimination pourrait être plus prononcée. Ces matériaux restent toutefois chers et saturables.
- ➔ L'assimilation des orthophosphates par les plantes est négligeable.

D'une manière générale, dans les ZRV le phosphore va être stocké dans les sédiments en se combinant à d'autres ions dans les particules du sol. Au fur et à mesure de l'enfouissement des sédiments, les conditions vont devenir majoritairement anoxiques, limitant les possibilités de fixation du phosphore. **Il n'est donc jamais stocké à très long terme.**

Pour éviter un relargage du phosphore dans la zone, on veillera à un entretien suivi :

- ➔ **Curage régulier**
- ➔ **Exportation de la végétation**

3.4.5 Micropolluants

Il arrive que des demandes concernant l'abattement des micropolluants^[def.] soient formulées dans les cahiers des charges pour la conception des ZRV.

Dans l'état actuel des connaissances, le traitement des micropolluants par les ZRV ne peut être garanti.

Cet objectif ne justifie pas la mise en place d'une ZRV.

Les résultats de l'étude montrent des résultats très variables. Une part des métaux et des résidus médicamenteux semblent piégés dans les boues de la ZRV, ce qui implique des risques de relargage en cas de manque d'entretien.

- ➔ Pour éviter un relargage des micropolluants dans la zone, on veillera à un **curage régulier de la zone**.
- ➔ Le groupe de travail EPNAC [17].e préconise également de limiter le couvert végétal du site car de nombreux micropolluants organiques sont éliminés ou transformés par photo-dégradation.

3.5 Rôles annexes

3.5.1 Décantation et rétention des MES et des départs de boues accidentels

En sortie des ouvrages de traitement, les eaux sont susceptibles de contenir occasionnellement de fortes teneurs en MES. Cette charge peut provenir d'un dysfonctionnement de la station (départ de boues), d'un phénomène transitoire lié à la mise en route de l'installation (FPR), d'un lessivage dû aux pluies, etc.

Il ne doit pas s'agir d'un état permanent.

Dans la ZRV, des teneurs élevées en MES peuvent empêcher la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et donc diminuer la production d'O₂ et perturber le développement de la vie aquatique. À terme, les MES contribuent au colmatage rapide des sols et à la perte d'infiltration. **En cas de risque de teneurs élevées en MES des effluents entrant dans la ZRV, leur piégeage en tête d'ouvrage s'impose.**

Les résultats des suivis montrent qu'en fonctionnement normal de la station d'épuration, la ZRV n'apporte pas de rendement complémentaire sur les MES. Au contraire, **la ZRV va fréquemment relarguer les MES sédimentées** dans les ouvrages.

En dehors des à-coups hydrauliques, l'activité de la faune (bioturbation)^[def.], agitation de l'eau, fouille des boues...) est une des principales causes de remise en suspension des sédiments.

Les ZRV doivent être conçues de manière à décanter les MES en tête d'ouvrage :

- ➔ **Une vitesse d'écoulement faible avec une lame d'eau de plusieurs dizaines de centimètres** est nécessaire pour permettre la bonne décantation des sédiments et éviter les remises en suspension.
- ➔ L'ouvrage de tête doit être conçu pour **piéger et retenir les MES**, afin de limiter les risques de départ vers l'aval.
- ➔ Des solutions mécaniques de **rétention et de ralentissement des flux** doivent être mises en place (obstacles à l'écoulement).

Cette décantation permet également de piéger les éléments présents sous forme particulière ou liés aux MES, comme la DCO, DBO, le phosphore et les bactéries fécales.

Pour favoriser ces critères, les conceptions suivantes sont adaptées :

- ➔ Bassin ou fossé d'au moins 40 à 50 cm de profondeur,
- ➔ Sur-profondeur en tête d'ouvrage (« piège à boues »),
- ➔ Sortie par surverse ou trop-plein,
- ➔ Obstacle à l'écoulement : merlons, barrière végétale...

La mise en place de graviers grossiers en fond d'ouvrage améliorera la rétention des MES résiduelles mais compliquera les opérations de curage.

Les MES piégées ne doivent pas s'accumuler indéfiniment au fond des ouvrages sous peine d'une remise en suspension et d'une **dégradation de la qualité des eaux**.

Deux solutions sont envisageables :

- ➔ Mise à sec de l'ouvrage pour minéraliser les boues,
- ➔ Curage fréquent : L'extraction des boues doit être envisagée tous les 3 à 5 ans ou immédiatement après un dysfonctionnement important ayant entraîné de grandes quantités de dépôts. Cette fréquence doit bien sûr être adaptée aux capacités de la zone. Un protocole de curage est fourni en ANNEXE 2.

Dans les deux cas, les ouvrages doivent être conçus pour effectuer facilement ces opérations, ce qui implique :

- ➔ Possibilité de by-pass, d'isolement de l'ouvrage pour la mise à sec,
- ➔ Possibilité d'accès pour le curage.



Ce qu'il ne faut pas faire :

Laisser les dépôts s'accumuler avec un risque de dégrader la qualité de l'eau,
Ne pas prévoir un entretien régulier.

3.5.2 Récupération des trop-pleins, by-pass et déversoirs en tête de station

Ces ouvrages sont susceptibles d'apporter ponctuellement des eaux très chargées dans la zone, en cas de dysfonctionnement ou de surcharge hydraulique de la STEU.

La ZRV ne doit pas se substituer à la réalisation d'un diagnostic des réseaux et à la recherche d'optimisation en amont de ces problèmes hydrauliques. **La ZRV n'est qu'une solution ponctuelle à ces problèmes.**

Il semble évident que dans ce cas la ZRV offre une protection du milieu en tamponnant les eaux et les boues très chargées.

Ces raccordements peuvent toutefois apporter des inconvénients dont il faut tenir compte lors de la conception de la zone :

- Apports de boues mais aussi de graisses et de macro-déchets,
- À-coups hydrauliques violents qui peuvent entraîner un lessivage de la zone,
- Apport important de MES qui colmatent rapidement les sols (perte d'infiltration) et comblent la zone.

Quelques précautions sont donc à prendre lors de la conception de la zone :

- ➔ **Dégrillage grossier** des effluents bruts,
- ➔ **« Peigne » de végétation** (de type joncs) pour ralentir les flux et retenir les macros déchets dans la zone,
- ➔ **Ouvrage de rétention de grande capacité**, comportant les mêmes caractéristiques que pour la décantation des MES,
- ➔ **Entretien suivi et curage fréquent** de la zone.

Pour éviter un lessivage de la zone :

- ➔ **Préférer un ZRV avec plusieurs ouvrages** dont le premier servira de tampon pour les rejets d'eaux chargées,
- ➔ **Optimiser le lissage hydraulique.**

Les rejets d'eaux chargées sont très colmatants, **le recueil des trop-pleins ne doit pas compromettre le fonctionnement de la zone** :

- ➔ Les objectifs de rétention de MES / récupération des trop-pleins ne peuvent être compatibles avec un objectif d'infiltration, du moins sur un ouvrage commun.
- ➔ Attention aux massifs filtrants (filtre à sable, gabions^[def.] ...) qui risquent de rapidement se colmater.

L'entretien de cet ouvrage est similaire à celui préconisé dans le cas de la rétention des MES (§3.5.1).



Ce qu'il ne faut pas faire :

- Laisser les pointes de débits lessiver la zone
- Recueillir les trop-pleins en amont d'un massif filtrant
- Recueillir les trop-pleins sur un bassin d'infiltration
- Ne pas faire de suivi et d'entretien du bassin de décantation

3.6 Favoriser la biodiversité et lutter contre les espèces indésirables

L'aspect écologique sur les ZRV est important, avec des avantages pour chaque type de morphologie en termes de recréation de biodiversité.

D'une manière générale, les sites composés d'ouvrages aux morphologies et végétaux diversifiés, favorisent l'implantation d'une flore et d'une faune variées et riches.

Les ZRV sont de vrais îlots de biodiversité, bien qu'abritant des espèces plutôt communes. Grâce aux diverses fleurs présentes sur les ZRV (salicaire, épilobe, menthe...), les insectes pollinisateurs tels que les hyménoptères (abeille, bourdon, xylocope), les lépidoptères, les diptères (bombyle, syrphe) et les coléoptères sont nombreux. Il est intéressant et encourageant de constater que de telles zones favorisent la pollinisation, dans un contexte où elle est menacée par l'agriculture intensive, l'urbanisation...

La ZRV offre divers habitats écologiques qui favorisent l'implantation d'un biotope de milieu humide.

- ➔ La dynamique de **colonisation naturelle** de la ZRV est très rapide (quelques mois) et doit être privilégiée.
- ➔ Une **diversité de morphologie** favorise la diversité de la faune et de la flore et crée une zone refuge dans un environnement fortement modifié (urbanisme, agriculture)

Les recommandations relatives à la végétalisation de la zone (espèces et règles de plantation) sont présentées au paragraphe 2.3.6.

Outre la végétalisation de la zone, la biodiversité du site peut être encouragée par la gestion et l'entretien du site.

- ➔ Un défrichage et/ou une tonte trop fréquent(s) et complet(s) du site peuvent nuire à la biodiversité. L'entretien doit **prendre en compte la dynamique naturelle** du site.
- ➔ La **gestion des massettes** (*typha* – espèce ayant tendance à envahir les zones) est indispensable pour conserver un minimum de diversité floristique et faunistique. Le CREN Midi-Pyrénées [16] préconise ainsi de :
 - Couper les parties aériennes des massettes et de les exporter en compostage ;
 - Extraire le système racinaire avec la vase qu'il faudra laisser étaler en bord de bassin pendant 1 semaine, afin que la faune présente retourne à l'eau ;

Ces actions devront se faire en hiver, mais avant février-mars, période de ponte des grenouilles rousses.

➔ Au niveau de la **gestion des zones périphériques**, le CREN recommande de :

- Conserver une gestion des prairies par une fauche (peu fréquente) avec exportation. Éviter le gyrobroyage sauf sur certains passages pour permettre les accès aux bassins et à leur périphérie. Cet habitat de prairie de fauche peut en effet devenir d'intérêt communautaire ;
- Au mieux conserver un couvert végétal haut et dense au niveau des talus, qui présentent souvent des réservoirs de biodiversité ;
- Ne pas utiliser de désherbants en périphérie de la zone, vu les espèces annuelles qui s'y développent ponctuellement.

La ZRV peut également attirer des **espèces indésirables ou invasives** (végétales : jussie, ambroisie, renouée du japon... ou animales : ragondin, écrevisse de Louisiane).

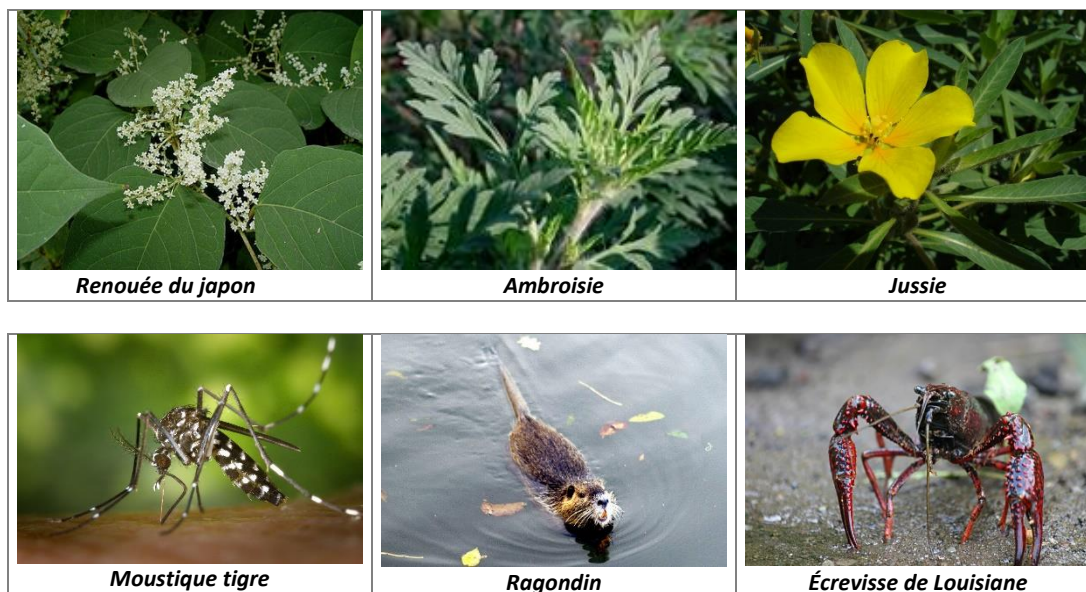


Figure 9 : Exemple d'espèces indésirables à surveiller

Ces espèces ne sont pas forcément problématiques pour le fonctionnement de la ZRV, mais peuvent poser des problèmes sanitaires (ambroisie, moustique) ou présenter un risque pour la biodiversité (espèces invasives comme la renouée du japon, jussie ou l'écrevisse de Louisiane).

Seul le ragondin présente une nuisance directe pour la ZRV : fragilisation des berges, perturbation de l'hydraulique, destruction de la végétation, etc.

- ➔ En cas d'apparition et surtout de prolifération de telles espèces sur la ZRV, l'exploitant pourra **se rapprocher des associations et acteurs locaux** (syndicat de rivière, association de chasse ou de lutte contre les ragondins,) pour donner l'alerte, obtenir des conseils et une aide sur la gestion de ces espèces indésirables.
- ➔ La présence d'eaux stagnantes favorise inévitablement le développement de moustiques. Il est donc indispensable de **soigner la dynamique hydraulique** de la ZRV pour écarter ce risque sanitaire. Une faune riche et variée (libellule, grenouille, ...) contribue également à réduire le développement des moustiques (prédation des larves). Pour des grandes zones humides, il est possible de faire appel aux organismes de lutte biologique contre les moustiques (cas extrême). Sur les ZRV suivies dans le cadre de l'étude, malgré le développement de larves constaté dans les ouvrages, il n'a pas été noté de prolifération de moustiques.

3.7 Prendre en compte l'aspect paysager et social

3.7.1 Intégrer le système de traitement dans le paysage

L'intégration paysagère de la STEU ne justifie pas à elle seule la mise en place d'une ZRV, mais la ZRV est un atout pour l'aspect biodiversité et paysage, et **permet l'insertion paysagère de la STEU**.

Cette intégration paysagère ne doit pas se faire au détriment des fonctions hydrauliques premières de la zone.

- ➔ La ZRV participe à l'intégration paysagère de la STEU et peut être pensée comme telle, en plus de son rôle de mesure complémentaire.
- ➔ La ZRV peut s'inscrire dans une démarche écologique et paysagère locale, comme la trame Verte et Bleue, sans y être directement rattachée (surface végétalisée souvent négligeable à l'échelle du territoire).
- ➔ Cette logique doit s'appliquer au système d'assainissement dans son ensemble (STEU, PR, ZRV...), par exemple en remplaçant les haies de thuyas sur la STEU par des haies champêtres, en proscrivant le recours aux produits phytosanitaires pour le désherbage aux abords des clôtures.

3.7.2 La ZRV comme outil pédagogique

Dans l'optique d'une intégration de la ZRV au sein du territoire, la zone peut être valorisée pour accueillir d'autres usages, et impliquer les établissements publics locaux (syndicats, établissements scolaires et culturels, ...).

- ➔ La ZRV participe à la sensibilisation de la population au traitement des eaux usées et à la qualité de l'eau via la biodiversité.
- ➔ Le site peut accueillir des scolaires, élus, ... sous réserve du respect des règles de sécurité de base.
- ➔ Des aménagements complémentaires tels des panneaux explicatifs, bancs d'observation, et autres outils pédagogiques peuvent y être inclus.
- ➔ L'accès du public dans l'enceinte de la ZRV engage la responsabilité du maire.

L'acceptabilité sociale de la zone passe principalement par une communication soignée auprès des élus, associations locales, riverains, scolaires, etc.

3.7.3 Une valorisation économique possible

De manière marginale, la ZRV peut faire l'objet d'une valorisation économique qui peut passer par différents vecteurs :

- ➔ **L'emploi** : l'entretien de la ZRV peut par exemple favoriser l'insertion professionnelle.
- ➔ **La mise à disposition de ressources** :
 - Création de biomasse : le bois produit par la ZRV peut s'avérer une ressource valorisable. Toutefois le site doit présenter une production suffisante et ce débouché reste pour l'instant anecdotique.
 - Réutilisation des eaux traitées pour l'irrigation : si les eaux traitées peuvent être utilisées pour l'irrigation d'espaces verts, cet usage reste marginal et très strictement encadré par la réglementation (voir rappels réglementaires rapport partie 1 & 2). Il fera l'objet d'une étude de faisabilité particulière.

Cette valorisation reste une opportunité secondaire offerte par la ZRV, qui ne doit pas conduire à négliger les rôles premiers de la zone ou engendrer des surcoûts supplémentaires démesurés lors de la conception.

3.8 Ne pas négliger l'exploitation et entretien

L'absence d'entretien peut conduire à la dégradation de la qualité du rejet obtenu en sortie de la station d'épuration.

Le coût et le temps d'exploitation nécessaires à l'entretien de la ZRV font partie des critères à considérer dans le choix des solutions techniques répondant au contexte du projet.

3.8.1 Opérations d'exploitation

L'exploitation et l'entretien des ZRV peuvent être classés en deux types : « courant » et « ponctuel ». Les paragraphes suivants recensent les opérations à effectuer en général sur les ZRV.

Entretien courant :

- **Gestion de l'alimentation** (alternance, niveau d'eau, poste de relevage...),
- **Tonte, débroussaillage** des abords de l'ouvrage (zones enherbées et berges),
- **Désherbage** (mécanique, thermique ou manuel, éviter le désherbage chimique),
- **Vérification de l'état général de la ZRV** et de l'écoulement : nettoyage ponctuel des canalisations, regards, jonctions..., des abords de l'ouvrage,
- **Suivi de la végétation plantée**
- **Lutte contre les espèces invasives** (ragondins, écrevisses, ...)

Entretien ponctuel :

- **Faucardage** et exportation de la végétation dans la ZRV
- **Nettoyage complet** de la ZRV (évacuation des macrodéchets et flottants ...)
- **Extraction** des lentilles d'eaux ou azolla
- **Taille** des arbres et arbustes
- **Contrôle** du développement de la végétation (replantation, arrachage indésirables, coupe sélective...)
- **Curage** des boues
- **Reprofilage** des ouvrages (reprise des berges, creusage)

Si l'entretien doit être ponctuel, il ne doit pas non plus être négligé. Il est recommandé d'intervenir sur le site zone par zone, en fonction des besoins.

La ZRV ne doit pas imposer plus de contraintes d'entretien et de gestion que la STEU.



Figure 10 : Entretien des noues de la ZRV de Caillac - © ESAT DE BOISSOR

À titre indicatif, le tableau suivant présente les fréquences d'intervention recommandées. Leur durée est donnée pour un site de taille moyenne (~1000 à 5000 m²) mais dépend bien sûr de la surface et de la complexité de la zone à entretenir.

Tableau 10 : Recommandations d'intervention sur les ZRV

	Occurrence	Type d'entretien	Durée indicative*	Remarque
ENTRETIEN COURANT	Hebdomadaire	Gestion de l'alimentation et vérification de l'état général de la ZRV	≤ 30 min	Visite de surveillance rapide
		Suivi de la végétation plantée	≤ ½ j	Durant les 2 premières années suivant la mise en service
	Mensuelle	Tonte, débroussaillage	≈ ½ j	Opération durant le printemps et l'été, à effectuer en même temps que sur la STEU
	Semestrielle	Désherbage (clôture, chemin)	≤ ½ j	Pas de désherbage chimique
ENTRETIEN PONCTUEL	Au besoin	Lutte contre les espèces invasives	≤ 1 h	Espèces invasives telles que les ragondins, les écrevisses, ...
		Gestion des lentilles d'eau ou azollas	1 à 2 j	En cas de situation critique (anoxie durable)
		Contrôle du développement de la végétation	≤ 1 j	-
	Tous les 1 à 3 ans	Faucardage de la végétation	1 à 2 j	A réaliser à l'automne ou en fin d'hiver. Prévoir l'évacuation contrôlée des déchets
		Nettoyage complet de la ZRV	1 à 2 j	Évacuation des macro-déchets et flottants, à effectuer en simultané du faucardage
	Au besoin (environ tous les 3 à 5 ans)	Taille des arbres et arbustes	≈ 1 j	-
		Curage des boues (Protocole en ANNEXE 2)	≤ 1 j	Au-delà de 30 cm de boues ou lorsqu'il reste moins de 10-20 cm d'eaux claires.

3.8.2 Recommandations

a. Recommandations générales

- ➔ Attention, lorsque l'on réalise un nettoyage hivernal ou une évacuation des végétaux : en intervenant dans les ouvrages on crée des turbulences et une remise en suspension des dépôts qui peuvent avoir plus de conséquences négatives sur le milieu que l'absence d'entretien. **Ce type d'intervention sera donc effectué après mise à sec des ouvrages.**
- ➔ **La mise à sec régulière** de toute ou partie de la zone permet d'optimiser l'entretien du site grâce à la minéralisation et à la dégradation du dépôt d'humus. La mise à sec permet également d'intervenir facilement dans les ouvrages pour exporter la végétation.

b. Anticiper l'entretien lors de la conception

Afin de faciliter l'exploitation de la zone, la conception de la ZRV devra prendre en compte :

- ➔ **L'accès aux ouvrages**, à l'entrée et la sortie de la ZRV ainsi qu'aux liaisons intermédiaires
- ➔ **Le passage d'engin** : engin de tonte mais aussi véhicule lourd (épareuse pour le débroussaillage, pelle pour le curage...).
- ➔ **La mise en place d'une zone de stockage** ou de ressuyage pour les boues curées.

- ➔ **Prévoir un by-pass de la ZRV**, qui facilite l'exploitation et permet d'adapter le fonctionnement. Il est aussi possible de mettre en place des by-pass intermédiaires pour pouvoir mettre certaines parties de la ZRV à sec afin de faire l'entretien fractionné des ouvrages.

c. Devenir des sous-produits

En l'absence de règles claires à ce sujet, la gestion des sous-produits d'entretien de la ZRV doit se faire de manière similaire aux produits de la STEU :

- ➔ Les végétaux faucardés doivent être traités comme les roseaux des FPR, c'est-à-dire en déchets verts.
- ➔ Les boues doivent être traitées comme des boues de STEU, d'autant plus quand un trop-plein ou by-pass se rejette dans la ZRV.

D'autres pratiques pourraient être encouragées, comme la valorisation in-situ de ces déchets :

- Broyage des végétaux en vue d'un paillage des arbustes et des haies,
- Épandage et ressuyage des boues sur une zone de prairie...

d. Lentille d'eau (et azollas)

Si la prolifération de végétaux flottants comme les lentilles d'eau n'est pas contrôlée, elles provoquent une diminution de la photosynthèse : l'eau peut devenir anoxique et l'impact sur le milieu récepteur sera négatif. Cependant, de telles conditions permettent au processus de dénitrification de se mettre en place. Maîtrisées localement, elles peuvent donc être bénéfiques. L'étude de Radoux et Camp (1994) a montré que lorsque les prélèvements sont fréquents, les lentilles améliorent considérablement la rétention des MES, celle de la charge organique, et augmente nettement l'épuration au niveau de l'azote. L'exportation régulière reste toutefois une contrainte très importante, cette espèce flottante est donc peu appréciée par les gestionnaires.

L'incidence est fâcheuse lorsque la couverture des bassins atteint 2/3 de la surface, perturbant les échanges avec l'atmosphère (oxygénation naturelle) et limitant de fait le développement des algues vertes, responsables de l'apport d'oxygène aux micro-organismes présents dans la masse d'eau.

Une ZRV ne doit pas favoriser le développement des lentilles d'eau ou des azollas. Pour cela, il faut éviter les eaux stagnantes et les zones mortes.

▪ Actions préventives :

- ➔ **Création d'un courant de surface** : La mise en place d'un courant de surface, en installant une sortie de bassin par surverse par exemple, permet de limiter le développement des lentilles. Ce procédé est utilisé dans les systèmes lagunaires :
 - Une surverse avec une lame d'eau d'au moins 0,5 cm est recommandée, sur une largeur proportionnée à l'ouvrage.
 - Une canalisation de diamètre Ø200 mm ne crée pas une surface de surverse suffisante pour favoriser un courant de surface. Une sortie coudée d'un diamètre supérieur peut être appropriée.
- ➔ **Ombrage** : La plantation d'arbustes apportant un ombrage aux eaux de la ZRV peut également limiter le développement des lentilles d'eau.

▪ Actions curatives :

- ➔ **Extraction des lentilles** : Des méthodes d'extraction des lentilles d'eau sur les bassins existent, mais il s'agit de procédés lourds à mettre en œuvre. L'extraction des lentilles d'eau ou des azollas de la surface d'un ouvrage est une opération curative chronophage, coûteuse, et n'est généralement efficace qu'à court terme. Elle ne doit intervenir que de manière exceptionnelle, si la situation est jugée critique :
 - Épaisse couche de lentilles d'eau de plusieurs centimètres, avec début de putréfaction.
 - Signes d'anoxie persistante de l'eau.

Une étude spécifique au site doit être effectuée pour proposer la solution la plus pertinente et la mieux adaptée.

La mise en place d'un système qui piège les lentilles d'eau peut être prévue dans un regard en aval de la sortie de l'ouvrage. Ce type de dispositif permet une évacuation régulière des lentilles piégées.

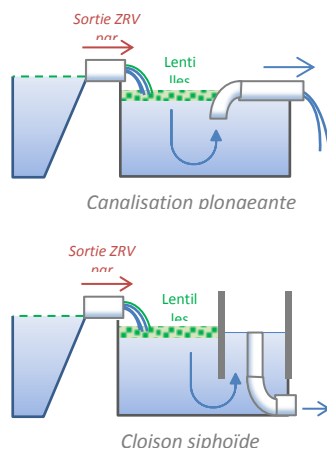


Figure 11 : Regard de sortie « piège à lentilles »

- ➔ **Sédentarisation de canard :** Le développement des lentilles d'eau peut être contrôlé par la sédentarisation de canards. Ils sont en effet de bons consommateurs de lentilles d'eau (lentille d'eau = *duckweed* = « herbe à canards » en anglais), et permettent de « casser » le tapis de lentilles en se déplaçant dans les ouvrages. Prévoir 4 à 5 canards colverts par site. Pour les fidéliser à la zone, une végétation dense propice au nichage est recommandée (roseaux, massette, jonc). Attention toutefois car les canards peuvent être à l'origine d'une contamination bactériologique et d'une remise en suspension des matières sédimentées.



Figure 12 : Comparaison d'un bassin avec ou sans passage de canards

3.9 Suivi, contrôle des performances

3.9.1 Réglementation applicable et responsabilités

La ZRV est considérée comme un aménagement du rejet de la STEU. Les textes réglementaires applicables à la ZRV sont ceux de l'**arrêté du 21 juillet 2015 modifié par l'arrêté du 24 août 2017** [C] qui fixe les performances épuratoires minimales des systèmes d'assainissement recevant une charge organique supérieure à 1,2 kj/DBO5 (20 EH) ; complété par la fiche 14 – partie 1 de ses commentaires techniques [D].

L'exploitation, le maintien des performances et la sécurité du site est donc sous la responsabilité du maître d'ouvrage (commune ou syndicat en règle générale), qui peut déléguer sa compétence assainissement.

Au niveau réglementaire, les commentaires techniques de l'arrêté du 21 juillet 2015 [D] rappellent que :

- ➔ Le rejet des eaux usées traitées dans une ZRV est soumis à la rubrique 2.1.1.0 de la nomenclature loi sur l'eau utilisée pour l'instruction des projets de STEU. Si la ZRV est ajoutée à une station existante, un arrêté de prescriptions complémentaires doit être pris. La mise en place d'une ZRV requiert également de : vérifier à quelles autres rubriques de la nomenclature loi sur l'eau le projet peut être soumis. Par exemple, en fonction de la ZRV installée, et de la taille des ouvrages créés, la rubrique 3.2.3.0 relative aux plans d'eau peut s'appliquer.
- ➔ Sachant que la ZRV ne fait pas partie du dispositif de traitement, les points réglementaires d'autosurveillance du rejet des eaux usées traitées de la station doivent être situés en amont de cette zone (sortie STEU – entrée ZRV).
- ➔ En cas de rejet dans les eaux souterraines, les dispositions prévues pour l'élimination par infiltration des eaux usées traitées s'appliquent également.
- ➔ Si les eaux usées traitées issues d'une ZRV sont utilisées pour l'irrigation des cultures ou des espaces verts ou si la ZRV peut être considérée comme une zone de culture ou un espace vert, alors l'arrêté du 2 août 2010 modifié par l'arrêté du 25 juin 2014 (REUT) s'applique.
- ➔ Conformément à l'article 7 de l'arrêté du 21/07/2015, l'ensemble des ouvrages de la station de traitement des eaux usées est délimité par une clôture. La ZRV est un aménagement qui ne fait pas partie du dispositif de traitement des eaux usées mais est inclus dans le périmètre de la station. Il est donc fortement recommandé de clôturer les ZRV.

3.9.2 Autosurveillance

Il n'y a pas **d'obligation réglementaire** d'autosurveillance du rejet de la ZRV. Toutefois l'agence de l'eau Adour-Garonne encourage la mise en place d'un accès et d'un aménagement pérenne qui permette la surveillance et les mesures au niveau de la ZRV, comme préciser dans le guide EPNAC « *études préalables et équipements des ZRV nécessaires à leur suivi* » [17].f. La réalisation de mesures peut s'avérer nécessaire ponctuellement (par exemple pour le diagnostic de la STEU, dans le cadre d'un schéma directeur d'assainissement communal, lors des visites du SATESE) ou dans le cas d'une demande expresse de la part du Service de Police de l'Eau.

De plus, **un suivi spécifique peut être prescrit par la police de l'eau** durant les premières années de fonctionnement, afin de vérifier l'incidence de la STEU et de la ZRV sur le milieu au titre des objectifs DCE (suivi amont - aval de la ZRV et du milieu récepteur).

- ➔ Le groupe EPNAC recommande de mettre en place un point de mesure en entrée de ZRV s'il y a un by-pass de tout ou partie des installations de la STEU, ou un apport venant d'un déversoir d'orage.
- ➔ **L'aménagement du point de sortie pour la réalisation des mesures** est à prévoir au moment de la conception de la ZRV. Ce point de mesure doit être facilement accessible et facilement équipable d'appareils de mesure.
- ➔ Il est recommandé de mettre en place un **ouvrage de mesure des débits en sortie de ZRV**. Cet ouvrage peut être soit un **canal débitmétrique normalisé**, un **canal de mesure simple**, un **regard accessible** ou tout autre aménagement permettant la réalisation de mesures de débit fiables.
- ➔ **La réalisation de bilans 24h** peut être recommandée pour évaluer le rôle de la ZRV. Ces bilans peuvent être réalisés lors des bilans d'autosurveillance de la STEU ou ponctuellement.
- ➔ Dans le cas où l'infiltration est un des objectifs recherchés, la **mise en place de piézomètres** peut être demandée réglementairement pour suivre la qualité de la masse d'eau souterraine (nappe), si un usage sensible est recensé à proximité de la ZRV. Toutefois, cette surveillance reste techniquement difficile à mettre en œuvre et complexe d'interprétation.

4 Évaluation des coûts

4.1 Coûts de conception et de construction

La ZRV est la plupart du temps créée lors de la construction du système de traitement. Son prix est souvent intégré au coût global de la station. Il comprend la conception et la construction de la zone.

Les principaux postes de dépenses relatifs à la conception et à la création de la ZRV sont :

- Études préliminaires (géotechnique, perméabilité)
- Études de faisabilité et de conception, projet
- Dossier réglementaire
- Travaux, équipements et réception

Ces coûts sont souvent intégrés à ceux de la STEU.

Les coûts moyens suivants sont donnés à titre indicatif, sur la base d'informations recueillies en Adour-Garonne.

- ➔ Une gamme de coûts très étendue de **3 000 € à 300 000 € HT**
- ➔ **3 à 15%** du coût global du système de traitement
- ➔ Un coût variant de 10 à 175 € / EH avec une moyenne de **60 € / EH**
- ➔ Un coût surfacique de **50 €/m² d'eau**. En moyenne inférieur pour les « bassins » (20 € / m² d'eau)

Ces coûts sont donnés à titre indicatif, et probablement sous-estimés : beaucoup de ces coûts ne tiennent pas compte des études préliminaires nécessaires, souvent négligées.

Un coût de conception et de réalisation de la ZRV représentant **10%** du coût global de la STEU semble acceptable.

4.2 Coûts d'entretien et d'exploitation

L'entretien et l'exploitation de la ZRV comprennent plusieurs postes de dépenses :

- L'entretien standard (tonte, taille, entretien hebdomadaire, ...)
- Les interventions spéciales (curages, vidanges, ...)
- Les opérations ponctuelles de maintenance et de renouvellement des équipements (vannes, clapets...)

Les coûts d'entretien standard intègrent souvent des opérations similaires aux abords de la STEU.

Les coûts moyens suivant sont donnés à titre indicatif, sur la base d'informations recueillies en Adour-Garonne. Ces coûts peuvent varier fortement selon les moyens matériels et humains de la commune et les possibilités de sous-traitance.

- ➔ Exploitation et entretien standard (à 35€ HT/h) **840 à 7000 €/an**,
- ➔ Curage d'un petit ouvrage (extraction de 40 à 50 m³ de boues) **≥ 1500 €HT**,
- ➔ Avec un fonctionnement gravitaire, le coût énergétique de la ZRV **est nul**.

Le coût d'exploitation dépend des surfaces à entretenir mais aussi de la conception de la ZRV (possibilité de vidange, conditions d'accès) et des opportunités de valorisation / évacuation des sous-produits (boues, déchets verts).

Une conception réfléchie qui facilite les opérations d'entretien est le gage d'une meilleure maîtrise des coûts.

5 Conclusion

La pertinence d'une ZRV doit être étudiée au cas par cas après avoir recherché une optimisation du traitement de la STEU ou des solutions alternatives pour atteindre les objectifs de qualité de rejet (bon état ou enjeux usages). La mise en place d'une ZRV doit donc être le fruit d'une réflexion aboutie du Maître d'Ouvrage et de son Maître d'Œuvre.

Un cadrage précis du projet permettant de justifier son implantation doit être mené. Comme tout ouvrage, sa conception doit répondre à des objectifs ciblés, prendre en compte l'exploitation et l'entretien (coût et temps passé), et s'adapter aux contraintes de site. En fonction de ces différents paramètres, la conception sera tout à fait différente d'une ZRV à l'autre.

Rappelons que la ZRV est un système ouvert, et non un process fonctionnant en conditions contrôlées comme une station d'épuration. Des études préliminaires et une analyse du contexte local sont donc indispensables pour intégrer la ZRV dans son environnement. **La spécificité de chaque site rend compte de la difficulté de concevoir une ZRV idéale.**

Une fois en place, le fonctionnement de la ZRV ne peut être pérennisé qu'à condition d'un suivi et d'un entretien réguliers.

Les fiches techniques « Zones de rejet végétalisées en Adour Garonne : guide pratique pour la conception et la gestion » publiées dans le cadre de cette étude, associées à une réflexion de bon sens, doivent permettre de concevoir et de d'exploiter au mieux une ZRV.

La ZRV reste une solution complémentaire parmi d'autres pour limiter l'impact des rejets ponctuels sur les masses d'eau superficielles. À l'avenir, d'autres actions devraient être encouragées telles que la mise en œuvre de mesures compensatoires qui permettent d'agir sur le cours d'eau lui-même pour lui redonner une meilleure aptitude à l'autoépuration. Impliquer davantage les acteurs du petit cycle de l'eau dans le grand cycle est sans doute l'une des clés pour une meilleure appropriation des enjeux de l'eau dans les territoires.

6 Tables des références

6.1 Documents contractuels

- [A]. *Directive 2000/60/CE* du 23/10/00 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau - JOCE n° L 327 du 22 décembre 2000)
- [B]. *SDAGE 2016-2021* - Agence de l'Eau Adour-Garonne
- [C]. *Arrêté du 21 juillet 2015* relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5 - JORF n°0190 du 19 août 2015 page 14457 texte n° 2, modifié par l'arrêté du 24 août 2017
- [D]. *Commentaire technique de l'arrêté du 21 juillet 2015* – Partie 1 : Conception et exploitation des systèmes d'assainissement - Fiche 14 : Évacuation des eaux usées traitées, Dispositifs de rejet
- [E]. *Arrêté du 27 juillet 2015* modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement - JORF n°0198 du 28 août 2015 page 15032 texte n° 4
- [F]. *Arrêté du 25 juin 2014* modifiant l'arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts - JORF n°0153 du 4 juillet 2014 page 11059 texte n° 29
- [G]. *Directive 2006/7/CE* du parlement européen et du conseil du 15 février 2006 concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade et abrogeant la directive 76/160/CEE - JOUE n° L 64 du 4 mars 2006

6.2 Bibliographie

- [1]. Agence de l'Eau Rhin Meuse, (2011). [Plaquette] *Aménagements des milieux naturels en aval de station d'épuration : Zone de rejet végétalisée*
- [2]. Agence de l'Eau Rhin Meuse, (2012). [Présentation] *Journée d'échanges techniques « bureaux d'études »* - 24 mai 2012, Mise en place des zones de rejet végétalisées sur le bassin Rhin-Meuse : Bilan, résultats, contraintes et perspectives
- [3]. ARPE-PACA, (2009). *Les Zones de Rejets Intermédiaires : des procédés naturels pour réduire l'impact du rejet des stations d'épuration sur les milieux aquatiques*.
- [4]. ARPE-PACA, SABA, (2010). *Évaluation de l'efficacité des Zones de Rejets Intermédiaires des stations d'épuration du bassin de l'Arc*.
- [5]. ARPE-PACA, (2013). *Les Zones de rejets en Provence-Alpes-Côte d'Azur. Les dossiers techniques de l'ARPE, n°2*.
- [6]. ASTEE, (2013). *Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques POURQUOI ? COMMENT ?*
- [7]. BOISSON J., REMY G., PONS M.N., BREIL P., NAMOUR P., (2015). *Épuration en eau courante (EPEC)*. ANR-Ecotech
- [8]. BORIN, M., MILANI, M., SALVATO, M., TOSCANO, A. (2011). *Ecological Engineering 37 - Evaluation of Phragmites australis (Cav.) Trin. evapotranspiration in Northern and Southern Italy*.
- [9]. BOURDERIOUX J., TOURNOUD C., (2011). [Rapport de stage] *Zones de rejet végétalisées : proposition de matériels de mesure et de sites potentiels en vue d'un suivi expérimental sur le bassin Adour Garonne*
- [10]. BREIL P., PONS M.N., KHIDIRI H., POTIER O., LECLERC J-P., (2015). *Épuration en eau courante (EPEC): annexe 5 – modélisation*. ANR-Ecotech
- [11]. BRIX H., (1994). *Wat. Sci. Tech. Vol. 29, n° 4 - Functions of macrophytes in constructed wetlands* -

- [12]. CHAZARENC, F., MERLIN, G., GONTHIER, Y. (2003). *Ecological Engineering 21 - Hydrodynamics of horizontal subsurface flow constructed wetlands.*
- [13]. CEMAGREF - BOUTIN C., IWEMA A., LAGARRIGUE C., (2010). *Point sur les Zones de Dissipation Végétalisées : Vers une protection supplémentaire du milieu récepteur de surface ?*
- [14]. CEMAGREF - CHOUBERT J-M., COQUERY M. (2011). [Présentation] Journée technique organisée par l'ASCOMADE - Besançon – 20 octobre 2011, *Devenir des micropolluants dans les stations de traitement des eaux usées ; Méthodes, résultats, perspectives (projet AMPERES et ARMISTIQ).*
- [15]. CHOUBERT J-M., MARTIN-RUEL S., BUDZINSKI H., MIEGE C., ESPERANZA M., SOULIER C., LAGARRIGUE C., COQUERY M., (2011). *ASTEE Techniques Sciences Méthodes n° 1/2 2011 - Évaluer les rendements des stations d'épuration : Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées. (Micropolluants et eaux usées : les résultats du projet Ampères).*
- [16]. CREN Midi-Pyrénées – DEJEAN S. (2015). *Suivis naturalistes des zones de dispersion de 3 STEU dans le Tarn*
- [17]. EPNAC [en ligne], <https://epnac.irstea.fr/zones-de-rejet-vegetalisees/>
- a. EPNAC, (2012). *Les zones de rejet végétalisées : note de présentation.*
 - b. EPNAC, (2012). *Contenu des études préalables à la réalisation d'une Zone de Rejet Végétalisée.*
 - c. EPNAC, (2013). *Analyse réglementaire des Zones de Rejet Végétalisées (ZRV).*
 - d. EPNAC, (2013). *État des lieux national des Zones de Rejet Végétalisées*
 - e. EPNAC, (2014). *Le véritable rôle des végétaux dans le traitement des eaux usées.*
 - f. EPNAC, (2015). *Cahier des charges : études préalables et équipements des ZRV nécessaires à leur suivi.*
 - g. EPNAC, (2015). *Classification des ZRV*
- [18]. EPNAC (2016). *Éléments de méthode pour la définition des niveaux de rejets du petit collectif*
- [19]. GARCIA-ARMISEN T., (2006). *Etude de la dynamique des Escherichia coli dans les rivières du bassin de la Seine*
- [20]. GUILLLOU L., (2015). [Rapport de stage] *Suivi expérimental du fonctionnement des zones de rejet végétalisées et des milieux récepteurs associés.*
- [21]. IRH Ingénieur Conseil, (2015). *Suivi expérimental du fonctionnement des zones de rejet végétalisées et des milieux récepteurs associés : Etat des lieux des ZRV sur le bassin*
- [22]. LIFE + LAG'Nature, (2012). *Action A.1.3 : Suivi de la zone humide réceptrice des rejets de la station d'épuration de Mauguio – recueil d'expériences similaires*
- [23]. LIN Y.-F., JING S.-R., WANG T.-W., LEE D.-Y., (2001). *Environmental Pollution Volume 119, Issue 3, October 2002 - Effects of macrophytes and external carbon sources on nitrate removal from groundwater in constructed wetlands*
- [24]. NUEL M., (2012). [Rapport d'apprentissage] *Présentation et étude comparative de trois Zones de Rejet Végétalisées (ZRV)*
- [25]. NUEL M., LAURENT J., BOIS P., WANKO A., (2016). [Présentation] GRUTTE 2016 – 11^{ème} Congrès international – Poitiers – 12 octobre 2016, *Identification et quantification de 81 résidus médicamenteux au sein d'une Zone de Rejet Végétalisée : rétention différenciée des compartiments eau-sol-plante.*
- [26]. NUEL M., LAURENT J., BOIS P., WANKO A., (2016). [Poster] GRUTTE 2016 – 11^{ème} Congrès international – Poitiers – 12 octobre 2016, *Effets du vieillissement et de la saisonnalité sur le comportement hydrodynamique d'une Zone de Rejet Végétalisée (ZRV)*
- [27]. NUEL M., (2017) - *Devenir des résidus médicamenteux et de leurs métabolites au sein des Zones de Rejet Végétalisées.*
- [28]. ONEMA/CEMAGREF - ORAISON F., SOUCHON Y., VAN LOOY K., (2011). *Restaurer l'hydromorphologie des cours d'eau et mieux maîtriser les nutriments : une voie commune ? - Synthèse bibliographique*

- [29]. ONEMA/IRSTEA – FORQUET N., PETITJEAN A., BLOEM E., BOUTIN C., (2014). *L'infiltration d'eau usée traitée dans le sol pour les ZRV : revue bibliographique, objectifs de l'étude, moyens et méthodes mis en œuvre*
- [30]. PEDESCOLL, A., SIDRACH-CARDONA, R., SANCHEZ, J.C., BÉVARES, E. (2013) *Ecological Engineering* 58 - *Evapotranspiration affecting redox conditions in horizontal constructed wetlands under Mediterranean climate : Influence of plant species.*
- [31]. SINBIO, (2013). [Présentation] *Carrefour des gestions locales de l'eau* – Rennes – 23 et 24 janvier 2013
- [32]. SATESE 81, (2012). [Présentation] *Les zones de dissipation végétalisées*
- [33]. VERAART A.J., DE BRUIJNE W.J.J., DE KLEIN J.J.M., PEETERS A.T.H.M, SCHEFFER M., (2011). *Biogeochemistry* 104: 267 - *Effects of aquatic vegetation type of denitrification*
- [34]. VYMAZAL J., (2007). *Science of The Total Environment* - Volume 380, Issues 1–3, 15 July 2007 - *Removal of nutrients in various types of constructed wetlands*
- [35]. WEISNER S.E.B., ERIKSSON P.G., GRANÉLI W., LEONARDSON L., (1994). *Ambio a journal of the Human Environment*, September 1994 - *Influence of macrophytes on nitrate removal in wetlands*
- [36]. ZHART (FU I14), (2016). *Recommandations pour la conception, le suivi et la gestion de nouveaux concepts de Zone de Rejets Végétalisées. Application en sortie de stations de traitement des eaux usées municipales*

ANNEXES

ANNEXE 1 : Définitions

ANNEXE 2 : Protocole de curage des ZRV : Études préliminaires, évacuation et analyses des boues curées

ANNEXE 1 : Définitions

Bioturbation : Remaniement de sols ou de sédiments aquatiques produit par les activités des organismes vivants présents dans ces milieux. La bioturbation est assurée par des organismes animaux tels que des lombrics et des vers de vase.

Adsorption : Phénomène de surface par lequel des molécules se fixent sur une surface solide (adsorbant) depuis une phase - ici liquide.

Autoépuration : ensemble des processus biologiques, chimiques et physiques permettant à un sol ou à un écosystème aquatique équilibré de transformer ou d'éliminer les substances qui lui sont apportées (pollution).

Gabion : Casier à grosse maille rempli de pierres.

Hydromorphie : L'hydromorphie est la caractéristique d'un sol qui montre des marques d'une saturation régulière en eau. Cette saturation du sol entraîne des phénomènes d'anoxie qui perturbent la faune du sol et la végétation.

Hyporhéique (zone) : Ensemble des sédiments saturés en eau sur lequel circulent les eaux courantes.

La dynamique de l'écoulement et du comportement dans cette zone (dite de débit hyporhéique) est reconnue pour être importante pour les interactions des eaux superficielles / eaux souterraines. La zone hyporhéique joue un rôle important dans l'auto-épuration du cours d'eau.

Si le cours d'eau s'écoule sur un substratum imperméable, il ne développera pas de zone hyporhéique.

Pressions (sur les milieux) : (source : EauFrance) Les pressions sont considérées comme la description quantitative ou qualitative des émissions et des utilisations de l'eau qui peuvent être la cause possible d'altérations des milieux.

Les pressions générées peuvent être classées selon leur impact sur le milieu aquatique en distinguant celles qui modifient sa qualité, son hydrologie, son hydromorphologie ou sa biologie. Elles peuvent également être classées selon qu'elles agissent directement sur le milieu aquatique (rejets ponctuels ou diffus, pollutions et prélèvements) ou indirectement (usages des sols, altérations hydromorphologiques...)

L'étude des pressions permet de limiter les impacts sur l'environnement et les nuisances, de mieux gérer les ressources et de protéger le cadre de vie.

Micropolluant : (selon arrêté du 21/207/2015) Une substance active minérale ou organique susceptible d'être toxique, persistante et bioaccumulable dans le milieu, à des concentrations faibles (de l'ordre du mg/l ou du µg/l). Sont notamment des micropolluants les substances surveillées au titre de la directive cadre sur l'eau (arrêté du 25 janvier 2010 susvisé).

Milieu récepteur : (selon arrêté du 21/207/2015) Un écosystème aquatique, ou un aquifère, où sont rejetées les eaux usées, traitées ou non. Un milieu récepteur correspond généralement à une partie de masse d'eau ou une zone d'alimentation de masse d'eau.

NQE : Afin de prévenir et réduire la pollution des eaux, les concentrations dans le milieu sont comparées à une Norme de Qualité Environnementale, ou NQE, définie comme la « concentration d'un polluant ou d'un groupe de polluants dans l'eau, les sédiments ou le biote qui ne doit pas être dépassée, afin de protéger la santé humaine et l'environnement ».

Sénescence : En biologie, phénomène de vieillissement qui entraîne la dégradation des fonctions de l'organisme. Chez les végétaux, la sénescence peut ne toucher qu'une seule partie d'un organisme. C'est le cas de la sénescence des feuilles par exemple qui se caractérise par leur jaunissement puis leur chute en automne, ou encore des fruits lorsqu'ils tombent de la plante.

Sorption : Processus par lequel une substance est adsorbée ou absorbée.

Système d'assainissement collectif : (selon arrêté du 21/07/2015) Tout système d'assainissement constitué d'un système de collecte sous la compétence d'un service public d'assainissement [...] et d'une station de traitement des eaux usées d'une agglomération d'assainissement et assurant l'évacuation des eaux usées traitées vers le milieu récepteur.

ANNEXE 2 : Protocole de curage des ZRV : Études préliminaires, évacuation et analyses des boues curées

Document basé sur :

Protocole de prélèvement pour l'échantillonnage de boues dans les lits de séchage plantés de roseaux en vue de leur qualification agricole – Groupe EPNAC partenariat ONEMA / CEMAGREF – Octobre 2011

Norme ISO 5667-13 : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Lignes directrices pour l'échantillonnage de boues – AFNOR – Juillet 2011

Protocole d'inventaires des Amphibiens et invertébrés sur la STEP de MONTANS - CEN Midi-Pyrénées – Mars 2014

■ Préambule

Les Zones de Rejet Végétalisées sont des dispositifs naturels situés en sortie de station d'épuration, visant à protéger les milieux récepteurs, auxquels on attribue divers rôles écologiques.

Parmi ces rôles, on compte la rétention mécanique des boues, sédiments, matières en suspension, etc. Ces matières s'accumulent dans les ouvrages, principalement les bassins, et conduisent peu à peu au comblement de la zone.

Cette accumulation peut avoir diverses origines :

- Apports de boues biologiques depuis la sortie de la STEP (dysfonctionnement, lessivage...),
- Apports de boues primaires depuis le déversoir d'orage, by-pass ou trop-plein de l'entrée STEP (eaux brutes),
- Formation d'humus par accumulation et décomposition de la végétation,
- Affaissement des berges des ouvrages, ravinement, vase (boues minérales).

Dans la suite du document, cette accumulation de diverses matières sera désignée sous l'appellation générique de « boues ».

Pour maintenir le bon fonctionnement de la ZRV et éviter le comblement total des ouvrages, un curage peut être nécessaire.

La ZRV étant un système complexe où se côtoient les phénomènes biologiques, écologiques, physico-chimiques et mécaniques, le curage d'une Zone de Rejet Végétalisée doit être étudié et encadré.

Le présent document expose les préconisations générales et particulières établies pour le curage de la ZRV de la commune de Montans (82), qui fait l'objet d'un suivi multi-domaines par :

- le SATESE 82 : suivi des performances physico-chimiques,
- le CEN Midi-Pyrénées (Conservatoire d'Espaces Naturels) : suivi écologique et biodiversité,
- le bureau d'études IRH pour l'Agence de l'Eau Adour-Garonne : suivi global performances et exploitation.

Ces recommandations sont transposables à d'autres ZRV aux aspects et fonctionnement similaires.

■ Détermination de l'indice biodiversité

Si le curage s'avère nécessaire pour préserver le fonctionnement hydraulique de la ZRV, il peut être à l'origine d'une destruction des habitats naturels (vase, végétaux...).

Afin d'évaluer l'impact de la ZRV sur l'écologie et la biodiversité du site, un inventaire des habitats naturels et de la faune des amphibiens et invertébrés sera réalisé avant curage.

Ces résultats pourront être comparés avec un deuxième inventaire réalisé après curage.

Sur le site de Montans (81), c'est le Conservatoire des Espaces Naturels de Midi-Pyrénées, qui suit la biodiversité du site depuis sa mise en route, qui réalisera l'inventaire.

Le protocole proposé est présenté ci-après.

Protocole d'inventaires des Amphibiens et invertébrés sur la STEP de MONTANS - Conservatoire des Espaces Naturels de Midi-Pyrénées – Mars 2014

Les habitats et la flore

La caractérisation des habitats naturels est basée sur des relevés floristiques ou phytosociologiques sur des placettes de quelques m² dans un habitat homogène, croisés avec une analyse des conditions stationnelles (niveau d'hygrométrie, d'ensoleillement, hauteur de la végétation, recouvrement,...). En effet, les cortèges d'espèces ou associations végétales permettent de déterminer un habitat par rapport à un autre, grâce aux besoins écologiques connus des espèces végétales.

Les différents habitats naturels sont caractérisés :

- avec la nomenclature Code Corine Biotope, utilisée au niveau national ;
- avec un syntaxon phytosociologique qui caractérise finement l'habitat ;
- avec un code EUR. 15, de la Directive Habitat, s'il présente un enjeu européen ;

Ils peuvent enfin être mentionnés comme déterminants pour les ZNIEFF de la région Midi-Pyrénées.

Enfin, les habitats naturels ainsi caractérisés sont cartographiés au sein de la zone d'étude.

Pour ce site un état des lieux de 2009 et un suivi de 2011 existent déjà.

L'inventaire floristique est effectué par le biais des relevés floristiques et phytosociologiques mentionnés ci-dessus et complétés de manière aléatoire sur l'ensemble de la zone d'étude pour noter le maximum de taxons. Plusieurs passages sont effectués (2 à minima, au printemps et en été).

Les différents statuts des espèces sont mentionnés : Protection nationale, Liste rouge, ZNIEFF, ...

Les amphibiens

Ils représentent un des enjeux majeurs sur le site, vu le contexte humide.

Les inventaires se font précocement en saison, pendant la période de reproduction qui s'échelonne de février à fin avril pour la majorité des espèces.

Les suivis se font de nuit préférentiellement ; les observations se font à la lampe torche dans les zones d'eau et à l'écoute des chants. Des observations en journées peuvent compléter les inventaires. On s'appliquera selon la saison à rechercher les adultes, mais aussi les pontes ou les larves.

Les odonates

Les libellules représentent l'autre enjeu majeur de ce type de zones humides. Les inventaires sont à réaliser de jour entre juin et août. Les espèces sont déterminées à vue ou capturées temporairement à l'aide d'une épuisette, déterminées, puis relâchées in situ.

Des prélèvements d'exuvies peuvent largement compléter l'inventaire, par des analyses en laboratoires, pour les espèces qui se reproduisent sur place mais qui se déplacent beaucoup.

Les rhopalocères

Les inventaires se font sur plusieurs passages entre mai et aout, pour contacter un maximum d'espèces. Les espèces sont déterminées à vue ou capturées temporairement à l'aide d'une époussette, déterminées, puis relâchées in situ. Les espèces complexes peuvent être prélevées pour examen ex situ en laboratoire.

Sur des sites restreints (comme Montans) l'inventaire est aléatoire, les transects sont inutiles.

Les orthoptères

Les inventaires se font de préférence en automne (aout-septembre), pour contacter un maximum d'espèces adultes et donc déterminables. Les espèces sont déterminées à vue, au chant ou capturées temporairement à l'aide d'une époussette, déterminées, puis relâchées in situ. Les espèces complexes peuvent être prélevées pour examen ex situ en laboratoire.

Sur des sites restreints (comme Montans) l'inventaire est aléatoire, les transects sont inutiles. L'intérêt pour ces espèces est très limité sur le site, vu la taille et les habitats présents : les recherches seront peu ciblées sur ce groupe.

Les araignées

Ce dernier groupe très diversifié, réagit assez bien à la nature des milieux. Des cortèges peuvent très vite de dessiner avec la présence de quelques espèces remarquables, déjà mises en avant lors des dernières études (Déjean & Néri, 2009 ; Déjean et Enjalbal, 2011).

Les techniques d'échantillonnage sont communes aux autres groupes d'invertébrés :

- fauchage de la strate herbacée ;
- battage de la strate arbustive ;
- observations à vue ;

Une dernière technique est à citer pour ce groupe ; l'aspirateur thermique qui peut accéder à de nombreux strates s'habitats variés et être très rentable en terme de quantité d'individus prélevés.

La majorité des échantillons est prélevée pour analyse ex situ en laboratoire, vu la difficulté de détermination des araignées (basée sur l'observation des organes génitaux).

Pour la faune au sens large, les espèces à statut sont mentionnées systématiquement : Protection nationale, directives divers, listes rouges, listes ZNIEFF, dire d'expert (pour les araignées en outre).

■ Curage

○ Principes généraux

● Études préliminaires

Une estimation préalable du volume de boues à évacuer est nécessaire afin de :

- adapter la taille de l'engin de curage,
- anticiper les contraintes de stockage et d'évacuation des boues,
- calculer le nombre d'échantillons à prélever pour l'analyse des boues.

Les conditions d'accès au site ET aux ouvrages devront être vérifiées préalablement.

L'intervention peut se faire depuis l'intérieur ou l'extérieur du site. Au besoin une partie des clôtures peut être déposée le temps de l'intervention, pour faciliter l'accès aux ouvrages.

Attention : Les berges des ZRV peuvent être étroites, boueuses, avec une forte pente. La végétation dense peut fausser l'estimation des distances. Le choix de l'engin de curage et de l'accès doit se faire en considérant ces paramètres.

● Période d'intervention

Le curage se fera à l'automne ou au printemps, avant ou après les phases de reproduction et de croissance de la faune et la flore. Si la zone n'est alimentée qu'une partie de l'année, le curage se fera pendant la période de repos de la ZRV.

Lorsque la ZRV est composée de différents ouvrages ou de plusieurs secteurs, le curage sera progressif : pour ne pas détruire complètement les écosystèmes en place, un seul ouvrage/secteur sera curé par an, si besoin.

Dans le cas de Montans, et conformément aux recommandations du CEN Midi-Pyrénées, le curage se décomposera comme suit :

- Avril 2014 : Curage du bassin 1 (bassin de rétention),
- Automne ou printemps 2015 : Curage du bassin 2 (bassins en cascade).

● Détails de l'intervention

Attention : Ce protocole n'est pas applicable si le fond des ouvrages est tapissé de matériaux rapportés (galets, graviers...)

Sauf cas particulier, l'objectif du curage est de retirer les végétaux et la boue des bassins jusqu'à atteindre **la profondeur d'origine** (terrain naturel).

Le curage sera réalisé à l'aide d'un engin de chantier de type mini-pelle. Les boues curées seront **stockées sur place** (voir paragraphe 0)

Les berges peuvent également être nettoyées et reprofilées au besoin. De préférence, la végétation des berges types saules, carex, joncs, sera préservée.

Pour protéger le milieu récepteur, il faudra veiller à **"protéger" la sortie de la ZRV** de tout départ de matière par la mise en place de paille au niveau de la canalisation ou du regard de sortie.

Lors de l'intervention, le volume de boues évacuées sera déterminé grossièrement (nombre de godets).

Remarque : L'IRSTEA recommande de curer progressivement la zone, afin d'analyser distinctement les différentes strates de sédiments (horizons). Cette recommandation n'est applicable que dans le cas de boues suffisamment minéralisées sur une épaisseur significative.

Dans le cas de dépôts vaseux liquides, cette recommandation est difficilement applicable.

○ Stockage et évacuation des boues

Dans l'intérêt écologique du site, les éléments retirés devront être **stockés à proximité du site** afin de permettre un retour au milieu de la faune.

La durée de stockage peut varier de **quelques jours à quelques semaines**. Elle sera confirmée par la détermination préalable de l'indice biodiversité du site.

Les boues seront déposées en tas, à même le sol, sur une zone plane afin d'éviter les ruissellements.

Le tas de boues sera ensuite repris et évacué vers une filière de traitement adaptée, selon sa quantité et sa qualité (déchet, valorisation agricole...).

■ Prélèvement et analyse des boues

○ Généralités

Les ZRV étant des ouvrages relativement récents, aucun protocole normalisé de prélèvement de boues dans ces ouvrages n'existe.

La méthodologie proposée ci-après est basée sur :

- le « *Protocole de prélèvement pour l'échantillonnage des boues dans les lits de séchage plantés de roseaux en vue de leur qualification agricole* » publié en 2011 par l'ONEMA et le CEMAGREF (IRSTEA) dans le cadre du groupe de travail EPNAC ;
- la norme NF EN 5667-13 (Qualité de l'eau – Échantillonnage) concernant les « *Lignes directrices pour l'échantillonnage de boues* », de juillet 2011 ;
- l'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les « *prescriptions techniques applicables aux épandages de boues issues du traitement des eaux usées sur les sols agricoles* » ;
- le « *Mode opératoire spécifique pour le prélèvement de boues liquides ou solides* » de la base qualité du groupe IRH Environnement.

● Procédure à suivre

La difficulté du prélèvement de boues dans un milieu naturel tel qu'une ZRV est d'assurer la représentativité de l'échantillon.

Autant que possible, la procédure de prélèvement doit suivre les différentes étapes suivantes :

- Déterminer le nombre d'échantillons moyens à analyser,
- Déterminer le nombre de prélèvements nécessaires pour obtenir des échantillons moyens représentatifs,
- Repérer les emplacements de prélèvement adaptés,
- Déterminer le mode de prélèvement et le matériel adapté,
- Réaliser les prélèvements ponctuels,
- Confectionner les échantillons moyens représentatifs,
- Stocker, conserver et envoyer les échantillons pour analyse.

● Conditions météorologiques

Gel, pluie et sécheresse peuvent modifier superficiellement ou profondément de manière durable ou temporaire les matières à prélever.

Sauf objectif d'étude particulier, l'échantillonnage des boues se fera par temps sec, précédé d'une période de plusieurs jours sans orages ni fortes pluies.

● Avertissement de sécurité

Le prélèvement de boues en milieu naturel comporte plusieurs risques qui nécessitent d'adapter les équipements et les règles de sécurité :

- chute, dérapage, glissade ;
- risque d'embourbage et d'immersion ;
- risque aggravé d'infection (microbiologique et parasitologique).

En conséquence, une hygiène stricte, la protection personnelle et **la surveillance par un tiers se révèlent indispensables.**

Il est conseillé de **ne pas s'aventurer trop loin dans les ouvrages** (pas plus de 2 m du bord).

○ Représentativité des échantillons

● Variables

La qualité des boues stockées dans un ouvrage peut être variable :

- selon un profil vertical, la boue a des âges et des degrés de transformation différents (les couches profondes accumulées de longue date ont subi des transformations amplifiées par la présence des rhizomes et racines des végétaux),
- selon un niveau horizontal des variations de hauteur et de qualité des boues apparaissent car la distribution dans les ouvrages, le niveau de boues, la morphologie, la densité de la végétation, ne sont pas homogènes.

Afin de bien prendre en compte la spécificité du traitement, le guide EPNAC pour l'échantillonnage des boues dans les lits de séchage plantés de roseaux recommande d'identifier les différents horizons ou strates observables dans la couche de boues afin que chaque carottage soit représentatif du profil vertical observé.

Dans le cas des ZRV, les boues présentent parfois une siccité très faible et une accumulation insuffisante pour distinguer ces différents horizons.

Dans le cas d'un prélèvement dans un tas de boues curées, ces recommandations ne sont pas applicables.

● Choix du mode de prélèvement

Le plan et la méthode d'échantillonnage seront choisis de façon à constituer un échantillon représentatif, compatible avec les besoins analytiques et/ou du niveau de diagnostic recherché.

Dans le cas des ZRV, l'échantillonnage se fait à partir d'un stockage statique, soit en place, soit stocké après curage.

- Le volume stocké est réputé : homogène, stratifié ou hétérogène (aléatoirement)
- Les boues peuvent être : liquides, pâteuses ou solides

Les échantillons seront du type ponctuel aléatoire, série de ponctuels programmés ou composites (échantillon moyen).

Afin d'assurer la meilleure représentativité de la qualité des boues, la réalisation d'échantillons composites est privilégiée. Les prélèvements de base seront de types :

- **ponctuels programmés dans les boues en place dans les bassins, avant curage.**
- **ponctuels aléatoire dans un tas de boues stockées après curage.**

Le matériel de prélèvement sera sélectionné en fonction de la nature des boues et des conditions d'accès.

a. Prélèvements de boues dans les ouvrages

Autant que possible, la réalisation des prélèvements de base doit se faire en tenant compte de la répartition spatiale des dépôts.

Le prélèvement doit se faire sur toute la hauteur d'accumulation.

Lorsque l'on prélève, il est important de s'arrêter de carotter quand on sent le contact du terrain naturel, (le prélèvement par inadvertance de terre naturelle peut fausser les analyses, notamment sur le paramètre matière sèche volatile).

b. Prélèvement de boues en tas

La contrainte est d'éviter les risques de mélange entre les boues et le terrain naturel raclé en fin de curage.

Autant que possible, le fond du bassin ne devra pas être raclé avant la réalisation d'un prélèvement dans les boues déjà évacuées, ou les derniers centimètres de boues curées devront être stockés dans un tas différencié.

L'échantillonnage sera fait de manière aléatoire dans le tas, en prenant soin de prélever des échantillons dans toute l'épaisseur du tas de stockage, ce qui permet de préparer un échantillon composite significatif.

○ Nombre d'échantillons et de prélèvements

● Nombre d'échantillons par site

Le protocole EPNAC pour l'échantillonnage des boues dans les lits de séchages plantés de roseaux prévoit de déterminer le nombre d'échantillons à réaliser en se basant sur les tableaux 5a et 5b de l'annexe IV de l'arrêté du 8 janvier 1998 fixant le nombre minimum d'analyses à effectuer en fonction de leur nature et du tonnage qu'il est prévu d'épandre.

Mais les fréquences d'analyse indiquées dans ces tableaux paraissent plus adaptées à des procédés produisant des boues de manière régulière qu'à des systèmes permettant un stockage de longue durée tels que les ZRV.

Toutefois, dans le cas où la filière choisie pour l'évacuation des boues curées dans les ZRV est l'épandage, il n'est pas possible de déroger aux prescriptions nationales en ce qui concerne les fréquences d'analyses nécessaires à la caractérisation des boues (arrêté du 8 janvier 1998).

Dans le cas d'un simple diagnostic de la qualité des boues de la ZRV, le nombre d'échantillons dépendra des informations recherchées (analyse ponctuelle, évolution de la qualité selon la distance, le temps, la profondeur, le type d'ouvrage, etc...).

Pour évaluer la qualité du stock de boues et ses variations (temporelle et spatiale) dans une ZRV, on peut recommander la réalisation des différents échantillonnages suivants, en fonction des objectifs de l'étude. Ces objectifs peuvent se recouper ou se combiner, et leur liste n'est pas exhaustive.

But de l'analyse		Échantillonnage	Nbre
Evaluer les variations spatiales du stock de boues	Evaluer le rôle de chaque ouvrage	un échantillon moyen par ouvrages ou secteurs de la zone	≥2
	Evaluer l'impact global de la zone	un échantillon moyen en amont et un en aval de la zone	2
	Evaluer l'évolution des boues en fonction de leur âge	un échantillon moyen par horizons marqués (variation horizontale de la qualité des boues)	≥2
	Evaluer les différentes qualités de boues entrantes, appréhender leur mélange	un échantillon moyen par arrivées distinctes	≥2
Evaluer les variations temporelles du stock de boues	Evaluer l'évolution annuelle	un échantillon moyen par an, toujours à la même époque	1/ans
	Evaluer l'évolution saisonnière	un échantillon moyen par saison	2 à 4/ans
	Evaluer l'impact d'une modification du milieu	un échantillon moyen avant et après modification du fonctionnement du site (ex : curage, arrêt saisonnier)	2/ans
Evaluer la qualité globale du stock de boues	En vue d'un diagnostic ponctuel	Un échantillon moyen par site ou par ouvrage	≥1
	En vue d'épandage	Suivre les recommandations de l'annexe IV de l'arrêté du 8 janvier 1998	Fonction du tonnage

Tableau 11 : Nombre d'échantillon à réaliser selon l'objectif de l'analyse des boues dans les ZRV

● Nombre de prélèvements par échantillon

La norme NF EN ISO 5667-13 relative à l'échantillonnage de boues provenant d'installations de traitement de l'eau et des eaux usées, pour l'échantillonnage de boues à partir de tas et de stockages, donne des indications sur le nombre de prélèvements (carottages C) qu'il convient de réaliser pour obtenir un échantillon moyen représentatif.

$$C = \frac{\sqrt{V}}{2}$$

Avec :

V : volume en m3 de boues brutes à échantillonner ;

C : nombre carottages qui sera arrondi au nombre entier le plus proche entre 4 et 30 .

○ Localisation des points de prélèvements

c. Prélèvement de boues dans les ouvrages

Pour choisir l'endroit où effectuer le carottage, il convient de prendre en compte la position :

- du ou des points d'alimentation,
- des bords des berges,
- des types d'écoulements,
- de la morphologie des ouvrages (bassin, fossé rectiligne, méandre...),
- de la densité et du type de la colonisation végétale.

Afin de se placer dans des conditions représentatives, il est recommandé de ne pas prélever de boues à moins d'un mètre des berges et des points d'alimentation, et de **varier au maximum les zones de prélèvement sur un secteur donné**.

Après avoir déterminé les emplacements, on reporte le nombre et la position des points de prélèvement sur un schéma de la zone en y consignant aussi les points singuliers évoqués ci-dessus qui fourniront une aide précieuse pour interpréter les résultats.

d. Prélèvement de boues en tas

L'échantillonnage sera fait de manière aléatoire dans le tas, en prenant soin de prélever des échantillons dans toute l'épaisseur du tas de stockage, ce qui permet de préparer un échantillon composite significatif.

○ Réalisation des prélèvements

e. Matériel nécessaire

En général, le matériel d'échantillonnage de boues conçu et fabriqué le plus simplement possible s'avère le plus pratique.

Le choix du matériel sera guidé :

- par les conditions d'accès et l'état des installations
- par la texture du produit à échantillonner
- par la composition chimique
- par la nature des déterminations analytiques à réaliser

Le matériel potentiellement utilisable est le suivant :

- flacon verre simple à col large
- seau - louche - godet lesté
- tarière manuelle
- préleveur à messenger
- préleveur type carottier
- préleveur d'eau usée (boue fluide)
- pompe à vide

f. Volume des prélèvements

Pour garantir la justesse, le volume d'échantillon primaire sera parfois important (de par la nature des produits); il sera impératif de réduire ce volume à 1 ou 2L avant transmission au laboratoire, après constitution d'un échantillon moyen.

○ Constitution d'un échantillon moyen

Le point le plus difficile est de bien homogénéiser l'échantillon moyen à partir des différents prélèvements réalisés.

Pour l'homogénéisation, le protocole EPNAC pour l'échantillonnage des boues dans les lits de séchages plantés de roseaux est applicable :

- Regrouper les prélèvements ponctuels dans le même sac plastique épais ou seau.
- S'assurer que des morceaux de média (sable, graviers) ne sont pas présents.
- Enlever les morceaux de végétaux / rhizomes les plus grands (de l'ordre du centimètre en diamètre). Il est inutile de chercher à enlever les vers.
- Mélanger l'échantillon à travers le sac en appuyant avec les poings (éventuellement les pieds), ou dans le seau à l'aide d'une grande spatule solide.
- Porter une attention particulière aux « blocs » pouvant provenir des horizons plus secs qui doivent être morcelés pour bien se mélanger aux autres horizons.
- Faire attention aux volumes morts de boue (logés au fond du seau, dans les coins des sacs) et bien les mélanger.
- Reprendre l'opération de mélange et répéter au moins trois fois ces trois dernières étapes.

Quand la boue est homogénéisée, on obtient l'échantillon moyen.

Un échantillon d'1kg peut suffire pour réaliser toutes les analyses demandées. Cela est à vérifier avec le laboratoire d'analyses impliqué.

○ Conservation et envoi des échantillons

L'identification des échantillons sera précise pour éviter toute confusion :

- origine du prélèvement (commune)
- localisation précise (ouvrage, localisation spatiale)
- date et heure

Les flacons seront remplis d'environ 1kg de boues, en veillant à ne pas les garnir entièrement (risque de fermentation).

Les récipients de conservation seront sélectionnés en fonction de la nature physicochimique des matières boueuses, de paramètres à déterminer et des risques de montée en pression liés aux dégagements gazeux.

D'une manière générale le conditionnement dans des flacons à large ouverture en matière inerte (en polypropylène ou en verre) est recommandé.

Les échantillons seront conservés au froid dans une glacière agréementée de plaque eutectique (à environ $5^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$).

Les délais d'acheminement après prélèvement devront être aussi réduits que possibles (envoi dans les 24h).

○ Paramètres à analyser

Dans le cadre du suivi expérimental du fonctionnement des Zones de Rejet Végétalisées, la qualité des boues stockées est un paramètre important.

Les objectifs sont notamment de :

- réaliser un bilan-diagnostic de pollution,
- déterminer les éléments piégés dans les boues, pour confirmer les phénomènes en jeu sur la ZRV,
- comparer la qualité des boues de la ZRV aux boues de la STEP,
- confirmer la filière d'évacuation adaptée (mise en décharge, valorisation agricole, ...)

Les paramètres physico-chimiques qui seront analysés sont les suivants :

- Matière sèche, matière sèche volatile (= matière organique),
- Métaux,
- HAP, PCB,
- Sélection de substances émergentes.

Le détail des molécules analysées, validées par l'Agence de l'Eau dans le cadre de l'étude, est donné dans le tableau ci-après.

Famille	Molécules	Unités	Méthode	LQ
Substances émergentes	Atrazine	µg/kgMS	CMO_MT06	20
	simazine	µg/kgMS	CMO_MT06	20
	diuron	µg/kgMS	CMO_MT06	20
	isoproturon	µg/kgMS	CMO_MT06	50
Alkyl-phénols	4-nonylphénol	µg/kgMS	CMO_MT06	40
	4-ter octylphénol	µg/kgMS	CMO_MT06	40
	4 ter butylphénol	µg/kgMS	CMO_MT06	40
HAP	Napthaléne	µg/kgMS	CMO_MT06	25
	phénanthrène	µg/kgMS	CMO_MT06	50
	anthracène	µg/kgMS	CMO_MT06	10
	acénaphthylène	µg/kgMS	CMO_MT06	20
	acénaphène	µg/kgMS	CMO_MT06	10
	fluorène	µg/kgMS	CMO_MT06	40
	fluoranthène	µg/kgMS	CMO_MT06	40
	pyrène	µg/kgMS	CMO_MT06	40
	benzo(a)anthracène	µg/kgMS	CMO_MT06	30
	chrysène	µg/kgMS	CMO_MT06	10
	benzo(b+j+k)fluoranthène	µg/kgMS	CMO_MT06	10
	benzo(a)pyrène	µg/kgMS	CMO_MT06	10
	indéno(c-d)pyrène	µg/kgMS	CMO_MT06	10
	dibenzo(a,h)anthracène	µg/kgMS	CMO_MT06	10
	benzo(ghi)pérylène	µg/kgMS	CMO_MT06	10
Métaux	Arsenic et ses composés	µg/kgMS	CMM_MT15 et MT033	0.2
	Cadmium et ses composés	µg/kgMS	CMM_MT15 et MT033	0.2
	Chrome et ses composés	µg/kgMS	CMM_MT15 et MT033	0.2
	Cuivre et ses composés	µg/kgMS	CMM_MT15 et MT033	0.2
	Mercure et ses composés	µg/kgMS	CMM_MT15 et MT034	0.02
	Nickel et ses composés	µg/kgMS	CMM_MT15 et MT033	0.2
	Plomb et ses composés	µg/kgMS	CMM_MT15 et MT033	0.2
	Zinc et ses composés	µg/kgMS	CMM_MT15 et MT022	0.4
PCB	Equivalent Arochlor 1016	µg/kgMS	CMO_MT06	50
	Equivalent Arochlor 1232	µg/kgMS	CMO_MT06	50
	Equivalent Arochlor 1242	µg/kgMS	CMO_MT06	50
	Equivalent Arochlor 1248	µg/kgMS	CMO_MT06	50
	Equivalent Arochlor 1254	µg/kgMS	CMO_MT06	50
	Equivalent Arochlor 1260	µg/kgMS	CMO_MT06	50

Tableau 12 : Substances analysées dans les boues dans le cadre du suivi expérimental du fonctionnement des ZRV

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE

SIÈGE

90 rue du Férétra - CS 87801
31 078 Toulouse Cedex 4
Tél. : 05 61 36 37 38 | Fax : 05 61 36 37 28

DÉLÉGATIONS TERRITORIALES :

Atlantique-Dordogne

4 rue du Professeur André-Lavignolle
33 049 Bordeaux Cedex
Tél. : 05 56 11 19 99 | Fax : 05 61 11 19 98
Départements : 16 - 17 - 33 - 47 - 79 - 86
et
94 rue du Grand Prat
19 600 Saint-Pantaléon-de-Larche
Tél. : 05 55 88 02 00 | Fax : 05 55 88 02 01
Départements : 15 - 19 - 23 - 24 - 63 - 87

Adour et Côtiers

7 passage de l'Europe - BP 7503
64 075 Pau Cedex
Tél. : 05 59 80 77 90 | Fax : 05 59 80 77 99
Départements : 40 - 64 - 65

Garonne amont

Rue de Bruxelles - Bourran - BP 3510
12 035 Rodez Cedex 9
Tél. : 05 65 75 56 00 | Fax : 05 65 75 56 09
Départements : 12 - 30 - 46 - 48
et
97 rue St Roch - CS 14407
31405 Toulouse Cedex 4
Tél. : 05 61 43 26 80 | Fax : 05 61 43 26 99
Départements : 09 - 11 - 31 - 32 - 34 - 81 - 82



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE