



**RÉSEAU SUR
LA RESTAURATION
DES ZONES
HUMIDES** DE BRETAGNE

2.2

ITINÉRAIRES TECHNIQUES

NEUTRALISATION
DE DRAINAGE
EN ZONE HUMIDE



**NEUTRALISATION
DE DRAINAGE
EN ZONE HUMIDE**

2.2

01	Drainage des zones humides et enjeux associés	4
	■ Description	4
	■ Conséquences sur les fonctions des zones humides	8
	■ Niveau de réversibilité	12
	■ Objectifs des travaux de neutralisation de drainage	13

02	Éléments de diagnostic spécifiques aux zones humides drainées	14
	■ Identifier la nature et le fonctionnement du drainage en place	14
	■ Étudier les propriétés physiques du site	16

VOLET 1		
NEUTRALISATION DE DRAINAGE ENTERRÉ		17

01	Les grandes étapes	18
-----------	---------------------------	-----------

02	Planifier les travaux	20
	■ Localiser le réseau de drainage	20
	■ Déterminer le parcours des drains	24

03	Modes opératoires	26
	■ Mode opératoire 1 : Neutralisation de l'exutoire	26
	■ Mode opératoire 2 : Neutralisation des drains par sectionnement et mise en place de bouchons d'argile	29
	■ Mode opératoire 3 : Neutralisation du drainage par écrasement des drains	32
	■ Mode opératoire 4 : Déstructuration par tranchage du réseau de drainage	33
	■ Mode opératoire 5 : Suppression complète du réseau de drains	35

04	Évaluer et réduire l'impact potentiel du projet	37
-----------	--	-----------

■ Limiter l'impact des tranchées et autres excavations	37
■ Autres précautions	39

05	Travaux complémentaires possibles	40
-----------	--	-----------

■ Restauration morphologique du cours d'eau	40
■ Mise en place d'un merlon ou d'un talus de ceinture	41
■ Contrôle de l'étendue de la remontée de nappe	42
■ Redirection et/ou tamponnage d'un réseau de drainage amont	43
■ Gestion d'un collecteur amont traversant la zone restaurée	48

À venir

Volet 2 - Neutralisation de fossés de drainage	51
---	-----------



DRAINAGE DES ZONES HUMIDES ET ENJEUX ASSOCIES

Le drainage des zones humides est une pratique associée à des activités variés tels que l'aménagement urbain, les infrastructures de transport, l'exploitation agricole ou sylvicole, avec le même objectif : évacuer rapidement l'eau du sol pour éviter son engorgement prolongé.

Le milieu perd ainsi, de fait, son caractère humide, qui d'un point de vue réglementaire (arrêté du 24 juin 2008¹), est lié à une saturation prolongée des cinquante premiers centimètres du sol.

Ce carnet **se focalise sur le drainage mis en place en zone humide pour faciliter les activités agricoles, sylvicoles ou l'extraction de tourbe**. La neutralisation de ces dispositifs peut permettre de restaurer des zones humides et d'y retrouver leurs fonctions et services rendus. Les principes décrits peuvent néanmoins être mobilisés sur tout type de drainage, notamment pour améliorer l'infiltration à la parcelle en milieu urbain ou pour permettre une meilleure recharge de nappe à l'échelle de bassins versants, par exemple en supprimant le drainage sur des parcelles initialement non humides (drainage de « terres lourdes »).

Le premier volet concerne le drainage enterré et le second le drainage par fossés. La description de l'effet du drainage sur les fonctions des zones humides

est commune aux deux types de drainage, car les conséquences sont globalement similaires, quelle que soit la nature du drainage en place.

Description

En contexte agricole ou sylvicole, la mise en place d'un réseau de drainage a pour objectif de faciliter et accélérer l'évacuation de l'eau des parcelles exploitées, afin d'éviter la saturation prolongée en eau du sol. Il permet à la fois de favoriser les cultures et de faciliter le passage des engins d'exploitation, en gagnant de la portance au niveau du sol.

Sans qu'il soit possible de définir la part de zones humides qui est concernée, en moyenne, 10,6 % de la surface agricole utile (SAU) était drainée en 2010 au niveau national. En Bretagne, ce chiffre varie de 1,1 % de la SAU en Finistère à 14,8 % en Ille-et-Vilaine².

Les contextes du drainage

On peut distinguer différents contextes qui ont entraîné la mise en place du drainage, notamment :

- Le **drainage des sols hydromorphes* de plateau, liés à un engorgement* temporaire**, caractérisés par la présence d'un horizon peu perméable, favorisant le maintien de l'eau des précipitations dans les horizons de surface (zones humides perchées). Sur ces terres, généralement cultivées avant le développement du drainage enterré, celui-ci vise à optimiser la production en évacuant l'eau gravitaire. Les sols peu perméables (terres « lourdes »), sans être hydromorphes, sont parfois également drainés dans le même souci d'optimisation agricole, y compris sur des secteurs en pente. Dans ces contextes, le drainage est essentiellement enterré.

1. Arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement

2. Site internet Agreste - [Carte interactive - part de la superficie drainée dans la superficie agricole utilisée \(SAU\) en 2010](#)



Trace de passage de la trancheuse ayant permis la mise en place d'un réseau de drainage sur une parcelle de plateau. © OFB

- Le **drainage en bas de versant**, visant à abaisser le niveau de la nappe et permettre de gagner des étendues de terres cultivables sur des sols naturellement saturés de façon plus ou moins prolongée. Ce drainage peut être effectué soit par fossés soit par drains enterrés ;
- Le **drainage visant à capter les sources** afin d'éviter les « mouillères » dans les parcelles, pouvant parfois être localisé sur les versants. Les sources

ponctuelles sont drainées soit par fossés, soit par drains enterrés. Dans les zones de sources diffuses, ou rang 0 des cours d'eau (Figure 1), le drainage vise à abaisser le niveau de la nappe de bas de versant. Il s'accompagne parfois de l'ensevelissement du cours d'eau à sa naissance, avec par exemple la mise en place d'un drain collecteur central au droit du lit mineur voire un busage ou un comblement du cours d'eau.

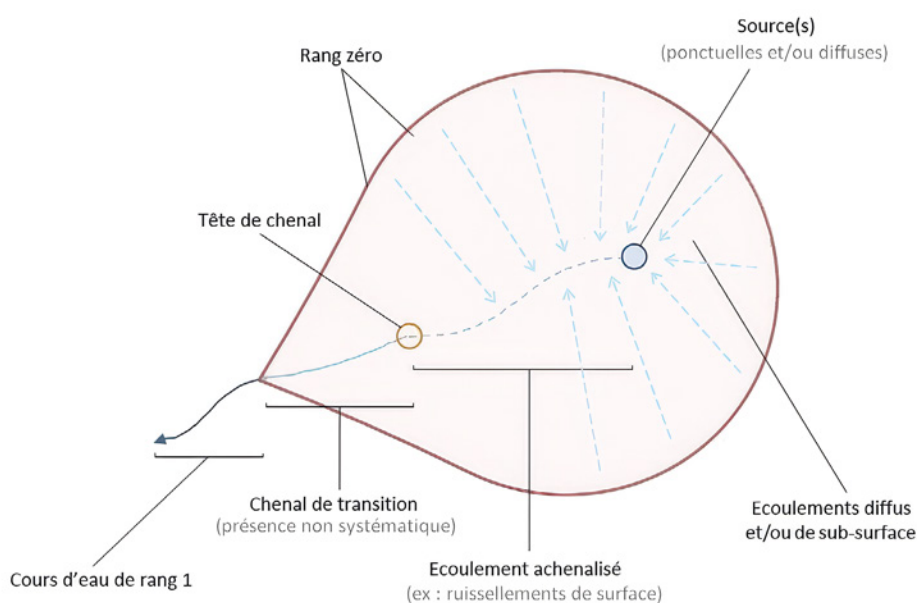


Figure 1 - Schéma type d'un bassin versant de rang 0
issu de Le Bihan et al., 2025



Cours d'eau de rang 1 enterré au centre d'une parcelle drainée. © OFB.

- Le **drainage d'étendues de marais ou de tourbières** par des réseaux de fossés, visant également à abaisser le niveau de la nappe et faciliter le pâturage, la mise en culture ou l'extraction de tourbe. Depuis les années 1970, pour faciliter les grandes cultures, le système associe souvent des réseaux de drainage enterré aux fossés. Il peut parfois être accompagné de système de pompes lorsque l'évacuation de l'eau par gravité n'est pas suffisante du fait du faible dénivelé.

Les types de drainage

Le drainage enterré

Le drainage enterré est réalisé la plupart du temps par la mise en place d'un réseau de tuyaux en PVC perforés recueillant les eaux de sub-surface (eau s'écoulant dans le sol à faible profondeur). Un lit drainant est parfois placé sous ou autour du drain pour

faciliter la circulation de l'eau vers celui-ci. Ceci est cependant rare, du fait du coût associé. Avant l'utilisation du plastique, les drains étaient formés soit à l'aide de tuiles demi-circulaires en poterie placées face à face sous forme de tubes, soit de tubes en terre cuite. Dans les régions ardoisières, des drains rustiques ont aussi été créés en enterrant des lits d'ardoises. L'eau se glissait dans les interstices entre les tuiles, ardoises ou tubes. Un apport de graviers ou tuiles concassées autour du réseau pouvait venir faciliter cette infiltration.

Les drains sont souvent disposés en « arête de poisson » (Figure 2), des drains latéraux parallèles rejoignant des collecteurs placés au niveau des points bas (drains enterrés ou fossés). Sur les secteurs de marais très plats, des pompes peuvent compléter le dispositif pour faciliter l'évacuation de l'eau. L'eau est alors pompée hors de la parcelle et rejetée dans des fossés d'évacuation ou directement dans le cours d'eau ou canal.

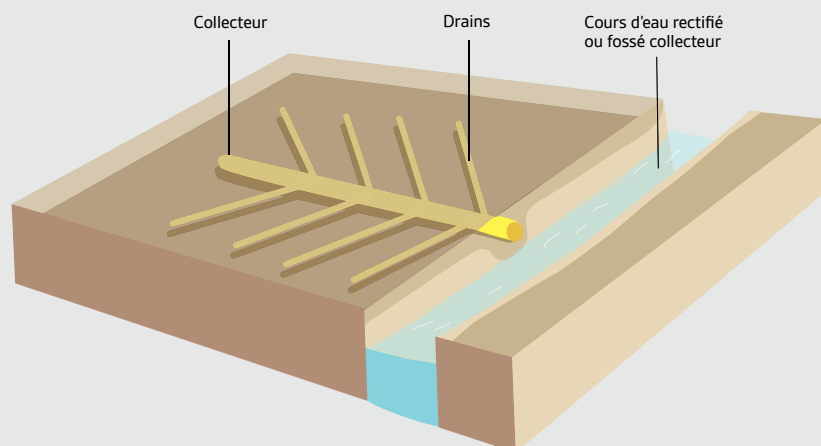


Figure 2 - Schéma de principe d'un drainage en arête de poisson.

Les drains sont souvent placés à 80 cm ou 1 m de profondeur et généralement espacés de 10 à 12 m en fonction de la perméabilité des sols, de façon à évacuer une pluie de retour annuel* de trois jours (environ 15 mm/j) en une journée³.

Les sorties de drains ou de collecteurs sont connectées à des fossés, qualifiés de « fossés d'assainissement agricole » et souvent situés en périphérie des parcelles. Ils peuvent également rejoindre des fossés routiers ou directement le cours d'eau. Comme les drains doivent respecter une pente minimale de 0,5 % afin de permettre l'écoulement gravitaire de l'eau et les collecteurs 0,2 %⁴, les exutoires se retrouvent souvent à des profondeurs inférieures au fond naturel du cours d'eau. Le cours d'eau doit alors être surcreusé car les sorties de drains doivent rester au-dessus du niveau des crues de retour annuel pour ne pas risquer d'être trop souvent ennoyées. Le plus souvent le surcreusement s'accompagne d'une rectification (suppression des méandres) et d'une recalibration (élargissement du gabarit) du lit du cours d'eau pour accélérer l'évacuation de l'eau. Le rôle naturellement drainant du cours d'eau est alors artificiellement accentué du fait de l'augmentation du gradient de charge hydraulique entre le terrain naturel, le niveau de la nappe et le fond du lit du cours d'eau. Cela peut avoir pour conséquence d'assécher des zones humides riveraines situées sur la rive opposée ou de part et d'autre du secteur drainé.

Le drainage par fossés

Le drainage par fossés se rencontre principalement dans les zones de marais ou de tourbières, dans certaines prairies de bas fond ainsi qu'en association à la sylviculture.

Les fossés peuvent dans certains secteurs être combinés à un modelage du terrain en buttes et rigoles pour faciliter les cultures (cultures sur planches ou billons), faisant en sorte que les racines des végétaux restent au-dessus de la zone saturée.

En tourbière, afin de faciliter l'extraction de tourbe, les réseaux de fossés peuvent être extrêmement denses (Figure 3).

Les fossés ont également été privilégiés dans les parcelles dédiées à la sylviculture, les racines des arbres endommageant les drains enterrés. Le réseau de fossés est plus ou moins dense en fonction du type de plantation et du degré d'hydromorphie du sol. Là aussi, le creusement de fossés peut être associé à la mise en culture sur billons⁵.

Comme pour le drainage enterré, la mise en place de réseaux de fossés a souvent été accompagnée d'un recalibrage et d'une rectification des cours d'eau.

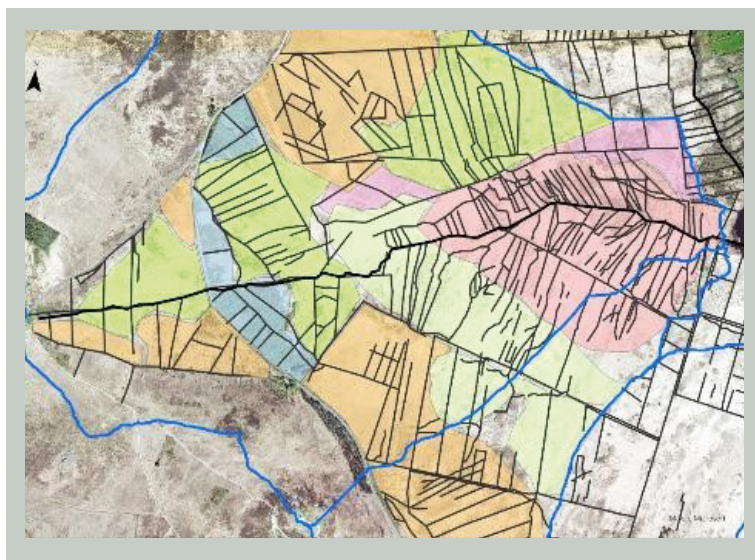


Figure 3 - Exemple de densité de fossés de drainage (traits noirs) dans la tourbière du Yeun Elez (Monts d'Arrée, Finistère), liée notamment à l'extraction de tourbe. Carte : Maya Tanguy, UBO, 2023

3. Tournebise J., Henine, H. et Chaumont C., 2020. Gérer les eaux de drainage agricole : du génie hydraulique au génie écologique. *Sciences Eaux & Territoires*, 2020, 32, pp. 32-41.

4. Vincent B., 2020. Principes techniques et chiffres du drainage agricole : De la tuyautique à l'hydro-diplomatie. *Sciences Eaux & Territoires*, 2020, 32, pp. 8-15.

5. Plaisance G., 1950. Les assainissements en forêt par les moyens mécaniques. *Revue forestière française*, 10. pp. 553-563.

La mise en place de nouveau drainage en zone humide est maintenant interdite en Bretagne du fait de l'application de l'article 4.1.1 du 7^{ème} Programme d'Action Régional Nitrates⁶. Il est toujours possible pour l'agriculteur d'entretenir l'existant (décolmatage ou remplacement partiel) sous réserve de rester dans les dimensions initiales et de pouvoir justifier la légalité préalable du drain (reconnaissance d'antériorité). Cet entretien doit s'accompagner de la mise en place d'un **dispositif de tamponnage des eaux de drainage** qui est maintenant obligatoire afin d'éviter les rejets directs dans le cours d'eau.

Conséquences sur les fonctions des zones humides

S'il facilite le travail agricole ou sylvicole, le drainage perturbe en contrepartie profondément le fonctionnement hydrologique des zones humides drainées, mais aussi du bassin versant. L'hydrologie étant l'élément clé dans le fonctionnement des zones humides, sa modification se répercute sur les autres fonctions de la zone humide.

Conséquences hydrologiques

La présence d'un réseau de drainage entraîne une diminution du temps de saturation en eau des horizons de surface du sol, en favorisant l'évacuation de l'eau gravitaire et/ou en captant l'eau de la nappe profonde avant sa remontée dans les horizons de surface (Figure 4).

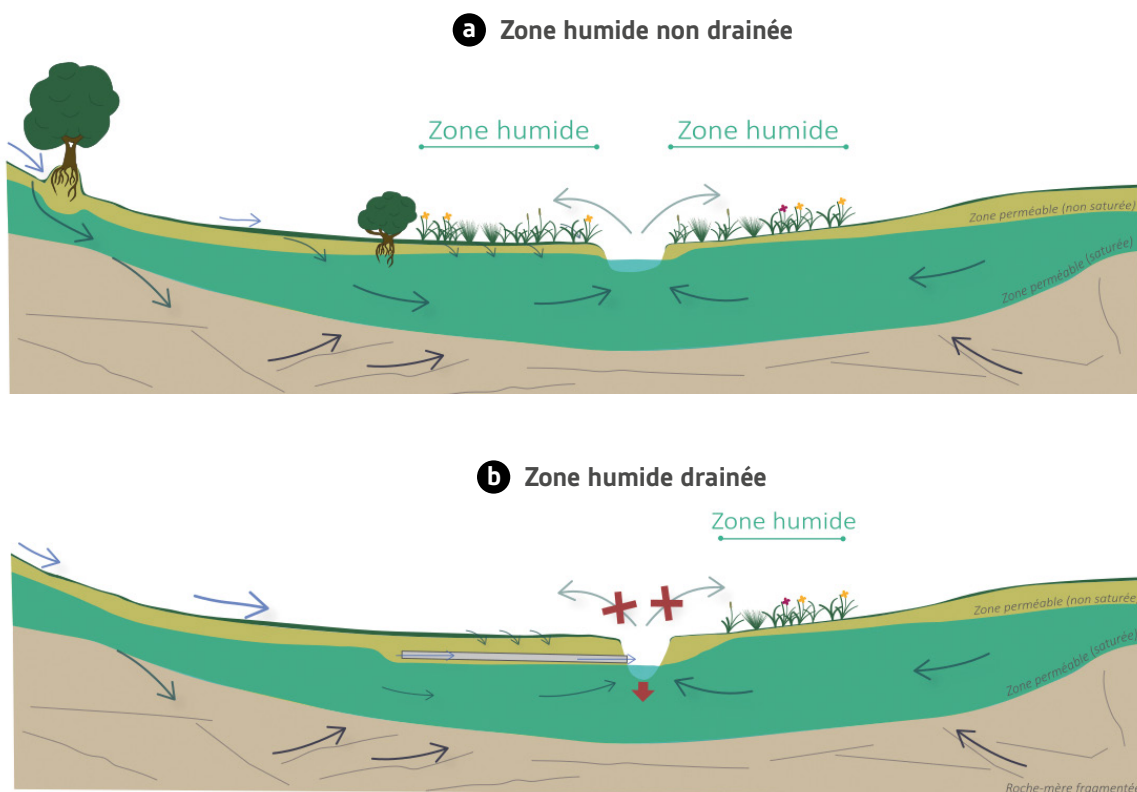


Figure 4 - Illustration de différents flux d'eau au niveau d'une zone humide de bord de cours d'eau (a) et l'effet du drainage sur la circulation de l'eau au sein de la zone humide (b) - © Illustration : Charlotte Cariou - FMA

- Sens de circulation de l'eau en surface et subsurface.
- ➔ Surcreusement du cours d'eau entraînant une diminution de la capacité de débordement du cours d'eau en période de crue.
- ✗ Débordement du cours d'eau limité du fait du surcreusement du cours d'eau.

Dans le cas où le drainage vise à évacuer l'eau de pluie (nappes perchées, sols peu perméables), il capte l'eau avant son infiltration dans les horizons profonds du sol (même si cette infiltration est naturellement limitée et lente) et accélère son évacuation hors de la parcelle. L'absence de percolation vers les horizons plus profonds, limite la recharge de la nappe profonde.

Dans les secteurs où les drains visent à abaisser le niveau de la nappe ou à drainer des sources (mouillères, bas de versant, marais, tourbières, etc.), l'eau est

évacuée rapidement vers l'aval et la zone humide ne se retrouve saturée que brièvement, lors d'épisodes pluvieux. La nappe de versant ne transite plus par les horizons de surface de la zone humide.

Dans les deux cas de figure, la présence de drains diminue le niveau du toit de la nappe* et celui-ci devient variable dans l'espace en fonction de la distance au drain (Figure 5). L'évolution du toit de nappe dans l'espace dépend alors de l'efficacité du drainage par rapport à la perméabilité du sol et de la distance inter-drain.

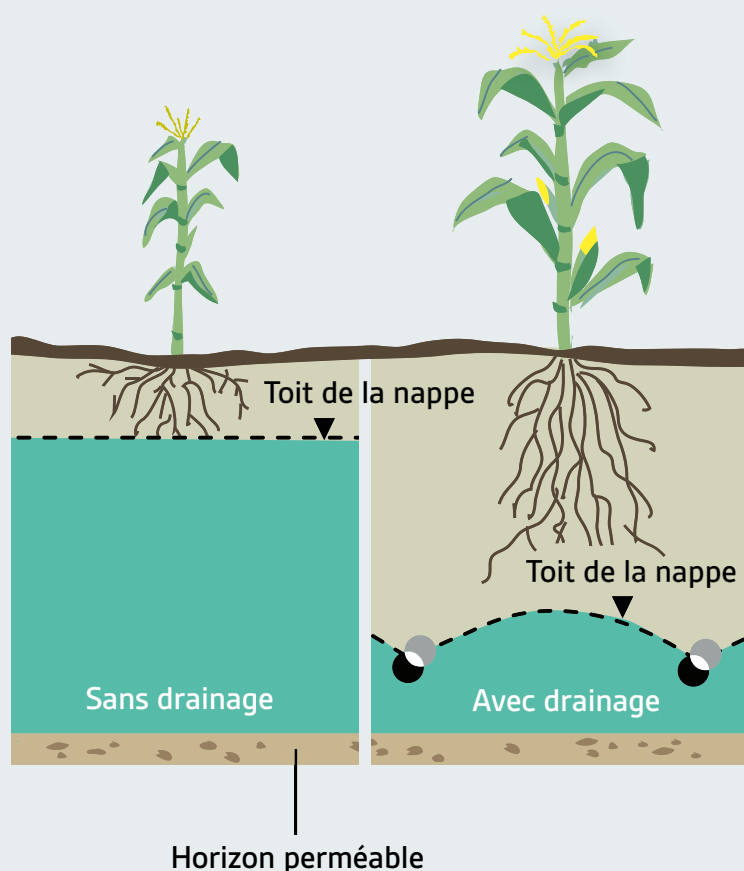


Figure 5

Représentation schématique d'une nappe perchée temporaire en situation non drainée (à gauche) et drainée par drains enterrés (à droite). L'horizon imperméable peut être la roche mère ou un horizon de faible conductivité hydraulique.

Sur l'ensemble du bassin versant, l'évacuation de l'eau par les réseaux de drainage, que ce soit en zone humide ou sur d'autres types de sols, entraîne une diminution du volume pouvant s'infiltrer en profondeur et diminue ainsi la quantité d'eau pouvant recharger les nappes⁷. Cela peut avoir des conséquences sur la disponibilité d'eau en général, et en particulier une diminution de l'alimentation des zones humides par les décharges de nappes affleurantes ainsi qu'une diminution du soutien aux débits des cours d'eau par la nappe.

L'effet du drainage sur le pic de crue dépend de la nature du sol, du dimensionnement du réseau de drainage, de sa localisation dans le bassin versant et de l'intensité de la pluie.

Effet du drainage en fonction de l'intensité de la pluie

- Pluies de retour d'un à deux ans

Des études sur des bassins versants tests en région parisienne⁸ ont montré une accentuation des crues pour des pluies de retour d'un à deux ans en présence de drainage enterré. Lors de ces épisodes

7. Blann K.L., Anderson J.L., Sands G.R., Vondracek B., 2009. Effects of agricultural drainage on aquatic ecosystems: a review. *Critical reviews in Environmental Science and Technology* 39. Pp. 909-1001.

8. Tournebise J., Henine H., Chaumont C., 2020. Gérer les eaux de drainage agricole : du génie hydraulique au génie écologique. *Sciences Eaux et Territoires* n°32. pp 32-41.

pluvieux, l'accélération de l'évacuation de l'eau hors du bassin versant entraîne une augmentation des débits de pointe des cours d'eau en aval et une atteinte plus précoce des pics des crues.

- Pluies de retour de 5 à 10 ans

Pour des pluies de retour de 5 à 10 ans, une diminution sensible du pic de crue est observée du fait de la capacité de stockage transitoire que représente la mise en charge du réseau de drainage et du fait que les sols drainés ne soient pas saturés. Celui-ci tamponne donc temporairement la crue lorsque l'intensité de la pluie excède la capacité du système de drainage et jusqu'à saturation du sol, en diminuant l'intensité de la crue, mais en prolongeant la durée de la décrue^{9,10}.

- Pluie de retour supérieur à 10 ans

Au-delà, aucun effet du drainage n'est observé, le sol étant totalement saturé et la crue étant alors surtout liée au ruissellement^{8,10}.

Influence de la localisation du drainage

La localisation du drainage dans le bassin versant a également une influence sur l'hydrologie à l'aval. L'étude de tourbières drainées par fossés a montré que sa présence en tête de bassin versant est particulièrement impactant (Figure 6), augmentant la précocité et l'intensité du pic de crue¹¹.

La mise en place de drainage est souvent concomitante à d'autres altérations du paysage et notamment à la rectification des cours d'eau, la suppression de haies pour agrandir les parcelles agricoles et la conversion de prairies en cultures dans les parties plus humides, jusqu'alors non labourées. De fait, même si le drainage lui-même peut avoir un effet d'atténuation du pic de crue lors des pluies intermédiaires, le cumul des différentes altérations sur le bassin versant a un impact négatif en modifiant son fonctionnement hydrologique global et en diminuant sa capacité à retenir l'eau. Cela s'accompagne notamment d'une augmentation de l'intensité et de la fréquence des crues, d'une augmentation de la pollution diffuse d'origine agricole et de l'érosion des sols avec transfert de sédiments vers les cours d'eau⁷.

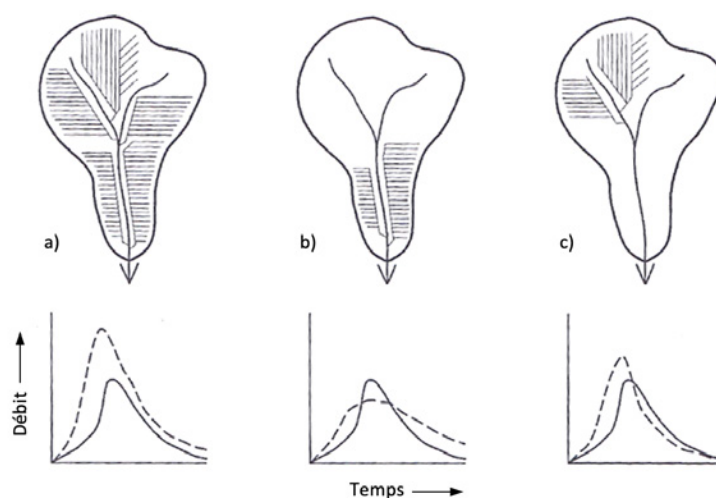


Figure 6 - Effet de la localisation et de la superficie d'un réseau de drainage intensif sur le débit de pointe d'un bassin en période de crue. La figure indique le débit en l'absence de drainage artificiel (ligne continue) et le débit à la suite du drainage (ligne pointillée) pour trois réseaux de fossés différents. a) Augmentation importante du débit de pointe associée à un réseau couvrant la majeure partie d'un bassin ; b) Étalement de l'écoulement et diminution de la pointe résultant d'un réseau établi dans la partie du bassin la plus en aval ; c) Augmentation de la pointe associée à un réseau couvrant la partie du bassin la plus en amont. Issu de Payette S. et Rochefort L., 2013¹¹

9. Henine, H. Nédélec Y., Augeard B., Birgard F., Chaumont C., Ribstein P. et Kao C., 2010. Effect of pipe pressurization on the discharge of a tile drainage system. *Vadose Zone Journal*, 9:36. p. 42

10. Sloan B. P. Mantilla R., Basu N. B., Fonley M., 2017. Hydrologic impacts of subsurface drainage from the field to watershed scale. *Hydrological Processes*, 31 :17, pp. 3017-3028.

11. Payette S. et Rochefort L., 2013. *Ecologie des tourbières du Québec Labrador*, Presses de l'Université Laval, 644 p

Conséquences biogéochimiques

L'abaissement de la nappe diminue son contact avec les horizons organiques ou organo-minéraux, qui sont les plus actifs au niveau bactérien. Or la majorité des processus biogéochimiques réalisés par les zones humides résultent justement d'un fonctionnement bactérien atypique, permis par les conditions anoxiques des horizons saturés en eau. L'abaissement du niveau d'engorgement engendre donc une diminution globale des processus épuratoires, exacerbée par des vitesses de circulation accrues. Il est à noter que les fossés, notamment lorsqu'ils sont enherbés, présentent des capacités auto-épuratoires supérieures à celle des réseaux enterrés¹².

Les fossés et collecteurs de drains se jettent souvent directement dans le cours d'eau. L'eau évacuée par leur biais, dans des contextes intensifs, peut être chargée en nitrates et produits phytosanitaires issus de la lixiviation des parcelles. Il est ainsi estimé que le drainage enterré entraîne l'export en moyenne de 20 % de la fertilisation annuelle appliquée aux parcelles de grande culture conduites de façon conventionnelle¹³.

L'abaissement du niveau de la nappe s'accompagne également d'une oxydation du stock de matière organique du sol entraînant son appauvrissement par minéralisation, la diminution de sa capacité à stocker l'eau et une remise en circulation dans l'atmosphère du carbone stocké. Ces processus sont amplifiés par la mise en culture. En effet, le labour accroît la déstructuration des sols et l'oxydation de

la matière organique qu'ils contiennent. Il accélère le processus déjà enclenché par l'abaissement de la nappe, avec pour conséquence une augmentation du déstockage du carbone et sa libération sous forme de CO₂, la perte de capacité des sols à retenir les nutriments (destruction du complexe argilo-humique) et l'eau (baisse de la micro-porosité du sol). Le labour augmente le risque d'érosion des sols en interculture, et les transferts de sédiments et de molécules adsorbées comme le phosphore sont particulièrement accrus par la présence de fossés, en particulier lorsqu'ils ne sont pas bordés d'une zone tampon enherbée.

Si la présence de drains évite une partie des phénomènes d'érosion en permettant une infiltration accrue de l'eau pluviale en période de drainage actif (parcelle non saturée), limitant ainsi le transport de sédiment lié à un fort ruissellement, elle entraîne aussi, en période d'amorce de drainage en particulier, un transport de particules fines vers l'aval à travers les drains enterrés. Le transport des sédiments dans les fossés de drainage peut aussi être important en période de fortes précipitations en particulier en l'absence de bande tampon enherbée.

En période hivernale, le réseau de drainage des zones humides planes (plaines alluviales, plateaux, etc.) peut se retrouver ennoyé du fait de la remontée du toit de nappe perdant ainsi son efficacité. Durant ces périodes, les processus biogéochimiques propres aux zones humides peuvent reprendre plus ou moins efficacement.



Transport de sédiments via un réseau de drainage enterré lors de l'amorce du drainage

12. Catalogne C., Le Hénaff G. (coord.), 2016. *Guide d'aide à l'implantation des zones tampons pour l'atténuation des transferts de contaminants d'origine agricole*. Élaboré dans le cadre du groupe technique Zones tampons. Agence française pour la biodiversité, collection Guides et protocoles, 64 p

13. Tournebise J., Arlot M.-P., Billy C., Birgand F., Gillet J. P., Dutertre A., 2008. Quantification et maîtrise des flux de nitrates : de la parcelle drainée au bassin versant. *Ingénieries eau-agriculture-territoires, spécial Azote, phosphore et pesticides. Stratégies et perspectives de réduction des flux*, pp.5-25.

Conséquences sur la biodiversité

La modification du niveau de la nappe, et plus particulièrement de l'hydropériode*, entraîne une modification des communautés végétales, animales, bactériennes et fongiques présentes sur le site, chacune réagissant selon ses seuils de tolérance à l'hydromorphie du sol.

L'export de sédiment, facilité par les drains et fossés, contribue à colmater les cours d'eau entraînant une perte d'habitats favorables à certaines espèces aquatiques, et transporte des molécules adsorbées, notamment des phytosanitaires, pouvant être nocives pour les organismes vivants.

Les nitrates et le phosphore, exportés en plus grande quantité sous l'effet du drainage, entraînent également des phénomènes d'eutrophisation, ce qui déséquilibre le fonctionnement écologique du milieu.

Niveau de réversibilité

Les suivis d'opérations de neutralisation de drainage réalisées dans le cadre du Réseau sur la restauration des zones humides de Bretagne (Voir les retours d'expériences de Coat Carriou et Roc'h Plat) mais aussi ailleurs¹⁴ montrent une réponse immédiate du niveau de nappe, qui remonte de façon plus ou moins marquée et plus ou moins rapide selon la technique de neutralisation employée.

Si la neutralisation du réseau de drainage est efficace, la remontée de la nappe à son niveau d'avant altération peut se faire en quelques heures suite à l'opération de restauration.

Avec des méthodes de neutralisation semi-perméable, dont l'objectif est une neutralisation progressive par colmatage (écrasement de drains, fascinage de fossés, etc.), on observe une remontée progressive du niveau moyen de la nappe à mesure que le système se colmate.

Les opérations de neutralisation de drainage permettent de diminuer l'amplitude du battement de la nappe et augmentent notamment son niveau en période sèche.

Cependant, l'abaissement prolongé du toit de nappe peut avoir fortement altéré les propriétés physiques

et physicochimiques du sol avec des conséquences parfois irréversibles. Les effets sont différents en fonction de la nature du sol et en particulier des pratiques agricoles associées.

- **Pour les zones humides drainées et cultivées**, hors tourbières, on observe un appauvrissement en matière organique qui peut être important, et qui, en particulier s'il a été accompagné de l'usage de phytosanitaires, peut ralentir voire inhiber la reprise de la végétation cible. Par ailleurs, le tassement lié à l'utilisation d'engins agricoles ou du fait d'un pâturage intensif, peut induire des modifications irréversibles de la structure du sol par compaction notamment une diminution de sa macroporosité, qui entraîne une augmentation de la densité apparente* et donc une diminution de la capacité de stockage de l'eau et de la conductivité hydraulique¹⁵.

- **Dans les histosols**, la minéralisation de la matière organique libère des minéraux, entraîne un tassement du sol et inhibe l'installation des espèces les plus oligotrophes.

La remise en eau de zones humides drainées peut entraîner des modifications biogéochimiques importantes, étroitement liés aux cycles du fer et du soufre. L'état de réduction de ces deux éléments conditionne la capacité du sol à retenir ou restituer des orthophosphates, responsables à de fortes concentrations dans le milieu, de phénomènes d'eutrophisation. En effet, la réduction du fer ferreux puis des sulfates en conditions de plus en plus anoxiques entraîne un relargage des orthophosphates qui s'y lient en condition anoxiques et notamment lorsque le sol est drainé. La quantité d'orthophosphates pouvant être relâchée dépend de la quantité accumulée, mais également du pH du sol et de la concentration en cation échangeables* ou en nitrates¹⁶. En effet un pH bas favorise la réduction du fer alors que de fortes concentrations en cations échangeables* ou en nitrates la ralentiront. Or, l'assèchement prolongé par drainage peut provoquer une acidification du milieu, du fait de l'oxydation de la matière organique⁴, qui n'est pas réversible à court terme lors de la restauration.

14. Vidon P. & Smith A. P., 2008. Assessing the influence of drainage pipe removal on wetland hydrology restoration: a case study. *Ecological restoration* 26:1. Pp 33-43 et Fiche de retour d'expérience *Suppression du drainage de la zone humide du Castagné*. Centre de ressource Génie Écologique.

15. Practice Perrow M. R., Davey A. J. (Eds.), 2002. *Handbook of ecological restoration Vol2 restoration*. Cambridge University Press. 599 p.

16. Lucassen E., Smolders A., Lamers L., Roelofs J., 2005. Water table fluctuations and groundwater supply are important in preventing phosphate-eutrophication in sulphate-rich fens: Consequences for wetland restoration. *Plant and Soil* 269: 109–115. Lamers L. P. M., Smolders A.J.P., Roelofs J. G. M., 2002. The restoration of fens in the Netherlands. *Hydrobiologia*. 478: 107-130. Holden J., Chapman P.J., Labadz J.C., 2004. Artificial drainage of peatlands: hydrological and hydrochemical process and wetland restoration. *Progress in Physical Geography* 28-1: 95–123.

Objectifs des travaux de neutralisation de drainage

Les objectifs des travaux de neutralisation de drainage sont de :

- Faire **remonter le niveau de la nappe de manière prolongée** au moins une partie de l'année à moins de 50 cm de la surface du sol et à un niveau et une fréquence de saturation compatibles avec le développement de l'écosystème cible ;
- Restaurer une hydropériode favorable au fonctionnement de la zone humide et du cours d'eau ;
- Recouvrer les processus biogéochimiques observés en zone humide, favorables à une bonne qualité de l'eau ;
- Restaurer l'expression d'une biodiversité de zone humide ;
- Accompagner la restauration de l'hydromorphologie du cours d'eau ;
- Dans certains contextes, augmenter l'infiltration de l'eau en profondeur et la recharge de la nappe.

Les paysages dans lesquels se trouvent les grandes surfaces drainées ont généralement été profondément modifiés pour faciliter l'exploitation agricole, notamment lors du remembrement. Le grand cycle de l'eau y est souvent très altéré en raison de la combinaison de plusieurs facteurs : suppression des haies, drainage des parcelles et rectification des cours d'eau. Dans les projets de neutralisation de drainage, une attention particulière devra être portée à une approche intégrée de la restauration, visant à ralentir l'eau au niveau de ces différents compartiments et non pas uniquement au niveau de la parcelle drainée.





ÉLÉMENTS DE DIAGNOSTIC SPÉCIFIQUES AUX ZONES HUMIDES DRAINÉES

Le diagnostic avant travaux pourra suivre la méthodologie proposée dans le Carnet de méthodologie de projet « Diagnostic de la zone humide à restaurer ».
Cependant, certains points spécifiques, précisés ci-après, nécessitent une attention particulière dans le cas de parcelles drainées, que ce soit par du drainage enterré ou des fossés.

Identifier la nature et le fonctionnement du drainage en place

Objectif(s) du drainage

Le drainage peut avoir été mis en place pour différentes raisons qui doivent être investiguées :

- Drainage d'une zone de plateau pour éviter la stagnation de l'eau entraînant la présence de zones humides perchées ;
- Drainage de sols hydromorphes en pente et/ou

fond de vallée, de tourbières ou de marais, pour faciliter l'évacuation de l'eau et abaisser le niveau général de la nappe.

- Assèchement de mouillères par captage d'une source ou drainage d'une zone de résurgence ;

Des échanges avec le propriétaire, les anciens propriétaires ou avec des personnes âgées habitant à proximité du site, peuvent donner des indications précieuses sur le drainage mis en place mais aussi sur le fonctionnement du site avant son installation. Ils sauront facilement localiser les parties du site qu'il était possible de labourer ou dans lesquelles il était impossible de passer avec un tracteur, dans lesquelles les vaches s'embourbaient, etc. Autant de pistes pouvant aider au diagnostic, à visualiser le potentiel de restauration et orienter les travaux à mettre en place.

Si ce n'est pas le cas, une analyse de photographies anciennes peut donner des pistes, en permettant de repérer l'étendue de la zone humide avant drainage (voir également le carnet de méthodologie de projet Diagnostic d'une zone humide à restaurer).

Des sondages pédologiques peuvent également permettre dans certains cas de donner des indications intéressantes pour cette analyse. La présence de poches de tourbe dans une parcelle ne présentant pas un horizon histique* par ailleurs, la profondeur et la nature des traces d'hydromorphie (même fossiles), l'hétérogénéité des profils peuvent par exemple donner des indications sur le niveau de saturation de la parcelle avant drainage, les circulations préférentielles d'eau, les zones de stagnation...



Points d'attention

Avant de se lancer dans une opération de neutralisation de drainage ayant pour objectif de restaurer une zone humide, il est important de vérifier que la parcelle était bien humide avant la mise en place du drainage. Comme mentionné précédemment, certaines parcelles à terre « lourde », sans être des zones humides, ont été drainées pour faciliter leur

mise en culture. La neutralisation du drainage sur ces parcelles, même si elle s'avère positive en termes d'infiltration de l'eau et de recharge de la nappe, ne pourra pas aboutir à la restauration directe de zones humides. Le carnet de Méthodologie de projet « Diagnostique d'une zone humide à restaurer » propose des pistes pour repérer les zones humides historiques.

Étendue et densité du drainage

Souvent en lien avec la raison de la mise en place du drainage, la densité et l'étendue du réseau doivent être étudiées. Le site à restaurer est-il drainé sur sa totalité ? Quelle est la densité (espacement) des drains ?

Il conviendra également de vérifier si le système de drainage englobe ou non un ou des cours d'eau de rang 0 ou 1. En effet, en tête de bassin versant, il n'est pas rare que le collecteur des drains soit mis en place à l'emplacement du cours d'eau, qui se retrouve de fait enterré.

Un outil d'évaluation de l'impact du drainage sur la zone humide est en cours de développement dans le cadre d'un partenariat entre l'OFB et l'INRAE et devrait être disponible prochainement. Il permettra d'évaluer la surface de la zone humide impactée par le drainage en place.

Lorsqu'il n'est pas connu, l'espacement théorique des drains enterrés peut être estimé en utilisant les abaques des entreprises de drainage agricole qui calculent l'espacement des drains en fonction des caractéristiques pédoclimatiques du site.

TYPES DE SOLS	ÉCARTEMENT
Sols argileux compacts	10 à 15 m
Sols limoneux	15 à 20 m
Sols sableux	20 à 35 m
Sols tourbeux	30 à 50 m

Tableau 1 - Écartement courant des drains enterrés selon le type de sols (d'après Soutter et al., 2007¹⁷).

Nature et ancienneté du drainage

La nature des drains est à déterminer, fossé ou enterré, souvent en lien avec l'ancienneté du système et le type de zone humide.

Les drains enterrés les plus anciens sont en général en poterie ou ardoise, les plus récents en tubes PVC. Ils sont souples dans les parcelles agricoles et peuvent être rigides pour le drainage de parcelles urbanisées. La présence d'un lit drainant sous les drains, même s'il est rare, est à vérifier.

Le réseau de drainage enterré peut avoir été mis en place de façon artisanale par l'exploitant agricole lui-même ou par l'intermédiaire de structures spécialisées. Les systèmes « artisanaux » mis en place sans la connaissance fine des techniques de drainage peuvent s'avérer dans les faits inefficaces.

Mode de fonctionnement du drainage

Il est également recommandé de vérifier s'il s'agit exclusivement d'un système drainage gravitaire ou si un ou des ouvrages de gestion hydraulique sont présents.

17. Soutter M., Mermoud A., Musy A., 2007. Ingénierie des eaux et du sol : Processus et aménagements. PPUR presses polytechniques. 249 p.

Dans ce cas, identifier et localiser les ouvrages complétant le système de drainage : pompes, bouches de décharges, buses sous des chemins, ouvrages hydrauliques...

Connexion du drainage à un cours d'eau

Il faut vérifier si le collecteur ou les drains se jettent directement dans le lit mineur du cours d'eau. Si oui, il est conseillé de mesurer à quelle cote par rapport au haut de berge.

Il peut également être intéressant de réaliser un profil en long du cours d'eau et une coupe de la vallée au droit du système de drainage pour vérifier si le lit a été surcreusé.

Continuité du système de drainage avec les parcelles voisines

Il est fortement recommandé de vérifier si les parcelles voisines du site sont également drainées et s'il y a un lien entre les réseaux : continuité des drains, collecteurs communs...

Il faut en effet pouvoir s'assurer qu'une neutralisation du drainage sur le site de restauration ne compromette pas les usages en place sur les parcelles voisines. Cela permet d'anticiper, si nécessaire, des opérations connexes pour les maintenir ou d'envisager une opération de restauration de plus grande envergure.

Étudier les propriétés physiques du site

Texture du sol

Identifier la texture du sol sur la partie du site à restaurer pour en évaluer la perméabilité. Cette dernière peut avoir une incidence sur l'efficacité de la neutralisation du drainage et orienter le choix de l'itinéraire technique.



Ressources utiles

- Pour analyser la texture du sol, utiliser par exemple le protocole disponible pages 125 et 126 de la Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides, version 2¹⁸.

Topographie

Il est important de connaître la topographie du site et notamment d'évaluer la pente de la parcelle car elle a une incidence sur l'itinéraire technique de neutralisation de drainage.

La topographie des parcelles alentours doit également être prise en compte afin d'anticiper une éventuelle remontée de nappe hors du site de restauration une fois le drainage neutralisé et d'éventuelles incidences sur les usages alentours.

En fond de vallée par exemple, il est probable que la remontée de la nappe suite à la neutralisation de drainage s'étende jusqu'à la rupture de pente avec le coteau (Figure 7). C'est en effet à ce niveau d'intersection entre le toit de nappe et le terrain naturel que celle-ci engorge le sol ou suinte naturellement en surface en période de saturation.

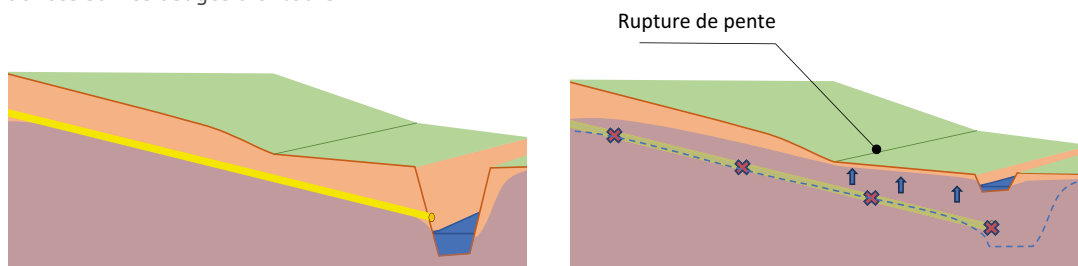
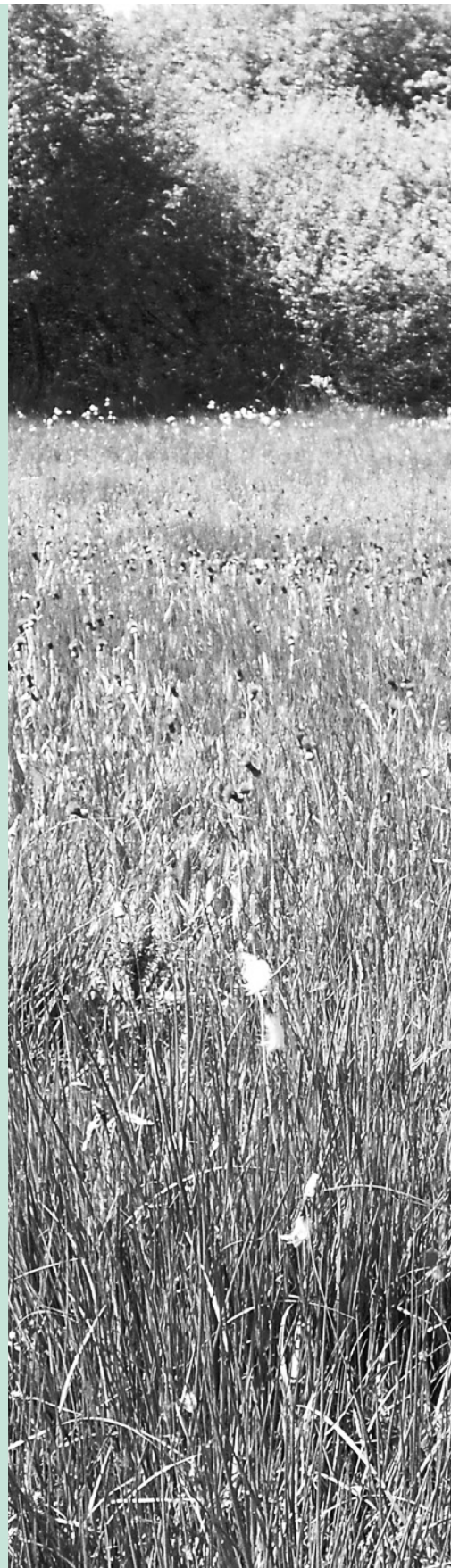


Figure 7 - Illustration théorique de la remontée de l'eau de nappe en période de charge hydraulique avant et après la neutralisation de drainage accompagnée d'une restauration du lit du cours d'eau



— NEUTRALISATION DE DRAINAGE ENTERRÉ

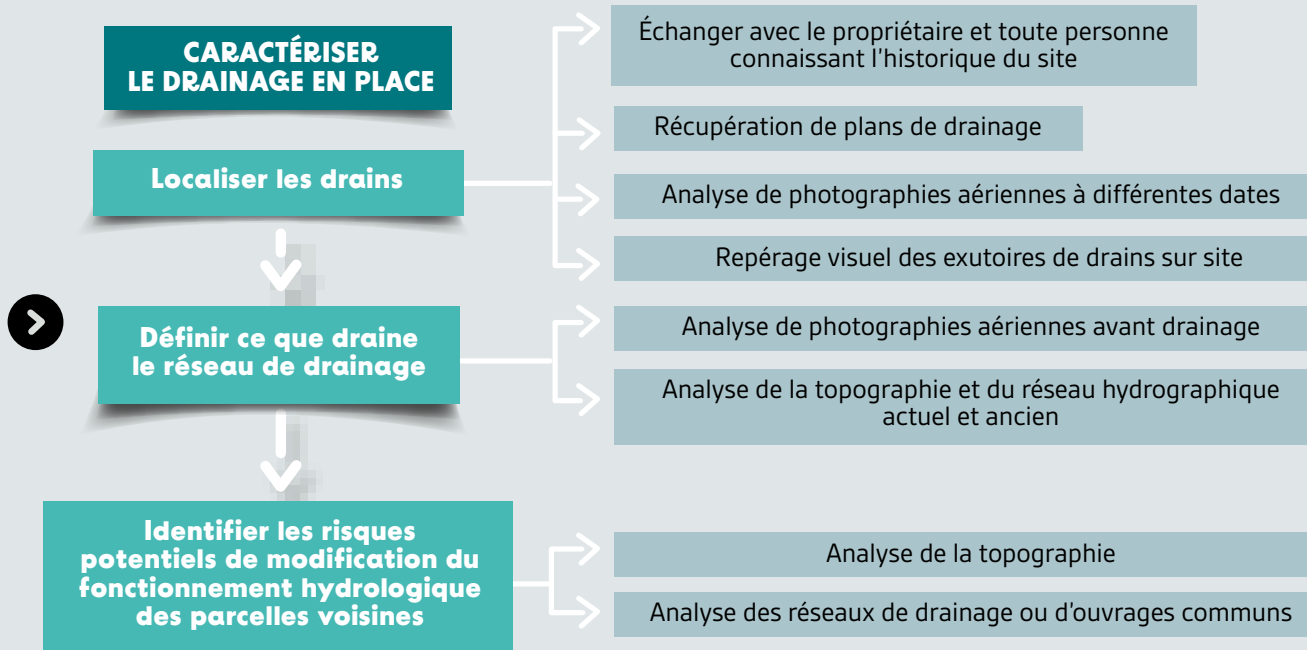
VOLET 1



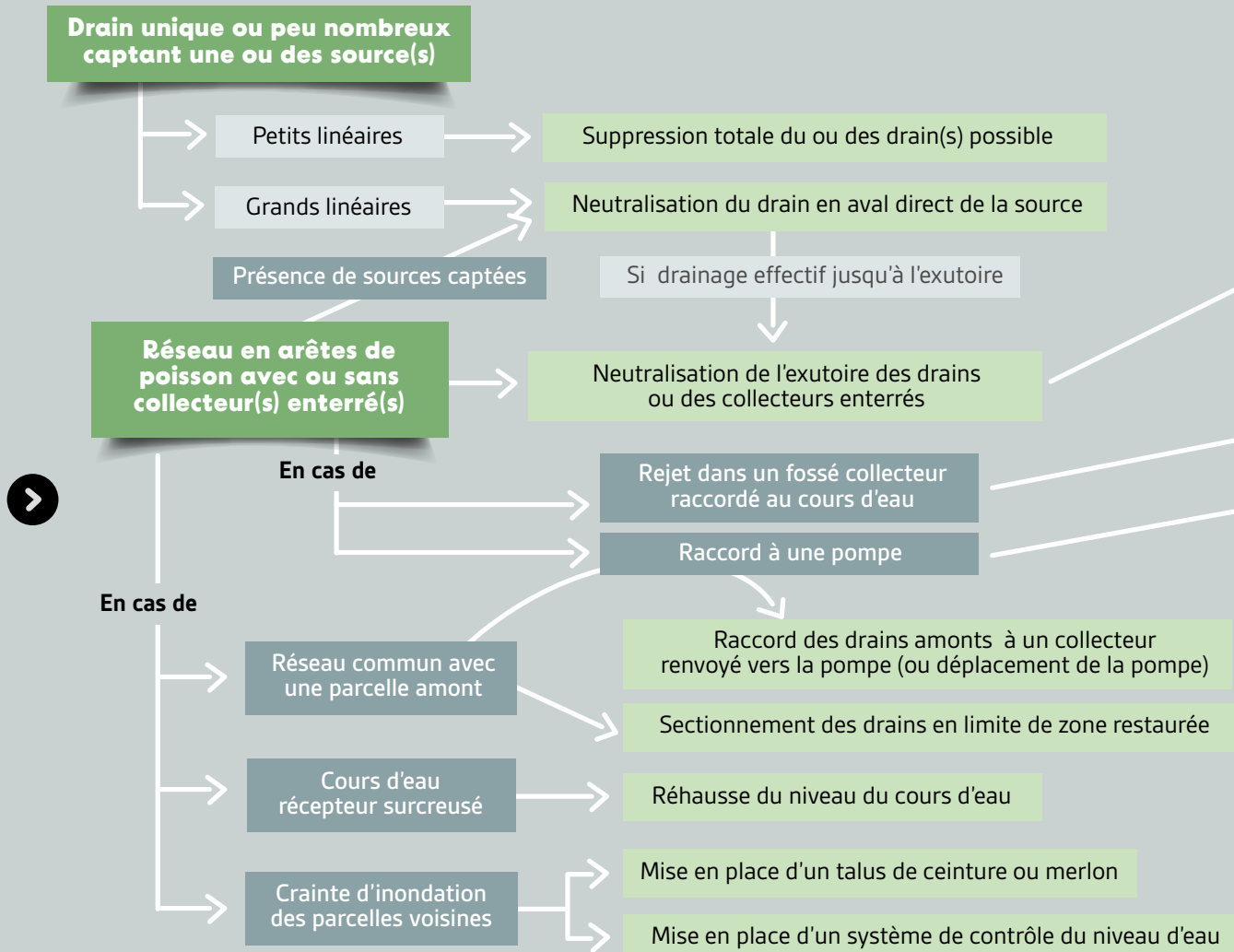
01

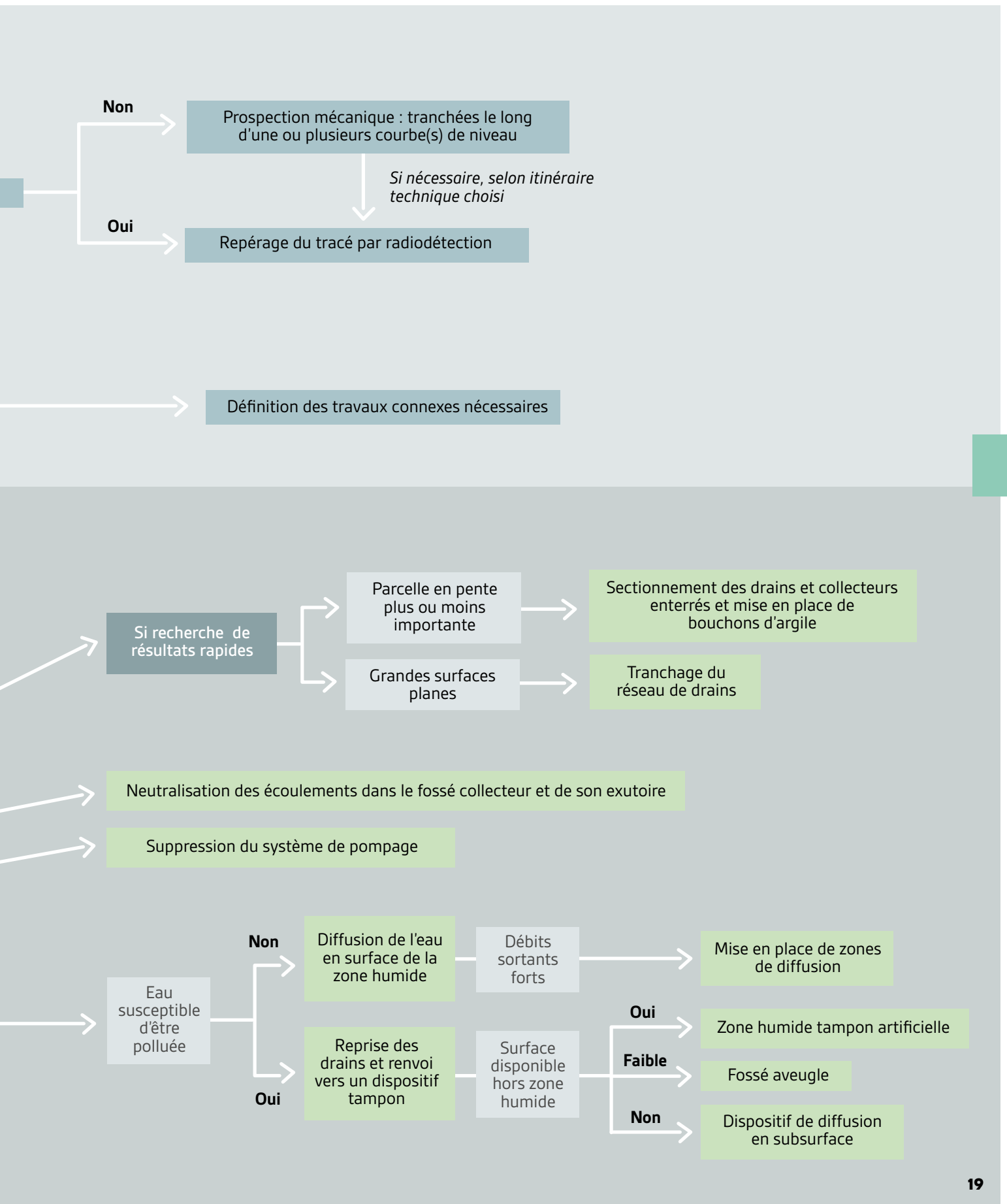
LES GRANDES ÉTAPES

PHASES AVANT TRAVAUX



PHASES TRAVAUX





02

PLANIFIER LES TRAVAUX

Localiser le réseau de drainage

Pour certains types de travaux, il est important de connaître le plus précisément possible l'emplacement du réseau de drainage enterré en place afin de bien planifier les opérations. Différentes sources d'information basées sur des plans ou photographies peuvent aider au repérage, avant d'aller sur le terrain.

Pré-localiser les drains

Il est possible de s'appuyer sur plusieurs sources de données pour localiser les drains enterrés :

- **Sur la base des plans détenus par l'agriculteur** (Illustration 1) ou son prédécesseur.

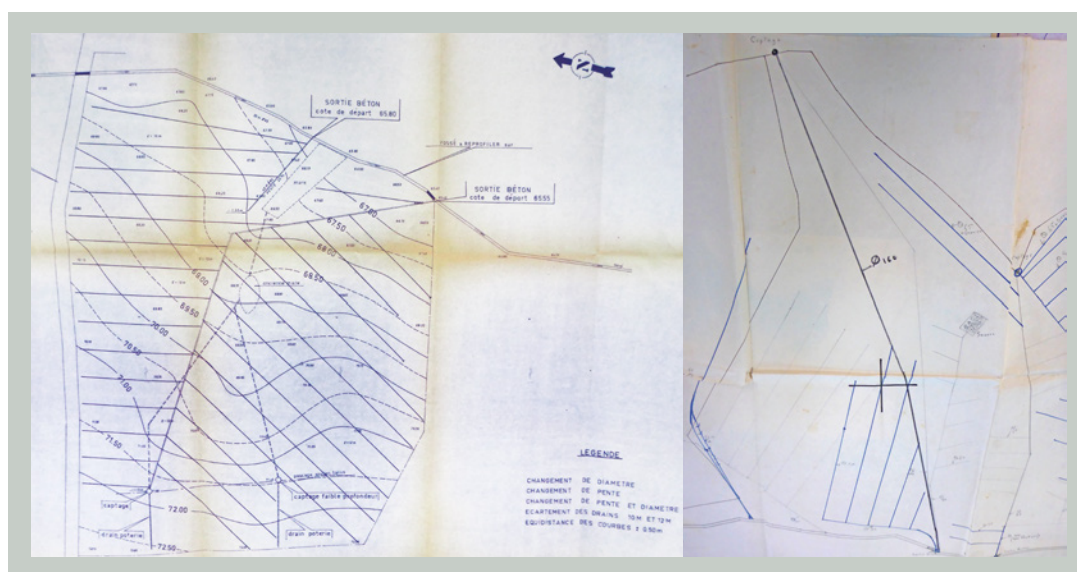


Illustration 1 - Exemples d'un plan de drainage réalisé par une coopérative départementale d'équipement agricole (à gauche) et un plan réalisé à la main par l'agriculteur lui-même (à droite) obtenus auprès du propriétaire d'une parcelle drainée.

- **A partir de la base de données sur le drainage du BRGM¹⁹**

Nouvellement constituée cette base de données n'est pour le moment renseignée que pour le bassin Seine-Normandie via le [site SIGES](#). Elle doit à terme centraliser les données de toute la France. Ainsi, les porteurs de projets qui obtiennent des données de drainage sont encouragés à les faire remonter au BRGM.

- **Sur la base d'archives de la DRAAF ou de la DDTM.**

Ces plans sont généralement compliqués à obtenir, car existants uniquement sous format papier et non centralisés. Il faut généralement se déplacer dans les services concernés et consulter les archives sur place. Les archives départementales répertorient également les plans de drainage de certains secteurs.



- **A partir de photos aériennes.** Les photos aériennes anciennes peuvent montrer des traces des travaux de mise en place du drainage (Illustration 2). La plupart des travaux de drainage ayant été réalisés à la fin des années 1970 ou dans les années 1980, une étude des photos aériennes de ces années est conseillée.

→ **Illustration 2** - Photo aérienne consécutive à des travaux de drainage montrant les tranchées nouvellement comblées après mise en place des drains qui semblent se jeter dans un cours d'eau rectifié au centre. Source : Site internet IGN Remonter le temps (1950-1965).

Cependant, des photos plus récentes peuvent également laisser apparaître le réseau de drainage du fait d'une croissance préférentielle de la végétation le long des drains les années humides ou inversement un défaut de croissance les années sèches, repérable par une modification de la couleur de la végétation le long des drains (Illustration 3).

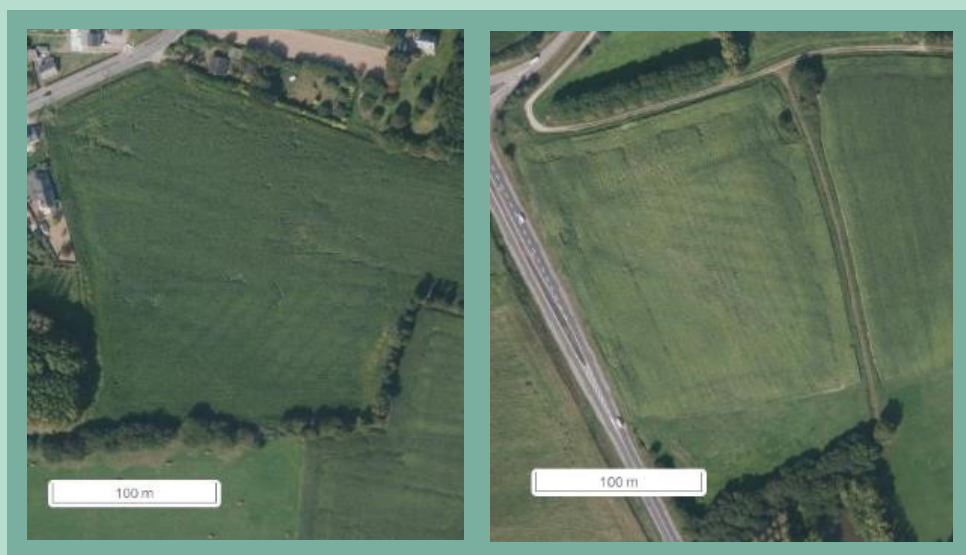


Illustration 3 - Exemples de photo aérienne montrant l'emplacement des drains enterrés par contraste de couleur dans la végétation. On note sur ces deux photos des lignes parallèles sombres indiquant la présence de drains enterrés. Source IGN remonter le temps (2023).



Points d'attention

Ne pas confondre les traces laissées par l'emplacement d'anciennes haies et le réseau de drainage (Illustration 4). Contrairement aux drains, les haies sont disposées d'une façon moins systématique en fonction de la pente et ont des formes moins régulières.



Illustration 4 - Exemple de photos montrant des parcelles où le changement de couleur de la végétation est dû à l'ancien emplacement des haies et non à un réseau de drainage. Photos IGN Remonter le temps, 2016 et 1950.

Repérer les sorties de drains sur le terrain

Prospection des berges

Sur le terrain, la première étape est de repérer les sorties de drains ou de collecteurs de drains le long du cours d'eau ou du fossé collecteur. Il est conseillé de piqueter les drains repérés et éventuellement de les géolocaliser pour faciliter les étapes suivantes.

Le repérage des sorties de drains peut être fastidieux notamment du fait de la végétation et le sera d'autant plus si le système de drainage est ancien. Les sorties de drains peuvent alors se retrouver plus ou moins enfouies dans le sédiment, surtout si les drains sont partiellement colmatés et que les débits de drainage sont faibles.

Le repérage est plus facile si la prospection est réalisée en fin d'hiver, lorsque les drains sont actifs et avant la croissance de la végétation des berges. Un débroussaillage peut néanmoins rester nécessaire au préalable.

Les drains actifs peuvent parfois se repérer à l'oreille, grâce au bruit de l'eau qui coule. Il est également possible d'observer des zones dépourvues de sédiments fins en bas de berge ou présentant une légère dépression, montrant la présence d'un écoulement concentré régulier et qui doit alerter sur la possible présence d'un drain enfouis dans la berge.



Exemples de sorties de drains plus ou moins facilement repérables selon leur nature et la présence d'ouvrage en dur. © OFB

Si la prospection des berges ne suffit pas

Si les drains se jettent dans un cours d'eau modifié et qu'il est prévu une opération de restauration telle que le reméandrage ou une remise en talweg, les drains, s'ils ne sont pas trop profonds, peuvent parfois être repérés lors de la création du nouveau tracé.

Si ce n'est pas le cas, il faut alors avoir recours à une méthode plus intrusive :

- **Pour des drains se jetant dans un cours d'eau** : Si les exutoires ne sont pas visibles (berges effondrées, sédimentation au-dessus des exutoires...), il est possible de creuser une tranchée parallèle au cours d'eau.

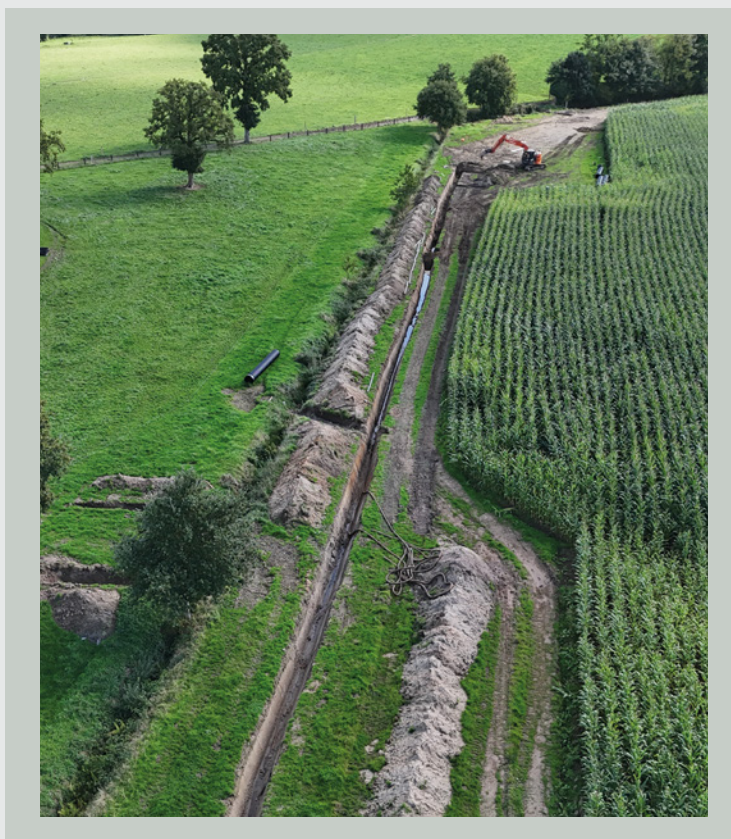
Attention cependant à s'éloigner suffisamment de la berge (minimum 5 m) pour ne pas risquer de la déstabiliser. Il faut également anticiper une éventuelle remontée de nappe dans la tranchée qui amènerait à devoir gérer des eaux potentiellement chargées en matières en suspension lors de son comblement.

- **Pour des drains se jetant dans un fossé collecteur** : curer les berges du fossé, sans l'approfondir, pour mettre à nu les exutoires.



Points d'attention

Utiliser un godet étroit pour limiter autant que possible l'impact sur le milieu et prendre soin de séparer et remettre les horizons du sol dans le bon ordre lors du recomblement.



Creusement d'une tranchée le long d'un cours d'eau rectifié afin de trouver les drains et, dans cet exemple, de les déconnecter du cours d'eau et les envoyer vers un bassin tampon. Opération menée par le Syndicat mixte de la Loisanche et de la Minette.

Déterminer le parcours des drains

Plusieurs méthodes plus ou moins impactantes peuvent être utilisées pour déterminer le parcours des drains. La méthode la plus adaptée dépend en partie de la taille de la parcelle et de la densité du réseau de drainage mais aussi de la méthode de neutralisation pressentie.

Prospection par radiodétection

Il est possible de repérer le parcours des drains par des techniques de radiodétection en utilisant des méthodes généralement mobilisées pour le repérage de canalisations. Une des méthodes consiste à passer une sonde avec un émetteur de signal (aiguille) dans les drains et de la suivre à l'aide d'un détecteur mobile placé en surface.

- 1 Passer l'aiguille dans le drain depuis l'exutoire et le faire remonter le plus loin possible en repérant son tracé à l'aide du récepteur placé à la surface du sol. Piqueter le tracé de façon régulière.
- 2 Lorsque l'aiguille bloque, marquer l'emplacement, sortir l'aiguille puis excaver une fosse à la pelle mécanique munie d'un godet jusqu'à mettre le drain à nu. Attention à bien séparer les horizons pédologiques lors de l'excavation et à les conserver pour le rebouchage.
- 3 Sectionner le drain ainsi découvert, y passer l'aiguille et lui faire suivre le drain jusqu'à rencontrer un nouveau point de blocage.
- 4 Renouveler l'opération autant de fois que nécessaire jusqu'à ce que l'ensemble du réseau de drainage ou a minima les collecteurs principaux aient été repérés.

Cette opération peut être concomitante avec la mise en place de bouchons sur les drains (voir page 29).



1 Repérage des exutoires de drains dans le collecteur (fossé ou cours d'eau)



2 Suivi du tracé de la ligne de drain par cheminement sous-terrain d'une sonde de passage avec émetteur de signal (appareil de radiodétection).



3 Excavation du sol au niveau du point de blocage de la sonde et réitération sur le tronçon suivant

Protocole utilisé pour le repérage des drains dans le cadre de la suppression du drainage de la zone humide du Castagné - Syndicat Mixte de la Dordogne Moyenne et de la Cère Aval (SMDMCA) © SMDMCA



MATÉRIEL

Sonde avec un émetteur de signal avec aiguille et détecteur.



COÛTS

Entre 250 et 400 € TTC de location par jour + coût de location de la pelle.



Suppression du drainage de la zone humide du Castagné

Prospection à la pelle mécanique

En dernier recours, lorsqu'il n'a pas été possible de repérer les exutoires, ou pour repérer des points intermédiaires dans la parcelle, il peut être nécessaire de réaliser une ou des tranchées traversant la parcelle afin de repérer le passage des drains.

La plupart des réseaux de drainage sont mis en place selon un schéma en arêtes de poisson, les drains se jetant dans un collecteur central. La méthode cherche en premier lieu à repérer les collecteurs principaux, qui sont en général plus ou moins perpendiculaires au cours d'eau ou fossé collecteur. Ainsi l'idéal est de réaliser une première tranchée perpendiculairement à la plus grande pente en suivant une courbe de niveau.

Le tracé des anciennes tranchées est parfois encore visible dans le sol (changement de texture et/ou de couleur) et peut guider le pelleteur dans la recherche des drains en place.

Il est ensuite possible de remonter en creusant le long du collecteur afin de repérer les départs des drains en arêtes de poisson, ou de réaliser une seconde tranchée plus haut dans la pente et d'extrapoler les tracés des drains ou collecteurs entre les deux tranchées.

Cette méthode peut être couplée à la première méthode de radiodétection, si une connaissance plus fine du réseau est souhaitée.

Un des inconvénients de cette méthode est l'instabilité du sol à l'emplacement des tranchées une fois recomblées, qui peut poser des soucis pour l'exploitation de la parcelle. Une attention particulière devra être portée lors du rebouchage pour éviter aux maximum ces effets négatifs.



MATÉRIEL

Pelle mécanique munie d'un godet de tranchée. Tonnage et largeur des chenilles doivent être adaptés à la portance du site. Les engins à chenilles et de faible tonnage sont moins susceptibles de tasser et compacter les sols humides.



COÛTS

Le coût en 2024 d'une journée de pelle variait entre environ 700 € HT pour une pelle 3 t et 950 € HT pour une pelle 20 t.

03

MODES OPÉRATOIRES

Plusieurs techniques de neutralisation du drainage enterré peuvent être employées selon la configuration de la parcelle, de sa taille et de la vitesse de restauration souhaitée. Certaines méthodes permettent une neutralisation plus efficace que d'autres ou sont plus ou moins intrusives vis-à-vis du milieu.

La modification du sol pouvant avoir des conséquences importantes sur le fonctionnement hydrologique de la zone humide, il convient dans tous les cas d'essayer de choisir les méthodes d'intervention les moins intrusives possibles. Le souhait du porteur du projet de supprimer la source de pollution plastique liée à la présence des drains est également à prendre en considération.

Comportement de l'eau dans un système de drainage colmaté

Dans un système de drains enterrés, le colmatage localisé d'un drain entraîne sa mise en charge, c'est-à-dire son remplissage, du fait du rétrécissement de la section par le colmatage et de la diminution du débit de fuite.

Lorsque le réseau de drains en amont du colmatage est encore actif, l'apport d'eau depuis l'amont se poursuit mais ne peut plus s'écouler dans le drain colmaté. L'eau s'accumule dans le sol puis, une fois celui-ci saturé, est forcée vers la surface et crée une résurgence (zone de refoulement) à l'interception entre le toit de nappe et la surface du sol (voir également Figure 10).

La saturation en eau localisée du sol ou des écoulements localisés en surface peuvent ainsi être des signes de colmatage des drains en place.

MODE OPÉRAIRE 1

NEUTRALISATION DE L'EXUTOIRE



PRINCIPE

Neutraliser l'exutoire des drains et laisser le système se colmater.



APPLICATION

À privilégier sur les parcelles planes. Peut s'utiliser sur les parcelles en pente s'il n'y a pas de contraintes de temps à la restauration hydrologique du milieu.



MISE EN ŒUVRE

→ Méthodes d'obturation

- Écrasement de l'exutoire

La neutralisation de l'exutoire peut être réalisée par simple écrasement sur des drains unitaires présentant des faibles débits.

- Mise en place d'un obturateur

Sur des drains de faible section et faible débit, la mise en place d'un bouchon, de type bouchon à vis en PVC couplé à un manchon peut être suffisant. Il est nécessaire d'encoller le manchon.

Si les débits sont importants les bouchons risquent de sauter sous l'effet de la pression et il convient d'utiliser des dispositifs plus robustes. Différents systèmes employés pour les réseaux d'eaux usées ou dans la gestion des eaux pluviales peuvent être choisis : obturateurs de canalisation (tampons obturateurs, obturateurs coniques...), tampons de visites, vannes de sectionnement, etc. Ces dispositifs sont à privilégier pour les collecteurs.

Sur des collecteurs de section importante ou à fort débit, il faudra considérer un système plus robuste tel qu'un batardeau ou un ouvrage en béton coulé autour de l'exutoire. Il faut cependant s'assurer de l'absence de risque d'affouillement et d'érosion autour de ce point dur. Ces ouvrages pourront être supprimés au besoin, une fois la neutralisation du réseau par colmatage effective.

• Colmatage des exutoires

Parmi les techniques pouvant être utilisées, le colmatage par ciment hydraulique à prise rapide et sans additif ou en utilisant une mousse expansive polyuréthane de qualité eau potable, inerte une fois figée, semblent être les meilleures pistes²⁰. La quantité de produit et la distance d'obturation doivent être adaptées selon la section des drains et du débit.

La mise en place de dispositifs amovibles peut être un avantage dans le cas où le maître d'ouvrage souhaite tester l'effet de la neutralisation du drainage sur la parcelle et les alentours avant de rendre l'opération définitive, notamment pour rassurer les parties prenantes.

Cas particulier

Pour des systèmes de drainage couplés à des pompes, généralement utilisés en marais, la suppression de la pompe peut être suffisante pour neutraliser le drainage.



Suppression partielle du réseau de drainage – Zone d'emprunt et de compensation - CD Charentes Maritime

→ Efficacité de la neutralisation de l'exutoire sur la remontée du niveau de nappe en fonction de la pente

Quelle que soit la pente, le fait de boucher l'exutoire des drains ou des collecteurs peut suffire, à termes, à neutraliser l'effet drainant du réseau de drainage. En effet, l'absence d'écoulement dans le réseau entraîne la formation de bouchons par accumulation de sédiments, de débris végétaux et de racines, qui finissent par empêcher l'écoulement de l'eau. À termes le réseau peut être totalement colmaté.

La neutralisation de l'exutoire des drains sur les parcelles planes, entraîne la mise en charge de l'ensemble du réseau de drainage et aboutit à une remontée générale du niveau de la nappe. Le colmatage total du réseau de drains est relativement rapide à partir du moment où il n'y a plus d'écoulement.

Lorsque la parcelle est en pente, la neutralisation complète des écoulements peut prendre du temps.

En effet, suite à la neutralisation de l'exutoire, le réseau de drains se met en charge jusqu'à un niveau défini par la pente et crée des zones de refoulement. Un bouchon se crée dans les drains à l'aval immédiat de chaque point de refoulement du fait de l'accumulation de matériaux dans la partie où l'eau ne circule plus. Le phénomène de neutralisation des écoulements s'étend alors vers l'amont (Figure 8). Ce processus se répète de part en part à mesure que les écoulements sont neutralisés sous l'effet des nouveaux colmatages. La vitesse de neutralisation totale du réseau dépend alors de la pente, de la quantité d'eau à s'écouler et de la nature du sol dont les particules vont colmater plus ou moins rapidement les drains.

20. Finocchiaro R. G. et al. 2016. A novel, non-removal method for closing drainage tile for ecological restoration. *Ecological Restoration* 34-4. Pp. 273-276.

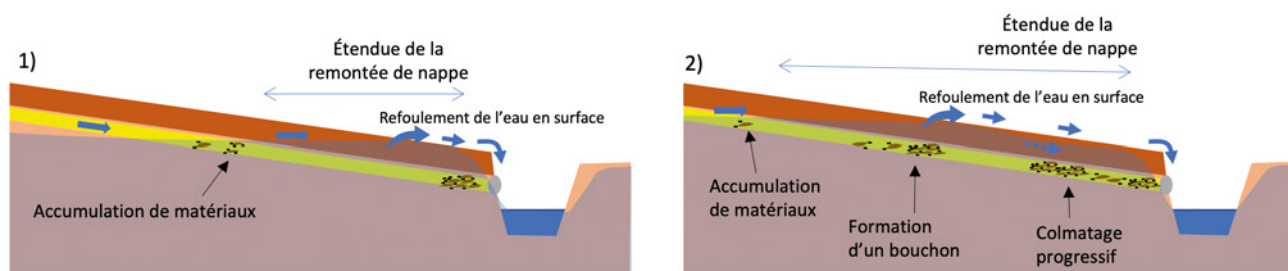


Figure 8 - Illustration du phénomène de colmatage progressif des drains après neutralisation de l'exutoire et de l'apparition de zones de reflux.

Le colmatage des drains peut également être favorisé par la présence d'arbres à proximité immédiate du drain. Leurs racines, plus profondes que celles des herbacées, vont se développer facilement dans les drains où elles rencontrent moins de résistance physique, et vont accélérer le comblement.

Remarque

Cette méthode, par simple neutralisation de l'exutoire, très peu onéreuse et sans impact sur le milieu (à l'exception de la pollution par le plastique des drains, commune à la plupart des méthodes), est à privilégier lorsqu'il est acceptable, au vu des enjeux du projet, de laisser le temps au système de drainage de se colmater.



Exemples de bouchons pouvant être utilisés pour neutraliser les exutoires de drains.
Le bouchon de gauche est constitué d'un manchon avec bouchon encastable en PVC utilisé pour les réseaux d'eau usées. Il est maintenu par un piquet en bois. L'idéal est un bouchon à vis, qui ne sera pas délogé par la pression de l'eau. Le bouchon encastable (photo de droite) ne peut être utilisé que sur des drains à très faible débits.



AVANTAGES

- Méthode rapide et dont l'efficacité a été démontrée sur les terrains plats.
- Nécessite très peu de moyens techniques et financiers.
- Évite de déstructurer le sol de la zone humide.



INCONVÉNIENTS

- La neutralisation peut prendre plusieurs années sur des terrains en pente : maintien d'un axe d'écoulement préférentiel de l'eau jusqu'au colmatage complet du drain.
- La majeure partie des drains est laissée en place, entraînant une pollution du sol par le plastique.



COÛTS

Les coûts sont très variables en fonction de la solution retenue et des fournisseurs. Quelques exemples de fournitures sont donnés à titre indicatif, auxquels il faut ajouter le coût d'intervention.

- Tampon de visite avec manchon Ø 100 mm : 10-15 €/pièce
- Vannes : 60-150 €/pièce
- Obturateurs mécaniques : 50-80 €/pièce
- Mortier à prise rapide : 10-30 € pour 10 kg soit environ 25 l de produit fini
- Mousse expansive : 15-65 € pour 10 l de produit fini

MODE OPÉRATOIRE 2

NEUTRALISATION DES DRAINS PAR SECTIONNEMENT ET MISE EN PLACE DE BOUCHONS D'ARGILE



PRINCIPE

Neutraliser le réseau en différents points afin d'obtenir une remontée homogène et immédiate du niveau de la nappe.



APPLICATION

Quelle que soit la taille de la parcelle. Particulièrement adapté aux parcelles avec de la pente



MISE EN ŒUVRE

- 1 Sur le tracé de drain préalablement repéré, réaliser des fosses en bas de parcelle, dans lesquelles sont supprimés les drains plastiques et s'il y a lieu, le lit drainant (Figure 9-2). Il est indispensable de s'éloigner de la berge du cours d'eau pour ne pas la déstabiliser, tout en étant suffisamment proche (5 m) pour neutraliser le drainage sur la plus grande surface possible.
- 2 Écraser les extrémités visibles des drains en entrée et sortie de la fosse.
- 3 Mettre en place un bouchon d'argile (voir chapitre Évaluer et réduire l'impact des travaux) de la largeur du trou d'excavation et haut d'au moins deux fois la hauteur du drain. Reboucher le reste de la fosse avec les matériaux d'origine, en faisant attention de respecter l'ordre des horizons du sol et leur densité. Si les matériaux locaux sont peu perméables (limons très fins à argiles), ceux-ci peuvent être utilisés pour réaliser les bouchons, en prenant soin de bien les tasser (Figure 9-3).
- 4 Dans la partie basse de la parcelle entre le dernier bouchon et le cours d'eau ou le fossé collecteur, boucher les exutoires afin d'éviter les écoulements à ce niveau (Figure 9-4).

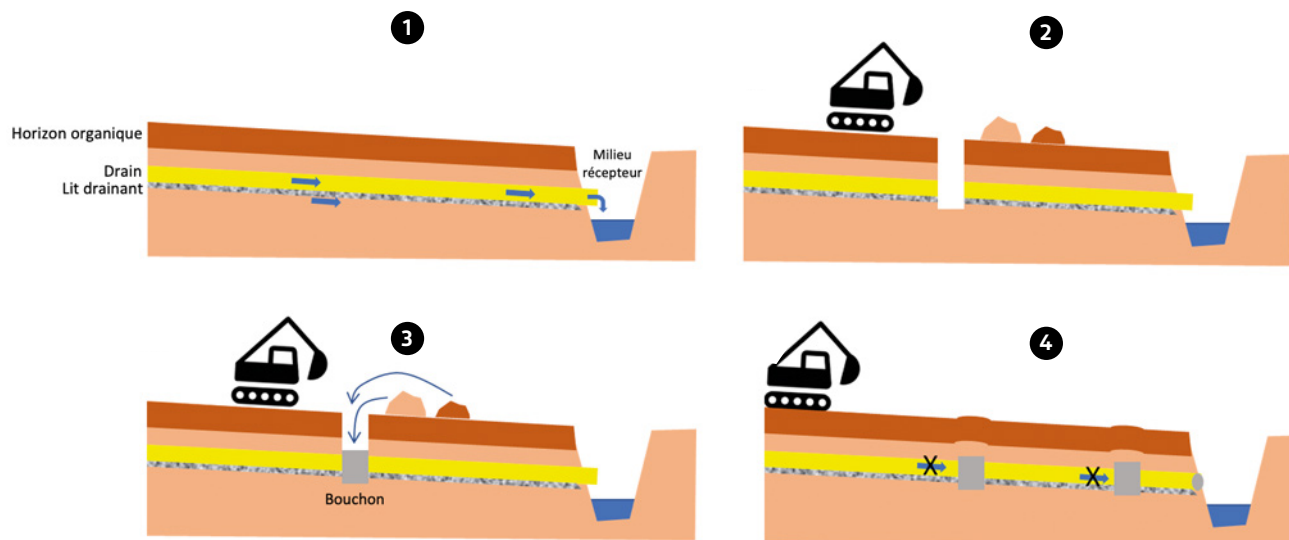


Figure 9 - Schéma de principe illustrant la mise en place de bouchons d'argile après sectionnement de drains

Si les écoulements sont très actifs dans le réseau de drains au moment des travaux, réaliser toutes les fosses puis commencer par mettre en place les bouchons à l'amont du système de drainage afin d'éviter l'accumulation d'eau en bas de parcelle.

Le nombre de bouchons à mettre en place dépend de la pente (Figures 10 et 11). La démultiplication des bouchons vise à éviter les phénomènes de refoulement de l'eau à l'amont de ceux-ci en limitant la quantité d'eau circulant entre deux bouchons (Figure 10). Des sols perméables, tels que des histosols (en surface) ou sols sableux peuvent également nécessiter la mise en place d'un nombre plus important de bouchons.

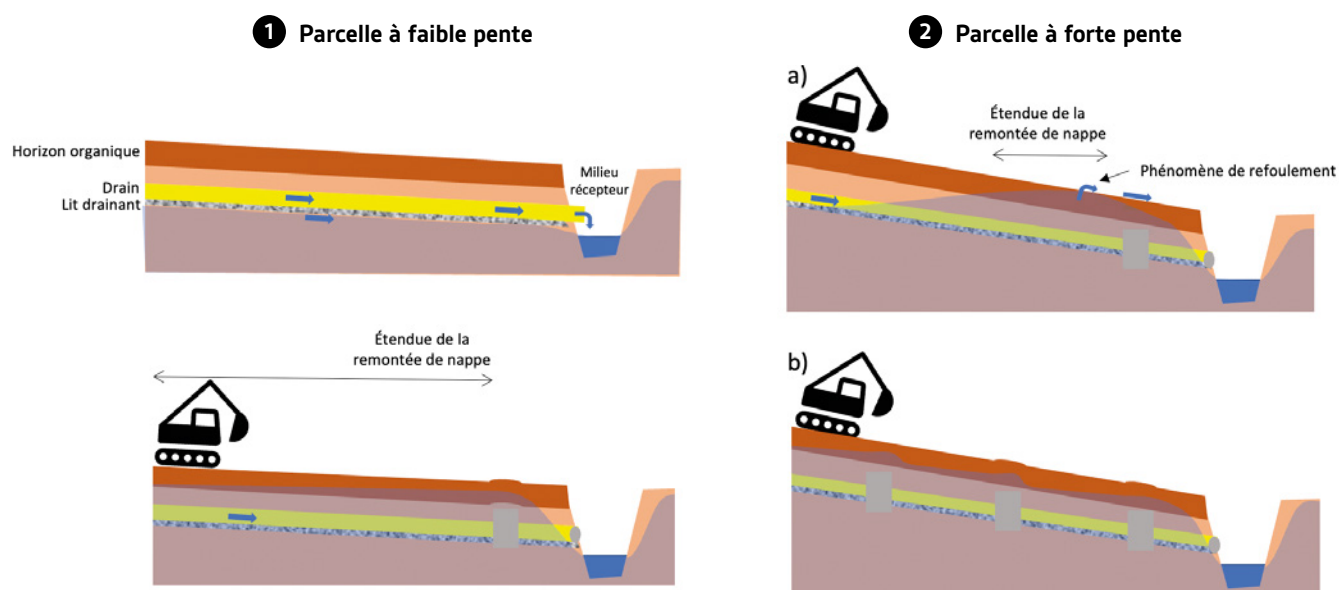


Figure 10 - Illustration de l'intérêt de multiplier les bouchons sur le système de drainage d'une zone humide en pente : Cas d'une parcelle plane (1) en comparaison au cas d'une parcelle en pente avec bouchon uniquement vers l'exutoire (2a) et avec multiplication des bouchons (2b)

© EMA

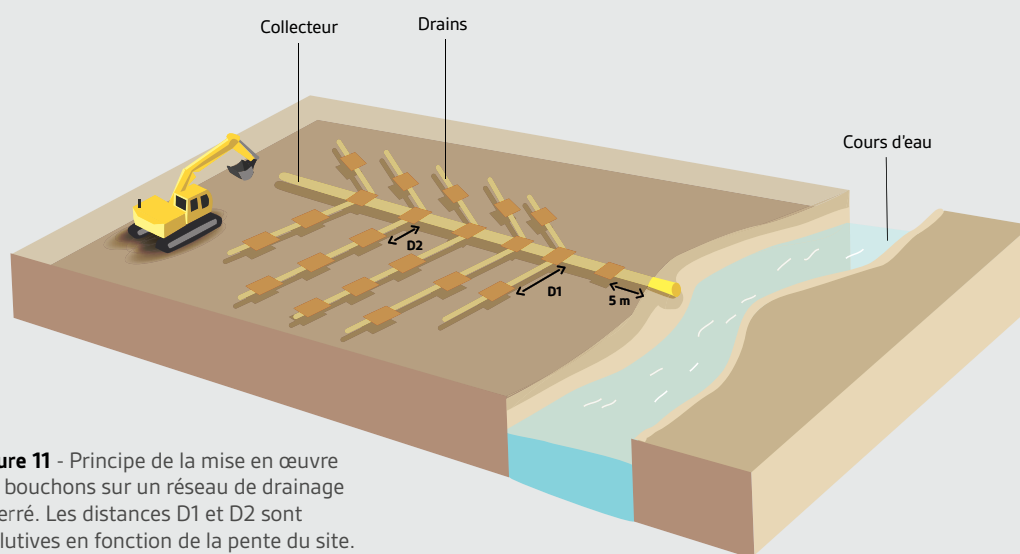


Figure 11 - Principe de la mise en œuvre des bouchons sur un réseau de drainage enterré. Les distances D1 et D2 sont évolutives en fonction de la pente du site.

À titre d'exemple, des bouchons ponctuels faisant la taille du trou d'excavation ont démontré leur efficacité sur la zone humide du Castagné²¹. Sur cette zone humide, les maîtres d'ouvrage ont placé un bouchon d'environ 1 m tous les 10 à 20 m le long des drains.

Par ailleurs, les consignes du guide de restauration des zones humides du Minnesota²² sont :

- Pour des pentes inférieures à 3-4 %, de faire un bouchon tous les 30 cm de différence d'altitude (Tableau 2). Ceci équivaut, pour une pente de 3 % à faire un bouchon environ tous les 10 m.
- Pour les pentes supérieures à 4 % la même méthode préconise un bouchon tous les 60 cm à 1 m 20 de dénivelé.

PENTE	DÉNIVELÉ ENTRE 2 BOUCHONS
Inférieure à 4 %	30 à 60 cm
Supérieur à 4 %	60 à 120 cm

Tableau 2 - Dénivelé préconisé entre deux bouchons selon la pente du drain²²

21. Fiche retour d'expérience *Suppression du drainage de la zone humide du Castagné*. Centre de ressource Génie Écologique.

22. MNBWSR, 2015. *Blocking Subsurface Drainage Tile. Technical Guidance Document WRG 4A-2. Minnesota Wetland Restoration Guide*.



AVANTAGES

- Méthode rapide dont l'efficacité a été démontrée.
- Si le tracé des drains est connu, évite de détruire le sol de la zone humide sur des grands linéaires.



INCONVÉNIENTS

- Nécessite de connaître précisément le tracé des drains pour obtenir un travail avec peu d'impact.
- La majeure partie des drains est laissée en place, entraînant une pollution par le plastique du sol.



COÛTS

11 220 € TTC en 2015 (Ce prix était faible par rapport au marché, il conviendrait d'y ajouter aujourd'hui 20 à 30 % de plus).



MOYENS HUMAINS ET MATÉRIELS

Exemple issu de la restauration de la zone humide du Castagné sur une surface de 7 ha.

Repérage des drains : ½ journée à 2 personnes - utilisation d'une sonde avec émetteur de signal

Fosses et comblement : Utilisation d'une minipelle 3,5 t sur chenille et d'un tracteur avec godet

1 personnes pendant 2,5 jours

Apports de matériaux : 5 m³ d'argile pour 65 excavations (environ tous les 20 m)



Suppression de drainage sur la zone humide du Castagné, Sousceyrac-en-Quercy (16)



Retour d'expérience Kergoniou

MODE OPÉRATOIRE 3

NEUTRALISATION DU DRAINAGE PAR ÉCRASEMENT DES DRAINS



PRINCIPE

Neutraliser le réseau en différents points afin d'obtenir une remontée homogène et immédiate du niveau de la nappe.



APPLICATION

Quelle que soit la taille de la parcelle.



MISE EN ŒUVRE

Cette technique suit le même processus que la méthode précédente, mais en écrasant simplement le drain et en rebouchant la fosse sans ap-

port de matériaux imperméable. Moins efficace que la méthode des bouchons, elle entraîne néanmoins, du fait de la réduction drastique des débits, un colmatage progressif des drains et leur neutralisation à moyen terme. Le simple écrasement conduit au maintien d'un flux préférentiel de l'eau le long du tracé du drain et ne permet pas de supprimer d'éventuels lits drainants. En tassant bien la terre lors du comblement de la fosse, il est possible de limiter le phénomène.

Cette technique est à envisager uniquement sur des sols peu perméables. Les précautions à prendre lors de l'excavation et au comblement des fosses restent les mêmes que décrites précédemment.

Par rapport à la méthode précédente :



AVANTAGES

- Pas d'apport de matériaux exogènes pour faire des bouchons et donc diminution du coût des travaux.



INCONVÉNIENTS

- Moins de garanties sur la neutralisation effective des écoulements.
- Technique non adaptée en présence d'un lit drainant sous les drains.



Retour d'expérience l'Ecotay

MODE OPÉRATOIRE 4

DÉSTRUCTURATION PAR TRANCHAGE DU RÉSEAU DE DRAINAGE



PRINCIPE

Déstructurer le réseau de drains pour réduire son effet drainant et accélérer son comblement.

Le passage d'une griffe de sous-solage est parfois indiqué en complément à la mise en place de bouchons pour déstructurer les drains en place.



APPLICATION

Grandes parcelles à faible pente.

Elle peut également être bénéfique sur les sites cultivés qui présentent un tassement du sol et notamment ceux où une semelle de labour est présente, afin de restaurer la connectivité verticale de la nappe.



Points d'attention

Cette méthode ne convient pas aux zones humides perchées d'origine naturelle, car elle risque de déstructurer l'horizon imperméable à l'origine de l'engorgement en eau des horizons superficiels du sol.



MISE EN ŒUVRE

Les drains sont sectionnés en passant un engin tranchant profond perpendiculairement au système de drainage. L'opération peut être répétée selon des lignes parallèles pour assurer la déstructuration du réseau sur la totalité de la parcelle (Figure 12).

Cette approche ne nécessite pas forcément de connaître au préalable le tracé du réseau de drainage. Il faut néanmoins connaître la profondeur des drains et en l'absence d'information, il peut être nécessaire de faire quelques fosses de prospection pour la mesurer.

Plusieurs types d'engins peuvent être utilisés et seront choisis en fonction de la profondeur du réseau de drainage. Les sous-soleuses classiques ont des griffes profondes de 40 à 80 cm et peuvent être utilisées sur des réseaux de drainage peu profonds. Cependant, le réseau de drainage est souvent installé à une profondeur de 80 cm ou plus. Les griffes de la sous-soleuse doivent donc être modifiées pour permettre une profondeur de coupe plus importante.

Sur du drainage plus profond, une dent de déroctage fine (ou dent ripper) peut également être envisagée. Il est possible de trouver des dents de 1,2 m.

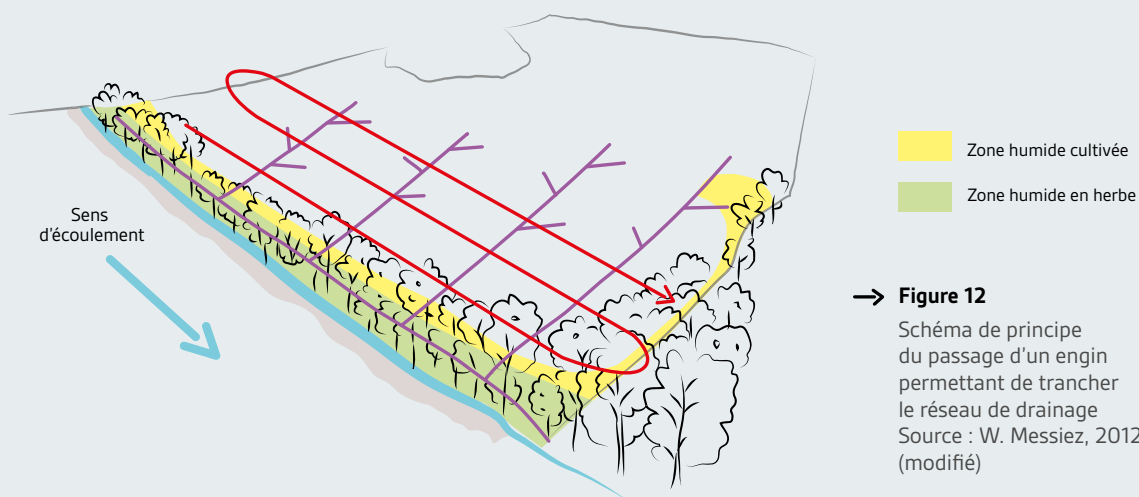
Les retours d'expériences, bien que peu documentés, semblent indiquer un ralentissement des écoulements mais pas leur neutralisation totale après utilisation d'une griffe sur un réseau de drainage. Il

semble cependant que cette technique améliore la situation et permette un colmatage progressif des drains. L'inconvénient de la méthode est l'absence de contrôle de l'efficacité du passage de l'engin puisque tout se fait à l'aveugle sous terre. Cette vérification peut néanmoins être réalisée en creusant une fosse de contrôle.



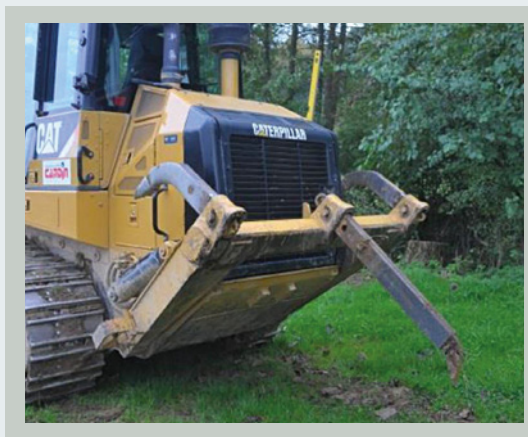
Points d'attention

Il est indispensable, en complément de cette méthode, de neutraliser les exutoires par la mise en place de bouchons étanches. En effet, il y a un risque important de maintien d'une circulation préférentielle après tranchage des drains. Le bouchage des exutoires permet de renforcer l'efficacité de la technique (voir mode opératoire 1).



→ **Figure 12**

Schéma de principe du passage d'un engin permettant de trancher le réseau de drainage
Source : W. Messiez, 2012 (modifié)



Exemple de griffe montée sur bulldozer © Dervenn (photo de gauche), © OFB (photo de droite)



AVANTAGES

- Rapide à mettre en œuvre.
- Déstructuration limitée du sol par rapport à l'excavation des drains (passages linéaires perpendiculaires à la pente).
- Permet également de restaurer la circulation de l'eau verticalement en présence d'une semelle de labour.
- Ne nécessite pas de connaître précisément le tracé des drains.
- Le réseau de drain reste en place, entraînant une pollution durable par le plastique.
- Risque de maintien d'une circulation préférentielle de l'eau le long des drains, même tranchés, en particulier en présence d'un lit drainant.
- Nécessité d'utiliser des engins lourds de type bulldozer, entraînant un risque de compactage du sol.



INCONVÉNIENTS

- Difficulté à estimer l'efficacité du processus du fait que l'opération est souterraine.



COÛTS

Il n'a pas été possible d'obtenir des coûts spécifiques à ces opérations.



[Retour d'expérience Bois Orcan](#)

MODE OPÉRATOIRE 5

SUPPRESSION COMPLÈTE DU RÉSEAU DE DRAINS



PRINCIPE

Enlever l'ensemble des drains présents dans le sol.



APPLICATION

Petits sites avec peu de drains en place, quelle que soit la pente.



MISE EN ŒUVRE

- **Technique recommandée**

- 1 Suivre le tracé des drains d'aval en amont depuis leur exutoire et les supprimer au fur et à mesure de leur mise à découvert. Une **pelle mécanique**

munie d'un godet peut être utilisée. Utiliser un godet étroit pour limiter l'impact sur le sol.

Réaliser un décapage progressif en séparant les horizons et arrêter le creusage dès le repérage des drains. Ceux-ci peuvent être supprimés dans leur totalité, ainsi que les éventuels lits drainants (couche de sable ou graviers) placés sous les drains.

- 2 Mettre en place des **bouchons d'argile** (sourcé le plus localement possible) à intervalles réguliers pour éviter les écoulements préférentiels dans la tranchée, avant de la refermer (voir le chapitre Évaluer et réduire l'impact potentiel du projet).
- 3 Reboucher la tranchée en remplaçant **les horizons de sol dans l'ordre** dans lequel ils ont été excavés et en respectant au mieux la densité du sol d'origine en tassant plus ou moins la terre remise en place.



Points d'attention

Anticiper le tassement dans le temps des matériaux de comblement. Dans ce but, ajouter si possible, environ 20 % de matériaux supplémentaires par rapport au volume de la tranchée, ce qui évitera l'apparition de rigoles.



AVANTAGES

- Permet d'éliminer le système de drainage dans son ensemble et d'éviter les pollutions par le plastique.
- Le repérage des drains et leur suppression se font de manière conjointe, évitant ainsi de multiplier les jours de présence et de location d'engins.



INCONVÉNIENTS

- Opération fastidieuse sur les grandes parcelles.
- Déstructure le sol et peut entraîner des écoulements préférentiels dans les tranchées réalisées pour enlever les drains. Ceci peut être évité en mettant en place des bouchons imperméables régulièrement répartis.
- La déstructuration du sol lors de la réalisation et du comblement des tranchées peut rendre le sol

instable et rendre difficile la circulation des engins agricoles, d'autant plus si des écoulements préférentiels persistent et saturent le sol en eau. Ce phénomène peut être atténué en prenant soin de compacter correctement les horizons pour revenir à des densités similaires au sol en place et en prévoyant un apport de terre complémentaire en prévision du tassement naturel pouvant intervenir par la suite.

• Technique alternative

Certains maitres d'ouvrage privilégient l'utilisation d'une **dent de déroctage** par rapport au godet. La dent trace un sillon dans le sol et arrache le drain sur son passage.

L'inconvénient de cette méthode tient au fait que la terre déplacée par la dent se mélange et ne peut donc pas être remise en respectant l'ordre des différents horizons du sol. Par ailleurs, elle ne permet pas de repérer ni d'enlever d'éventuelles couches drainantes sous les drains.

Enfin, la dent arrachant le drain peut laisser des fragments en place, sans que cela ne puisse facilement être vérifié.

Sur des sols peu perméables, le sillon peut, une fois comblé, maintenir un drainage préférentiel. La mise en place de bouchons pour éviter ce phénomène nécessite une excavation complémentaire au godet et donc un changement d'engin de travail.

Pour ces différentes raisons, **il paraît préférable de réaliser la suppression des drains à l'aide d'un godet trancheur** plutôt qu'une dent de déroctage, qui permettra un travail plus soigné et une meilleure reconstitution du sol en place.



→ Suppression de drains à l'aide d'une dent de déroctage : les horizons du sol sont mélangés au passage de la dent
© CD 35



COÛTS

Il n'a pas été possible d'obtenir des coûts spécifiques à ces opérations, mais il est possible de les estimer sur la base de la location des engins, qui était en 2024 d'environ 700 € HT/jour pour une pelle 3 t et 950 € HT/jour pour une pelle 20 t.



Retour d'expérience Le Matz

04

ÉVALUER ET RÉDUIRE L'IMPACT POTENTIEL DU PROJET

■ Limiter l'impact des tranchées et autres excavations

L'impact principal des travaux de neutralisation de drainage enterré est lié à la nécessité, pour certaines techniques utilisées pour repérer les drains ou pour les supprimer, de réaliser des tranchées dans la zone humide. Cette opération aura un impact sur la flore et la faune en place à l'emplacement des tranchées, mais aussi sur le sol et la circulation de l'eau.

En tête de bassin versant (ordre de Strahler faibles), les sols de zones humides sont issus en grande partie de colluvions et d'alluvions fines et sont donc, en général, peu drainants. Leur remaniement lors de l'excavation puis de leur remise en place pour combler la tranchée entraîne une modification de la macroporosité et une augmentation de la conductivité hydraulique. Cela entraîne un risque d'écoulements préférentiels au sein de la tranchée après comblement.

Cet impact peut être moins fort dans certaines zones alluviales où les sols sont naturellement plus conducteurs du fait de la présence d'alluvions plus ou moins grossières (dépôt de sables et graviers lors d'anciennes crues ou du déplacement du cours d'eau dans le temps).

L'impact des tranchées peut être réduit en prenant un certain nombre de précautions :

- **Excaver le sol en séparant les différents horizons et les remettre en place dans l'ordre lors du comblement des tranchées.**

Dans l'idéal, lors du comblement des tranchées, la densité des matériaux remis en place doit être similaire à celle du sol afin d'éviter les écoulements préférentiels. Ceci peut être réalisé en réutilisant les matériaux excavés dans l'ordre et en les tassant plus ou moins lors de leur remise en place. La densité peut aisément être contrôlée avec un pénétromètre, appareil de mesure permettant d'évaluer la résistance d'un sol. La densité à atteindre peut-être

mesurée dans le sol au niveau de la tranchée sur chaque horizon distinct à mesure qu'ils sont excavés ou à proximité en réalisant un sondage à la tarière et en mesurant la densité dans le trou à chaque fois qu'un échantillon de sol est enlevé à la tarière.



Mauvaise reprise de la végétation sur une tranchée (traits jaunes) rebouchée sans prendre en compte l'ordre naturel des horizons du sol. © FMA

- **Mettre en place des bouchons d'argile**

Les écoulements préférentiels peuvent également être évités en mettant en place des bouchons argileux. Ils ont pour rôle de ralentir le débit des écoulements horizontaux ou subhorizontaux dans la tranchée une fois celle-ci rebouchée. Pour être efficaces, ces bouchons doivent être ancrés en fond et dans les côtés de la tranchée (voir encart Figures 13 et 14) pour éviter l'apparition de zones de contournements par le flux d'eau et la création de zones d'écoulement préférentiel autour du bouchon. Ils doivent par ailleurs occuper la même hauteur que les horizons peu perméables du sol.

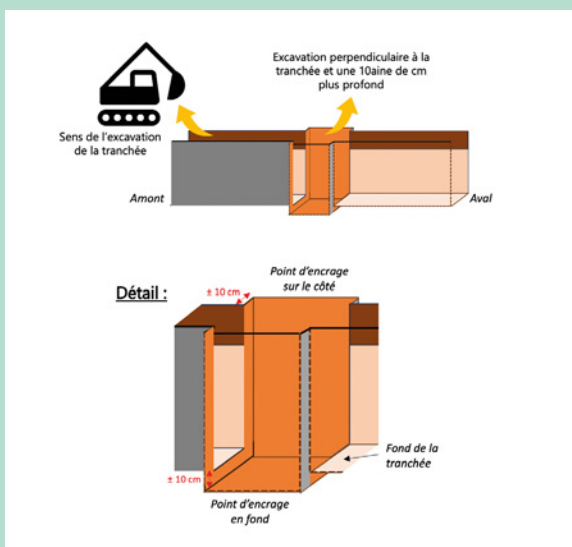
Ceux-ci peuvent être identifiés en déterminant la texture du sol dans chaque horizon au niveau de la tranchée. Le reste de la hauteur sera comblée avec les horizons prélevés, en les remplaçant dans l'ordre et en prenant soin de bomber légèrement pour éviter la création d'écoulement préférentiel.

Par mesure de précaution, en l'absence de connaissance de la perméabilité du sol en place, les bouchons devraient occuper la hauteur de la

tranchée jusqu'à la base de l'horizon organique, naturellement plus conducteur.

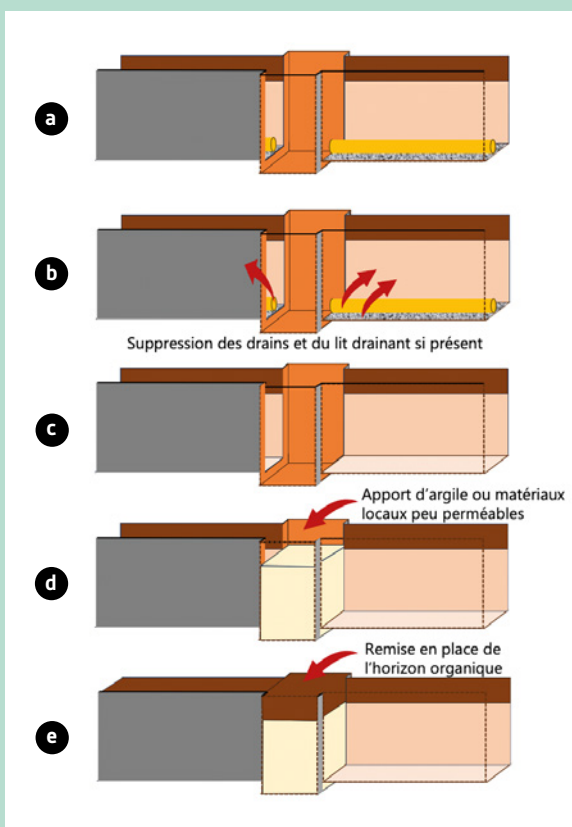
L'argile utilisé doit être sourcée le plus localement possible. Si le terrain est naturellement peu perméable (sols argileux à argilo-limoneux), la terre des horizons minéraux peut être utilisée, en prenant soin de bien la tasser. En tourbière, la tourbe sombre (non oxydée) et humide peut être utilisée.

Réalisation d'un point d'ancrage avant mise en place d'un bouchon sur fossé



→ **Figure 13**

Principe de mise en place d'un point d'ancrage pour le bouchon d'argile. Les points d'ancrage latéraux et de fond se font en passant le godet de tranchée perpendiculairement à celle-ci de façon à l'agrandir localement en profondeur et en largeur



→ **Figure 14**

Étapes de la mise en place d'un bouchon avec points d'ancrage

- **Reboucher les fosses et tranchées dans la foulée de leur excavation** pour limiter les risques de départ de particules fines. Si ce n'est pas possible, s'assurer de travailler sur une fenêtre météorologique sans risque de pluie entre les deux étapes. Prévoir si nécessaire des dispositifs de filtration entre la tranchée et le cours d'eau.
- **S'assurer de l'absence d'apparition d'écoulement préférentiel** au niveau des fossés, une fois comblés. Le tassement du sol déplacé pour combler la tranchée peut créer une dépression en surface pouvant évoluer vers la formation de rigoles et présenter un

risque érosif sur la parcelle. Si nécessaire prévoir un excédent de terre pour prévenir du tassement naturel du sol (environ 20 % de volume en plus selon la compaction apportée lors du comblement).

- **Mettre en place un dispositif de filtration** si nécessaire, notamment lorsque la neutralisation de drainage concerne des zones de sources très productives. Dans ce cas, des écoulements peuvent se créer rapidement en surface une fois le drain neutralisé et il faut s'assurer qu'ils n'entraînent pas de particules vers le cours d'eau.



Ressources utiles

- Se référer à l'ouvrage « Bonnes pratiques environnementales - Protection des milieux aquatiques en phase chantier »²³ pour des exemples de solutions techniques adaptées.

- **Pour les fosses ou tranchées à proximité d'un cours d'eau :**

- Les éloigner des berges pour éviter la déstabilisation de celles-ci (d'une distance minimale de 5 m) ;
- Éviter le passage des engins le long des berges.

Autres précautions

- S'assurer de l'absence d'espèce protégée sur le tracé des tranchées.
- Réaliser les travaux de préférence en période d'étiage, de préférence entre mi-août et mi-octobre, lorsque les sols sont les plus portants.
- Si les sols restent peu portants, utiliser des plaques de roulage durant le chantier pour éviter la formation d'ornières lié au passage des engins ou leur embourbement.



- Piste en plaques de roulage PEHD permettant aux engins de passer sans impacter le sol de la zone humide.
© EPAB

23. McDonald D., De Billy V., Georges N., 2018. *Bonnes pratiques environnementales. Cas de la protection des milieux aquatiques en phase chantier : anticipation des risques, gestion des sédiments et autres sources potentielles de pollutions des eaux.* Collection Guides et protocoles. Agence française de la biodiversité. 148 p.

05

TRAVAUX COMPLÉMENTAIRES POSSIBLES

Les opérations de neutralisation du drainage peuvent nécessiter des travaux annexes afin de permettre une restauration fonctionnelle effective de la zone humide ou de préserver des enjeux sur des parcelles voisines. Ces travaux complémentaires devront être intégrés dès la planification des travaux.

Sur la plupart des secteurs drainés, les cours d'eau ont été surcreusés, recalibrés et rectifiés, voire enterrés, pour faciliter l'exploitation et permettre une évacuation rapide de l'eau issue des réseaux de drainage. **La restauration fonctionnelle d'une zone humide drainée ne pourra être totalement efficace que si des travaux de restauration du cours d'eau sont réalisés en parallèle** pour réduire l'effet drainant imputable à leur artificialisation.

En fonction de la connectivité des réseaux de drainage entre parcelles, il peut également s'avérer nécessaire de mettre en place des aménagements spécifiques afin de ne pas compromettre les usages sur les parcelles voisines ou pour optimiser la restauration.

Des pistes méthodologiques et des liens vers des ouvrages spécifiques sont donnés ci-après pour faciliter leur mise en œuvre.

Restoration morphologique du cours d'eau

Lorsque le cours d'eau a été surcreusé pour réceptionner les exutoires des drains, le niveau du fil d'eau est abaissé et entraîne le même effet de drainage de la zone humide qu'un fossé drainant. Par ailleurs, la rectification du cours d'eau par la suppression des méandres naturels, en plus d'avoir des effets négatifs majeurs sur le fonctionnement écologique du cours d'eau²⁴, accélère l'évacuation de l'eau vers l'aval et accentue également l'effet drainant sur la zone humide.

Ainsi pour restaurer une zone humide effectivement fonctionnelle suite à la neutralisation du drainage, notamment dans sa connexion au cours d'eau, il est nécessaire d'intervenir également pour restaurer la morphologie du cours d'eau.

24. Wasson A. G., Malavoi J.-R., Maridet L., Soucgaon Y., Paulin L., 1995. Impact écologique de la chenalisation des rivières. EPTEAU/Cemagref. 166 p.



Ressources utiles

Des guides spécifiques sont disponibles pour ce type travaux, par exemple :

■ Pour les connaissances générales sur l'hydromorphologie - [Éléments d'hydrologie fluviale](#)²⁵.

■ Pour les techniques de restauration

Les fiches techniques de la CATER Calvados Orne Manche La récréation de cours d'eau²⁶ et [La recharge en granulats](#)²⁷

[Éléments techniques pour la préservation des ruisseaux et de la continuité écologique](#)²⁸, retours d'expériences des programmes LIFE du Parc naturel régional du Morvan

Mise en place d'un merlon ou d'un talus de ceinture

Selon la configuration du site et son fonctionnement hydrologique, la neutralisation du drainage peut favoriser l'inondation du site, de façon plus ou moins prolongée, par remontée de la nappe ou par augmentation des fréquences de débordement du cours d'eau. Cette inondation peut s'étendre au-delà du site des travaux lui-même et se propager aux parcelles avoisinantes.

Si besoin, afin de prévenir le risque d'affecter les usages sur les parcelles voisines, il peut être intéressant de mettre en place un talus de ceinture ou à minima un merlon végétalisé afin de contenir l'inondation le cas échéant.

La mise en place d'un talus planté ou non, en limite extérieure de la zone humide peut également rassurer les riverains du site de restauration, même si le risque est minime ou non avéré.

Lors de la restauration d'une zone humide, la mise en place d'un talus de ceinture peut être bénéfique pour protéger le site des apports de sédiments et intrants issus du bassin versant. Ces talus permettent également un tamponnage des écoulements et une meilleure infiltration de l'eau dans le sol.



Ressources utiles

■ Fiche 12 - **Créer un talus bocager** du guide technique [La restauration du bocage](#)²⁹ de la CATER Calvados Orne Manche

25. Malavoi J.-R., Bravard J.-P., 2010. *Éléments d'hydromorphologie fluviale. Comprendre pour Agir*, Onema. 224 p.

26. Fournials X., 2018. *La récréation de cours d'eau*. CATER de Normandie. 32 p.

27. Fournials X., 2018. *La recharge en granulats*. CATER de Normandie. 16 p.

28. Galmiche N. coord., 2017. *Éléments techniques pour la préservation des ruisseaux et de la continuité écologique*. PNRM / PNRBV / ONF / ADAPEMONT / PNRHJ. LIFE10 NAT/FR/192. 116 p.

29. Vieilledent C. et Gouineau C., 2021. *La restauration du bocage – concevoir et mettre en œuvre un programme d'action en faveur des milieux aquatiques*. CATER Calvados Orne Manche. 124 p.

Contrôle de l'étendue de la remontée de nappe

Lorsqu'une remontée « libre » du niveau de la nappe n'est pas souhaitée par le maître d'ouvrage, du fait d'enjeux présents sur le site en amont ou à proximité, il est possible d'utiliser des dispositifs en sortie de drains pour fixer un niveau maximal de remontée du niveau de la nappe.

Le dispositif le plus simple consiste à placer un coude au niveau d'un collecteur, dont la sortie fixe le niveau haut de la nappe. Ce coude peut ressortir dans une noue s'il est nécessaire d'évacuer l'eau temporairement pour ne pas ennoyer le site (Figure 15).

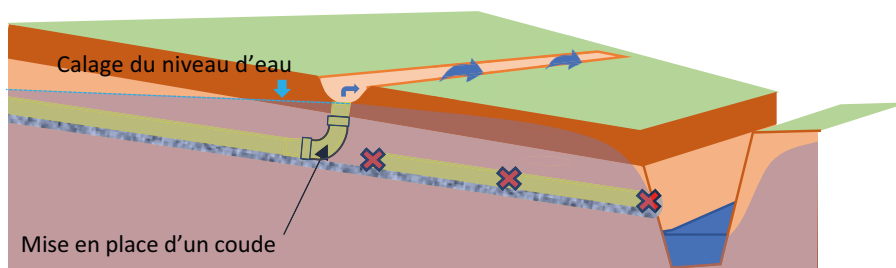


Figure 15 - Principe de régulation du niveau d'eau par la mise en place d'un exutoire coudé sur un drain ou collecteur de drain. Le niveau de l'exutoire du coude dans la noue dicte le niveau d'eau en amont. Adapté de Sargent & Carter 1999³⁰.



Points d'attention

Il est recommandé de mettre en place une grille autour de l'exutoire pour éviter l'accumulation de déchets organiques et l'intrusion de petits mammifères dans le réseau.

Des dispositifs plus élaborés peuvent également être utilisés telles que des vannes à guillotine ou à batardeau.



Exemple de vanne à batardeau. La taille du dispositif peut être adapté en fonction du réseau collecté.

30. Sargent, M.S and Carter, K.S., ed. 1999. *Managing Michigan Wildlife: A Landowners Guide*. Michigan United Conservation Clubs, East Lansing, MI. 297 p.

Redirection et/ou tamponnage d'un réseau de drainage amont

Il arrive que le réseau de drainage soit commun à plusieurs parcelles ou qu'un collecteur de drains amont circule dans la parcelle à restaurer située à l'aval. Dans ce cas, et si cela est nécessaire par rapport aux usages en place, il faut trouver une solution pour que le système de drainage reste effectif en amont sans compromettre la restauration du site.

Les actions possibles sont spécifiques à la configuration du site et à l'emplacement du réseau de drainage en relation avec la zone à restaurer, mais aussi aux volumes d'eau qui transitent par le réseau. Dès que cela est possible, il conviendra de tamponner ces eaux avant leur rejet dans le réseau hydrographique. Lorsque ce n'est pas possible, un aménagement peut à minima être proposé pour que l'exutoire du réseau soit compatible avec la restauration du cours d'eau.

Quelques exemples peuvent être donnés à titre indicatif, sans que ces méthodes n'aient été suivies en Bretagne. Il est donc conseillé, s'il est choisi de les mobiliser, d'accompagner leur mise en œuvre de suivis afin de valider leur efficacité.

Diffusion en surface de zone humide

Dans le cas d'un réseau de drains communs, il est possible de sectionner les drains en amont de la par-

celle à restaurer et de les faire émerger et diffuser sur la zone restaurée.

Cette solution est relativement aisée à mettre en œuvre sur les zones humides de fond de vallée où il est possible de faire émerger les drains au niveau de la rupture de pente entre le versant et le fond de vallée, sans risque d'engorgement en amont. Dans ce cas, les tuyaux de drainage peuvent être sectionnés et laissés en surface pour que l'eau s'écoule dans la zone humide.

Pour ce faire, il peut être nécessaire de reprendre les drains existants et de les prolonger vers la surface en diminuant la pente afin d'atteindre plus rapidement le terrain naturel ou de mettre des coudes, comme illustré plus haut (figure 15).

Si le **débit des drains est important**, il est possible de créer une zone de diffusion par apport de blocs à l'aval immédiat de l'exutoire du drain (Figure 16) afin de dissiper l'énergie des écoulements et de limiter le risque d'érosion et de formation de rigoles dans l'axe des exutoires. Une petite dépression peut également être créée afin de tamponner les flux. Ceci est également conseillé afin de tamponner les eaux chargées en sédiments ou potentiels polluants.

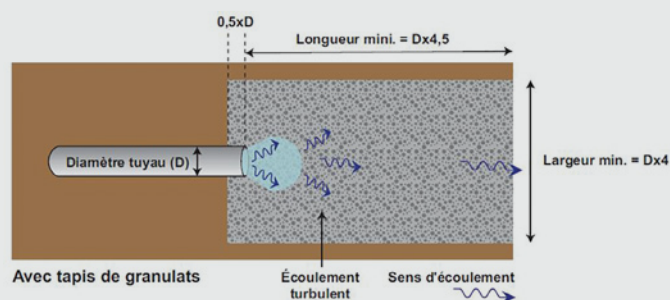


Figure 16 - Exemple et schéma de principe et d'une zone de diffusion. Issu de Mac Donald et al. 2018³¹.



Retour d'expérience L'Ecotay

31. McDonald D., de Billy V., Georges N., 2018. *Protection des milieux aquatique en phase chantier - Anticipation des risques ; Gestion des sédiments et autres sources potentielles de pollution chimique des eaux*. Agence française pour la biodiversité, Collection Guides et protocoles. 148p.

Fossé aveugle

Selon la configuration du site, et dans l'optique de favoriser l'épuration de l'eau avant sa diffusion vers le milieu naturel, une alternative à la diffusion en surface peut être la mise en place d'un fossé aveugle. Celui-ci est creusé le long d'une courbe de niveau sur

la partie basse de la parcelle drainée (Figure 17). Le fossé doit se situer hors zone saturée par la nappe, c'est à dire en amont de la zone humide restaurée afin de ne pas avoir d'effet drainant sur celle-ci et pour permettre une infiltration de l'eau dans le sol.

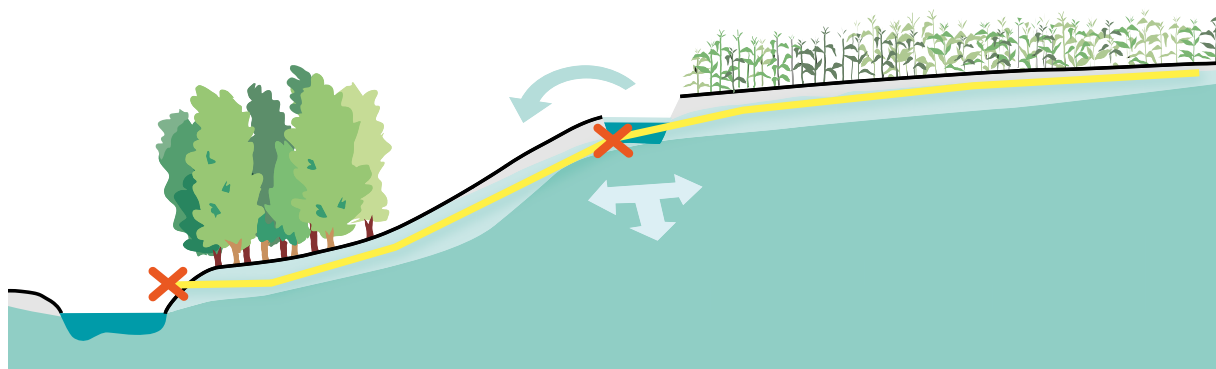


Figure 17 - Schéma de principe de la mise en place d'un fossé aveugle interceptant les drains en amont de la zone humide, pour supprimer la connexion directe avec le cours d'eau
Source : S. Maignan, 2017 (modifié)



Mise en œuvre d'un fossé aveugle en bas de parcelle drainée, à l'interface avec la zone humide.
© Simon Maignan, Dinan Agglomération



COÛTS

Mise en place d'un fossé de 200 ml avec plantation en berge : environ 2 000 € TTC (2016) (Selon les retours d'expériences menés en baie de la Fresnaye par Dinan Agglomération)



Ressources utiles

- [Recueil d'expériences du SAGE de la Baie de Saint Brieuc](#)³²
- [Retours d'expériences sur la mise en place de fossés aveugles et bassins tampons de Dinan Agglomération et Lamballe Terre et Mer](#)³³

Reprise des drains et transfert vers un bassin

Le principe est de sectionner les drains à l'amont de la parcelle restaurée en réalisant une tranchée à la pelle. Les drains sont repris et raccordés à un collecteur étanche qui est dirigé plus en aval vers un bassin tampon creusé hors zone humide pour recevoir les eaux de drainage.

Cette méthode est également utilisée pour déconnecter des drains arrivant directement au cours d'eau

et restaurer celui-ci lorsque la restauration de la zone humide elle-même n'est pas possible du fait de son usage agricole (Figure 18). Dans ce cas les drains sont sectionnés en limite de la bande enherbée.

Il est conseillé d'utiliser des tuyaux PVC de qualité CR 8 et de section 110 mm pour le collecteur, sauf si sa profondeur d'enfouissement est inférieure à 40 cm. Dans ce cas, il est préconisé d'utiliser un PVC plus robuste de type CR 16.



Points d'attention

Les précautions suivantes sont issues de l'expérience de l'EPTB Eau et Vilaine.

- Respecter une pente minimale de 0,5 % pour les drains repris et 0,2 % pour les collecteurs.
- Mettre un regard de contrôle tous les 80 m et à chaque changement de direction du collecteur.
- L'exutoire du collecteur doit se trouver à plus de 10 cm du fond du bassin tampon.

32. Messiez W., 2014. Retour sur les aménagements hydrauliques réalisés en 2013. SAGE Baie de Saint Brieux. 9 p.

33. Maignan S. 2017. Bassins tampons en sorties de drains agricoles : principes et exemples - Bassin versant de la Baie de la Fresnaye. Diaporama.

AVANT TRAVAUX



APRÈS TRAVAUX



- Drains agricoles
- Déconnexion et reprise de chaque drain en tuyau plein PVC
- Bassin tampon

Figure 18 - Schéma de principe de la reprise de drains sur un collecteur étanche enterré et dérivation vers un bassin tampon en bas de coteau. Exemple de travaux réalisés par le Syndicat Mixte de la Loisançe et la Minette.



Reprise des drains avant arrivée dans le cours d'eau (photo de gauche) et déviation du nouveau collecteur vers une mare tampon (photo de droite). © Syndicat Mixte de la Loisançe et la Minette.



COÛTS

- Fourniture et pose tuyaux PVC Ø100 = 12,50 € /ml
- Fourniture et pose tuyaux PVC Ø150 = 18,00 € /ml
- Terrassement pelle < 6 tonnes et > 14 tonnes = 80 € l'heure ou 680 € la journée
- Terrassement pelle > 14 tonnes = 100 € l'heure ou 800 € la journée



Retour d'expérience La Blanchetais

Diffusion en subsurface (avec ou sans régulation du drainage)

Alternativement, les drains sectionnés peuvent être reliés à un collecteur perforé, bouché à son extrémité, enterré perpendiculairement à la pente et qui permettra à l'eau recueillie de se diffuser en subsur-

face (Figure 19). Cette solution n'est possible que sur des sols ayant une bonne conductivité hydraulique (à proscrire en sol argileux). Cette technique, utilisée aux États-Unis pour tamponner les flux de nitrates, n'a à notre connaissance pas encore été testée en France dans ce contexte. Il y est préconisé de mettre en place un ouvrage de régulation permettant de répartir l'eau de drainage collectée dans le réseau de diffusion et d'évacuer le surplus d'eau de drainage par surverse en cas de saturation du système.

Pour l'agriculteur, ce type de système à l'avantage de pouvoir être couplé avec un système de vanne ou guillotine qui permet d'ajuster le niveau de l'eau de la nappe en amont de l'ouvrage en réglant la hauteur de la surverse. Il permet donc de neutraliser partiellement l'effet drainant en période estivale pour maintenir de l'eau dans la parcelle et favoriser la croissance de la végétation.

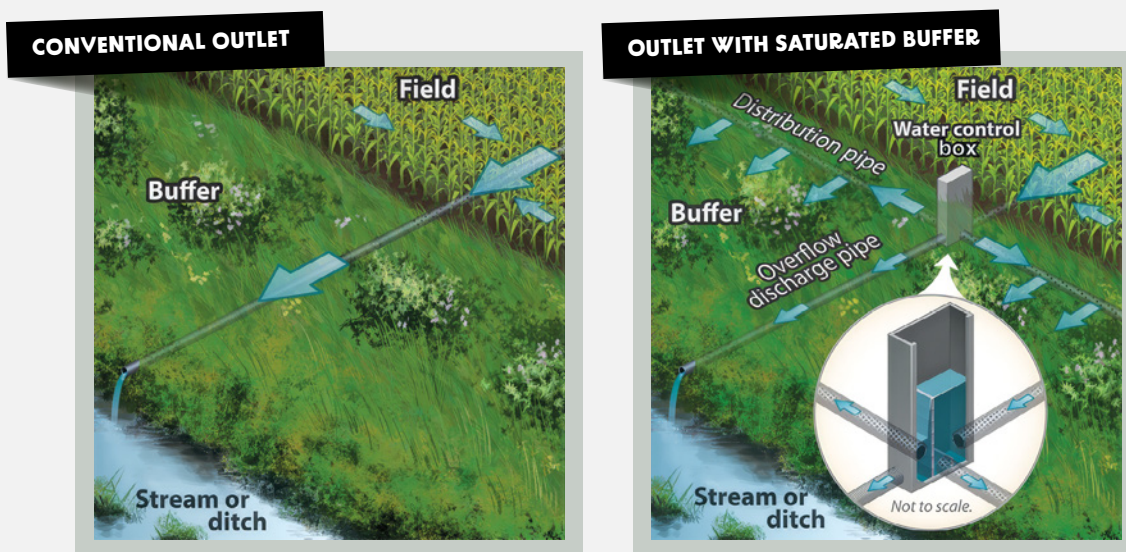


Figure 19 - Système de diffusion en subsurface et détail de l'ouvrage répartiteur.
Illustration issue de la page [Saturated buffer facts](#), du site de la Soil and Water conservation Society.

Les études menées aux États Unis sur ce type de dispositif³⁴ montrent un abattement annuel de nitrate compris entre 41 et 98 % de la charge entrante. Il nécessite une bande de végétation permanente de 10 m (idéalement herbacée pour éviter que les racines ne détériorent les tuyaux de diffusion) ainsi qu'un minimum de 1,2 % de matière organique dans le sol. Le système gagne en efficacité sur des sols à granulométrie relativement fine (peu de sable ou gravier).

Le matériel utilisé pour les réseaux d'eau pluviale peut être détourné pour réaliser ce type d'aménagement, notamment celui développé pour leur gestion douce.



COÛTS

Le coût moyen d'une installation est estimé entre 2 000 et 3 600 \$ US soit environ 1 800 à 3 300 €.

34. Page Ressources du site internet de l'Agricultural Drainage management coalition. [Saturated_Buffer_Fact_Sheet](#)



Ressources utiles

Des conseils pour la mise en œuvre de ce type de travaux peuvent être trouvés sur divers sites américains :

- [What are saturated buffers](#), site internet du US department of Agricultural research service, National laboratory for Agriculture and the Environment.
- [Saturated buffer facts](#), site internet de la Soil and water conservation society
- [Saturated buffers](#), site internet du projet Transforming drainage

Zones tampons humides artificielles (ZTHA)

Si l'eau de drainage amont ne peut pas être gérée dans la parcelle restaurée, ou si elle est très chargée en produits phytosanitaires et nutriments, il est préférable de mettre en place un bassin tampon ou une zone tampon humide artificielle pour tamponner les flux d'eau et l'épurer partiellement avant rejet dans le réseau hydrographique. Cette solution nécessite, pour sa mise en œuvre, de l'espace mobilisable hors zone humide.



Ressources utiles

- [Guide d'aide à l'implantation des zones tampons pour l'atténuation des transferts de contaminants d'origine agricole](#)³⁵
- [Guide technique à l'implantation des zones tampons humides artificielles \(ZTHA\) pour réduire les transferts de nitrates et de pesticides dans les eaux de drainage](#)³⁶
- [Définitions autour des zones de rejets végétalisées](#)³⁷ et autres ressources disponibles sur le site internet de l'ENPAC.

Gestion d'un collecteur amont traversant la zone restaurée

Si un collecteur venant d'une parcelle située à l'amont, qu'il soit enterré ou aérien (fossé) traverse la parcelle à restaurer, des solutions devront être envisagées pour tamponner les eaux y circulant depuis l'amont.

Les zones tampon, qu'elles soient linéaires (fossé aveugle) ou surfacique (ZTHA) peuvent être envisagées dans ce cas.

Si ces solutions ne sont pas adaptées, d'autres propositions peuvent être faites selon les cas de figure rencontrés.

35. Catalogne C., Le Hénaff G. (coord.), 2016. *Guide d'aide à l'implantation des zones tampons pour l'atténuation des transferts de contaminants d'origine agricole*. Élaboré dans le cadre du groupe technique Zones tampons. Agence française pour la biodiversité, collection Guides et protocoles, 64 p.

36. Tournebize J., Chaumont C., Marcon A., Molina S., Berthault D., 2015. *Guide technique à l'implantation des zones tampons humides artificielles (ZTHA) pour réduire les transferts de nitrates et de pesticides dans les eaux de drainage*. Version 2. ONEMA/IRSTEA, 60 p.

37. Villemagne E., 2018. *Définitions autour des zones de rejets végétalisées*. EPNAC, atelier ZRV. 4 p.

© FMA

Fossé collecteur

Idéalement, le fossé sera déconnecté du réseau hydrographique en comblant son exutoire. Le linéaire de fossé, devenu aveugle pourra tamponner une partie des eaux, de manière plus ou moins importante selon le linéaire présent et la pente. Une zone de débordement peut être anticipée de part et d'autre afin de prévenir tout risque érosif.

Si le fossé ne peut pas être déconnecté ou si la quan-

tité d'eau s'y déversant est trop importante par rapport à la capacité tampon intrinsèque, la mise en place de redents permet de ralentir le flux d'eau sans le stopper complètement. Les redents permettent de limiter l'effet drainant du fossé, et seront d'autant plus efficaces qu'ils seront hauts. Un compromis entre la remontée de la lame d'eau et l'évacuation devra alors être trouvé pour ne pas envoyer la parcelle amont.



Fossé à rendent. © IRSTEA



Ressources utiles

- Groupe Technique « Intégration des zones tampons dans le bassin versant » - 2014.
[Fiche n° 9 - Les dispositifs de type fossé végétalisé et fossé à redents](#)
- Fiche Seuil anti-érosion semi-perméable du Bonnes pratiques environnementales
Protection des milieux aquatiques en phase chantier³⁸

38. McDonald D., De Billy V. & Georges N., 2018. Bonnes pratiques environnementales. Cas de la protection des milieux aquatiques en phase chantier : anticipation des risques, gestion des sédiments et autres sources potentielles de pollutions des eaux. Collection Guides et protocoles. Agence française de la biodiversité. 148 pages.

Collecteur enterré

Si un collecteur enterré traverse la parcelle à restaurer, il convient si possible de le neutraliser. Si ça ne s'avère pas possible, il pourra être remplacé par un système de diffusion en subsurface perpendiculaire à la pente tel que décrit plus haut.

Si aucune action n'est possible pour tamponner les flux d'eau du collecteur, il faudra vérifier qu'il s'agit bien d'un tuyau collecteur étanche et si ce n'est pas le cas, le remplacer pour éviter l'effet drainant au niveau de la zone humide.

Par ailleurs, il peut également être envisagé dans ce cas, de prolonger le collecteur vers l'aval pour le faire ressortir dans le cours d'eau à une cote compatible avec son bon fonctionnement hydromorphologique ou sa restauration (Figure 20). Un regard doit être installé à chaque changement de direction ou de pente pour faciliter l'entretien et prévenir le colmatage du système.

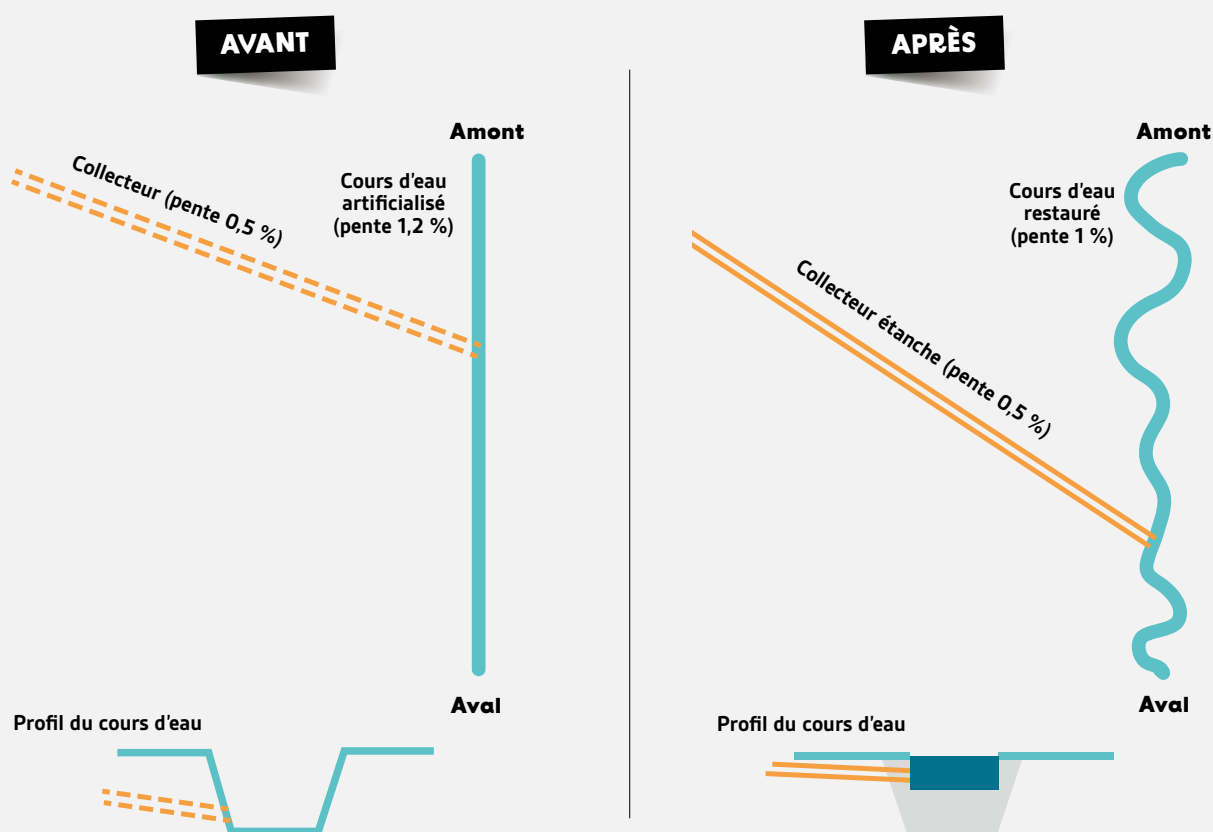


Figure 20 - Prolongation d'un collecteur vers l'aval afin de le faire ressortir dans le cours d'eau à une cote compatible avec son bon fonctionnement hydromorphologique. Schéma de principe. © OFB.



À VENIR PROCHAINEMENT...

VOLET 2 // NEUTRALISATION DE FOSSES DE DRAINAGE



Rédaction : Armel Dausse, Forum des Marais Atlantiques, antenne de Brest

Contributions : Hélène Anquetil et Mikaël Le Bihan, OFB, Direction régionale Bretagne,
Julien Tournebize, UR HYCAR, INRAE,
Guillaume Deray, Eaux et Vilaine, Simon Abel, Syndicat Mixte Loisanse et Minette

Relecture : Sylvestre Boichard, Établissement Public Territorial de Bassin de l'Aulne,
Alix Augier et Anaëlle Magueur, Forum des Marais Atlantiques, antenne de Brest.

Ce document est référencé comme suit :

Dausse A., 2025. Neutralisation de drainage en zone humide. Carnet d'itinéraires techniques,
Guide sur la restauration des zones humides de Bretagne. Réseau sur la restauration des zones
humide de Bretagne, Forum des Marais Atlantiques, 52 p.

Crédits photos : 1^{ère} de couverture : Thomas ETIEN SMDMCA, 4^{ème} de couverture : FMA

Création graphique : Virginie Gaude - www.crayonmagique.fr



**RÉSEAU SUR
LA RESTAURATION
DES ZONES
HUMIDES** DE BRETAGNE



Ce carnet fait partie d'un ensemble de documents méthodologiques et techniques rédigés par le Forum des Marais Atlantiques, intégrant les enseignements issus du suivi de projets portés par différents maîtres d'ouvrage et étudiés dans le cadre de projets de recherche appliquée coordonnés dans le cadre du réseau sur la restauration des zones humides de Bretagne. Ces carnets, classés par thématique, sont disponibles sur le site internet du réseau : rerzh.forum-zones-humides.org.

Le FMA tient à remercier vivement les personnes ayant apporté leurs contributions à la rédaction de ce carnet et l'ensemble des partenaires du Réseau sur la restauration des zones humides de Bretagne.

Les partenaires du réseau sur la restauration des zones humides de Bretagne

Les partenaires techniques et financiers (comité de suivi)



Et la participation dans le comité de suivi



Les partenaires scientifiques et techniques des projets de recherche appliquée



Avec la participation dans le Finistère



Les maîtres d'ouvrage des travaux de restauration des sites étudiés

