



**ETAT DE VAUD**

DEPARTEMENT DE LA SECURITE  
ET DE L'ENVIRONNEMENT

**COMMUNE DE VULLY-LES-LACS**



ENTREPRISE DE CORRECTION FLUVIALE DE L'EMBOUCHURE DE LA BROYE

## LA BROYE

-

## RENATURATION DE SON EMBOUCHURE

# 2 NOTICE ENVIRONNEMENTALE

Juin 2015

## VERSION ENQUETE PUBLIQUE



Ch. Des Champs-Courbes 1 – 1024 Ecublens

Tél. 021 691 45 13 – Fax 021 691 45 13

[admin@aquavision-eng.ch](mailto:admin@aquavision-eng.ch)



Route de Genève 70 – 1004 Lausanne

Tél. 021 613 44 77 – Fax 021 613 44 78

[info@ecoscan.ch](mailto:info@ecoscan.ch)

Commune de Vully-les-lacs

La Division Ressources en Eau  
et Economie Hydraulique

Entreprise de correction fluviale  
de l'embouchure de la Broye

Le Syndic :            La secrétaire :

Le chef de service :

Le Président :        Le secrétaire :

# Embouchure de la Broye à Salavaux

## Projet de renaturation



## Notice environnementale

Réf. : 3911.04

02 juin 2015

**ECOSCAN SA**

*Etudes en environnement*

Rte de Genève 70

1004 LAUSANNE

tél 021 613.44.77

[info@ecoscan.ch](mailto:info@ecoscan.ch)

## TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>MATERIEL ET METHODE</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>HISTORIQUE</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>L'EMBOUCHURE DE LA BROYE COMME ZONE ALLUVIALE D'IMPORTANCE NATIONALE</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>MILIEUX NATURELS</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>FAUNE</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>OBJECTIFS DE RENATURATION</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>PRINCIPES D'AMENAGEMENTS DE L'EMBOUCHURE DE LA BROYE</b>	<b>24</b>
<b>9</b>	<b>IMPACTS DU PROJET</b>	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>38</b>
<b>11</b>	<b>REFERENCES</b>	<b>39</b>
<b>12</b>	<b>ANNEXES</b>	<b>40</b>

*Photo de couverture : Sternes pierregarins Sterna hirundo paradant sur le banc de sable à l'embouchure de la Broye à Salavaux en mai 2009. Pascal Rapin.*

## 1 Introduction

Le bureau Ecoscan SA a été mandaté par le bureau Aquavision Engineering afin d'établir une analyse des variantes de réaménagement de l'embouchure de la Broye du point de vue de la protection de la nature.

L'objectif du projet est de renaturer l'embouchure de la Broye tout en résolvant les problèmes d'ensablement au niveau du débarcadère (Ecoscan SA 2010). La variante choisie est celle de dévier l'embouchure actuelle de la Broye dans son ancien lit, afin de permettre le retour d'une dynamique alluviale naturelle avec formation d'un delta inondable et d'un banc de sable permanent dans le lac.



*Fig. 1 et 2. Vues du banc de sable depuis la rive en été et automne 2007. Il constituait alors un important reposoir pour les oiseaux. Pascal Rapin*



*Fig. 3 et 4. Vues du banc de sable depuis la rive en été 2009. La partie émergée a régressé régulièrement pour disparaître fin 2009 sous l'action de la bise. Pascal Rapin*

La rive sud du lac de Morat figure à l'inventaire des sites d'importance nationale de l'Ordonnance pour les oiseaux d'eau et migrateurs (OROEM) de l'inventaire fédéral révisé en 2001. L'embouchure de la Broye figure également à l'inventaire des zones alluviales (IZA). Les eaux peu profondes et riches en nourriture hébergent un grand nombre d'anatidés (canards), échassiers (hérons, limicoles), laridés (mouettes, goélands) et sternidés (sternes). En raison de ses grandes zones de végétation riveraine et de divers groupements d'atterrissements rares, la rive du lac de Morat est un site de nidification et d'escale important pour les habitants des roselières. La ceinture de roseaux abrite une colonie de plusieurs centaines de Grèbes huppés. La baie à l'embouchure de la Broye est un site d'escale pour les limicoles particulièrement précieux, surtout depuis l'apparition d'un banc de sable favorable aux migrateurs.

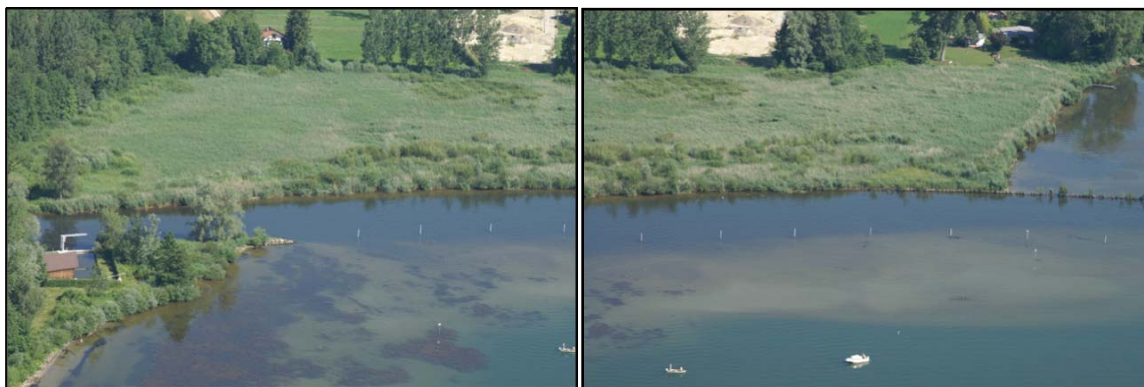


Fig. 5 à 7. Le banc d'alluvions est bien visible sur ces photos aériennes de 2005. Pascal Rapin.

## 2 Matériel et méthode

Ce rapport fait suite aux travaux antérieurs des bureaux Ecoscan SA et Aquavision Engineering (2010), qui se basent notamment sur les observations archivées à la Station ornithologique Suisse (notamment celles de Pascal Rapin) ainsi que sur le Réseau écologique cantonal (REC 2011) et le rapport sur le statut de la Souris de moissons dans le canton de Vaud de Drosera SA et Faune Concept (2011). En outre, plusieurs visites de terrain ont été effectuées au printemps 2010 ainsi qu'en octobre et novembre 2012 afin d'évaluer la situation actuelle de la faune, en particulier de la Souris des moissons, et de cartographier la végétation.

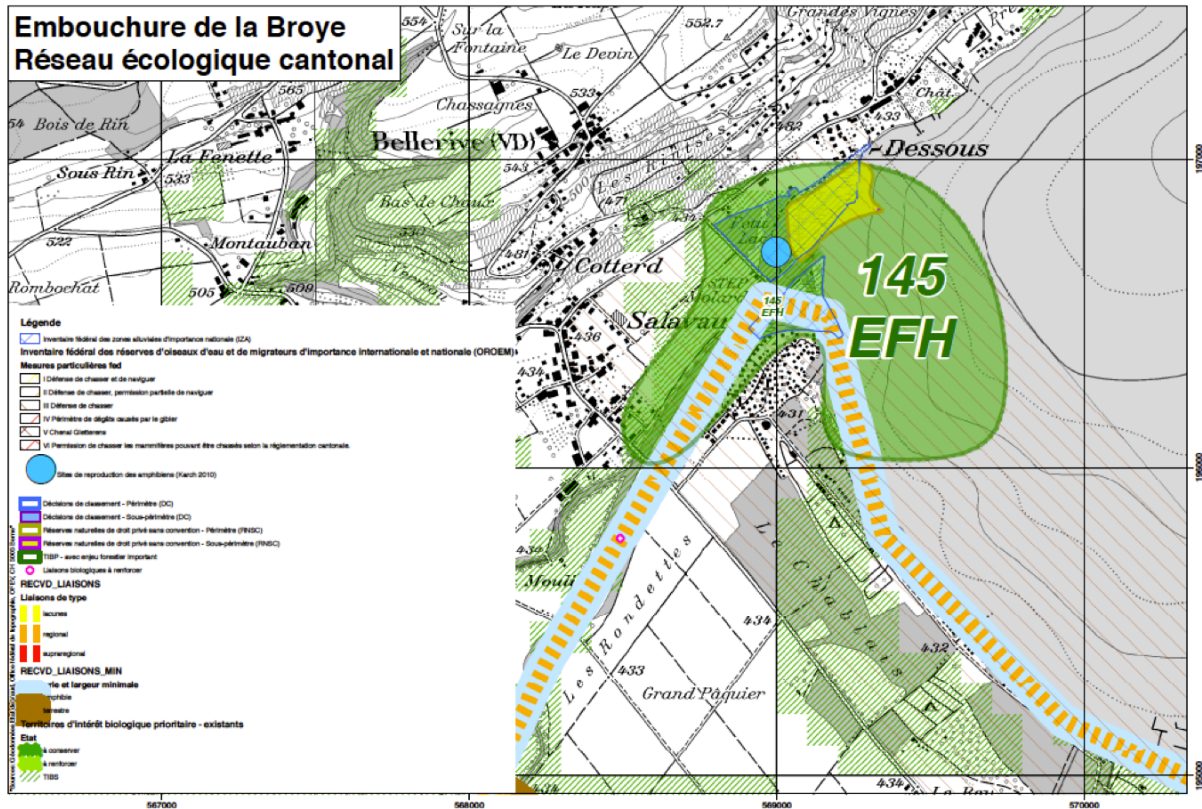


Fig. 8. Carte du Réseau écologique cantonal (Delarze & Morard 2011).

### 3 Historique

Les milieux « naturels » observés aujourd'hui à l'embouchure de la Broye sont influencés par l'homme de manière prépondérante depuis près de 150 ans. Les paragraphes suivants proposent un regard en arrière sur l'évolution de cette zone afin de bien cerner les enjeux actuels de sa gestion.

Le lac de Morat est apparu lors du dernier retrait glaciaire, comme les autres lacs dits sub-jurassiens (lac de Biemme, Neuchâtel), à la faveur d'un phénomène de surcreusement glaciaire (profondeur relativement faible d'env. 45 m). La Broye est son principal affluent avec un apport de l'ordre de 60%. Avant la correction des eaux du Jura, le lac de Morat était lié indirectement au système hydrologique de l'Aar. À la faveur d'une topographie peu marquée et de crues historiques, des inondations transforment la région en une vaste étendue d'eau (la crue de l'Aar en 1651 provoque la création d'un seul lac de Soleure à Orbe).

À cette époque, l'embouchure de la Broye présente vraisemblablement la physionomie d'un delta, avec d'importantes modifications au grès des crues de la Broye, mais aussi en fonction des fluctuations du niveau du lac. L'influence humaine reste faible, marginale par rapport aux processus naturels.

La première correction des eaux du Jura (1868-1878) modifie de manière importante l'hydrologie d'une grande partie du bassin versant de l'Aar. Ainsi le lac de Morat voit son niveau baisser d'environ 2.50 m et perd environ 4.6 km<sup>2</sup> de superficie. En parallèle, le cours de la Broye est rectifié et canalisé.

L'extrait ci-dessous est repris de la carte Siegfried (vers 1870). Le niveau du lac n'a pas été encore abaissé et l'embouchure de la Broye n'est pas canalisée (mais en amont elle l'est déjà). On observe encore la présence d'un bras secondaire de la Broye au Nord, ainsi que des dépôts d'alluvions formant des îles.

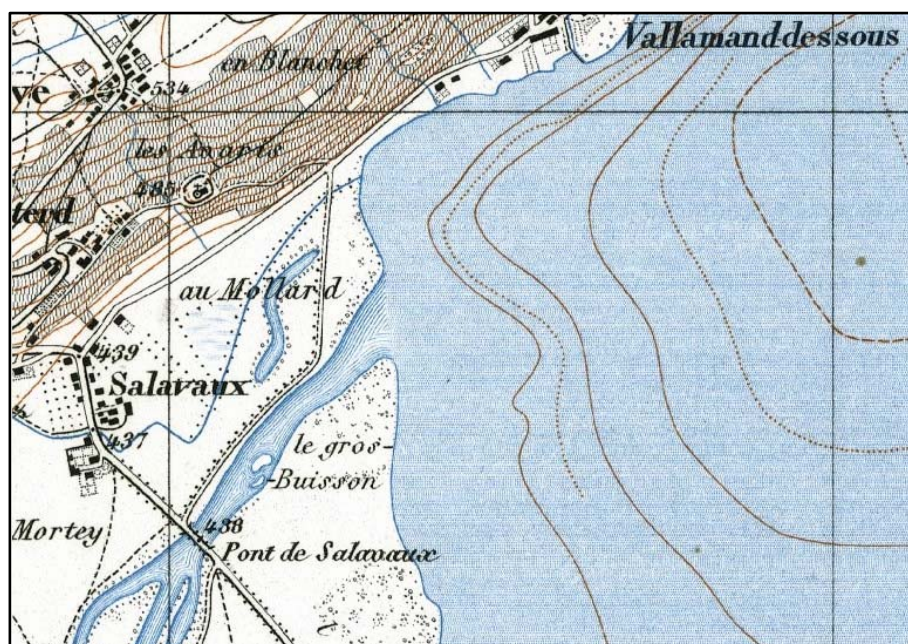


Fig. 9. Embouchure de la Broye sur la carte Siegfried vers 1890 (© map.geo.admin.ch)

À partir du 20<sup>ème</sup> siècle, à l'image de la mutation du Plateau suisse, l'embouchure de la Broye se voit flanquée de plusieurs usages

- Agricoles : les terres gagnées par les drainages se prêtent à l'agriculture intensive, un petit cours d'eau venant de Constantine est mis sous terre ;

- Sylvicoles : les forêts primaires sont reconverties en forêt de production, principalement des peupleraies ;
- Tourisimes : les rives du lac deviennent attractives pour les loisirs et la détente : maisons de vacances, petite batellerie ;
- Infrastructures : des infrastructures publiques sont construites, notamment la fourrière du SESA et la STEP de Bellerive, une ligne électrique moyenne tension est tirée à travers du site.

La dynamique naturelle n'apparaît plus alors que dans des proportions réduites ; la Broye ne sort plus de son chenal. La physionomie actuelle est relevée (de manière partielle) par l'image suivante tirée du modèle numérique de terrain swissALTI3D (© map.geo.admin.ch). On distingue le relief de l'embouchure, avec l'indication du périmètre de la zone alluviale en bleu estompé. Quelques commentaires peuvent être fait : (1) l'ancien bras figurant sur la carte Siegfried a disparu et se trouve dans la zone agricole ; (2) l'essentiel de la zone alluviale correspond à l'ancien fond lacustre (niveau abaissé par la correction des eaux du Jura) ; (3) on observe encore en rive gauche la présence d'une ancienne terrasse alluviale ou plutôt d'une ancienne fosse d'effondrement, dernière relique du delta alluvial ; (4) en rive droite, on observe un talus d'une hauteur de l'ordre de 1.5 m qui sépare la zone alluviale de la zone de chalets de vacances. Ce talus correspond probablement à l'ancienne berge de la Broye par rapport à un de ses cours historique (voir carte Siegfried 1890 ci-après)

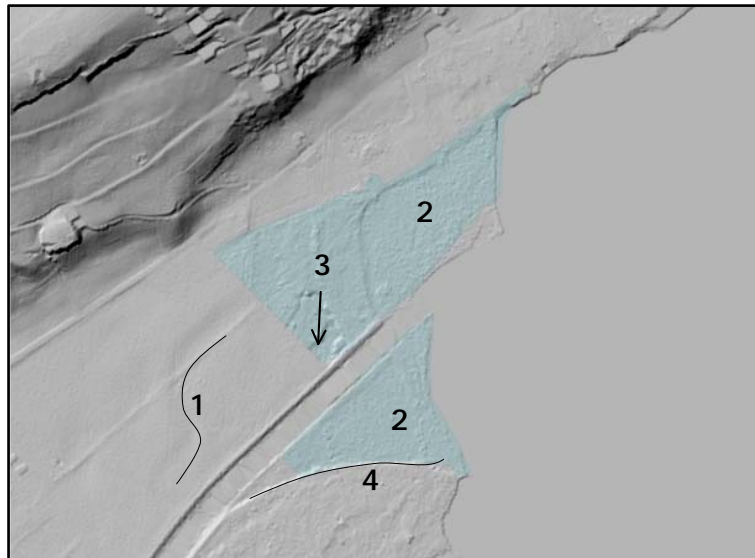


Fig. 10. Embouchure de la Broye sur la carte Siegfried - date de la version non connue (© map.geo.admin.ch)



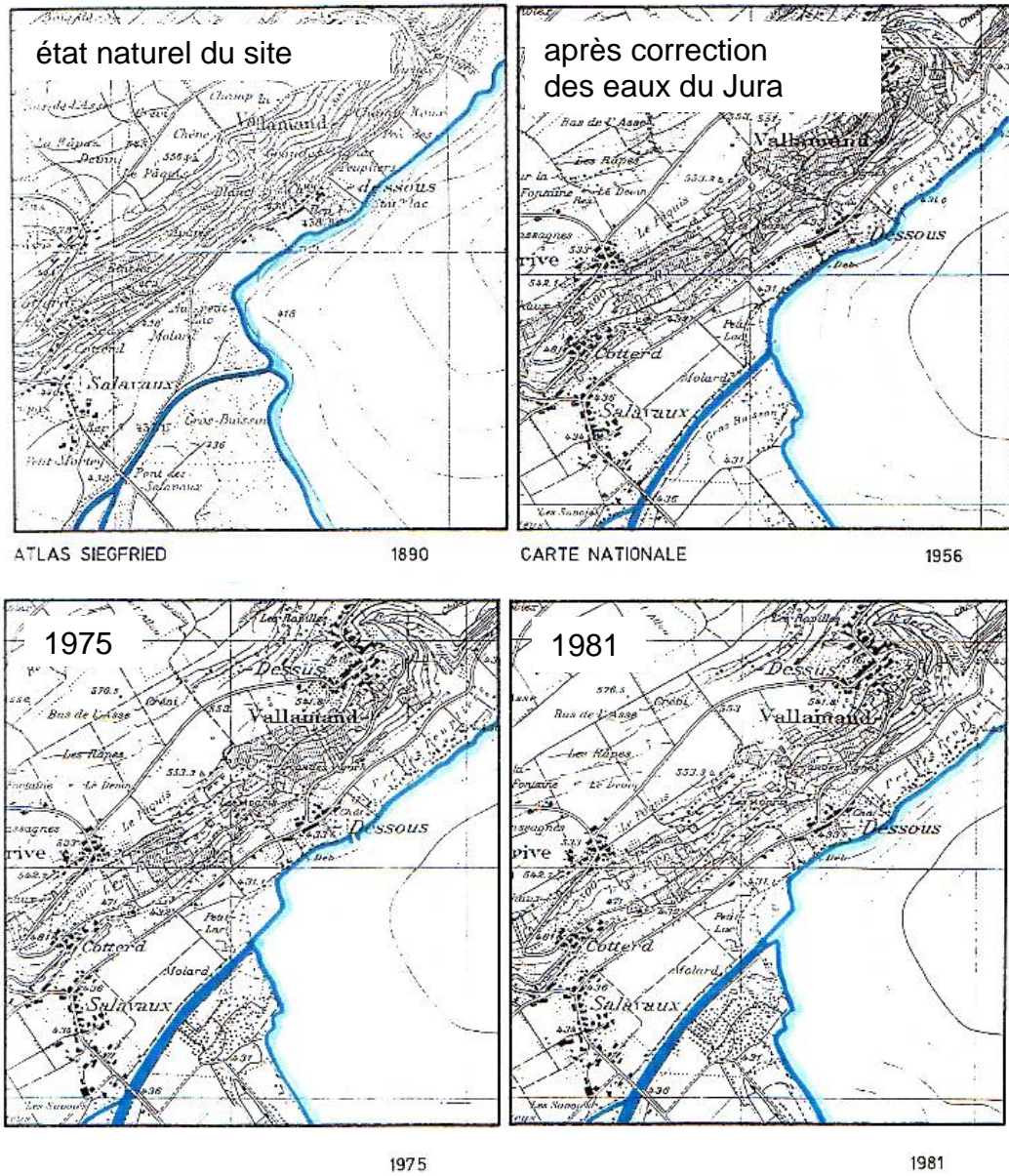


Fig. 11 à 14. Historique de l'évolution de l'embouchure de la Broye et de la rive lacustre (source : AquaVision Engineering sàrl)

## 4 L'embouchure de la Broye comme zone alluviale d'importance nationale

En 2003, l'embouchure de la Broye est inscrite à l'inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale, en tant que delta, avec une superficie de 12 ha. Son inscription signifie que le site présente des caractéristiques d'importance nationale, au niveau de sa superficie et de la qualité/diversité des groupements végétaux. Comme tous les objets inscrits à l'inventaire, le site a fait l'objet d'une cartographie de sa végétation à l'échelle 1:10'000<sup>ème</sup> selon une méthodologie unifiée.

L'inventaire et l'ordonnance fédérale d'application visent à protéger les sites (art.4.) :

*1 Les objets doivent être conservés intacts. Font notamment partie de ce but:*

*a. la conservation et le développement de la flore et de la faune indigènes typiques des zones alluviales et des éléments écologiques indispensables à leur existence;*

*b. la conservation et, pour autant que ce soit judicieux et faisable, le rétablissement de la dynamique naturelle du régime des eaux et du charriage;*

*c. la conservation des particularités géomorphologiques des objets.1*

*2 On n'admettra de dérogation du but visé par la protection que pour des projets dont l'emplacement s'impose directement par leur destination et qui sont destinés à assurer la sécurité de l'homme face aux effets dommageables de l'eau ou qui servent un autre intérêt public prépondérant d'importance nationale également. L'auteur de l'atteinte doit être tenu de prendre toutes mesures possibles pour assurer la protection, la reconstitution ou, à défaut, le remplacement adéquat de la zone alluviale.*

Depuis son inscription, le site n'a pas fait l'objet d'un plan de gestion coordonné. Toutefois plusieurs interventions ont été effectuées, notamment l'abattage des peupliers (service des forêts) et le débroussaillage de la roselière (service des eaux).

La fiche d'inventaire figure en annexe ainsi que la carte de la végétation (relevés 2003) superposée à un fond photographique récent. Une mise à jour « 2012 » a été effectuée et figure en annexe. Celle-ci ne montre pas de différences significatives avec la version 2003 sur la typologie des unités. De petites différences sont constatées quant à la précision cartographique de celles-ci.



Fig. 15. La roselière en rive gauche est relativement dense et atterrie. Octobre 2012. L. Maumary.

## 5 Milieux naturels

### • Les milieux naturels

La végétation d'une zone alluviale suit une zonation classique. Celle de IMBODEN 1976 est reprise ci-dessous :

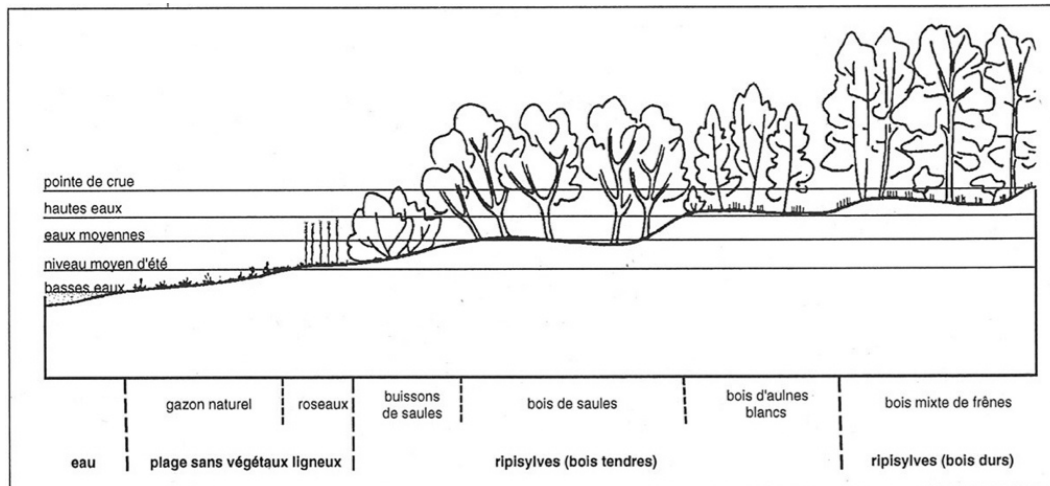





Fig. 16. Zonation classique de la végétation d'une zone alluviale selon IMBODEN (1976. *Eaux vivantes*, LSPN, Bâle, 240 p.). Un système alluvial naturel est caractérisé par une dynamique que règle l'alternance et l'intensité des crues. On distingue dans la règle une toposéquence liée aux phénomènes d'érosion ou d'alluvionnement et la chronoséquence, qui définit la succession des groupements végétaux dans le temps.




La carte de la végétation du périmètre de l'embouchure de la Broye a été établie en 2003. Elle comprend 8 unités de végétations dites principales qui sont décrites ci-après, selon la typologie adoptée en 1993.

Une vérification de sa validité, du point de vue dimensionnelle et phyto-sociologique a été faite en novembre 2012, avec mise en perspective selon le *Guide des milieux naturels de Suisse* (Delarze & Gonseth, 2<sup>ème</sup> éd. 2008, typologie indiquée avec un astérisque dans le tableau suivant \*). L'objectif était de déterminer si une évolution particulière était observée depuis 2003. Le lecteur est prié de consulter les cartes de végétation en annexe (2003 et 2012).

Signalons que la végétation aquatique n'a pas été cartographiée dans le cadre du projet zone alluviale. Cette « unité » manque, car une petite ceinture de végétation flottante fixée (\**Nymphaeion*) a été observée en 2012, avec présence du nénuphar jaune (*Nuphar lutea*) notamment.

<p><b>Unité 5. Bas marais (roselière)</b></p>	<p>Cette unité, localisée en 2 grands ensembles, comprend en rive droite une roselière lacustre (<i>*Phragmition</i>) et en rive gauche une roselière terrestre (<i>*Phalaridion</i>). Ces ensembles sont apparus dans leur forme et taille à la suite de la baisse du niveau du lac de Morat. Il faut toutefois noter que la différence en terme de composition spécifique est faible entre ces deux roselières. Le bord de la berge de la roselière lacustre est souvent stabilisé (pieux, saules plantés), si bien que la zone de transition avec l'eau est réduite. La roselière lacustre présente ainsi des signes d'atterrissement avec un embroussaillage par des saules, notamment <i>Samix viminalis</i> (<i>*Salicion albae</i>). Ceux-ci, bien que rabattus récemment, forment aujourd'hui des fourrés dans la partie sud-est, à proximité de la Broye, ce qui renforce encore l'effet de barrière entre la roselière et le lac.</p> <p>Le rattachement des roselières à l'unité 5 « Bas marais » de la typologie « zone alluviale » ne correspond pas à celle des milieux naturels de Suisse (Delarze), qui rattachent ces associations distinctement des groupements bas-marécageux à laïches (p.ex. <i>*Magnocaricion</i>).</p> 
<p><b>Unité 7. Fourrés, manteau et forêt de saules de plaine</b></p>	<p>Cette unité comprend les fourrés et manteaux de saules, du stade arbustif compris les forêts. Delarze distingue la saulaie buissonnante alluviale (<i>*Salicion elaeagni</i>) de la saulaie blanche (<i>*Salicion albae</i>). Ces formations se trouvent exclusivement en rive droite ainsi que de la roselière lacustre. C'est dans cette dernière que ce type de milieux présente une dynamique d'expansion, avec un phénomène d'embroussaillage marqué. Des travaux de débroussaillage ont d'ailleurs été conduits récemment, mais ils ont plutôt contribué à dynamiser cette formation (mise en lumière, piétinement du sol). Cette différence a été mise en évidence dans la carte de la végétation 2012.</p> <p>De manière générale (et sauf une petite exception), les formations forestières en rive droite sont nettement plus hygrophiles que celles situées en rive gauche). En bordure du lac, les saulaies de cette unité présentent encore une dynamique de colonisation (nouveaux rejets), en raison de la dynamique lacustre et par des coupes effectuées. Plus à l'intérieur de la forêt alluviale, les manteaux arbustifs se sont transformés le plus souvent en des variantes comprenant des saules plus vieux, permettant une transition vers des forêts de bois durs.</p> 

<p><b>Unité 9. Forêts d'aulne noir</b></p>	<p>L'aulnaie noire (<i>*Alnion glutinosae</i>) prend place exclusivement sur des terrains gorgés en permanence d'eau et sur des sols riches en matière organique. Cette unité ne couvre qu'une relativement petite surface en rive droite, à la faveur d'une topographie favorable (grande « cuvette », mais peu marquée. Cette forêt se repère par la présence de quelques groupes d'aulnes noirs et maintient sa superficie par rapport à 2003. Il n'y a cependant peu ou pas de nouveaux rejets et une pression importante de la part du frêne ou d'autres essences à bois durs. En l'état l'aulnaie noire est véritablement une relique naturelle (présence induite par des facteurs historiques spécifiques de topographie et d'humidité du sol). Il faut signaler que les aulnaies noires sont devenues particulièrement rares en Suisse et qu'un dépérissement généralisé des aulnes noirs s'observe en Europe (maladie cryptogamique <i>Phytophthora alni</i> notamment).</p> 
<p><b>Unité 11. Forêts de frêne des substrats fins</b></p>	<p>Dans la typologie utilisée dans la cartographie des zones alluviales, cette unité regroupe plusieurs types de peuplements dominés par le frêne et l'aulne noir, toujours établis sur des substrats fins. Cette unité se rencontre en rive droite et en rive gauche. Il s'agit de groupements difficilement caractérisables, car ils regroupent plusieurs zonations en raison de l'absence de dynamique alluviale récente. On observe surtout la présence de vieux saules blancs (<i>*Salicion albae</i>) qui cohabitent avec des éléments d'une frênaie humide (<i>*Fraxinion</i>). La diversité d'essences d'arbres est assez élevée (frêne, saule blanc, tilleul, peuplier blanc, mais pas d'aulnes noirs) avec la présence d'une strate arbustive haute (cornouiller sanguin, viorne obier, noisetiers, etc.).</p> <p>De très nombreux saules blancs ont été renversés par les dernières tempêtes. Cette formation arrive donc à la fin de sa chronoséquence et est remplacée par des essences à bois durs.</p> 
<p><b>Unité 16. Autres forêts, manteaux et groupements arbustifs</b></p>	<p>Cette unité inclut toutes les formations arborescentes ou arbustives ne présentant pas une typologie précise. Seule la frange Nord de la roselière lacustre (en rive gauche) fait partie de cette unité. À vrai dire, cette unité n'a pas vraiment de réalité au sens de la typologie des milieux naturels. Elle englobe des zones de végétation des propriétés privées jouxtant la roselière, végétation de nature ornementale, souvent banale et sans intérêt, mais aussi quelques grands arbres de parcs (platanes).</p> <p>Cette unité donne également l'impression que une zone de transition existe entre la roselière et la zone urbanisée. Malheureusement, cette transition est en pratique inexistante et il faut signaler des intrusions humaines négatives sur la roselière : déchets, clôtures, gazon intensif en limite...</p>

	
<p><b>Unité 18.</b> <b>Sylviculture intensive</b></p>	<p>Cette unité recouvre plus du tiers de la superficie de la zone alluviale de l'embouchure de la Broye, principalement en rive gauche. Cette notion de sylviculture intensive recouvre en fait plusieurs formes d'exploitations sylvicoles, qui se sont substituées aux formations forestières naturelles, sans les faire disparaître entièrement cependant.</p> <p>En rive gauche, la sylviculture intensive a été pratiquée sous la forme de plantations de peupliers. Ceux-ci ont été abattus il y a quelques années. Les essences naturelles du sous-bois prennent aujourd'hui leur place, mélangées avec des plantations. Globalement, on se trouve dans un type de frênaie humide (<i>*Fraxinion</i>) riche en éléments de la chênaie à charme (<i>*Carpinion</i>). Le chêne rouvre s'y développe particulièrement bien, ainsi que l'érable sycomore. La diversité des essences est élevée, notamment en lisière (<i>*Pruno-Rubion</i>). C'est dans ce secteur qu'ont été repérés une quinzaine de jeunes ormes (des plants d'une dizaine d'années). Il s'agit pour la plupart d'ormes mantagnards (<i>Ulmus glabra</i>), mais la détermination reste incertaine pour plusieurs sujets (pratiquement sans feuilles lors de la visite de terrain) et une confusion avec le très rare orme lisse (<i>Ulmus laevis</i>) reste possible. À noter que, de manière très étonnante, de nouvelles plantations ont été effectuées, notamment avec du robinier faux-acacia (<i>Robinia pseudo-acacia</i>), un néophyte particulièrement problématique et qui tend à se propager aujourd'hui de manière inquiétante dans la forêt en rive gauche (photo de droite, avec encore le système de protection anti-gibier).</p> <div data-bbox="440 1178 1362 1460">  </div> <p>Plus au Sud, en face de la STEP, la forêt présente une physionomie plutôt proche de l'aulnaie alluviale (<i>*Alnion incanae</i>). La carte de végétation la considère en ripisylve de transition en végétation secondaire (unité 12 Ripisylve de transition). Il s'agit d'un petit secteur situé en dépression (ancienne terrasse alluviale, signalée sur la carte du relief précédemment). On y trouve des grands bouleaux, des vieux saules blancs, saules marsault, des fourrés de ronces et des tapis de prêles d'hiver (<i>Equisetum hyemale</i>). Le secteur est malheureusement envahi par des dépôts sauvages d'ordures (sacs-poubelle). C'est également, avec l'aulnaie noire en rive droite, une relique authentique de l'ancienne zone alluviale.</p> <div data-bbox="671 1749 1129 2031">  </div>

Enfin, signalons que la forêt est traversée par une ligne électrique à moyenne tension. Une servitude de hauteur est donc imposée à la forêt et des pistes d'accès ont été créées pour permettre son entretien.



Cette tranchée est indiquée sur la carte de végétation. D'un point de vue floristique, cette exploitation est dommageable, car les sols compactés par le passage répété de machines se trouvent envahis de néophytes, notamment d'importantes colonies de Solidages géants (*Solidaga gigantea* photo de gauche), d'impatiens glanduleuses (*Impatiens glandulifera*), de bulddléas (*Buddleja davidii*, photo de droite) et de jeunes robiniers.



En rive droite, il reste encore à la pointe Sud-Ouest de la zone alluviale, une petite sylviculture de peupliers noirs, intensive (pratiquement mono-spécifique).

**Unité 20.  
Prairies  
grasses**

Les berges de la Broye ont été classées dans cette unité par le fait qu'un entretien régulier est pratiqué sur la végétation. Celle-ci présente une physiologie banale d'une variante appauvrie de l'*Arrhenatherion*, notamment en rive droite. La valeur écologique est en conséquence amoindrie.



Toutefois, d'importantes plantations arbustives ont été effectuées en rive gauche (\**Pruno-Rubion*), et sont assez diversifiées. La digue (en remblais) comprend quelques secteurs plus maigres (\**Mesobromion*)



**Unité 22.  
Site  
construit et  
végétation  
artificielle**

Le périmètre de la fourrière du SESA a été classé dans cette unité. Il s'agit d'éléments artificiels sans valeur aucune. À noter qu'on trouve en rive gauche une place occupée par la voirie communale (place de dépôt), entourée par une haie de thuyas qui pourrait être mise dans cette catégorie.





- **Néophytes**

L'Ordonnance fédérale sur l'utilisation d'organismes dans l'environnement (ODE) vise, entre autres, à empêcher la dissémination d'organismes exotiques de manière à prévenir des atteintes à la santé de l'être humain ou des animaux, que les organismes ne puissent pas se propager et se multiplier de manière incontrôlée dans l'environnement. L'ODE est basée sur une réflexion mise en place au niveau national par différents groupes de scientifiques, instituts de recherches, offices cantonaux et fédéraux. Ces réflexions ont notamment conduit la Commission suisse pour la conservation des plantes sauvages (CPS) à l'élaboration de deux listes, une liste « noire » et une liste de mise en garde/surveillance « watchlist ». 5 néophytes sont présents dans le périmètre :

**Solidage géant** (*Solidago gigantea*) : plante herbacée ornementale de la famille des composées, pérenne par ses rhizomes, échappée des jardins ou dépôts de déchets de jardin (passablement de dépôt sauvage dans le secteur nord). Colonise de manière préférentielle les pistes forestières (voir carte de végétation 2012). Forme des colonies très denses sous la ligne électrique, mais se rencontre aussi de manière éparse le long de la rive du lac en rive droite. Citée à la Liste Noire et interdite selon l'ODE.

**Impatiente glanduleuse** (*Impatiens glandulifera*) : plante annuelle de la famille des balsaminacées. Présente de manière éparse sur le site (aussi bien en rive gauche que rive droite), mais le diagnostic effectué est peu précis (les plantes fanées et gelées disparaissent lors de la visite effectuée au mois de novembre). Citée à la Liste Noire et interdite selon l'ODE.

**Robinier faux-acacia** (*Robinia pseudo-acacia*) : arbre de la famille des légumineuses, signalé à la Liste Noire. Planté en rive gauche (il y a plus d'une dizaine d'années en arrière) ! Plusieurs arbres sont arrivés à maturité (produisent des graines) ou rejettent. Risque de dispersion sur la zone alluviale important.

**Buddléja de David** (*Duddleja davidii*) : arbuste ornemental, échappé des jardins. Capacité de colonisation très importante, en lisière ou sur sol nu. Plusieurs plants repérés le long du chemin forestier longeant la ligne électrique. Citée à la Liste Noire

**Vergerette annuelle** (*Erigeron annuus*) : fleur annuelle de la famille des composées. Accompagne la végétation pionnière ou prairiale. Observée sur les zones herbeuses (pistes forestières). Plantes signalées par la Watchlist.

Aucune gestion des néophytes n'est effectuée à ce jour. Ces stations sont susceptibles de s'étendre considérablement à la faveur de micro-perturbation humaine (débroussaillage, chute d'arbre avec soulèvement des racines, etc.). Une gestion anticipée de ces espèces (par rapport à de futures interventions) est nécessaire, notamment pour le robinier et le buddléja, dont les plants peuvent être coupés/arrachés.

- **Synthèse et bilan de l'évolution récente**

Si la diversité des milieux rencontrés dans la zone alluviale de l'embouchure de la Broye est encore remarquable, il n'en demeure pas moins qu'on y observe une nette tendance à leur banalisation. Les facteurs d'utilisation et d'entretien humain sont parfois contradictoires : p.ex. des opérations de débroussaillage de la roselière (favorable) alors que des robiniers sont plantés. Le classement de la zone à l'inventaire national n'a pas permis à ce jour d'améliorer la situation.

Comme pour de nombreuses zones alluviales de plaine qui ne sont plus soumises à une dynamique naturelle, l'embouchure de la Broye nécessite des mesures anthropogènes afin de sauvegarder ses milieux naturels typiques, leur zonation et leur succession temporelle.

## 6 Faune

À l'embouchure de la Broye, la rive du lac de Morat présente un aspect naturel, avec en rive gauche une roselière relativement dense et atterrie et en rive droite une forêt alluviale, où la présence d'une pseudo-roselière trahit l'ancien cours naturel de la Broye, les deux rives sont envahies par endroits de solidages, plante invasive originaire d'Amérique du Nord. La roselière en rive gauche est colonisée par les saules, qui ont ponctuellement fait l'objet d'un entretien. Un trou d'eau creusé en son centre il y a quelques années s'est rapidement refermé. Le canal de la Broye est prolongé dans le lac par un alignement de pieux en bois, sur lesquels ont niché la Mouette rieuse et le Goéland leucophaée. Une plateforme construite sur la gauche de l'embouchure, devant la roselière, héberge une importante colonie de Sterne pierregarin au printemps et en été.

Le banc de sable apparu en août 2007, mais qui a disparu suite à l'érosion due à la bise fin 2009, constituait un site unique sur le lac de Morat et dans la plaine de la Broye pour l'escale des limicoles migrateurs. Bien qu'il ne soit plus exondé, une grosse crue avec de hautes eaux du lac provoquerait probablement la réapparition de ce banc de sable. La Broye apporte essentiellement des sédiments fins (argiles, limons et sables). L'embouchure est principalement constituée de sables. La Broye apporterait annuellement env. 50'000 m<sup>3</sup> de sables et entre 50'000 et 350'000 m<sup>3</sup> d'argiles/limons (AquaVision Engineering).



*Fig. 17. L'ancien bras de la Broye traverse la forêt alluviale. Il est recouvert d'une pseudo-roselière. C'est là que pourrait passer la déviation du canal de la Broye. Septembre 2010.*

Le banc de sable était la « pointe de l'iceberg » d'un delta de sédiments qui s'est formé à l'embouchure du canal de la Broye dans le lac de Morat. Dès août 2007, ce delta formait un banc de sable exondé en permanence, très favorable à l'escale des limicoles migrateurs et à la nidification de la Sterne pierregarin en 2009. Les dérangements dus aux baigneurs et autres plaisanciers y étaient toutefois importants. Suite aux coups de butoirs de la bise, ce banc de sable a progressivement régressé puis a disparu fin 2009, mais les sédiments sont toujours présents sous une faible profondeur d'eau et forment un haut-fond.



*Fig. 18. Bécasseau sanderling en escale migratoire sur le banc de sable à l'embouchure de la Broye. 22.9.2008. Pascal Rapin.*

Étant donné l'importance du delta de sédiments pour les limicoles migrateurs et la nidification de la Sterne pierregarin, il est souhaitable de conserver la dynamique alluviale de la Broye et de permettre la formation du banc de sable.

Une population de Souris des moissons, micromammifère rare et localisé en Suisse, subsiste en bordure de la roselière en rive gauche de la Broye (voir photo de nid figure 23, observée en octobre 2012). La position de cette population est signalée approximativement sur la carte de végétation actualisée (2012).



*Fig. 19. Sterne pierregarin en train de retourner ses œufs. Printemps 2009. Pascal Rapin.*



Fig. 20. Les œufs sont pondus à même le sol sur le banc de sable. Printemps 2009. Pascal Rapin.

***Oiseaux nicheurs typiques des forêts alluviales***

Harle bièvre

Coucou gris

Martin-pêcheur

Pic épeichette

Pic cendré (dernière observation en 2001)

Martin-pêcheur d'Europe

Loriot d'Europe

Pouillot fitis

Mésange rémiz (nicheur exceptionnel)



Fig. 21. Le Pic cendré n'a plus été revu à l'embouchure de la Broye après 2001. Frédéric Jaquier.

***Oiseaux d'eau nicheurs ou typiques des marais***

Grèbe castagneux

Grèbe huppé

Blongios nain

Canard colvert

Râle d'eau

Poule d'eau

Foulque macroule

Goéland leucophée

Mouette rieuse

Sterne pierregarin (8 pontes sur le banc de sable en 2009, colonie sur un radeau artificiel)

Locustelle lusciniotide

Rousserolle effarvatte

Rousserolle turdoide

***Oiseaux d'eau hivernants***

Diverses espèces de canards, grèbes, Grands Cormorans

Héron cendré

Grande Aigrette

Butor étoilé

***Oiseaux migrants sur le banc de sable***

Nombreux limicoles (gravelots, bécasseaux, chevaliers, bécassines)

Nombreux laridés et sternidés (mouettes, goélands, sternes)

***Reptiles typiques des zones alluviales***

Cistude d'Europe observée en 2001.

Couleuvre à collier

***Amphibiens***

Crapaud commun

Grenouille rieuse

Grenouille verte

Grenouille rousse

***Poissons et écrevisses***

Les poissons et crustacés suivants se trouvent dans le lac de Morat :

- Brème
- Brochet
- Carpe
- Gardon
- Palée
- Perche
- Sandre
- Silure
- Tanche
- Truite
- Nase (autrefois)
- Ecrevisses



Fig. 22. Grand Gravelot et Bécasseaux variables en escale migratoire sur le banc de sable. 29.9.2008. Pascal Rapin.

***Mammifères typiques des zones alluviales***

Castor

Souris des moissons (nid trouvé en octobre 2012)

Loutre (autrefois)



Fig. 23. Nid de Souris des moissons à l'embouchure de la Broye à Salavaux. Octobre 2012, L. Maumary.

## 7 Objectifs de renaturation

Étant donné la situation stratégique du lac de Morat pour les oiseaux migrateurs, la revalorisation du delta de la Broye peut être considérée comme un objectif prioritaire, tout en permettant une meilleure gestion des dépôts d'alluvions à l'embouchure. Les objectifs de revitalisation écologique sont les suivants:

### Objectifs orientés faune :

- remise en eau de l'ancien bras de la Broye, favorable au Castor, à la nidification du Martin-pêcheur et de la Mésange rémiz;
- création d'un bras mort dans le cours actuel de la Broye, favorable aux Ardéidés (hérons), à la Cistude d'Europe et à l'Agrion éclatant.
- création d'une lagune dans la roselière en voie d'atterrissement en rive gauche de l'embouchure, favorable au Blongios nain, à la Rousserolle turdoïde, à la Locustelle luscinioides et au Bruant des roseaux. La revitalisation de la roselière, en évitant son évolution vers la forêt, sera également favorable à la Souris des moissons à moyen terme.
- Inondations épisodiques de la ripisylve, îlots de bois mort (déplacement de la fourrière actuelle).
- maintien/création d'un banc de sable permanent en face de l'embouchure de la Broye comme site d'escale pour les ardéidés, limicoles et laridés migrateurs ainsi que la nidification de la Sterne pierregarin.

### Objectifs orientés milieux naturels:

- Permettre la mise en place d'une nouvelle zonation alluviale considérant l'absence de dynamique naturelle
- Renforcer la typicité et la diversité des associations végétales alluviales : *Phragmition*, *Phalaridion*, *Salicion elaeagni*, *Salicion albae*, *Alnion glutinosae* et *Fraxinion*), qui sont toutes des associations dignes de protection au sens de l'Ordonnance fédérale sur la protection de la nature. Le renforcement s'effectue :
  - Par la mise en place d'un plan de gestion conformément au Guide d'application sur l'ordonnance des zones alluviales (1995), comprenant entre-autres :
  - Des mesures sylvicoles ciblées : débroussaillage des roselières, abattage des robiniers (ou écorçage pour éviter tout rejet), coupes ciblées sur les peupliers et les frênes ;
  - Des mesures de luttés contre les néophytes
  - Des mesures d'organisation des constructions/infrastructures : suppression fourrière, déviation ligne électrique, déplacement des places d'amarrage, etc.
  - Des mesures de gestion du public : actuellement l'accès véhicules est possible à plusieurs endroits, y compris dans la forêt, nombreux cheminements sauvages, dépôts sauvages d'ordures...
  - Des mesures de gestion en périphérie : améliorer la transition avec la zone à bâtir et la zone agricole.

Note : ces deux objectifs peuvent paraître contradictoires, car la mise en place d'une nouvelle zonation nécessite la destruction de certains milieux naturels. Ce processus est toutefois à la base de la diversité des zones alluviales. Dans ce cas de figure, une pesée des intérêts peut être faite entre les bénéfiques et les impacts de mesures de renaturation (voire chapitre impacts).

Grâce à cette diversification des milieux (remise en eau du canal et de la roselière en voie d'atterrissement), création de bancs de sable émergeant en lien avec la dynamique sédimentaire alluviale, l'embouchure de la Broye redeviendra plus attractive pour de nombreuses espèces. La création de ces nouveaux biotopes doit s'accompagner d'un suivi de l'efficacité des mesures.



Fig. 24. Bécasseaux minutes en escale sur le banc de sable. 29.9.2008. Pascal Rapin.

2	Principe/mesures	Espèces cibles	Efficacité attendue
1 - Remise en eau de l'ancien bras de la Broye	Excavation du nouveau tracé sur l'ancien bras de la Broye. Création de berges d'aspect naturel.	Castor, Martin-pêcheur, Mésange rémiz, (nidification), Agrion éclatant	+
2 - Création d'un bras mort dans le cours actuel de la Broye	Fermeture du canal en amont de l'embouchure actuelle. Déplacement des places d'amarrage dans la Broye*.	Ardéidés (hérons), Martin-pêcheur, Cistude d'Europe, (Valvée nordique)	++
3 - Création d'une lagune dans la roselière en voie d'atterrissement	Décapage de la roselière pour créer une zone d'eau libre peu profonde communicant avec la Broye	Souris des moissons, Castor, Blongios nain, Rousserolle turdoïde, Locustelle lusciniôide, Bruant des roseaux, Cistude d'Europe	++
4 - Triangle de forêt riveraine inondable avec bois mort (déplacement de la fourrière actuelle).	Inondations épisodiques de la ripisylve, îlots de bois mort	Castor, Pic cendré, Coucou gris, Lorient d'Europe, Rossignol philomèle, Pouillot fitis, Orme lisse	+
5 – Favoriser l'apparition de bancs de sable	Ne pas évacuer les dépôts du futur bras de la Broye. Planter des rangées de pilotis pour faciliter l'apparition de bancs de sable. Interdire la navigation à proximité des bancs de sable	Ardéidés (hérons) et Limicoles migrateurs (gravelots, bécasseaux, chevaliers), nidification de la Sterne pierregarin et de la Mouette rieuse.	+++
* L'exutoire de la STEP de Bellerive sera déplacé ou prolongé de manière à éviter les rejets dans un bras mort, avec risque marqué d'eutrophisation.			



## 8 Principes d'aménagements de l'embouchure de la Broye



Fig. 25. L'embouchure de la Broye dans le lac de Morat, sur la commune de Salavaux, est une zone alluviale d'importance nationale. 27 janvier 2015, L. Maumary.

- **Mesures d'aménagement proposées**

La renaturation de l'embouchure de la Broye consiste essentiellement à la remise en eau de l'ancien cours de la Broye, et par conséquent la création d'un bras mort dans le lit actuel. Les aménagements accompagnant cette renaturation sont les suivants :

1. Réalisation d'une lagune : La roselière existante présente une situation d'atterrissement importante. La réalisation d'une lagune de faible profondeur permet de redynamiser le secteur par la présence d'un plan d'eau permanent connecté au lac par un bras en eau peu profonde. Cette mesure est favorable au Grèbe castagneux, aux Hérons cendrés et pourprés, à la Grande Aigrette, au Butor étoilé, au Blongios nain, au Râle d'eau, à la Marouette ponctuée et à la Rousserolle turdoïde notamment. D'autres oiseaux d'eau migrateurs profiteraient de la remise en eau de cette roselière. La zone de roselière proche de la lisière, colonisée par la Souris des moissons, ne sera pas touchée.



Fig. 26 et 27. La roselière en rive gauche de l'embouchure actuelle est en voie d'atterrissement et ne présente plus un grand intérêt pour l'avifaune des marais. Le décapage d'une grande surface permettra de redynamiser la roselière. 27 janvier 2015, L. Maumary.

2. La berge est marquée localement par la présence de néophytes (solidage) qui devront être éliminés afin de limiter la compétition et plus spécialement dans les zones qui feront l'objet de remaniement en lien avec la réalisation du nouveau canal (zone à nue plus sensible et propice au développement des néophytes). Le décapage de ces secteurs contaminés par les néophytes offrira un terrain propice au développement d'une flore pionnière indigène (un suivi est nécessaire pour empêcher le retour de néophytes).

3. Une zone interdite à la navigation sera délimitée par des bouées, elles assureront le maintien d'une zone "tranquille" pour l'avifaune. Elles permettront en outre de prévenir ou du moins limiter les accès aux bancs de sable et d'assurer ainsi leur attractivité pour l'avifaune. Cette mesure est destinée avant tout à assurer la tranquillité des colonies de nidification des sternes et des mouettes, mais aussi afin d'éviter que le public accoste sur les bancs de sable qui accueillent les limicoles migrants.

4. L'embouchure du nouveau tracé sera équipée de pieux en bois permettant de favoriser localement le dépôt de sédiments et la mise en place de banc de sable partiellement exondés. Le positionnement et le nombre de pieux nécessaires devront être définis en coordination avec l'ingénieur hydraulique afin d'assurer la formation de bancs de sable en lien avec la dynamique sédimentaire de l'embouchure (il est aussi possible de favoriser la mise en place de bancs par la pose des matériaux provenant de la réalisation du nouveau canal. Ceci offre l'avantage d'augmenter les surfaces de très faible profondeur).

Le sommet des pieux en bois ainsi que les pieux métalliques existants et/ou futurs seront surmontés d'une petite cuvette permettant la nidification des Mouettes rieuses. En effet, ces dernières ont déjà commencé à utiliser les sommets des pieux pour nicher, parfois dans des conditions inconfortables.



Fig. 28. Les pieux métalliques actuels seront accompagnés de pieux en bois favorisant l'apparition de



bancs de sable. 27 janvier 2015, L. Maumary.



Fig. 29-32. Les pieux métalliques seront accompagnés de pieux en bois pour favoriser la formation de bancs de sable. Ces pieux seront équipés de cuvettes permettant la nidification des Mouettes rieuses. Juin 2014, P. Rapin.

5. Réalisation d'un bras mort dans la zone isolée par la création du nouveau canal, permet d'offrir des niveaux "d'humidité" variable favorables au développement de la flore typique des milieux humides/aquatiques. Les zones dégagées de la végétation dans le secteur pourraient faire l'objet d'une recolonisation naturelle (pas d'ensemencement) accompagnée d'un suivi pour empêcher le développement de néophytes.

6. Fermeture de l'ancien canal afin de créer un "bras mort" présentant des écoulements très faibles voire inexistant, favorable à un certain type de flore (roseau, nénuphar, ...). La forme de la future "digue" de fermeture n'est pas encore formellement définie. Elle pourrait toutefois être aménagée afin de recréer des pentes douces plongeant dans le futur bras mort. Les volumes exacts de matériaux n'étant pas exactement connus, il conviendra de minimiser autant que possible l'apport de matériaux pour maximiser la longueur du bras mort.

7. Nouveau tronçon du canal de la Broye. Le stationnement de bateau y est interdit, les berges sont naturelles avec des pentes, préférentiellement de 1:3, au minimum, favorables au développement de la végétation rivulaire et à la mise en œuvre du génie biologique simple. Il est proposé de réaliser des berges de hauteurs différentes afin de favoriser l'inondation de la berge nord du nouveau tronçon. Ceci permettra de développer une flore variée adaptée aux variations des niveaux d'eau.

8. Dans l'ancien canal, les berges seront "nettoyées", les places d'amarrage déplacées, afin de pouvoir éliminer certains enrochements et les ouvrages existants. Les installations en lien avec la fourrière du SESA sont évacuées. Seule la falaise à Martin-pêcheur sera conservée du fait de la présence régulière de couple nicheur.

9. Aménagement d'une nouvelle plateforme pour la nidification des Sternes pierregarins et reconversion des 2 structures des feux en plateformes de nidification après démantèlement des feux.



Fig. 33-34. Une nouvelle plateforme de nidification pour les Sternes pierregarins pourrait être construite à proximité de celle qui existe déjà. Les 2 feux qui seront démantelés pourraient également être transformés en petites plateformes de nidifications. Juin 2014, P. Rapin.

10. Maintien de la falaise artificielle pour le Martin-pêcheur. La falaise artificielle pour le Martin-pêcheur en bordure du bassin de la fourrière est fonctionnelle (1 couple nicheur). La falaise et le bassin seront maintenus (les palplanches de stabilisation du bassin seront, elles, évacuées).



Fig. 35 et 36. La falaise artificielle pour le Martin-pêcheur est fonctionnelle (1 couple nicheur) et sera maintenue. 27 janvier 2015, L. Maumary.

11. Une butte d'observation sera érigée au sud de la nouvelle embouchure de la Broye. Elle permettra d'observer les oiseaux dans de bonnes conditions de lumière, avec le soleil dans le dos, en direction de la nouvelle lagune, du banc de sable et des radeaux à sternes.

12. Suivi de la dynamique de la zone alluviale. Considérant l'importance des travaux réalisés pour la revitalisation de la zone alluviale d'importance nationale, un suivi de la dynamique écologique globale du site est recommandé sur une période de 10 ans avec un rapport intermédiaire au bout de 5 ans.

Les fréquences de visites sont évaluées à 1 par mois en moyenne sur les 5 premières années. Selon la dynamique évolutive du site, ces fréquences de visite pourront être adaptées.

- **Espèces cibles**

Les espèces cibles ont été identifiées sur la base des observations récoltées sur le site et du Réseau écologique cantonal (REC, Delarze & Morard 2011). Seules les espèces présentes – ou historiquement présentes - sur les rives du lac de Morat ou à proximité de l'embouchure de la Broye ont été retenues. Les oiseaux ci-après, cités avec un astérisque (\*), figurent parmi les 50 espèces nécessitant des programmes conservatoires nationaux.

### **Mammifères**

La **Souris des moissons** (*Micromys minutus*) est une espèce localisée en Suisse dont la présence sur le site a été attestée récemment (2008-2010, Drosera SA et Faune Concept 2011) et lors d'une visite en octobre 2012. Il convient donc de conserver et favoriser cette espèce en conservant et en revitalisant son habitat. Elle est toutefois probablement moins rare qu'il n'y paraît, étant relativement souvent présente dans les pelotes de réjection de la Chouette effraie dans la plaine de la Broye (A. Roulin par P. Rapin). Le **Castor** (*Castor fiber*) est également présent. La **Loutre** (*Lutra lutra*) a été observée pour la dernière fois en 1982 à l'embouchure de l'Arbogne dans la Broye, à env. 2 km en amont de l'embouchure dans le lac de Morat.



Fig. 37. *Souris des moissons*. Photo : Paul Marchesi



Fig. 38. Nid de *Souris des moissons* trouvé en bordure de la roselière en rive gauche de la Broye. Octobre 2012, L. Maumary.

L'habitat de la souris des moissons est situé entre la lisière de la forêt et la roselière dense, dans une zone plus diversifiée et plus ouverte avec des roseaux plus fins. La présence de l'espèce n'a pas pu être détectée au cœur de la roselière.



Fig. 39. Habitat de la Souris des moissons en bordure sud de la roselière. Octobre 2012. L. Maumary.



Fig. 40. Traces fraîches de Castor. Octobre 2012. L. Maumary.

### **Oiseaux**

Les oiseaux nicheurs de la partie terrestre de la zone alluviale (ripisylve) à favoriser sont notamment le **Martin-pêcheur d'Europe\*** (*Alcedo atthis*), le **Coucou gris** (*Cuculus canorus*), le **Pic cendré\*** (*Picus canus*) le **Loriot d'Europe** (*Oriolus oriolus*), le **Rossignol philomèle\*** (*Luscinia megarhynchos*) et le **Pouillot fitis\*** (*Phylloscopus trochilus*). L'**Hypolaïs ictérine\*** (*Hippolais icterina*), autrefois présente dans la région, a disparu depuis plusieurs années de Suisse romande en se retirant vers l'est. La **Mésange rémiz** (*Remiz pendulinus*) y a effectué une tentative de nidification en 1975 (Maumary et al. 2007).

Les oiseaux nicheurs menacés des roselières pouvant bénéficier d'une revitalisation par création d'une lagune sont notamment le **Blongios nain**, la **Rousserolle turdoïde\*** et la **Locustelle luscinioidé\***, mésange à moustaches, **Bruant des roseaux** (*Emberiza schoeniclus*).

Le site faisant partie de la zone OROEM du lac de Morat, tous les oiseaux d'eau et limicoles migrateurs sont à favoriser. En particulier, la recréation d'un banc de sable à l'embouchure de la Broye serait un site d'escale idéal pour les **Ardéidés** (hérons, aigrettes), **Limicoles** (**gravelots**, **bécasseaux** et **chevaliers**) et **Laridés** (Mouette rieuse, goélands, sternes) notamment. La **Sterne pierregarin\*** (*Sterna hirundo*) et la **Mouette rieuse** pourraient même nicher à même le banc de sable comme elles l'ont fait en 2009, pour autant que l'accès aux bancs de sable soit interdit.

### **Reptiles**

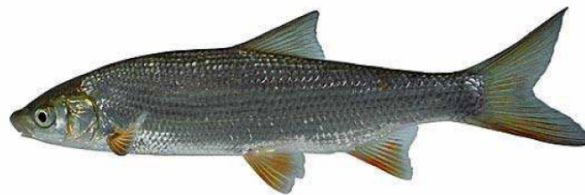
La **Cistude d'Europe** (*Emys orbicularis*) a été observée en 2001 à l'embouchure de la Broye. Il n'est pas possible de savoir s'il s'agit d'une relique de population indigène ou d'une introduction. Cette espèce indigène ne peut qu'être favorisée par la création d'un bras mort et d'une lagune attenants au lac.

### **Poissons**

#### **Nase** *Chondrostoma nasus*

Le nase a été retenu comme espèce prioritaire pour deux raisons. D'une part, il s'agit d'une espèce inféodée aux eaux propres de basse altitude. D'autre part, il était autrefois très abondant dans la Broye. Suite à une importante pollution des eaux qui s'est produite le 2 juin 1960 à l'aval de Lucens, la plupart des adultes matures ont été décimés. Depuis cette année, la population n'a cessé de s'effondrer. On considère que l'espèce est éteinte dans la Broye depuis une quinzaine d'années. La présence du nase est un indicateur de la bonne qualité écologique de l'écosystème aquatique. En permettant le retour du nase dans la Broye, on permettra le maintien d'autres espèces de la zone à ombre et à barbeau présentant les mêmes affinités écologiques. Toutefois, ce projet de renaturation de l'embouchure n'influencera pas ce retour, car l'espèce n'y faisait que transiter entre ses zones de frai en amont et l'hivernage dans le lac. D'autre part, il se nourrissait essentiellement d'un mucus de diatomées au fond du lit de la rivière, qui a disparu suite à l'utilisation massive de produits phytosanitaires. Tant qu'une quantité trop importante de biocides seront utilisés, le retour du Nase n'est pas possible.

#### *Chondrostoma nasus*



© www.roggo.ch

Fig. 41. Le Nase est un poisson disparu, autrefois abondant dans la Broye.

### **Mollusques**

En ce qui concerne les invertébrés, un mollusque disparu a encore été noté au XIXe siècle dans le lac de Morat (1849) : la **Valvée nordique** (*Valvata macrostoma*). Cette espèce est en danger critique d'extinction en Suisse. Toutefois, les chances d'un retour de cette espèce restent quasi-nulles.



### **Insectes**

L'**Agrion éclatant** (*Calopteryx splendens*) est essentiellement dépendant d'un entretien mesuré des berges des cours d'eau à courant lent où il se reproduit. La remise en eau de l'ancien bras de la Broye, avec un entretien limité et tardif (pas avant le mois d'août), lui serait favorable.



Fig. 42. L'Agrion éclatant recherche les cours d'eau lents..

### **Végétation**

L'**Orme lisse** (*Ulmus laevis*) est une espèce rare qui a été identifiée au bord du lac de Morat près de Faoug. Des ormes sont présents dans la forêt en rive gauche, mais il s'agit d'ormes montagnards pour la plupart. Il serait envisageable d'étendre sa population d'Orme lisse sur le littoral par des essais de plantations, provenant de lignées d'origine régionales.



Fig. 43. L'Orme lisse est un arbre très rare et localisé en Suisse.

Le **Nénuphar jaune** (*Nuphar lutea*) sera favorisé par la création d'un bras mort attenant au lac, constituant un nouveau biotope à coloniser.

- **Milieus cibles**

Les milieux concernés par le projet de renaturation de l'embouchure de la Broye peuvent être divisés en 5 catégories. Les actions qui y seront entreprises ont pour but l'amélioration des espèces cibles décrites plus haut.

### **Eaux courantes**

Remise en eau de l'ancien cours de la Broye favorable aux espèces suivantes : Castor, Martin-pêcheur, Mésange rémiz, (nidification), Agrion éclatant. Les berges devraient être aménagées de manière à favoriser l'implantation d'un manteau arbustif de type *Salicion elaeagni* ou *Pruno rubion*. Cette végétation aura pour objectif principal de stabiliser les berges (génie biologique).

Dans la zone en eau, en absence de contrainte « navigation » : développement de végétation des eaux courantes tels que l'épipotamon, hyporhitron avec possible extension d'espèces rares présentes à l'amont (tiré de Delarze et al. – Diagnostic de la plaine de la Broye): Potamot nouveau (*Potamogeton nodosus*), cresson d'eau (*Nasturtium officinale f. submersum*).

### **Eaux calmes**

Création d'un bras mort dans le lit actuel de la Broye, favorable aux espèces suivantes : Ardéidés (hérons), Martin-pêcheur, Cistude d'Europe, (Valvée nordique). Pour la végétation, les milieux visés sont : *Nymphaeion* et *Phramition* avec possible extension d'espèces rares présentes à l'amont (tiré de Delarze et al. – Diagnostic de la plaine de la Broye) : le *Nymphaeion* possède un cortège d'espèces rares et souvent menacées telles que la Renoncule en crosse (*Ranunculus circinatus*), Renouée amphibie (*Polygonum amphibium*), Hottonie des marais (*Hottonia palustris*), Potamot capillaire (*Potamogeton pusillus*), Potamot graminée (*Potamogeton gramineus*), Myriophylle en épi (*Myriophyllum spicatum*), Potamot pectiné (*Potamogeton pectinatus*), Nénuphar jaune (*Nuphar lutea*) Naïade marine (*Najas marina*).

### **Forêt riveraine**

Forêt riveraine inondable dans le triangle formé entre le lac, le bras mort et le nouveau cours de la Broye, favorable aux espèces suivantes : Castor, Pic cendré, Coucou gris, Lorient d'Europe, Rossignol philomèle, Pouillot fitis, Orme lisse. Les milieux visés sont : *Salicion albae* et *Alnion glutinosae*. Les premiers s'installeront de manière relativement rapide dès la fermeture de l'écoulement. La mise en place d'une aulnaie noire pourrait être encouragée par le reprofilage de l'ancienne berge gauche et des plantations à partir de la population en place.

### **Roselière**

Revitalisation en créant une lagune dans la roselière en voie d'atterrissement, contrecarrant son évolution naturelle vers la forêt, favorable aux espèces suivantes : Souris des moissons, Castor, Blongios nain, Rousserolle turdoïde, Locustelle luscinioidé, Bruant des roseaux, Cistude d'Europe.

Pour la végétation, les milieux visés sont : *Phalaridion* et *Phramition*, avec possible extension d'espèces rares présentes à l'amont (tiré de Delarze et al. – Diagnostic de la plaine de la Broye): laiche faux-souchet (*Carex pseudocyperus*), inule à feuilles de saule (*Inula salicina*) et rubanier dressé (*Sparganium erectum*). La création d'une petite lagune permettrait aussi la présence d'espèces du *Nymphaeion*.

### **Milieu lacustre**

Maintien/création d'un banc de sable permettant d'accueillir les Ardéidés, Limicoles et Laridés migrateurs ainsi que la nidification de la Sterne pierregarin et de la Mouette rieuse.

Le dépôt des matériaux terreux décapés de la zone alluviale pourrait être utilisé pour favoriser la création de zones de très faible profondeur et l'apparition de grèves exondées localement.

## 9 Impacts du projet

### • 9.1 Impact nature

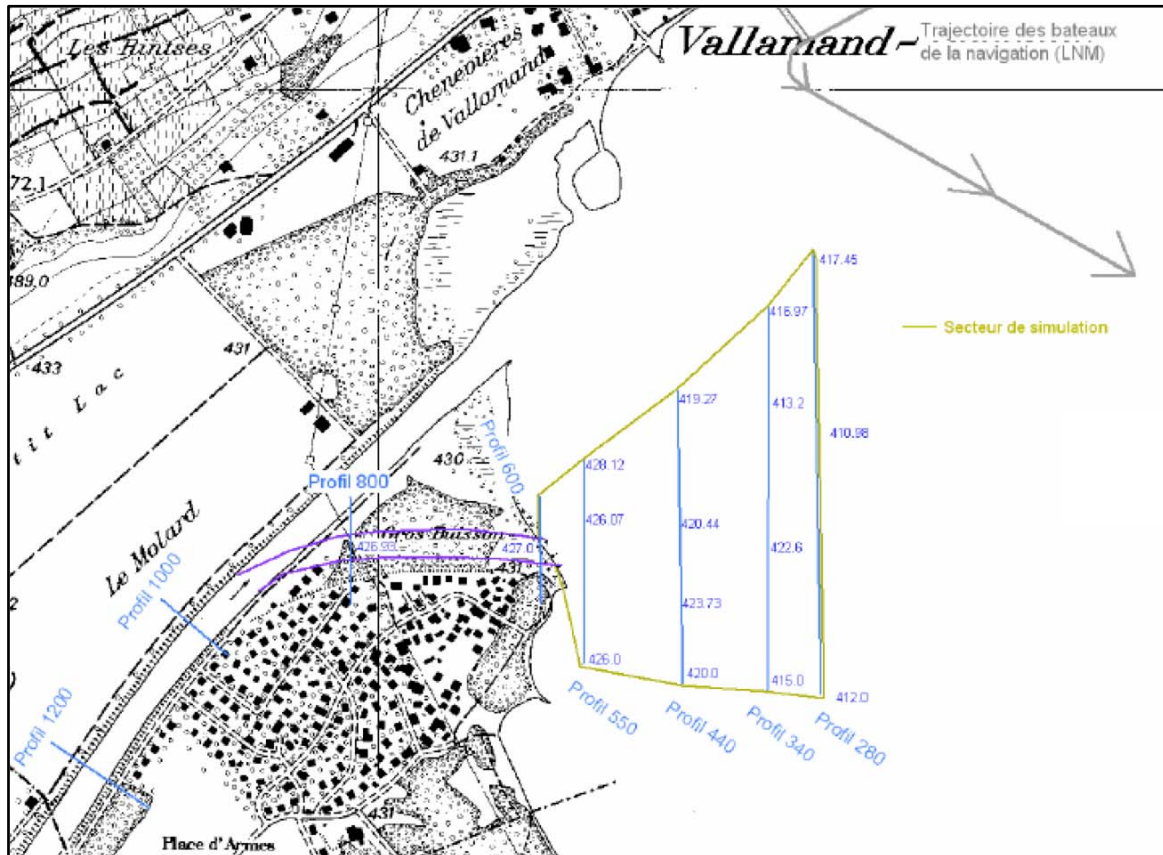


Fig. 44. Projet de déplacement de la Broye dans son ancien lit à proximité de son embouchure dans le lac de Morat (AquaVision Engineering)

Le déplacement de l'embouchure en recreusant l'ancien cours de la Broye permettrait de détourner le banc de sédiments hors de la zone de navigation. Cela implique des travaux assez importants sur le cours de la Broye, mais qui auraient une longue période de validité où aucune intervention ne serait nécessaire (env. 100 ans). Cette remise en eau de l'ancien bras de la rivière peut être considérée comme une revitalisation de la forêt alluviale, favorable à des espèces telles que le Martin-pêcheur ou la Mésange rémiz. Les sédiments se déposeraient ainsi hors de la zone de passage des bateaux et le banc de sable pourrait se reformer. La zone de forêt alluviale et de pseudo-roselière n'abrite aucune espèce rare ou menacée d'extinction hormis le Pic cendré, dont la dernière observation remonte à 2001. Le projet pourrait impacter une partie significative de l'aulnaie noire (voir carte de végétation). La remise en eau de l'ancien bras de la Broye ne mettrait de toute manière pas en péril le retour éventuel du Pic cendré. Afin d'éviter que le banc de sable ne s'érode sous l'action de la bise, il serait souhaitable de protéger le banc de sable au large par des épis parallèles à la rive. Ces épis contiendraient les sédiments et empêcheraient également leur propagation dans la zone navigable.

Les impacts environnementaux sont évalués essentiellement du point de vue de l'avifaune, car ce sont eux qui sont principalement concernés par les mesures de gestion du delta de la Broye.

En ce qui concerne la faune piscicole et les invertébrés aquatiques, le déplacement du banc de sédiments n'aura pas d'impact à long terme. Il n'y a pas d'herbiers de potamots dans cette

zone ni d'autres plantes aquatiques telles que nénuphars ou joncs (observation sur site en 2012). Ceci s'explique par les apports réguliers de sédiments et les effets d'exposition au vent dominant. L'apparition ponctuelle de bancs de sable modifie les fonds limitant les possibilités d'implantation pérenne d'herbiers dans ce secteur. Il n'y a pas de frayère importante connue à cet endroit. Les nutriments continueront d'être amenés par la Broye et pourront donc toujours être exploités par la faune piscicole et les invertébrés aquatiques. Quant à la végétation terrestre pionnière, elle pourra coloniser les bancs exondés surtout là où leur développement est facilité (l'objectif étant de réactiver la dynamique alluviale, ces bancs seront en mouvement fréquent, les pieux prévus ne serviront qu'à favoriser l'apparition des bancs, mais pas à les stabiliser).

Le chantier de la lagune pourrait avoir un impact sur la Souris des moissons. Il s'agira de définir la meilleure période pour ces travaux en fonction de l'activité de ce micromammifère afin de limiter les impacts. Ceux-ci seront toutefois limités à la période de chantier et ne toucheront pas la bordure de la roselière où la présence de l'espèce a été attestée.

Signalons encore que de tels travaux doivent faire l'objet d'un suivi particulier en ce qui concerne les néophytes. En effet, la présence sur site de plusieurs espèces implique une pression supplémentaire lorsque des milieux sont transformés, des matériaux déplacés et des sols compactés.

## • 9.2 Gestion des matériaux durant le chantier

La réalisation du nouveau bras va entraîner d'important mouvement de terre. La problématique du stockage et de la gestion de ces matériaux constitue un élément important pour la planification du chantier.

Une grande partie de ces matériaux est réutilisée sur place d'une part pour la fermeture de l'ancien bras (fermeture de l'ancien canal pour dévier les eaux vers le nouveau tracé, comblement partiel de l'ancien canal en pente très douce pour recréer des milieux d'humidité et de profondeur variables) et d'autre part pour favoriser la création de bancs émergés temporaire au sud de l'embouchure actuelle. Il est donc important de pouvoir stocker les matériaux excavés à proximité dans la mesure où ceux-ci sont réutilisés "sur place".

L'analyse de variante de stockage a mis en évidence qu'il n'est pas possible de stocker les matériaux en rive gauche du canal actuel pour des raisons de proportionnalité des coûts et de protection de l'air (le transport des matériaux par camions impliquerait une circulation trop importante à travers le village de Salavaux).

En accord avec la DGE-GEODE et la DGE-DIRNA, il est prévu de stocker les matériaux dans le triangle formé par les terres comprises en le canal actuel et le futur canal (voir périmètre en rouge sur illustration ci-dessous). Ceci d'autant plus que durant la phase de chantier, la zone sera vraisemblablement très humide et l'impact des machines de chantier important sur les sols, ainsi le stockage sur place n'entraîne pas d'impacts supplémentaires. Après recherche il n'a pas été possible de trouver des sites de réutilisation de ces matériaux, considérant les besoins du projet, il a donc été décidé de les réutiliser sur place (maîtrise des impacts du chantier sur la protection de l'air par minimisation des mouvements de véhicules et limitation des mouvements de camions à travers les zones habitées). Ceci favorisera l'apparition de bancs émergents, qui constituent un des objectifs du projet (pour rappel, l'apparition de ces bancs est favorable à l'avifaune migratrice, notamment à la Sterne pierregarin et aux limicoles).



Fig. 45. Projet de renaturation de l'embouchure de la Broye. Explications dans le texte.

En accord avec la DGE-GEODE, les horizons A et B qui seront "noyés" dans le canal actuel ou dans le lac peuvent être stockés à des hauteurs supérieures aux normes cantonales en vigueur. Pour les horizons A et B qui serviront à recréer des sols hors eau (fermeture du canal), ces derniers doivent être stockés conformément aux directives en vigueur et identifiés. Dans tous les cas les principes de décapage et de manipulation des sols devront être respectés.

Dans le cadre du chantier il conviendra de mettre en œuvre des mesures de protection pour éviter de toucher les sols en place dans la partie nord-est de la zone chantier (zone verte dans l'illustration ci-dessus). Il s'agit des sols situés sur le site de la fourrière actuelle.

### • 9.3 Introduction de matériaux dans le lac, conformité à l'art. 39 LEaux

Conformément à la loi sur la protection des eaux LEaux, le projet est soumis au respect de l'art. 39. Ce dernier précise :

- 1 Il est interdit d'introduire des substances solides dans les lacs, même si elles ne sont pas de nature à polluer l'eau.
- 2 L'autorité cantonale peut autoriser le remblayage:
  1. pour des constructions qui ne peuvent être érigées en un autre lieu et qui sont situées dans une zone bâtie, lorsque des intérêts publics prépondérants l'exigent et que l'objectif visé ne peut pas être atteint autrement;
  2. s'il permet une amélioration du rivage.

<sup>3</sup> Les remblayages doivent être réalisés le plus naturellement possible; la végétation riveraine détruite doit être remplacée.

En conformité avec l'al. 2 de l'art. 39, les justifications suivantes peuvent être apportées :

- ▶ Le projet ne peut être réalisé en un autre lieu

Le projet consiste en l'amélioration de la zone alluviale présente

Ce comblement ne peut se faire qu'au niveau de l'embouchure de la Broye pour permettre la création d'un nouveau delta marqué par la dynamique alluviale locale.

- ▶ Le projet permet une amélioration du rivage

Le dépôt de matériaux dans le lac permettra la création de banc exondé temporairement (favorable aux oiseaux d'eau tels que la Sterne pierregarin, les limicoles, etc.) et de grèves exondées. Le dépôt de ces matériaux permettra de revitaliser l'embouchure de la Broye et la remise en état de la zone alluviale d'importance nationale, donc d'améliorer la qualité du rivage par rapport à la situation actuelle.

Il est considéré que le projet respecte l'art. 39 LEaux dans la mesure où ces dépôts de matériaux permettront la création rapide de bancs émergés temporaires favorables à l'avifaune (limicoles et Sternes pierregarins, entre autres, déjà observés en 2007 et 2014 lors de l'apparition de ces bancs émergés), répondant aux objectifs généraux de revitalisation de la zone alluviale d'importance fédérale de l'embouchure de la Broye.

Par conséquent, il est demandé au canton de statuer positivement sur la demande d'autorisation d'introduire des matériaux dans le lac de Morat et la Broye.

- **Déplacement de la fourrière**

Le déplacement de la fourrière répond à la nécessité d'amélioration de la zone alluviale. Après analyse des rives du lac, il apparaît que la fourrière ne peut être déplacée dans une des installations portuaires existantes. Il a donc été décidé de déplacer la fourrière (surface réduite à 800m<sup>2</sup> environ) un peu plus au sud dans la zone nautique actuellement exploitée. Un réaménagement léger est prévu pour assurer l'exploitation (zone de parcage de la barque du canton, rampe de mise à l'eau pour l'évacuation des épaves et autres bateau devant être stockés à la fourrière).

- **Procédure de défrichement**

Le projet implique des défrichements en lien avec la création du nouveau tracé de la Broye et du déplacement de la fourrière. La présente note technique accompagne la demande de défrichement.

Les surfaces défrichées dans le cadre de la réalisation du nouveau tracé sont compensées de façon qualitative par la restauration de la dynamique alluviale de l'embouchure de la Broye permettant à terme la restauration d'une forêt alluviale en lien avec la dynamique sédimentaire.

Le défrichement consécutif au déplacement de la fourrière est lié aux objectifs de revalorisation de l'embouchure de la Broye. Une compensation qualitative est proposée, il s'agit de la mise en place d'une gestion étagée de la lisière située en bordure de la roselière favorable au maintien et développement de la souris des moissons. Cet entretien spécifique de la lisière permettra en outre d'assurer une lutte et une gestion ciblée des néophytes présents.

Le présent document technique accompagne dans son ensemble la procédure de défrichement.

## 10 Conclusion

La revitalisation écologique de l'embouchure de la Broye est souhaitable à plusieurs points de vue. Outre l'amélioration de la qualité des milieux pour plusieurs espèces, d'une part par la remise en eau de l'ancien bras de la Broye atterri et, d'autre part, par la présence de bancs de sable en lien avec la dynamique alluviale du site, la restauration de la dynamique alluviale permettra aussi de limiter les dépôts de sédiments en direction du débarcadère situé plus au nord.

Les objectifs de renaturation sont en concordance avec les objectifs de protection de l'OROEM (Ordonnance pour les oiseaux d'eau et migrants) et de l'IZA (Inventaire des zones alluviales).

## 11 Références

AquaVision Engineering Sàrl (2011) : Embouchure de la Broye à Salavaux. Étude morphologique 2D de l'ensablement sur le long terme et analyse des variantes d'aménagement.

AquaVision Engineering Sàrl, R. Delarze et *al.* : Diagnostic de la plaine de la Broye. Secteur Moudon – Lac de Morat. Préparé pour le SESA (Etat de Vaud) et le SLCE (Etat de Fribourg).

Confédération Suisse : Ordonnance fédérale sur la protection des zones alluviales d'importance nationale, RS 451.31, entrée en vigueur le 15 novembre 1992

Delarze R. et Y. Gonseth Guide des milieux naturels de Suisse. Ecologie, Menaces, Espèces caractéristiques. 2<sup>ème</sup> éd. 2008, Rossolis.

Delarze, R. & E. Morard (2011) : Concept de réseau écologique cantonal – phase 1. Etat de Vaud, Centre de conservation de la faune et de la nature, 80 p.

Drosera SA et Faune Concept (2011) : Statut de la Souris des moissons *Micromys minutus* dans le canton de Vaud et recommandations pour sa conservation. Canton de Vaud, Service des forêts, de la faune et de la nature.

Ecoscan SA (2010) : Embouchure de la Broye. Analyse des variantes pour la gestion de l'ensablement. Rapport d'impact sur l'environnement.

Maumary, L., L. Vallotton & P. Knaus (2007) : Les oiseaux de Suisse. Station ornithologique Suisse et Nos Oiseaux. Sempach et Montmollin.

Office fédéral de l'environnement (OFEV) : Inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale. Objet n°304 « Embouchure de la Broye » et carte de la végétation, 2003

Office fédéral des l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) : Cartographie des zones alluviales d'importance nationale. Cahier de l'environnement n°199, 1993

Office fédéral des l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) : Guide d'application sur l'ordonnance des zones alluviales. L'environnement pratique, 1995

Wikipedia, consultation des articles « Correction des eaux du Jura », « La Broye (rivière) », « Lac de Morat » au 14 novembre 2012



## 12 Annexes

Annexe 1 : Carte de la végétation de la zone alluviale (2003)

Annexe 2 : Carte de la végétation, mise à jour (2012)

Annexe 3 : Principes d'aménagements proposés

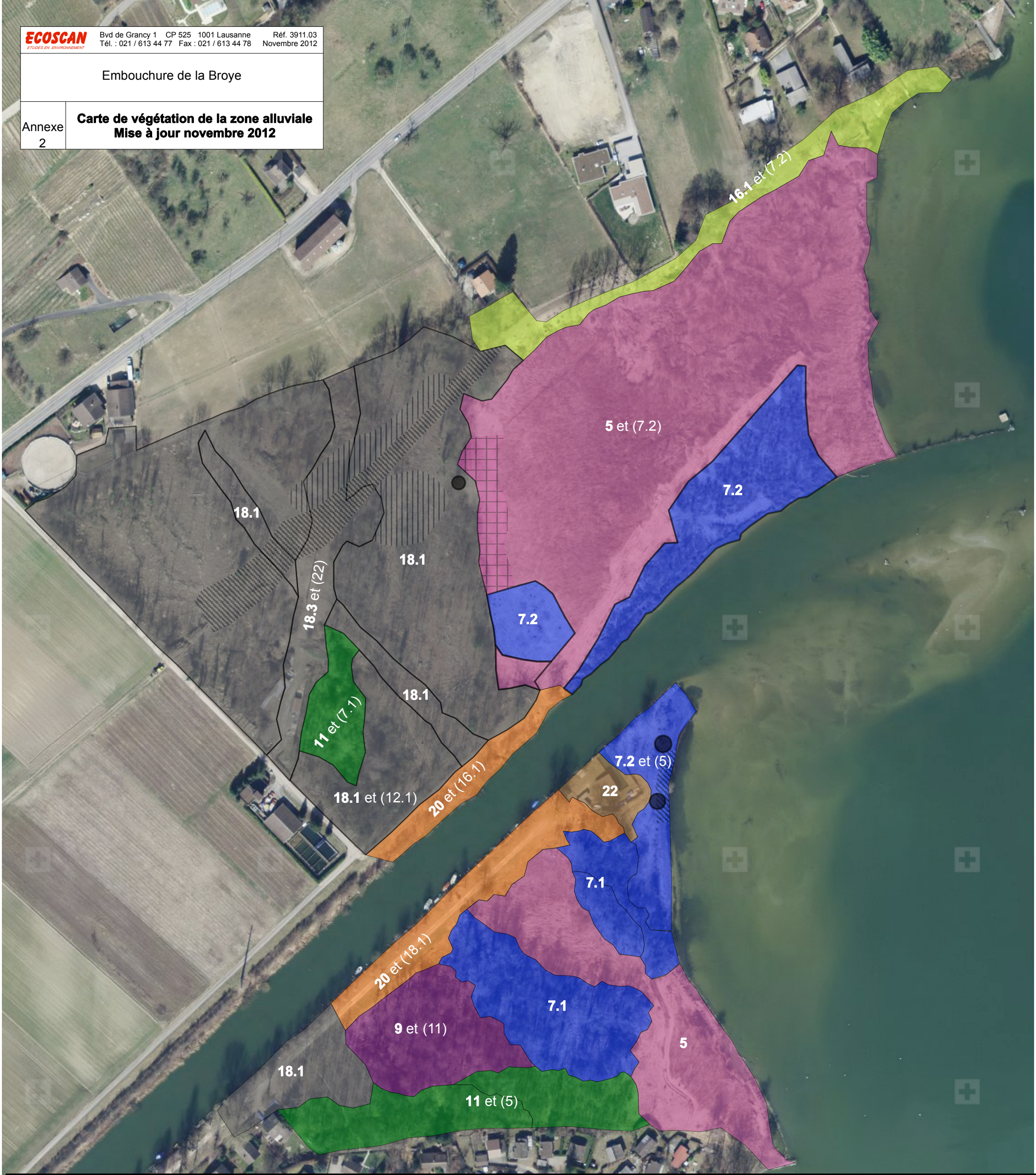
Annexe 4 : Liste d'espèces d'oiseaux

Annexe 5 : Concept de protection des sols





Embouchure de la Broye

Annexe  
2

**Carte de végétation de la zone alluviale**  
**Mise à jour novembre 2012**

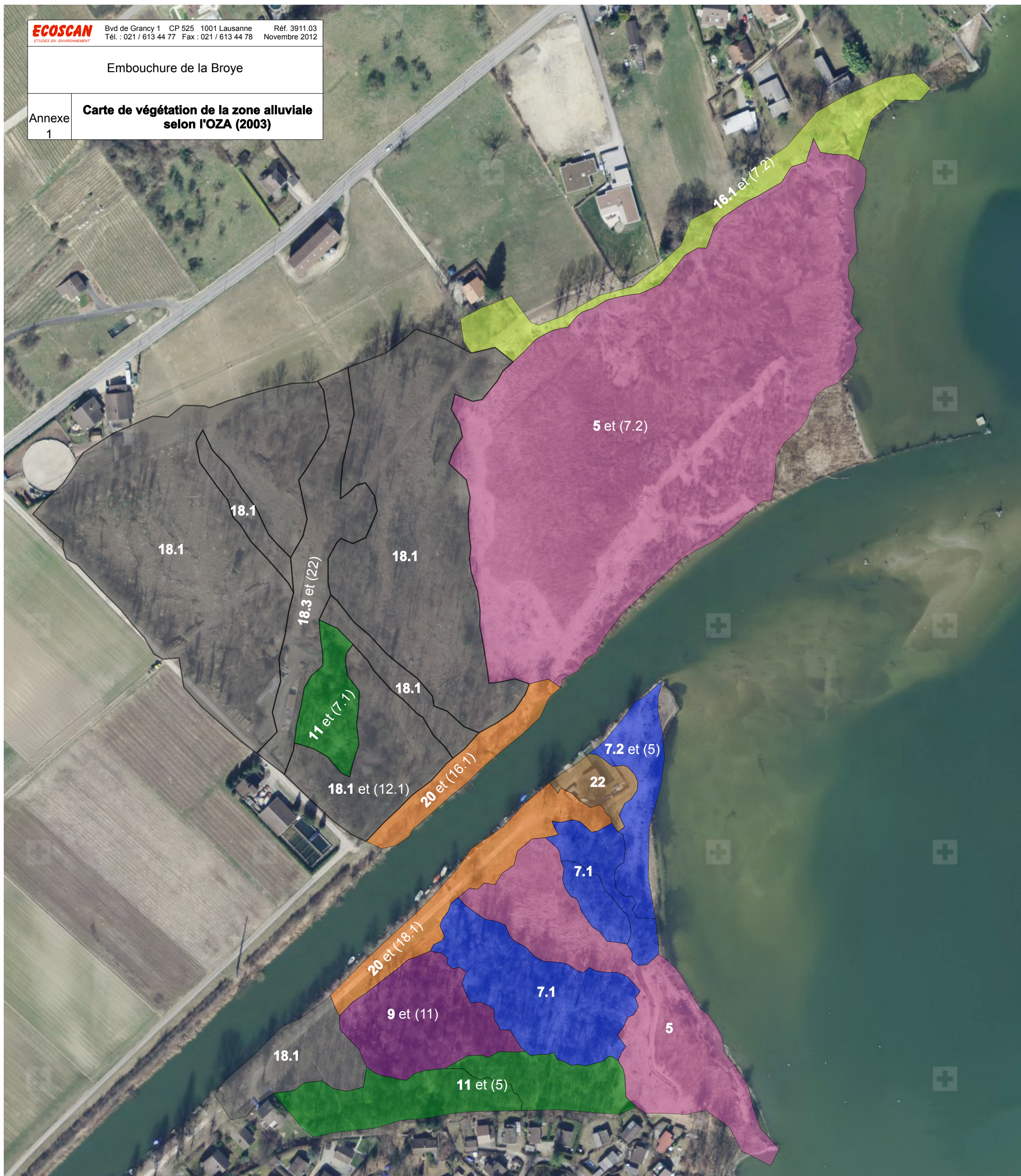


**Légende**

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <p><b>7</b> Fourrés manteaux et forêts de saule de plaine<br/>7.1 Forêt de saule blanc (<i>Salicetum albo-fragilis</i>)</p> <p><b>5</b> Bas marais</p> <p><b>9</b> Forêt d'aulne noir</p> <p><b>22</b> Site construit végétation artificielle</p> <p><b>12</b> Ripisylve de transition de rivière<br/>12.1 Ripisylve de transition de la forêt de frêne et d'orme</p> <p><b>11</b> Forêt de frênes des substrats fins</p> | <p><b>18</b> Sylviculture intensive en zone alluviale<br/>18.1 Plantation en zone alluviale<br/>18.3 Plantation en zone non alluviale</p> <p><b>16</b> Autres forêts, manteaux et groupements arbustifs<br/>16.1 Forêts et manteaux de la zone alluviale à statut indéterminé</p> <p><b>20</b> Prairies grasses</p> <p><b>5 (et 7.2)</b> <b>Végétation principale</b><br/>(Végétation d'accompagnement)</p> | <p> Principaux foyers de solidages</p> <p> Principaux foyers de robiniers</p> <p> Souris des moissons</p> <p> Foyers d'impatiante glanduleuse</p> |
|---|---|---|

Embouchure de la Broye

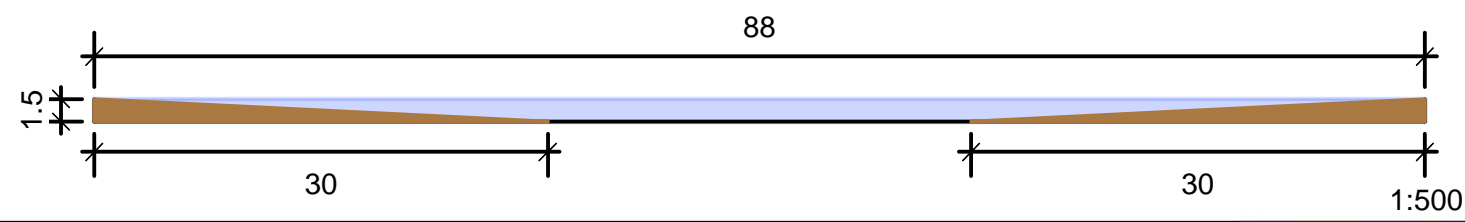
Annexe 1 **Carte de végétation de la zone alluviale selon l'OZA (2003)**



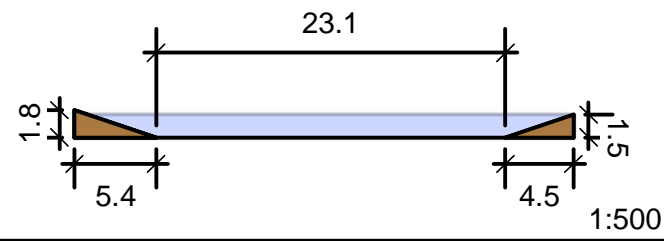
Légende

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #4a7ebb; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 7 Fourrés manteaux et forêts de saule de plaine<br/>7.1 Forêt de saule blanc (<i>Salicetum albo-fragilis</i>)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #e67e9d; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 5 Bas marais</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #8e44ad; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 9 Forêt d'aulne noir</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #d35400; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 22 Site construit végétation artificielle</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #27ae60; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 12 Ripisylve de transition de rivière<br/>12.1 Ripisylve de transition de la forêt de frêne et d'orme</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #27ae60; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 11 Forêt de frênes des substrats fins</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #95a5a6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 18 Sylviculture intensive en zone alluviale<br/>18.1 Plantation en zone alluviale<br/>18.3 Plantation en zone non alluviale</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #c6efce; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 16 Autres forêts, manteaux et groupements arbustifs<br/>16.1 Forêts et manteaux de la zone alluviale à statut indéterminé</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #f39c12; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 20 Prairies grasses</li> <li><b>5 (et 7.2) Végétation principale</b><br/>(Végétation d'accompagnement)</li> </ul> |
|--|---|

Coupe de principe dans la roselière en atterrissement



Coupe de principe du nouveau canal



- Légende :**
- 1 : Réalisation d'une lagune dans la roselière
  - 2 : Zone de Solidages (néophytes) identifiée
  - 3 : Délimitation de la zone interdite à la navigation
  - 4 : Plantation de pieux pour stabiliser et favoriser le développement d'un banc de sable
  - 5 : Bras mort dans la roselière
  - 6 : Fermeture de l'ancien canal (bras mort)
  - 7 : Nouveau canal
  - 8 : "Renaturation" de la berge en rive droite du tracé actuel
  - 9 : Réutilisation de la balise d'entrée du canal comme plateforme à sterne
  - 10 : Maintien de la falaise à Martin Pêcheur
  - 11 : Décapage d'une partie de la roselière à la côte 429.4 m
  - 12 : Création d'une nouvelle plateforme à Sterne
  - 13 : Chemin didactive d'observation de la zone
  - 14 : Butte d'observation ornithologique



#### Annexe 4. Liste d'espèces d'oiseaux observés à l'embouchure de la Broye dans le lac de Morat

Plongeon arctique	Goéland cendré
Grèbe à cou noir	Goéland leucopnée
Grèbe huppé	Mouette mélanocéphale
Grand Cormoran	Mouette rieuse
Héron cendré	Mouette de Sabine
Grande Aigrette	Mouette pygmée
Aigrette garzette	Guifette moustac
Blongios nain	Guifette noire
Cygne chanteur	Sterne pierregarin
Cygne tuberculé	Pigeon colombin
Tadorne casarca	Pigeon ramier
Tadorne de Belon	Tourterelle des bois
Canard colvert	Coucou gris
Sarcelle d'été	Hibou moyen-duc
Sarcelle d'hiver	Martinet noir
Canard pilet	Martin-pêcheur d'Europe
Canard siffleur	Pic vert
Canard carolin	Pic cendré
Canard chipeau	Pic noir
Canard souchet	Pic épeiche
Nette rousse	Pic épeichette
Fuligule milouin	Hirondelle rustique
Fuligule morillon	Hirondelle de rivage
Canard hybride	Hirondelle de fenêtre
Garrot à oeil d'or	Loriot d'Europe
Garrot albéole	Corneille noire
Harle piette	Corbeau freux
Harle bièvre	Choucas des tours
Bondrée apivore	Geai des chênes
Milan royal	Mésange bleue
Milan noir	Mésange charbonnière
Autour des palombes	Mésange noire
Epervier d'Europe	Mésange nonnette
Busard Saint-Martin	Mésange boréale
Busard des roseaux	Mésange à longue queue
Balbusard pêcheur	Rémiz penduline
Faucon pèlerin	Sittelle torchepot
Faucon hobereau	Grimpereau des jardins
Râle d'eau	Rosignol philomèle
Gallinule poule-d'eau	Rougequeue noir
Foulque macroule	Rougequeue à front blanc
Grand Gravelot	Grive litorne
Petit Gravelot	Grive mauvis
Chevalier gambette	Grive musicienne
Chevalier aboyeur	Grive draine
Chevalier culblanc	Rousserolle turdoïde
Chevalier sylvain	Rousserolle effarvatte
Chevalier guignette	Fauvette des jardins
Tournepieuvre à collier	Fauvette à tête noire
Bécassine des marais	Pouillot véloce
Bécasseau sanderling	Pouillot fitis
Bécasseau minute	Pouillot siffleur
Bécasseau de Temminck	Roitelet à triple bandeau
Bécasseau tacheté	Gobemouche gris
Bécasseau variable	Gobemouche noir
Bécasseau cocorli	Accenteur mouchet
Combattant varié	Pipit farlouse
Labbe pomarin	Pipit des arbres
Labbe parasite	Pipit spioncelle
Labbe à longue queue	Bergeronnette grise

Bergeronnette des ruisseaux  
Etourneau sansonnet  
Moineau domestique  
Chardonneret élégant  
Tarin des aulnes

Linotte mélodieuse  
Bouvreuil pivoine  
Pinson des arbres  
Pinson du Nord  
Bruant des roseaux

Annexe 5 : Concept général de protection des sols

# Réaménagement de l'embouchure de la Broye Commune de Salavaux

## Concept de protection des sols



No réf : 3911.04

02 juin 2015

**ECOSCAN**  
ETUDES EN ENVIRONNEMENT

info@ecoscan.ch  
Bvd de Grancy 1, CP 525  
CH-1001 Lausanne  
Tél. + 41 21 613 44 77  
Fax. + 41 21 613 44 78



# TABLE DES MATIÈRES

1	Généralités.....	1
2	Bases légales.....	2
3	État initial .....	4
3.1	Situation du projet .....	4
3.2	Surfaces concernées .....	4
3.3	Caractérisation de l'état initial .....	7
3.4	Caractéristiques générales et sensibilité des sols .....	9
4	Bilan de masse des volumes de sol touchés par le projet .....	9
5	État en phase de réalisation .....	10
5.1	Conditions générales de réalisation .....	10
5.2	Conditions particulières.....	12
6	Annexes .....	14

# 1 Généralités

L'étude pédologique a pour but de préserver et de protéger les sols. Cette étude documente l'état des sols avant travaux afin de planifier et optimiser au mieux la gestion des matériaux terreux, pendant et après travaux.

Un sol sain est constitué de couches successives, souvent identifiables par leur couleur et/ou leur texture, appelées horizons. Différentes interactions chimiques et organiques interviennent entre ces horizons, structurant ainsi le sol. La formation naturelle de ces horizons est issue d'une lente évolution (pour la plupart depuis le retrait des glaciers de la dernière grande glaciation), d'où la fragilité et la difficulté pour les préserver. Pour les sols qui nous concernent, il est usuellement possible de distinguer une succession d'horizons classés comme suit :

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Horizon A (souvent appelé « terre végétale ») : horizon de surface, riche en humus (mais contenant moins de 30% de matière organique), présentant une forte activité biologique et souvent de couleur foncée. Cet horizon constitue la principale zone d'enracinement.</i></li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>MATÉRIAUX TERREUX</b>  (LPE, art.7 al.4bis)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Horizon B (souvent appelé « sous-couche ») : horizon sous-jacent, disposé au-dessous de l'horizon A. C'est une "couche" structurellement plus évoluée, pourvue de minéraux secondaires, pauvre en humus mais importante pour l'enracinement, la fourniture en eau, en éléments nutritifs et en oxygène.</i></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Horizon C : horizon constitué de la roche mère ou du matériel parental. Cet horizon est situé généralement sous les horizons A ou B, et ne contient pas ou peu d'activité biologique ou d'enracinement.</i></li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>MATÉRIAUX D'EXCAVATION</b>  (LPE, art.7 al.6)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Horizon R : assise rocheuse, parfois altérée. Elle est située au-dessous d'un horizon C.</i></li> </ul>	

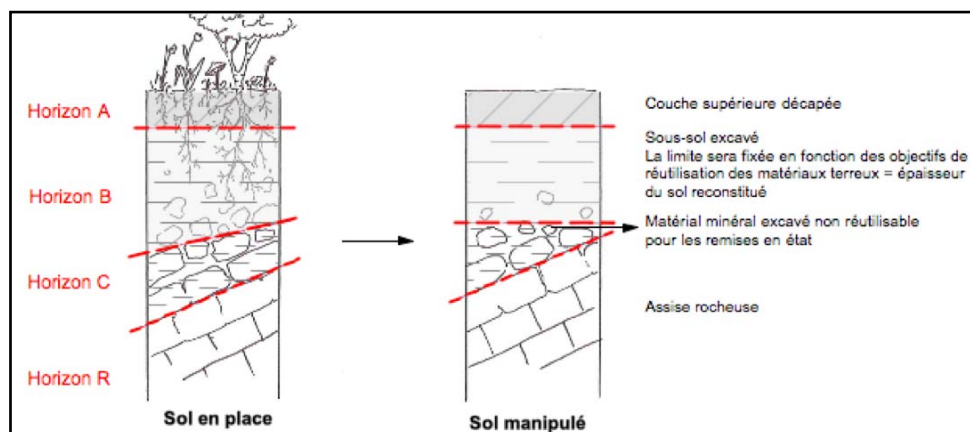


Figure 1: Profil type de sol naturel avant et après manipulation

## 2 Bases légales

Les trois documents de référence en matière de légalité sur la protection des sols sont :

- *Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE) du 7 octobre 1983 (état le 1<sup>er</sup> juillet 2014)*
- *Ordonnance sur l'assainissement des sites pollués (Osites) du 26 août 1998 (état le 1<sup>er</sup> août 2012)*
- *Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol) du 1<sup>er</sup> juillet 1998 (état le 1<sup>er</sup> juin 2012)*

Le sol est protégé par la Loi fédérale sur la protection de l'environnement (Art. 33 à 35 LPE) et par l'Ordonnance fédérale sur les atteintes portées au sol (OSol). Sa fertilité doit être assurée à long terme. En outre, il faut veiller à préserver le sol des atteintes suivantes :

- Chimiques : empêcher l'introduction, l'accumulation de polluant dans les sols.
- Physiques : éviter toute intervention mécanique dommageable à la structure, à la succession des couches pédologiques ou à l'épaisseur des sols.
- Biologiques : protéger la diversité biologique typique d'une station. Eviter les atteintes portées au sol par des organismes, en particulier par des organismes génétiquement modifiés ou pathogènes.
- Erosion : veiller, par des aménagements ou des techniques culturales, à prévenir l'érosion qui pourrait menacer la fertilité du sol à long terme.
- Surface : utiliser de manière économe et rationnelle les sols.

Les moyens pour parvenir à atteindre ces objectifs sont essentiellement l'information du personnel de chantier, la supervision, l'accompagnement, la participation et l'information des acteurs du projet. En outre les articles 6 et 7 de l'Ordonnance fédérale sur les atteintes portées aux sols (OSol), prévoient que

- Quiconque construisant une installation ou exploitant le sol doit prévenir les compactations et les autres modifications de la structure des sols qui pourraient menacer la fertilité du sol à long terme (article 6) ;
- Quiconque manipule, excave ou décape un sol, doit procéder de telle façon que le sol puisse être réutilisé en tant que tel. Si des matériaux terreux sont utilisés pour reconstituer un sol (par exemple en vue de la remise en état ou du remodelage d'un terrain), ils doivent être mis en place de telle manière que :
  - *la fertilité du sol en place et celle du sol reconstitué ne soient que provisoirement perturbés par des atteintes physiques ;*
  - *le sol en place ne subisse pas d'atteintes chimiques supplémentaires.*

Un certain nombre de directives, normes suisses et instructions de l' OFEFP (Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage) traitent des bonnes pratiques de chantiers et concepts de gestion des matériaux terreux. Tous ces documents ont été réalisés dans le but de protéger les sols, essentiellement contre les compactations, les pollutions et autres détériorations de la qualité des sols. Ces principaux documents sont:

- "*Directive pour la valorisation, le traitement et le stockage des matériaux d'excavation et déblais*" (Directive sur les matériaux d'excavation) – OFEV, 1999.
- "*Directives ASG pour la remise en état des sites*" – ASG (Association Suisse des Sables et Graviers), 2001
- "*Construire en préservant les sols*", guide de l'environnement – OFEV, 2001
- "*Évaluation et utilisation des matériaux terreux*" (instruction matériaux terreux) – OFEV, 2001
- Union des professionnels suisses de la route, Norme Suisse SN 640 581a
- Union des professionnels suisses de la route, Norme Suisse SN 640 582
- Union des professionnels suisses de la route, Norme Suisse SN 640 583
- "*Manuel - Sols pollués – Évaluation de la menace et mesures de protection*" – OFEFP – 2005

### 3 État initial

Le bureau Ecoscan SA a été mandaté par la direction générale de l'environnement afin d'établir une analyse des variantes de réaménagement de l'embouchure de la Broye du point de vue de la protection de la nature.

L'objectif du projet est de renaturer l'embouchure de la Broye tout en résolvant les problèmes d'ensablement au niveau du débarcadère (Ecoscan SA 2010). La variante choisie est celle de dévier l'embouchure actuelle de la Broye dans son ancien lit, afin de permettre le retour de la dynamique alluviale naturelle avec formation d'un delta inondable et d'un banc de sable permanent dans le lac.

La durée prévue des travaux est d'environ 8 à 12 mois.

Cette étude pédologique a pour but de définir un concept de gestion et manipulation des matériaux terreux avant le début des travaux.

#### 3.1 Situation du projet

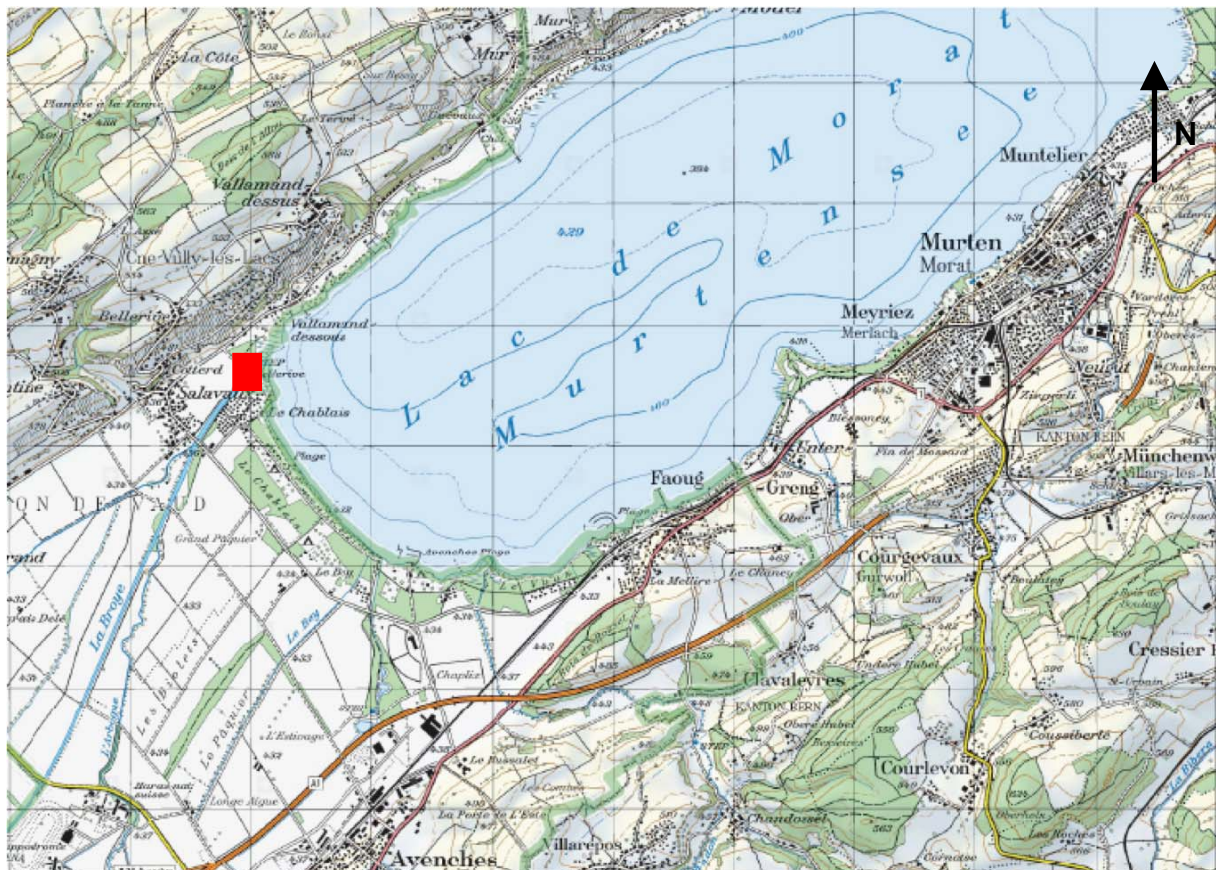


Figure 2: Situation géographique du projet de réaménagement de l'embouchure de la Broye.

#### 3.2 Surfaces concernées

La renaturation de l'embouchure de la Broye consiste essentiellement à la remise en eau de l'ancien cours de la Broye, et la création d'un bras mort dans le lit actuel.

La réalisation du nouveau bras va entraîner d'importants mouvements de terre. La problématique du stockage et de la gestion de ces matériaux constitue un élément important pour la planification du chantier.

Une grande partie de ces matériaux est réutilisée sur place d'une part pour la fermeture de l'ancien bras (fermeture de l'ancien canal pour dévier les eaux vers le nouveau tracé), et d'autre part pour favoriser la création de bancs émergés temporaires au sud de l'embouchure actuelle. Il est donc important de pouvoir stocker les matériaux excavés à proximité, dans la mesure où ceux-ci sont réutilisés "sur place".

L'analyse de variante de stockage a mis en évidence qu'il n'est pas possible de stocker les matériaux en rive gauche du canal actuel pour des raisons de proportionnalité des coûts et de protection de l'air (le transport des matériaux par camions impliquerait une circulation trop importante à travers le village de Salavaux). En outre le stockage des matériaux sur le site n'entraîne pas d'impact supplémentaire sur la zone.

En accord avec la DGE-GEODE et la DGE-DIRNA, il est prévu de stocker les matériaux dans le triangle formé par les terres comprises entre le canal actuel et le futur canal. Ceci d'autant plus que durant la phase de chantier, la zone sera vraisemblablement très humide et l'impact des machines de chantier important sur les sols. Après recherche il n'a pas été possible de trouver des sites de réutilisation de ces matériaux, considérant les besoins du projet, il a donc été décidé de les réutiliser sur place (gain financier et maîtrise des impacts du chantier sur la protection de l'air par minimisation des mouvements de véhicules).

Les surfaces concernées par les décapages représentent environ 10'370 m<sup>2</sup>.



Figure 3-1: Plan de situation du réaménagement de l'embouchure de la Broye.

À cette surface s'ajoutent les emprises temporaires suivantes:

- Piste de chantier nécessaire pour accéder aux zones de stockage ;
- Place(s) d'installation de chantier pour le dépôt de matériel et l'installation des cabanes de chantier.

La circulation des machines le long du projet s'effectuera sur les chemins de hallage existants et sur des pistes de chantier dans les zones de roselières lorsque ces derniers longent le tracé.

Les matériaux à immerger seront amenés par camions via les routes existantes. La surface du canal actuel à combler est d'environ 6'250 m<sup>2</sup>, seuls des matériaux présents sur place seront immergés dans le lac de Morat.

### 3.3 Caractérisation de l'état initial

Le tableau 1 de la Norme Suisse 640 583 présente un cahier des charges en trois phases pour les spécialistes de chantiers:

- Phase 1: Projet et études préliminaires;
- Phase 2: Constructions et emprises;
- Phase 3: Remise en place et restitution.

La caractérisation de l'état initial (phase 1) représente la clé des décisions concernant les mesures à prendre. Ces mesures sont décrites au chapitre 4, pour les phases 2 et 3.

Les sols concernés par le projet sont des sols alluviaux correspondant à des dépôts fluvio-lacustres. Ces sols sont situés dans un ancien bras mort du delta de la Broye. Ils sont très organiques voire même par endroit tourbeux.

La description des caractéristiques de ces sols nécessite un certain nombre de sondages (selon la classification suisse des sols (FAL)) et un résumé des dispositions légales en matière de protection des sols. Le couvert forestier âgé d'une centaine d'années a participé à la création d'un sol juvénile.

2 sondages à la tarière ont été réalisés le 29.04.2015 le long des zones à décaper du projet. Les profondeurs atteintes varient entre 40 cm et 70 cm. L'horizon C a toujours été atteint. Il est composé de sable lacustre. Pour chaque sondage, une fiche<sup>1</sup> résumant les caractéristiques du sol rencontré a été remplie. Les éléments les plus significatifs étant la profondeur des horizons A et B (nécessaire pour définir les profondeurs de décapage et les volumes à excaver), l'hydromorphie des sols, et les taux respectifs d'argiles, limons et sable, ainsi que le squelette<sup>2</sup> (indiquant notamment la sensibilité du sol).

---

<sup>1</sup> Selon la clé de données 6.1, basée sur la classification des sols de Suisse (Société Suisse de Pédologie, 2010)

<sup>2</sup> Teneurs déduites sur place et non en laboratoire





**Figure 4:** localisation des sondages effectués dans le périmètre du projet.

Pour le sondage 1, nous sommes en présence d'un histosol Mésique, très organique. Il est issu de la décomposition de la matière organique des roselières situées en bordure du lac de Morat. Un horizon OH est présent sur environ 12 cm. Dans cet horizon, la matière organique a été évaluée à environ 80%. Le taux d'argile et de limon y est très faible. Sous cet horizon OH se situe un horizon d'altération composé en grande partie de matière organique, plus décomposée (environ 70%) mais aussi un matériau plus spécifique lié en grande partie à la présence de sables lacustres (20%) sous-jacents. Certaines parties de la roselière peuvent être assimilées à des sols tourbeux.

Le sondage 2, présente un sol forestier avec une couche d'humus caractéristique des Müll typiques. Sous cette couche d'humus très fragmenté un horizon A d'environ 15 cm de profondeur est composé d'argile à environ 30% et une fraction de terre fine composée d'environ de 60 % de limon et 10 % de sable. L'horizon B est constitué de 2 sous-horizons typiques des fluvisols brunifiés. À environ 15 cm de profondeur sur une épaisseur de 10 cm, l'horizon B montre peu de différence avec l'horizon A. La grande différence est largement exprimée par la disparition des racines. Sous cette transition diffuse, on trouve, sur une épaisseur de 10 cm, un horizon gleyfié très argileux avec une grande portion de limon. L'horizon C, très sableux est situé à environ 40 cm de profondeur, il présente un aspect très réduit à partir de 60 cm de profondeur.

### 3.4 Caractéristiques générales et sensibilité des sols

De manière générale, nous sommes en présence de deux types de sols bien distincts.

Les sols situés dans les zones de roselière sont des histosols Mésiques. Il s'agit de sols assez-superficiels (env. 40 cm de profondeur). Certaines zones de ces roselières peuvent même être considérées comme des sols tourbeux. La présence de l'eau et de son action est incontestable. Ce sol peut être qualifié de très sensible.

Les sols situés sous les couverts forestiers sont des fluviosols avec un couvert d'humus de type Müll Typique. Ce sont des sols moyennement profonds voir peu profonds (env. 70 cm de profondeur). La présence de l'eau de fond est aussi très importante dans les mécanismes de décomposition de la matière organique. On peut considérer ces sols comme gleyfiés. Ce sol peut être qualifié de très sensible.

Le tableau en annexe 1 présente les résultats des sondages. La profondeur des horizons A et B y est détaillée ainsi que les caractéristiques du régime hydrique, déterminant ainsi la sensibilité à la compaction du sol. Cette dernière est évaluée en 5 degrés de sensibilité, conformément à la fiche 1 du document "*Construire en préservant les sols*", de l'OFEFP, 2001.

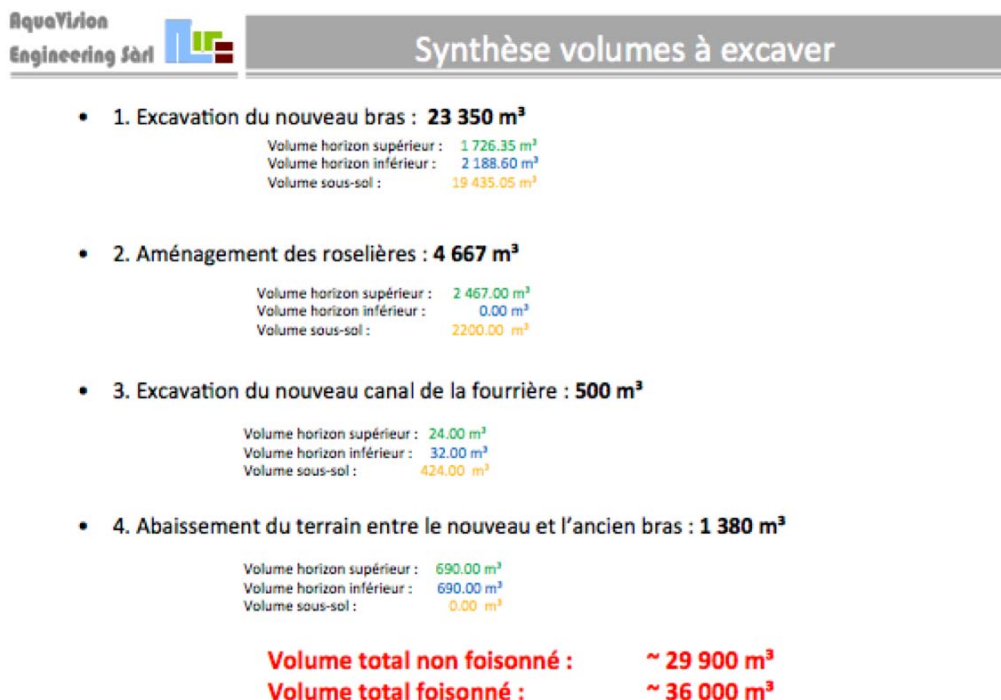
## 4 Bilan de masse des volumes de sol touchés par le projet

Selon les communications et les calculs du bureau Aqua Vision Engineering Sarl, les bilans de masse des volumes de sols touchés par le projet sont les suivants :

Les épaisseurs de sols suivants ont été retenues pour les calculs :

- Dans les roselières :
  - o Epaisseur horizon supérieur : 0.32 m
  - o Pas d'horizon inférieur
- Dans la zone forestière :
  - o Epaisseur horizon supérieur : 0.15 m
  - o Epaisseur horizon inférieur : 0.20 m

Le tableau suivant montre les volumes de matériaux excavés :



Sur l'ensemble de ces matériaux excavés, 31'00 m<sup>3</sup> environ seront réutilisés pour la fermeture du canal actuel, alors que 5'000 m<sup>3</sup> environ seront noyés dans le lac de Morat.

Le phasage de chantier impose un stockage des matériaux d'excavation sur une grande partie de la zone touchée par le projet. Les volumes de stockage représentent environ 24'252 m<sup>3</sup>. Pour les horizons supérieurs et inférieurs devant être réutilisés dans le réaménagement de l'embouchure (cad, 1'493 m<sup>3</sup> d'horizon A et 1'877 m<sup>3</sup> d'horizon B) les normes en vigueur ("*Construire en préservant les sols*", guide de l'environnement – OFEV, 2001) concernant l'entreposage des sols seront respectées. Ces sols étant catégorisés comme « très sensible » une hauteur maximale de 1,5 m sera autorisée.

Pour le reste des matériaux d'excavation aucune limite de hauteur de stockage n'est définie.

## 5 État en phase de réalisation

Pour les sols devant être décapés, les profondeurs, surfaces et volumes à respecter sont résumés dans le tableau en annexe 2.

Grâce à ce tableau, et en s'appuyant sur les bases légales en vigueur, et en particulier sur la norme<sup>3</sup> SN 640 583, ainsi que sur le document « Construire en préservant les sols » publié par l'OFEFP<sup>4</sup>, un certain nombre de principes et précautions de base peuvent être appliqués, notamment en ce qui concerne la hauteur des tas pour l'entreposage des matériaux terreux.

Les 3 fiches annexées (annexes 3, 4, et 5) reprennent et résument ces conditions générales de protection des sols.

### 5.1 Conditions générales de réalisation

Les conditions générales sont communes à tous les projets et énoncent les recommandations de base nécessaires à la bonne pratique de chantier. Elles doivent être adaptées en fonction de chaque cas donnant suite aux conditions particulières.

- **Décapages** : Avant toute intervention sur les sols, que ce soit pour la mise en place des pistes ou places de chantiers, le décapage des surfaces destinées à l'être ou les surfaces d'entreposage des matériaux terreux, les sols doivent avoir été préalablement ensemencés puis fauchés. Le produit de la fauche doit avoir été évacué;
- **Machines utilisées** : Les engins à chenilles qui ont une pression au sol raisonnable conviennent en général mieux que les véhicules à pneus. La description et les caractéristiques des machines utilisables sont expliquées dans la norme SN 640 583. Le roulage de camions sur les horizons A et B est proscrit. Le passage répété sur le même sol sera évité. En cas de situation limite (compactage du sol trop important) ces types de travaux de chantier devront être arrêtés. La force de succion admissible peut être calculée individuellement pour chaque machine par la formule suivante<sup>5</sup> :

$$\text{Poids (tonne)} \times \text{pression à la surface du sol (bars)} \times 1.25$$

<sup>3</sup> VSS (*Union des professionnels suisses de la route*)

<sup>4</sup> Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, *Guide de l'environnement, numéro 10, 2001*

<sup>5</sup> Cette formule ne s'applique pas pour les véhicules à pneu.

- La liste des machines prévues doit être transmise au spécialiste des sols, afin qu'il puisse déterminer la force minimale de succion admissible pour chaque machine (selon un nomogramme des limites d'utilisation des machines de chantiers). Pour le choix des machines, il est conseillé de recourir à des machines légères munies de chenilles;
- **Organisation du chantier** : voir l'annexe 3, fiche n° 1 et annexe 4, fiche n° 2 et annexe 5, fiche n° 3;
- Concernant les emprises provisoires utilisées comme pistes de chantier, le sol de ces dernières devra aussi être protégé contre la compaction. Elles pourront être protégées soit de la même manière que les zones d'installation de chantier, soit à l'aide de rondins en bois ou autre piste de chantier efficace en terme de répartition des charges;
- **Valorisation des matériaux**: De manière générale, les horizons A, B et C des sols excavés doivent être si possible valorisés sur place ou éliminés, tout en tenant compte des exigences légales en ce qui concerne les matériaux pollués. L'état initial des sols en place sert de base pour le tri des matériaux terreux. Les deux unités de sols décrites plus haut seront traitées, entreposées et valorisées séparément;
- **Stockage de la terre végétale**: Le stockage des matériaux terreux dépend de plusieurs paramètres. Notamment la hauteur des tas et la force de succion du sol. Les hauteurs maximums des tas devront être définies avant les travaux, par le responsable sol du SER;

## 5.2 Conditions particulières

En présence de zone humide, telle que les sols rencontrés dans le cadre de ce projet, l'entreprise qui exécutera les travaux devra être consciente que les travaux se feront pendant les périodes d'octobre à février et d'août à mars. Aucun travaux ne devra être exécutés pendant la période de nidification, c'est-à-dire, d'avril à juin. La présence d'eau de manière permanente entrainera en cas de forte précipitation des interruptions de chantier pouvant durer plusieurs jours voir plusieurs semaines. Ces interruptions devront être respectées.

Une planification détaillée du programme de chantier est conseillée afin de pouvoir soulever les conditions techniques de décapage.

- **Décapages** : Compte tenu de la durée du chantier, et du type de dépôt prévu (poids), les emprises provisoires d'installation de chantier ne devront pas être décapées, mais recouvertes d'un géotextile résistant à la perforation, perméable et filtrant<sup>6</sup> puis d'une couche de 50 cm de grave (0-66). On veillera à prendre un géotextile ayant une bonne résistance à la perforation (pour la perforation dynamique, prendre au max. 15 mm selon la norme ISO 31433 ou min. 3.3 kN pour la résistance au poinçonnement statique CBR selon la norme ISO 12236), perméable et filtrant;
- La présence de l'eau est une variable non négligeable dans le choix des places d'installations de chantier, la nappe étant située à environ 30 cm sous le niveau du sol, des conditions particulières devront être prises pour ne pas compacter les zones d'installation de chantier.
- **Pistes de chantier**: La présence de la nappe ayant été relevée à environ 30 cm sous le niveau de la surface, ainsi que les types de sols concernés par le projet implique l'installation de pistes de chantier particulièrement stables. Les pistes de chantier devront être réalisées à choix avec les méthodes suivantes:
  - **piste Durabase®**;
  - **piste en copeaux de bois de min. 50 cm d'épaisseur après roulement et posés sur un géotextile**;
- **Lors de la mise en place des pistes, les sols doivent être ressuyés, et aucun engin (camion par ex.) à pneu ne doit circuler à même le sol.**
- **Machines utilisées**: Les machines rouleront en priorité sur les routes et chemins de hallages existants. La pelle effectuant les décapages devra obligatoirement être montée sur chenilles et être la plus légère possible. Vu l'humidité des sols en place, nous conseillons l'utilisation de machines dextrement performantes en terme de pression au sol. Les sols étant gorgés d'eau une bonne partie de l'année seuls des véhicules à chenilles légers pourront être utilisés;
- **Organisation du chantier**: L'organisation des décapages et entreposages devra se faire selon les directives de la fiche 4 de la DGE\_GEODE\_SOL ;
- **Entreposages** : Deux types de conditions particulières sont à prendre en compte :
  - La plupart des sols décapés (environ 36'000 m<sup>3</sup>) étant destinés à être envoyés aucune précaution particulière ne devra être prise quant à leur stockage.

---

<sup>6</sup> Utiliser de préférence des géotextiles tissés.

- Le solde des sols excavés est destiné au réaménagement de la nouvelle zone alluviale créée (environ 4'667 m<sup>3</sup>). Ces sols devront être entreposés conformément à la directive "*Construire en préservant les sols*", de l'OFEFP, 2001. La hauteur des tas ne devra pas dépasser 1,5 m de hauteur, car les sols rencontrés dans cette zone sont très sensibles à la compaction.
- **Préservation des espaces périphériques** : Les sols périphériques au projet sont des sols très sensibles à la compaction. Les zones de chantier devront être délimitées au maximum pour limiter les actions de machines dans des zones inutiles. Aucun véhicule à pneu ne sera autorisé à sortir des limites des zones de manœuvres. Une attention toute particulière devra être portée sur les zones de roselières et sous le couvert forestier. La mise en place de layon de manœuvre devra être effectuée avant le début des travaux de déboisement.
- **Organismes dangereux pour l'environnement** : certaines plantes envahissantes figurants sur la liste noire des plantes envahissantes et des néophytes publiée par l'OFEV sont susceptibles de croître sur les différents remblais ou déblais réalisés pour les besoins du chantier et lors de l'état définitif. L'Ordonnance sur la dissémination dans l'environnement (ODE) pose les principes de lutte contre ces organismes, avec notamment une liste des plantes exotiques envahissantes<sup>7</sup>. Le cahier des charges du responsable sols du SER (SPSC) comprend la vérification de l'absence de néophytes une fois les travaux terminés.

---

<sup>7</sup> Annexe 2 (art. 15, al. 2) de l'ODE

## **6 Annexes**

Annexe 1 : Description des sondages pédologiques

Annexe 2 : Estimation des surfaces d'entreposage

Annexe 3 : Fiche aménagement des pistes renforcées

Annexe 4 : Fiche intervention machine à pneu

Annexe 5 : Fiche réalisation et comblement de fouille

Annexe 1 : Description des sondages pédologiques

N° sondage	Coordonnées (CH1903 / LV03)	Commune	Parcelle	Epaisseur des horizons (cm)		Profondeur du sol A + B (cm)	Type de sol	Remarque	Sensibilité à la compaction
				A	B	(LPE, art. 7 al. 4bis)			
P_1	569149 / 196521	Salavaux	60	32	-	env. 40	Histosol Mésique à Leptique	Sol assez superficiel influencé par l'eau du lac en permanence	Extrêmement sensible
P_2	568994 / 196462	Salavaux	60	15	20	env. 65	Fluvisol Brunifié	moyennement profonds influencé par de l'eau de fond	Extrêmement sensible

Tableau 1: Description des sondages pédologiques et sensibilité des sols à la compaction.



Annexe 2 : Estimation des surfaces d'entreposage

Estimation des surfaces d'entresages des matériaux terreux en fonction du volume et de la hauteur des tas - HORIZON A

Coefficient de Foisonnement	Fi (30%)	0.3	
Pente du tas	$\alpha$ (degré)	33.7	0.588 selon directive ASGB (= pente 2:3)
Hauteur du tas	h [m]	2.5	
Largeur du tas au sol	a [m]	9.5	9.5
Largeur du tas au sommet (couronne)	c [m]	2.0028	max 2m pour dépôt en andain selon directive ASGB
Longueur du tas	b [m]	57.638	57.67
		57.638	57.67

Epaisseur de l'horizon A [cm]	15
-------------------------------	----

Surface à décaper [m2]	4250
Surface disponible [m2]	1300

Pour une largeur donnée (a), on a la longueur du tas (b)

Volume matériaux terreux [m3]	Va	637.5
Volume foisonné horizon [m3]	V'a	828.75

Avec des pentes de 45°, et en prenant 5m de largeur de tas, on a automatiquement un tas en forme de prisme triangulaire (photo 1)  
Sinon, on a un tas de forme trapézoïde (photo 2)

Surface au sol nécessaire [m2]	S	548	ok
--------------------------------	---	-----	----



Photo 1 : Tas en forme de prisme triangulaire ou "dépôt en andain"

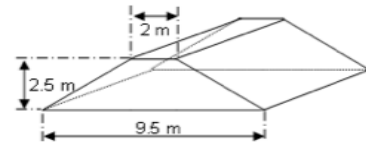


Photo 2 : Tas en forme de trapèze ou "dépôt étalés"

Hypothèses:

Angle naturel du talus = 33.7° pour de la terre végétale (directive ASGB)

Coefficient de foisonnement = 30% pour de la terre argileuse

Volume foisonné = V'

Volume en place = V

$$V' = V (1 + Fi)$$

Annexe 3 : Fiche aménagement des pistes renforcées

# Manipulation appropriée du sol

Projet de construction	Machines	Conditions préalables
<b>Aménagement de pistes renforcées / Places d'installations de chantier en grave</b>		Pas de chemin permettant l'accès aux travaux et/ou aucun emplacement disponible pour les installations de chantier.

Les matériaux de la piste et du sol doivent être secs et friables ; alors une piste doit toujours être mise en place à la surface du sol. Les pistes renforcées permettent de s'affranchir des limites d'engagement des machines sur les sols, qui peuvent être manipulés dès 6 cbar.

## Marche à suivre

### Aires pour les installations de chantier et pistes d'accès

- Disposer un géotextile sur le sol enherbé en place, sans décapage préalable, afin d'obtenir une séparation nette entre le sol et la couche de protection.
- Déposer les matériaux devant constituer le matelas protecteur ou la piste (ex. : grave, rondins, plaques).
- Dans le cas de la grave, constituer une couche d'au moins 50 cm d'épaisseur après roulage, en une seule fois (pas de couches successives).
- À la fin des travaux, décaper la couche formant le matelas protecteur ou la piste d'accès en une seule fois. Ne pas procéder par épaisseurs successives.



Sur sol sec et enherbé, les machines peuvent circuler librement en respect de leur limite d'intervention spécifique



Mise en place d'une piste provisoire sur un géotextile, sans circulation sur le sol en place



Aire d'installation de chantier préparée en disposant un matelas protecteur en grave



Déconstruction d'une piste, en reculant et en circulant sur la piste

### Utilisation des machines

- Les véhicules à pneus ne circulent que sur les pistes dûment aménagées.
- Les véhicules à chenilles sont autorisés à circuler sur le sol en place à condition que celui-ci soit enherbé, bien ressuyé et de respecter la limite d'intervention propre à chaque machine (cf. mode de calcul présenté ci-après), et de réduire au maximum la fréquence des passages.

### Matelas protecteurs en modules (rondins, plaques)

- Déposer/assembler les différents éléments constitutifs des matelas protecteurs (rondins en bois, panneaux métalliques, ou systèmes analogues) à même le sol en place.

### Utilisation des machines

- Les machines de chantier et les véhicules de transport doivent rester sur les matelas protecteurs lorsqu'ils circulent/manoeuvrent dans le périmètre des travaux.



### Limite d'intervention des machines (cbar) = poids opérationnel de la machine (t) x pression à la surface du sol (kg/cm<sup>2</sup>) x 1,25

- La limite d'intervention est spécifique à chaque machine, elle est calculée en utilisant la formule ci-dessus.
- Cette valeur doit être inférieure à la force de succion mesurée au tensiomètre (cbar) dans le sol pour permettre l'engagement de la machine sur le sol.
- Si la limite d'intervention est inférieure à la force de succion du sol, la machine ne peut être employée directement sur le sol en place.

### Installations pouvant être disposées sans mesure de protection particulière




Les containers, baraquements de chantiers et autres installations légères peuvent être directement disposés sur le sol en place, si et seulement si aucune circulation de machine à pneu n'est nécessaire pour leur mise en place, retrait, ou en cours d'utilisation de la place d'installation.

## Remarques

Les matelas protecteurs et les pistes sont indispensables lorsque le sol est trop humide et ne dispose pas d'une portance suffisante pour les engins et les équipements.

Ainsi, les véhicules à pneus (camions, dumpers, etc.) ne doivent jamais circuler directement sur le sol. Un matelas protecteur ou une piste est nécessaire.

### Légende

-  **Horizon supérieur**, horizon de terre végétale ou horizon A: foncé, riche en humus, fortement colonisé par les racines, épais de 20-30 cm.
-  **Horizon inférieur**, sous-couche arable ou horizon B: clair, comporte moins d'humus et moins de racines, épais de 30-70cm.
-  **Sous-sol**, matériel parental ou horizon C: matériel minéral plus ou moins altéré (blocs, cailloux, graviers, sable, limons, argiles), ne compte pas comme sol.

DGE-GÉODE-Sols – Valentin 10, CH - 1014 LAUSANNE - T +41 21 316 74 26 - F +41 21 316 75 57- [info.dge@vd.ch](mailto:info.dge@vd.ch) - [www.vd.ch/dge](http://www.vd.ch/dge)

Annexe 4 : Fiche intervention machine à pneu

# Manipulation appropriée du sol

Projet de construction	Machines	Conditions préalables
<b>Chantiers linéaires avec intervention de machines équipées de pneus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelle-araignée</li> <li>• Dumper</li> <li>• Pelle mécanique sur pneus</li> </ul>	Accès possible au chantier par une piste ou une voie de communication préexistante (chemin, route).

Test pour le machiniste : « Sauf conditions exceptionnelles, les véhicules sans chenilles ne circulent jamais sur les sol. »

## Marche à suivre

### Pelle-araignée

- Employée uniquement sur les sols en forte pente.

### Utilisation

- Toujours circuler sur l'horizon supérieur du sol en place, bien ressuyé.
- Ne pas rouler sur les dépôts temporaires formés des matériaux provenant des horizons supérieur et inférieur décapés.

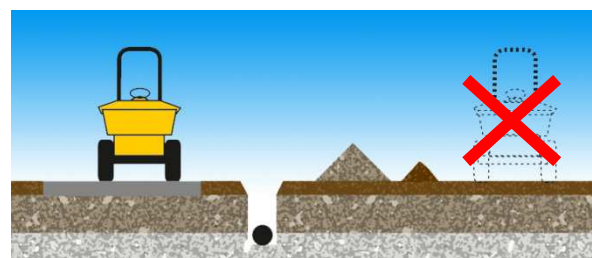


### Dumper à pneus

- Employé pour le transport de matériaux.

### Utilisation

- Avec le dumper, ne jamais circuler sur les sols.
- Circuler sur les chemins existants, ou, s'il n'y en a pas, sur une piste de chantier spécialement aménagée (cf. fiche n°1).
- Ne jamais rouler sur les dépôts temporaires de matériaux terreux (couches inférieure et supérieure), ni sur les sols récemment remis en place.



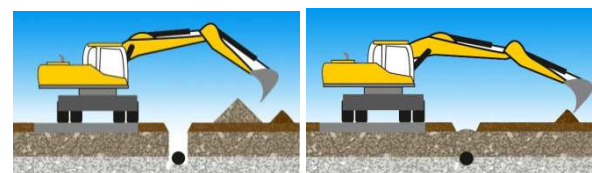
Dumper circulant sur un chemin existant adjacent à la fouille.

### Pelle mécanique sur pneus




- Employée, par exemple, lors du remblayage d'une fosse.

### Utilisation

- Ne jamais circuler directement sur le sol.
- Manipulation des sols possible sans circulation si la force de succion dans le sol est supérieure à 6 cbar.
- Effectuer les manipulations depuis le chemin ou la route jouxtant les travaux.



Reprise des matériaux depuis un chemin existant adjacent à la fouille.

Légende	 <b>Horizon supérieur</b> , horizon de terre végétale ou horizon A: foncé, riche en humus, fortement colonisé par les racines, épais de 20-30 cm.
	 <b>Horizon inférieur</b> , sous-couche arable ou horizon B: clair, comporte moins d'humus et moins de racines, épais de 30-70cm.
	 <b>Sous-sol</b> , matériel parental ou horizon C: matériel minéral plus ou moins altéré (blocs, cailloux, graviers, sable, limons, argiles), ne compte pas comme sol.

DGE-GÉODE-Sols – Valentin 10, CH - 1014 LAUSANNE - T +41 21 316 74 26 - F +41 21 316 75 57- [info.dge@vd.ch](mailto:info.dge@vd.ch) - [www.vd.ch/dge](http://www.vd.ch/dge)

Annexe 5 : Fiche réalisation et comblement de fouille

# Manipulation appropriée du sol

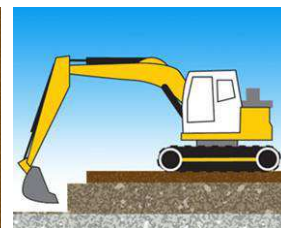
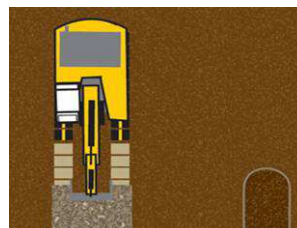
Projet de construction	Machines	Conditions préalables
<b>Réalisation et comblement d'une fouille large</b>	<b>Pelle mécanique sur chenilles</b> Le poids opérationnel de la machine et la pression qu'elle exerce à la surface du sol doivent être connus pour déterminer sa limite d'intervention.	Le sol est enherbé et bien ressuyé. La force de succion mesurée dans le sol, exprimée en centibars, est supérieure à la valeur constituant la limite d'intervention de la machine.

Test pour le machiniste : « Lorsque le sol est bien ressuyé, les mottes de terre se brisent facilement et roulent dans le godet sans adhérer. »

## Marche à suivre

### Décapage de l'horizon supérieur

- Décaper l'horizon supérieur du sol uniquement dans les limites de la zone où doit être creusée la fouille.
- Séparer proprement l'horizon supérieur de l'horizon inférieur.
- Déposer l'horizon supérieur du sol en formant un andain à portée du bras de la pelle mécanique depuis la fouille.
- Pour les dépôts temporaires de matériaux de l'horizon supérieur, respecter une hauteur maximale de 1.50 m.



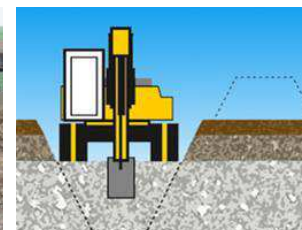
### Décapage de l'horizon inférieur

- Décaper l'horizon inférieur en creusant de sorte à ce que les parois de la fouille commencent à converger en « V ».
- Séparer proprement l'horizon inférieur du sous-sol.
- Déposer l'horizon inférieur en formant un andain.
- Pour les dépôts temporaires de matériaux provenant de l'horizon inférieur, respecter une hauteur maximale de 2.5 m.



### Excavation du sous-sol

- Déposer les matériaux excavés du sous-sol en formant des andins distincts de ceux de l'horizon supérieur et de l'horizon inférieur.
- Les engins peuvent circuler librement sur le sous-sol (pas de limite d'intervention)

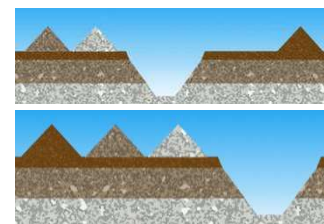


### Stockage temporaire

- Déposer les matériaux séparément. Au besoin, disposer un géotextile pour bien séparer les différents dépôts de matériaux terreux.

### Utilisation des machines

- Interdiction de circuler sur les dépôts formés des matériaux provenant des horizons supérieur et inférieur.



### Remblayage de la fouille




- Remettre en place le sous-sol ; si des matériaux excédentaires doivent être évacués, seuls ceux de ce sous-sol le seront, les couches inférieures et supérieures doivent être intégralement remises en place.
- Remettre en place l'horizon inférieur puis l'horizon supérieur précautionneusement, sans compacter. Un léger bombement de la surface remblayée est alors parfaitement normal. La mise à niveau du terrain se fait ensuite par tassement naturel.



### Limite d'intervention des machines (cbar) = poids opérationnel de la machine (t) x pression à la surface du sol (kg/cm²) x 1,25

- La limite d'intervention est spécifique à chaque machine, elle est calculée en utilisant la formule ci-dessus.
- Cette valeur doit être inférieure à la force de succion mesurée au tensiomètre (cbar) dans le sol pour permettre l'engagement de la machine sur le sol.
- Si la limite d'intervention est inférieure à la force de succion du sol, la machine ne peut être employée directement sur le sol en place.

### Légende

-  **Horizon supérieur**, horizon de terre végétale ou horizon A: foncé, riche en humus, fortement colonisé par les racines, épais de 20-30 cm.
-  **Horizon inférieur**, sous-couche arable ou horizon B: clair, comporte moins d'humus et moins de racines, épais de 30-70cm.
-  **Sous-sol**, matériel parental ou horizon C: matériel minéral plus ou moins altéré (blocs, cailloux, graviers, sable, limons, argiles), ne compte pas comme sol.

DGE-GÉODE-Sols – Valentin 10, CH - 1014 LAUSANNE - T +41 21 316 74 26 - F +41 21 316 75 57- info.dge@vd.ch - www.vd.ch/dge