Bas-marais de la Grande Cariçaie (Portalban, FR)

Benoit Schöni et Loïc Mocellin

Photographie : Benoit Schöni

Relations sol-végétation

Master ès sciences en biogéosciences

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL

Juin 2017

UNIL | Université de Lausanne

Table des matières

INTRODUCTION 2
MATERIEL ET METHODES 3
RESULTATS 4
Station 1a 4
Station 1b 6
Station 2a 7
Station 2b 8
Station 2c 9
Station 2d 11
DISCUSSION 12
CONCLUSION 14
BIBLIOGRAPHIE 15
Annexe 1 : Relevés de végétation récent et de Buttler (1987) du site 1 16
Annexe 2 : Relevés de végétation des stations 2a et 2b 17
Annexe 3 : Relevés de végétation des stations 2c et 2d 18
Annexe 4 : Relevés de végétation regroupés par alliances avec mise en avant des espèces caractéristiques et fréquentes selon Delarze et al. (2015) et Gallandat et al. (2012) 19
Annexe 5 : Schéma du transect du deuxième site 20

INTRODUCTION

Pour étudier l'écosystème des bas-marais dans le cadre des excursions du cours sol et végétation, le site choisi a été la Grande Cariçaie. Il s'agit d'un grand marais sur la rive sud du lac de Neuchâtel, s'étendant sur une quarantaine de kilomètres de long entre Yverdon et Cudrefin (Gonet, 2004). Officiellement, la rive sud du lac de Neuchâtel se partage entre les cantons de Vaud (21 km), Fribourg (17 km), Berne (4 km) et Neuchâtel (quelques décamètres). Mais la Grande Cariçaie, dont le nom provient du grand carex (*Carex elata*), plante très répandue sur le site, se situe sur les cantons de Fribourg et de Vaud (Le Bayon *et al.*, 2017). Avec un peu plus de 1'700 hectares, il s'agit du plus vaste marais lacustre de Suisse. A lui seul, il compte 20% des bas-marais et 25% des zones alluviales du Plateau suisse. Il se compose de roselières, de cariçaies et d'étangs. Il est bordé à l'arrière par des forêts alluviales et des forêts de pente mésophiles. Coté lac, il compte des zones en eaux libres avec des hauts fonds. C'est un lieu très favorable pour la nidification et la mue d'oiseaux aquatiques (Gonet, 2004). C'est aussi un milieu idéal pour les oiseaux d'eau hivernants et migrateurs. Ce site possède une grande diversité biologique, et particulièrement ornithologique et floristique. Ce site fait partie des sites protégés par la Convention sur les zones humides de Ramsar (Gonet, 2004). L'ensemble des réserves naturelles de la Grande Cariçaie couvre près de 3'000 ha (Canton de Vaud, 2010).

Les bas-marais de la Grande Cariçaie n'ont pas une origine totalement naturelle. Ils sont issus de la première correction des eaux du Jura, qui dura entre 1868 et 1891, nécessaire à l'assainissement du Seeland et de la plaine de l'Orbe pour l'agriculture. La première correction des eaux du Jura a entrainé la baisse du niveau d'eau moyen du lac de Neuchâtel de 2,73 m et augmenté les amplitudes de variations jusqu'à 3 m (Cornali, 1997). Avant la première correction, l'eau érodait directement la falaise de molasse qui enrichissait la beine lacustre en sables molassiques. Par son retrait, sur la beine exondée, le lac a créé une suite de cordons dunaires sableux et de prairies marécageuses (Baudraz *et al*. 2014). Afin de réduire les fluctuations du niveau d'eau, la seconde correction des eaux du Jura a été entreprise de 1962 à 1973. Elle a permis de réduire l'amplitude des variations à une moyenne de 1,8 m (Cornali, 1997). Cette dernière correction, en limitant les battements d'eau, a fait disparaître les derniers cordons dunaires et favorisé une végétation de types roselières lacustres au niveau du rivage. L'embuissonnement, qui avait commencé après l'abaissement du niveau moyen de l'eau, se poursuit en direction du rivage. Il est même encore accéléré par l'assèchement lié à la réduction des fluctuations du niveau des eaux, causé par la seconde correction. Les cordons dunaires ayant partiellement disparu, actuellement en certains endroits les courants du lac érodent directement le rivage composé des bas-marais et de la forêt riveraine (Baudraz *et al*. 2014). Afin de conserver les prairies marécageuses et d'éviter l'embuissonnement et la fermeture du milieu, des fauches régulières sont nécessaires. Ces fauches permettent également d'augmenter la vitalité de certaines espèces végétales qui étoufferaient sous la litière (Buttler, 1987).

Le lac de Neuchâtel est entièrement creusé dans les formations tertiaires tendres du bassin molassique. Au nord-ouest du lac, des formations calcaires du Crétacé (calcaires et marnes à dominance calcaire du Jura) sont retrouvées. Au sud-est du lac, la zone concernant ce travail, on retrouve des marnes et des grès de la molasse d'eau douce inférieure, de la molasse charriée et du flysch (région d'Oron). Le tout à dominance argileuse. Au sud du lac, ce sont des grès et des marnes de la molasse marine supérieure et des poudingues du Mont Pèlerin qui dominent, mais cette fois à dominance gréseuse (Persoz *et al*. 2004).

Sur la base de la composition floristique, de l'origine de l'eau, de la topographie et des caractères pédologiques il est possible de distinguer deux grands types de marais. Les hauts-marais, ou marais ombrogènes, et les bas-marais, ou marais minérogènes. Les hauts-marais sont dominés par des sphaignes, d'autres mousses, et des plantes de la famille des éricacées. Ils sont alimentés que par de l'eau de pluie, sont acides et pauvres en éléments nutritifs (tourbières, landes marécageuses). Les bas-marais sont quant à eux dominés par les graminées, les cypéracées et d'autres espèces herbacées (marais et prairies marécageuses). Ils dépendent de l'eau phréatique, plus riche en minéraux (sources, bords de rivières ou de lacs, nappes phréatiques proches de la surface). C'est à des marais de ce type que nous avons à faire sur le site d'étude. Ils sont plus diversifiés en espèces végétales et plus riches en nutriments que les hauts-marais.

Cette distinction entre ces deux sortes de milieux sur la base de la végétation montre de grandes différences quant aux caractères pédologiques des sols présents (Le Bayon *et al*. 2017 ; Steiner et Grünig, 1998).

L'objectif principal de ce travail est de comprendre l'influence qu'a l'origine de l'eau sur les sols et sur la végétation dans les marais de la Grande Cariçaie. Le premier site d'étude est influencé par les eaux des précipitations et les ruissellements de la colline en amont et non par l'eau du lac en raison de la présence d'une dune avec diverses constructions qui déconnecte le lac du système. Le deuxième site, quant à lui, est influencé par trois origine de l'eau qui sont: les précipitations métrologiques, les ruissellements provenant des falaises en amont et le lac. Les relevés de végétation et les profils pédologiques ayant été effectués le long d'un transect en s'éloignant du lac permettent dans ce second site d'observer son influence sur la flore et les sols en fonction de la distance.

MATERIEL ET METHODES

Afin de comprendre les relations entre le sol et la végétation de la Grande Cariçaie, différentes méthodes ont été utilisées lors de la sortie sur le terrain. Pour ce faire, six sites ont été étudiés (fig. 1). Dans un premier temps, les deux premières stations (1a et 1b) du premier site ont été étudiées sur les mêmes coordonnées GPS (avec une certaine marge d'erreur) que des relevés de 1983 effectués par Buttler (1987). Les quatre autres stations (2a, 2b, 2c et 2d) du deuxième site ont été réalisées sur un transect plus loin dans le marais, partant du bord du lac jusqu'à proximité de la forêt de pins. Le travail sur le terrain a eu lieu le mercredi 17 mai 2017. Les conditions météorologiques ce jour étaient ensoleillées. L'altitude pour les relevés et les profils pédologiques était d'environ 430 m.

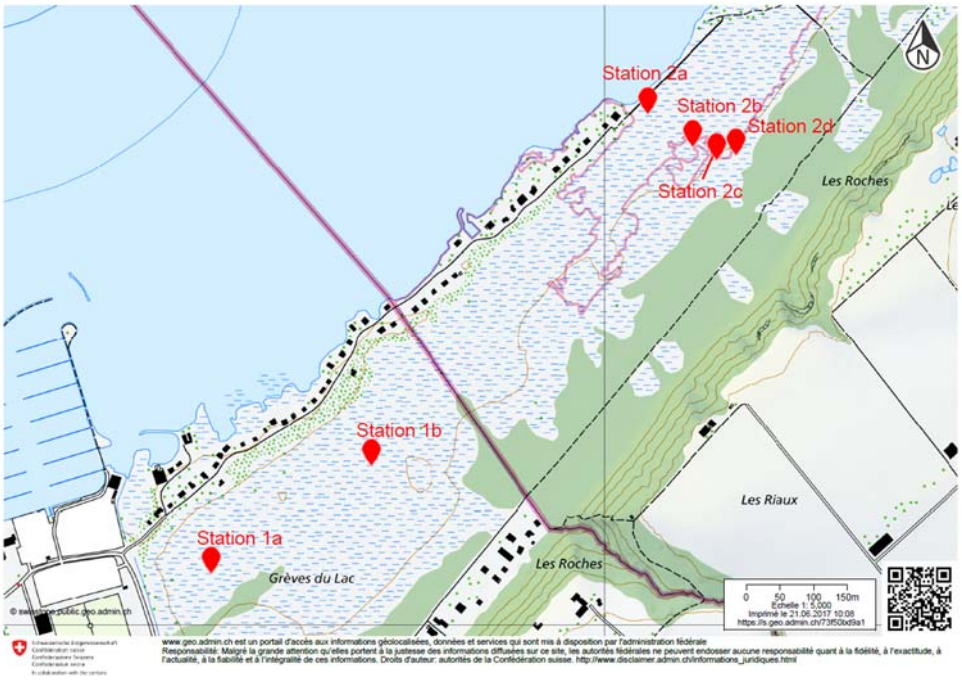


Figure 1 : Localisation des relevés de végétation et des profils de sol effectués. Source : Map Geo Admin, 2017

Les relevés phytosociologiques sigmatistes ont été réalisés sur une surface de 100 m^2 (stations 1a, 1b, 2a, 2b et 2c) et 25 m^2 (station 2d). Les stations 2a, 2b, 2c et 2d ont été réalisée le long d'un transect avec un éloignement toujours plus important par rapport au lac afin de montrer son influence. Pour chaque relevé, les conditions stationnelles que sont l'altitude, les coordonnées GPS et l'exposition ont été relevés. Ensuite, un recouvrement des strates a été estimé. Comme les relevés ont été effectués dans un marais, il n'y a pas de strate arborescente, les recouvrements ont été estimés pour la strate herbacée et, parfois, pour la strate buissonnante. Le recouvrement correspond au pourcentage de la parcelle occupée par la strate considérée. Pour le recouvrement individuel des espèces, les classes utilisées sont celles de Braun-Blanquet (1932)

avec une adaptation proposée par Mueller-Dombois et Ellenberg (1974), qui divise la classe 2 (2a : 5-15% et 2b : 15-25%). Les relevés ont permis de donner un nom d'alliance et d'association avec le guide syntaxonomique de la végétation de la Suisse (Gallandat *et al.* 2012).

L'étude des sols a été réalisée sur le terrain via l'observation des profils pédologiques extraits avec une tarière canal. Différents horizons ont par la suite pu être identifiés et nommés. Ces divisions ont pu être effectuées par les différences de couleurs, par le touché pour différencier la texture, mais aussi grâce à d'autres outils, tels que l'utilisation d'acide chlorhydrique (HCl 6N) et l'utilisation du pH-mètre Hellige. Ainsi, les différents horizons ont permis de déterminer les types de sols selon la clé de détermination des sols de Gobat *et al*. (2014) basée sur le système de classification du Référentiel Pédologique (R.P., Baize et Girard, 2009) et la World Reference Base (W.R.B., Working Group, 2014). Les formes d'humus ont été identifiées selon la clé de détermination de Zanella *et al*. (2011).

RESULTATS

Toutes les photographies présentes dans les résultats ont été faites par les auteurs de ce travail.

Station 1a

Cette station se situe à environ 200 mètres du lac. Elle est à environ 100 m de la bordure de la réserve et du cordon dunaire. La végétation est bien recouvrante et elle est dominée par les espèces suivantes, *Schoenus nigricans*, *Carex panicea* et *Cladium mariscus*.

Le profil de sol présente la séquence d'horizons suivante (fig. 3) :

- **+4/3 à 0 centimètres (cm) : OLn-OLv-S***, horizon de transition entre un horizon organique formé en conditions oxiques de litière nouvelle, de litière vieillie et de mousse (pH 6)
- **0 à 5 cm : Hf**, horizon organique histique mésique (pH 5,5 ; HCl 1/4 ; Von Post 4)
- **5 à 9/12 cm : Ag**, horizon organo-minéral à caractère rédoxique (pH 5,5 ; HCl 1/4 ; texture sableuse)
- **9/12 à 17 cm : Go**, horizon réductique temporairement réoxydé (pH 7,5 ; HCl 4/4 ; texture sableuse)
- **17 à 35 cm : Go-Gr**, horizon de transition entre un horizon réductique temporairement réoxydé et un horizon réductique à conditions réductrices permanentes (pH 7,5 ; HCl 4/4 ; texture sableuse)
- **35 à 67 cm : Gr 1**, horizon réductique à conditions réductrices permanentes (pH 7,5 ; HCl 4/4 ; texture sablo-limoneuse)
- **67 à 122 cm : Gr 2**, horizon réductique à conditions réductrices permanentes (pH 7 ; HCl 4/4 ; texture limoneuse).

Le sol correspond à un REDUCTISOL TYPIQUE épihistique carbonaté, à épihistomor. Les REDUCTISOLS sont caractérisés par des traits d'hydromorphie réductique qui débutent à moins de 50 cm de la surface, et se prolongent ou s'intensifient en profondeur. Ces solums présentent obligatoirement des horizons de référence marqués par la redistribution du fer (horizons G et g ou –g ; fig. 2) et parfois un épisolum humifère épais et foncé (Baize et Girard, 2009). Le rattachement à la référence TYPIQUE est basé sur la présence d'un horizon de référence G, où la saturation en eau d'origine profonde est permanente au moins dans la partie inférieure du solum, avec des fluctuations saisonnières. Le qualificatif épihistique fait référence à la présence d'un horizon H en surface (sur moins de 50 cm d'épaisseur). Le qualificatif carbonaté qualifie le solum avec une effervescence généralisée au HCl.

La forme d'humus de ce sol a été décrite comme un épihistomor selon la clé de détermination de Zanella *et al*. (2011). Cette forme d'humus est caractérisée par une épihistoforme semi-terrestre submergée et/ou saturée par l'eau durant plus de six mois par an. Selon Zanella *et al.* (2011), c'est le pH de l'horizon A qui détermine l'appartenance de la forme d'humus. Cependant, la présence d'un horizon Hm, organique histique mésique dirige plutôt la forme d'humus vers un épihistomor.

Selon la W.R.B. (IUSS Working Group.,2014), ce sol est un Calcaric Histic Reductic Gleysol (Limnic, Uterquic). Ce sont les propriétés "gleyic" et les conditions réductiques du sol qui le rattachent aux gleysols

(équivalent des REDUCTISOL du R.P.). Le préfixe Calcaric est employé pour un solum avec des matériaux calcaires de 20 à 100 cm de profondeur. Le préfixe Histic est employé pour décrire un solum contenant un horizon histique. Le préfix Reductic caractérise les conditions réductiques. Les *supplementary qualifiers*, Limnic et Uterquic indiquent qu'il y a des propriétés réductique et rédoxique dans le solum.

Figure 2 : Tache d'oxydation dans un horizon Go.

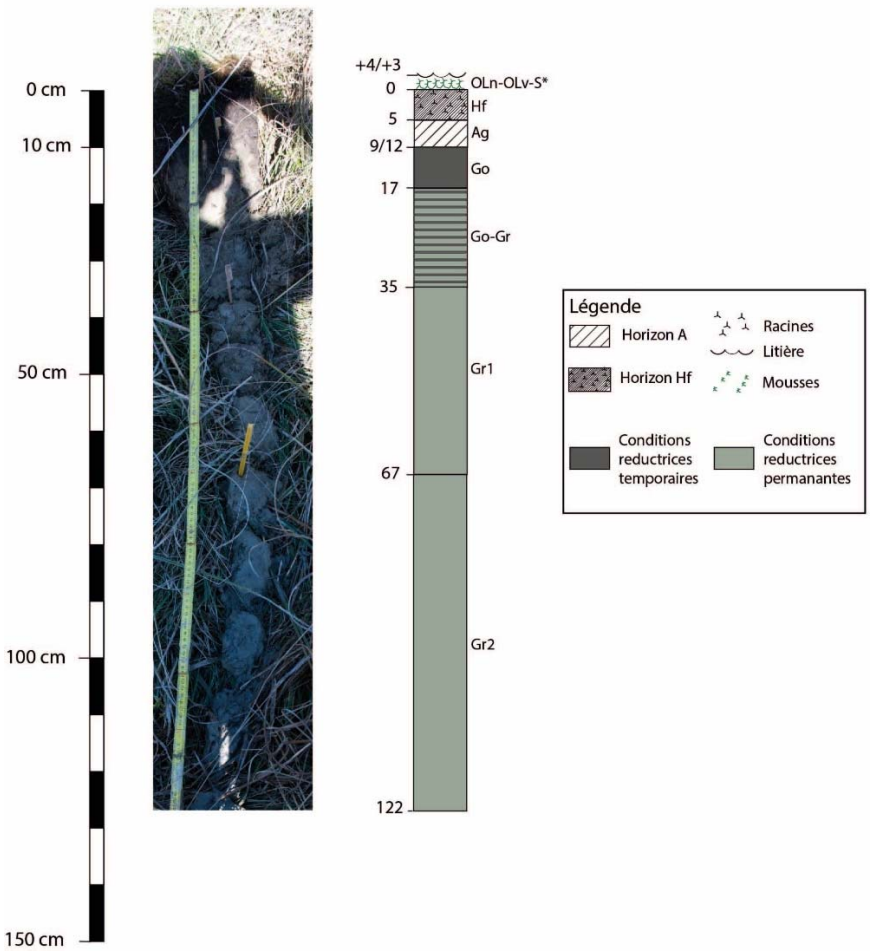


Figure 3 : REDUCTISOL TYPIQUE épihistique carbonaté, à épihistomor

La végétation est dominée par les espèces *Schoenus nigricans*, *Carex panicea* et *Cladium mariscus* qui n'est pas une espèce caractéristique de l'alliance, mais qui est présente dans presque tous les relevés de manière significative. Le relevé a été rattaché à l'alliance du *Caricion davallianae* qui fait référence à une

parvocariçaie neutro-basiophile. L'association est l'*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis*. *Carex hostiana* peut encore être cité comme espèce fréquente de l'alliance (Annexes 1 et 4).

Station 1b

Cette station se situe elle-aussi à environ 200 mètres du lac. Ici, la végétation est dominée par le *Carex elata*, elle est marquée par une fauche récente. Cette station est un peu moins surélevée que la station 1a et il y a plus d'eau au sol.

Le profil de sol présente la séquence d'horizons suivante (fig. 4) :

- **+4 à +3 cm : OLn-OLv**, horizon de transition entre un horizon organique formé en conditions oxiques de litière nouvelle et de litière vieillie
- **+3 à +1 cm : S***, couche de mousses
- **+1 à 0 cm : OLv**, horizon organique formé en conditions oxiques de litière vieillie
- **0 à 17 cm : Hf 1**, horizon organique histique fibrique (pH 5 ; HCl 0/4 ; Von Post 3)
- **17 à 27 cm : Hf 2**, horizon organique histique fibrique (pH 5 ; HCl 0/4 ; Von Post 3)
- **27 à 37 cm : Hf-Gr**, horizon de transition entre un horizon organique histique fibrique et un horizon réductique à conditions réductrices permanentes (pH 8,5 ; HCl 4/4 ; texture sablo-limoneuse)
- **37 à 60 cm : Gr**, horizon réductique à conditions réductrices permanentes (pH 8,5 ; HCl 4/4 ; texture sablo-limoneuse)

Le sol, selon Baize et Girard (2009), correspond à un REDUCTISOL STAGNIQUE carbonaté, à épihistomor. Les mêmes caractéristiques que pour le profile précédent ont permis de qualifier ce sol de REDUCTISOL. Ici, le rattachement à la référence STAGNIQUE renvoie à la présence d'une nappe perchée permanente où l'horizon de surface est soumis à l'influence de l'eau. Le qualificatif carbonaté est également dû à une effervescence généralisée au HCl.

La forme d'humus de ce sol a été décrite comme un épihistomor selon Zanella *et al.* (2011). Ici, c'est la présence d'un horizon Hf organique histique fibrique qui oriente la forme d'humus vers un épihistomor.

Selon la W.R.B. (2014), ce sol est un Dystric Histic Reductic Gleysol (Limnic, Uterquic). Ici, le préfixe dystric indique une saturation du complexe adsorbant inférieure à 50%. Les autres qualificatifs sont identiques à ceux décrits pour la station 1a.

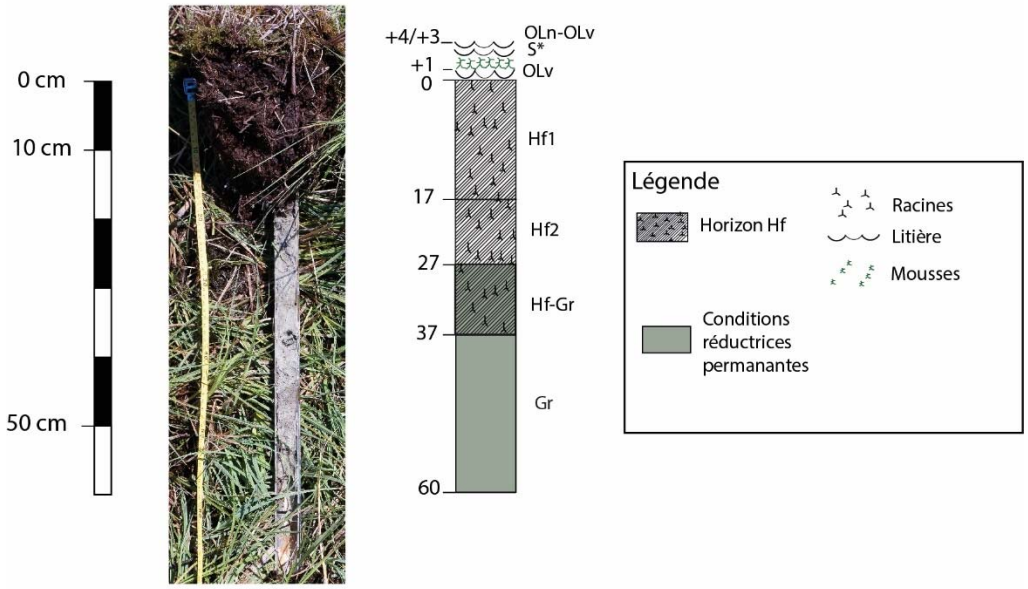


Figure 4 : REDUCTISOL STAGNIQUE carbonaté, à épihistomor

La végétation est dominée par le *Carex elata* qui est une espèce caractéristique de l'alliance et de l'association. L'alliance est le *Magnocaricion* qui fait référence à une magnocariçaie qui est une formation dominée par les grands carex encore riche en roseaux. L'association est le *Caricetum elatae*. *Cladium mariscus*, *Hydrocotyle vulgaris* et *Peucedanum palustre* sont les espèces ayant permis le rattachement de la communauté (Annexes 1 et 4).

Station 2a

Cette station se situe à moins de 10 mètres du lac. Elle est à proximité d'un ponton aménagé pour la visite de la réserve. Ici, il n'y a plus l'influence du cordon dunaire, donc la station est directement sous l'influence du lac. La végétation est dominée par *Cladium mariscus*.

Le profil de sol présente la séquence d'horizons suivante (fig. 5) :

- **+4 à 0 cm : OLg**, horizon organique formé en conditions oxiques de litière à caractère rédoxique (HCl 0/4)
- **0 à 3 cm : OLg-Hf**, horizon de transition entre un horizon organique formé en conditions oxiques de litière à caractère rédoxique et un horizon organique histique fibrique (HCl 0/4, pH entre 7 et 8)
- **3 à 31/33 cm : Hf**, horizon organique histique fibrique (pH 6 ; HCl 0/4 ; Von Post 3)
- **31/33 à 43 cm : Go-Gr**, horizon de transition entre un horizon réductique temporairement réoxydé et un horizon réductique à conditions réductrices permanentes (pH 8 ; HCl 4/4) ; texture sableuse
- **43 à 70 cm : Gr-[OLv]**, horizon réductique à conditions réductrices permanentes avec un horizon organique formé en conditions oxiques de litière vieillie en poches (pH 8 ; HCl 4/4) ; texture sableuse.

Selon Baize et Girard, (2009), le sol correspond à un REDUCTISOL TYPIQUE épihistique sur molasse altérée, à épihistomor. Les mêmes caractéristiques qu'à la station 1a ont permis de qualifier ce sol de REDUCTISOL TYPIQUE épihistique. Ici, le terme sur molasse altérée indique que le solum étudié ne semble pas provenir directement de la molasse sous-jacente.

La forme d'humus de ce sol a été décrite comme un épihistomor selon Zanella *et al.* (2011). Ici, tout comme pour la station 1b, c'est également la présence d'un horizon Hf organique histique fibrique qui oriente la forme d'humus vers un épihistomor.

Selon la W.R.B. (2014), ce sol est un Calcaric Histic Reductic Gleysol (Limnic, Uterquic). Les qualificatifs ont été décrits pour la station 1a.

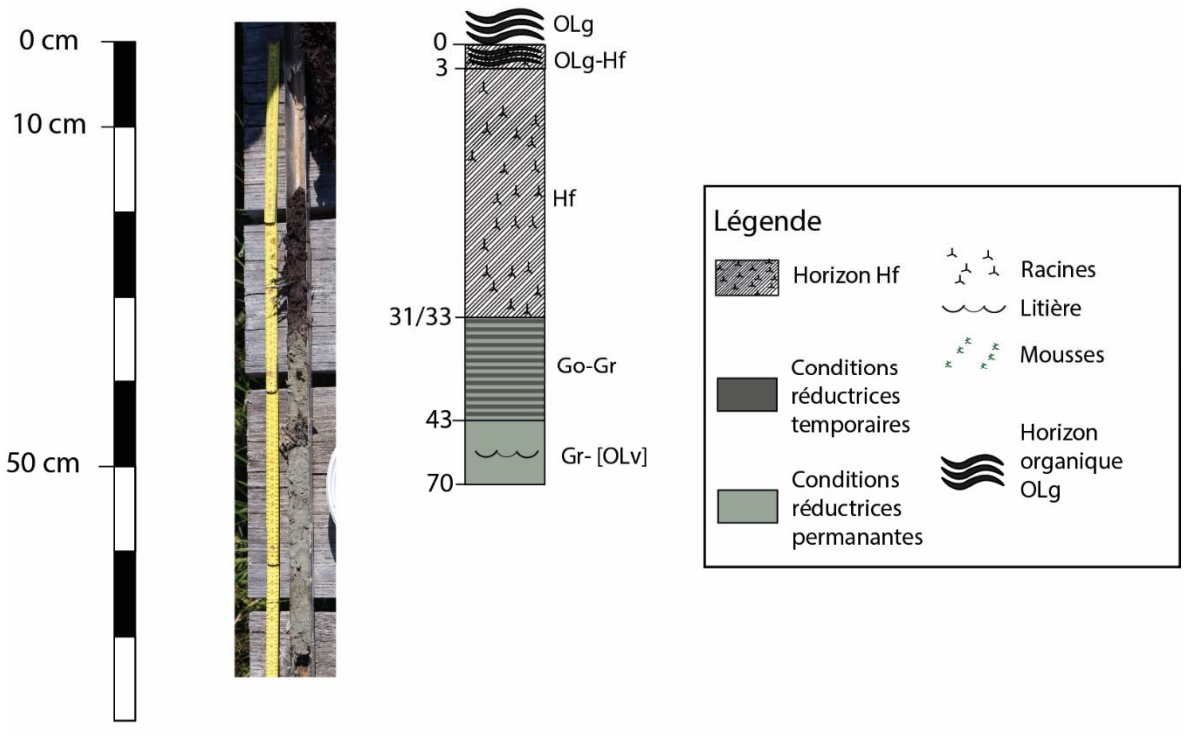


Figure 5 : REDUCTISOL TYPIQUE épihistique sur molasse altérée, à épihistomor

La végétation est largement dominée par *Cladium mariscus* et *Phragmites australis*, qui sont des espèces très fréquentes de l'alliance. L'alliance présente est un *Phragmition* qui fait référence à une roselière lacustre. Contrairement aux deux autres alliances, il ne s'agit pas d'une végétation typique de bas-marais, mais d'une végétation plutôt de rivages. L'association est le *Cladietum marisci* (Annexes 2 et 4).

Station 2b

Cette station se situe à environ 100 mètres du lac. Elle est sur une zone un peu surélevée donc un peu plus sèche. La végétation est dominée par *Schoenus nigricans* et *Cladium mariscus.*

Le profil de sol présente la séquence d'horizons suivante (fig. 6) :

- **+2 à 0 cm : OLn-OLv-[S*]**, horizon de transition entre un horizon organique formé en conditions oxiques de litière nouvelle et de litière vieillie avec présence de mousse en poches
- **0 à 2 cm : Hm**, horizon organique histique mésique (pH 6 ; HCl 3/4)
- **2 à 12 cm : Agca**, horizon organo-minéral à caractère rédoxique et calcaire (pH 6 ; HCl 4/4)
- **12 à 17 cm : Agca-Go**, horizon de transition entre un horizon organo-minéral à caractère rédoxique et calcaire et un horizon réductique temporairement réoxydé (pH 8 ; HCl 4/4 ; texture sableuse)
- **17 à 54 cm : Go-[OLv]**, horizon de transition entre un horizon réductique temporairement réoxydé et un horizon organique formé en conditions oxiques de litière vieillie (pH 8,5 ; HCl 4/4)
- **54 à 75 cm : Gr**, horizon réductique à conditions réductrices permanentes (pH 8,5 ; HCl 4/4)
.

Le sol, selon Baize et Girard, (2009), correspond à un REDUCTISOL TYPIQUE épihistique sur molasse altérée, à épihistomor. Les mêmes caractéristiques qu'à la station 1a ont permis de qualifier ce sol de REDUCTISOL TYPIQUE épihistique. Ici, le terme issu de molasse altérée indique que le solum considéré provient directement de l'altération de la molasse.

La forme d'humus de ce sol a été décrite comme un épihistomor selon Zanella *et al.* (2011). Ici, tout comme sur la station 1a, la présence d'un horizon Hm, organique histique mésique dirige plutôt la forme d'humus vers un épihistomor.

Selon la W.R.B. (2014) ce sol est un Calcaric Histic Reductic Gleysol (Limnic, Uterquic). Les qualificatifs ont été décrits pour la station 1a.

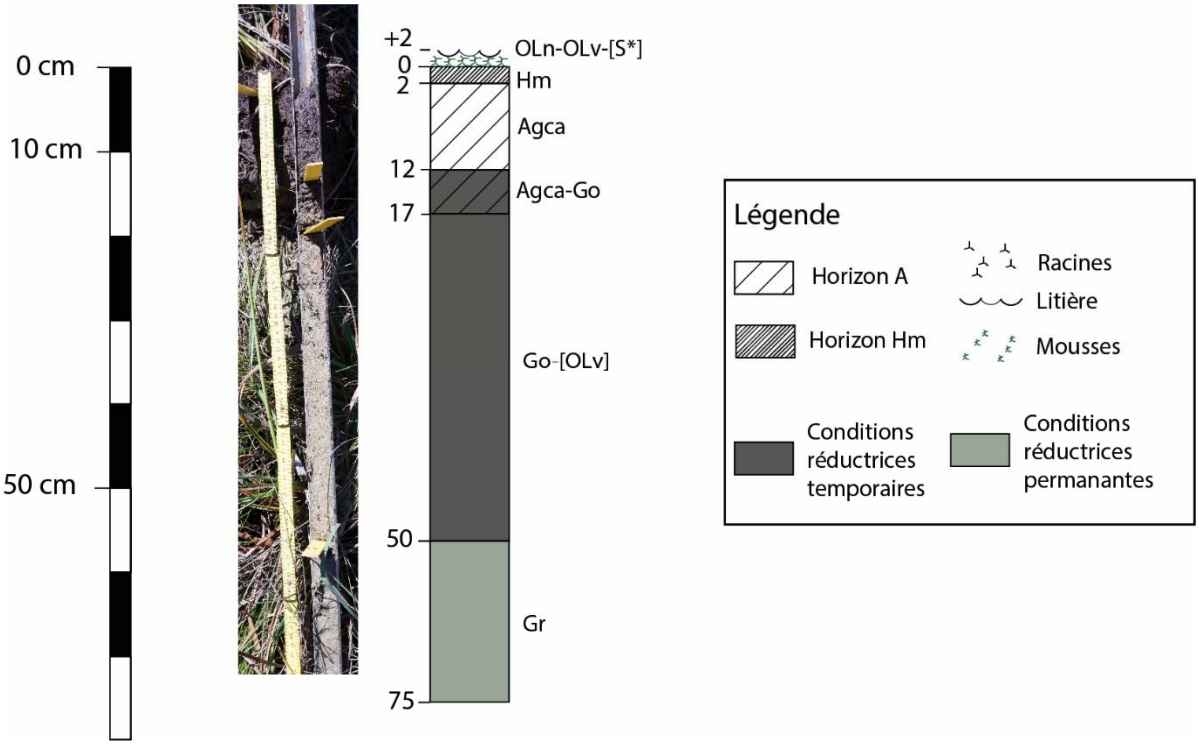


Figure 6 : REDUCTISOL TYPIQUE épihistique sur molasse altérée, à épihistomor

Cette fois la végétation est dominée par *Schoenus nigricans* et *Cladium mariscus*. Une proportion importante de *Phragmites australis* est observable dans cette station. Comme pour la station 1a, c'est l'alliance du *Caricion davallianae* qui est présente. L'association est l'*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis* (Annexes 2 et 4).

Station 2c

Cette station se situe à environ 130 mètres du lac. Ici, la végétation est largement composée de *Carex elata*.

Le profil de sol présente la séquence d'horizons suivante (fig. 7) :

- **+5 à +1 cm : OLn-OLv**, horizon de transition entre un horizon organique formé en conditions oxiques de litière nouvelle et de litière vieillie
- **+1 à 0 cm : OLv-[S*]**, horizon organique formé en conditions oxiques de litière vieillie avec mousse en poches (HCl 3/4)
- **0 à 6 cm : Hf 1**, horizon organique histique fibrique (pH 7 ; HCl 3/4)

- **6 à 16 cm : Hf 2**, horizon organique histique fibrique (pH 7 ; HCl 3/4)
- **16 à 80 cm : Gr-Go**, horizon de transition entre un horizon réductique à conditions réductrices permanentes et un horizon réductique temporairement réoxydé (pH 8 ; HCl 4/4)
- **80 à 114 cm : Gr**, horizon réductique à conditions réductrices permanentes (pH 8 ; HCl 4/4).

Le sol, selon Baize et Girard, (2009), correspond à un REDUCTISOL TYPIQUE épihistique carbonaté, à épihistomor. Les mêmes caractéristiques qu'à la station 1a ont permis de qualifier ce sol de REDUCTISOL TYPIQUE épihistique. Le qualificatif carbonaté est également dû à une effervescence généralisée au HCl.

La forme d'humus de ce sol a été décrite comme un épihistomor selon Zanella *et al.* (2011). La présence d'un horizon Hf organique histique fibrique oriente la forme d'humus vers un épihistomor.

Selon la W.R.B. (2014) ce sol est un Calcaric Histic Reductic Gleysol (Limnic, Uterquic). Les qualificatifs ont été décrits pour la station 1a.

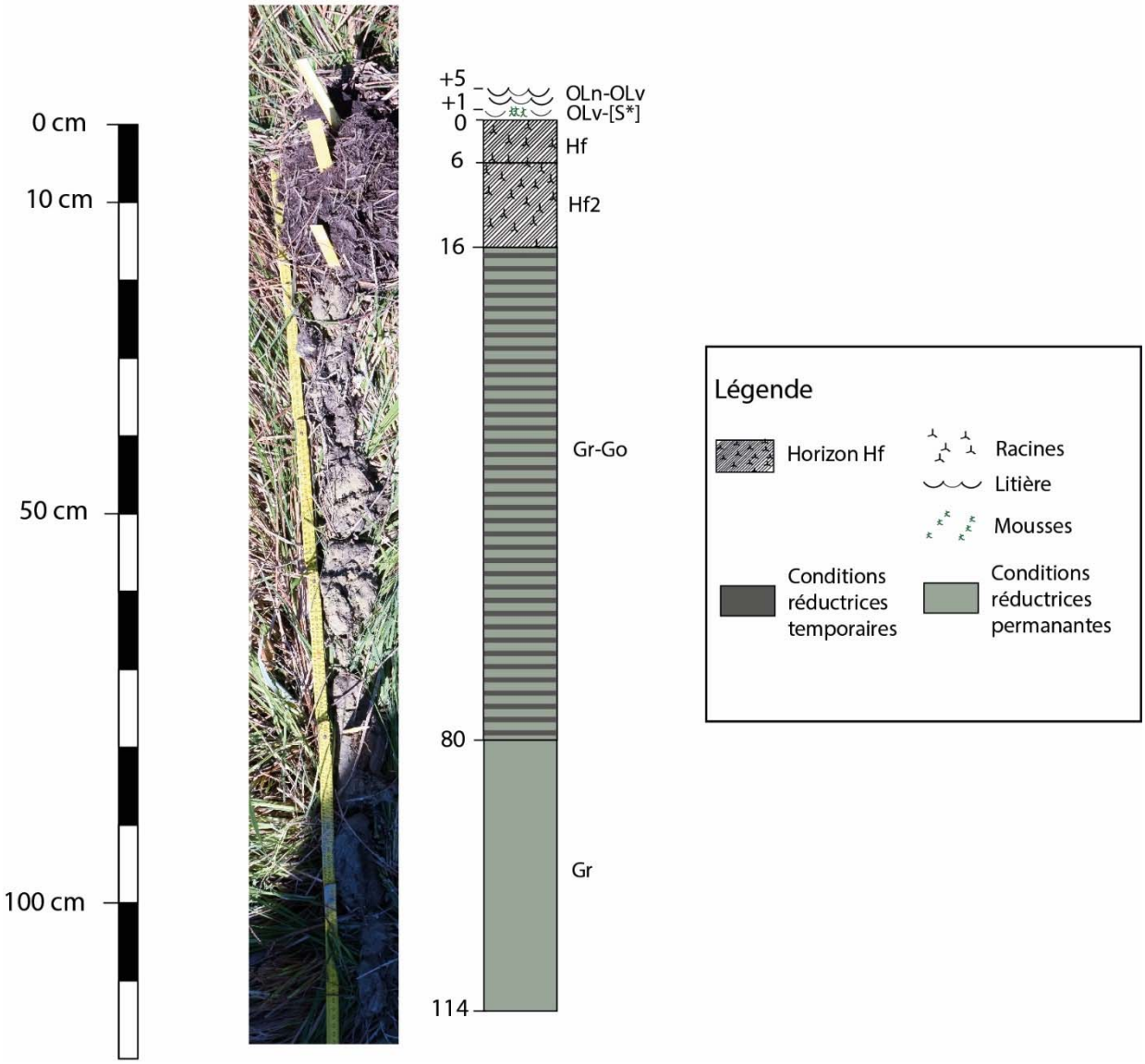


Figure 7 : REDUCTISOL TYPIQUE épihistique carbonaté, à épihistomor

Ici, la végétation est largement composée de *Carex elata*. Comme pour la station 1b, l'alliance présente est le *Magnocaricion* et l'association est le *Caricetum elatae*. Les espèces *Cladium mariscus*, *Lysimachia vulgaris* et *Mentha aquatica* fréquentes dans l'alliance ont une présence non négligeable (Annexes 3 et 4).

Station 2d

Cette station se situe à environ 150 mètres du lac. Ici, la présence d'eau au sol est moins marquée et les conditions sont plus sèches. La végétation est dominée par *Schoenus nigricans*.

Le profil de sol présente la séquence d'horizons suivante (fig. 8) :

- **+5/+1 à +1 cm : OLn-OLv-[S*]**, horizon de transition entre un horizon organique formé en conditions oxiques de litière nouvelle et de litière vieillie avec présence de mousse en poches
- **+1 à 0 cm : OF**, horizon organique formé en conditions oxiques de résidus végétaux plus ou moins fragmentés
- **0 à 1/5 cm : Hf**, horizon organique histique fibrique (pH 7,5 ; HCl 3/4)
- **1/5 à 11 cm : Agca**, horizon organo-minéral à caractère rédoxique et calcaire (pH 8 ; HCl 4/4)
- **11 à 28 cm : g 1**, horizon rédoxique (pH 8 ; HCl 4/4), horizon plus sableux
- **28 à 80 cm : g 2**, horizon rédoxique (pH 8 ; HCl 2/4 au début, 4/4 à la fin : gradient de carbonates)

Le sol correspond à un REDOXISOL épihistique carbonaté issu de molasse altérée, à hydromull. Les REDOXISOL sont caractérisés par des traits rédoxiques avec des horizons g. Le qualificatif carbonaté est également dû à une effervescence généralisée au HCl (Baize et Girard, 2009).

La forme d'humus de ce sol a été décrite comme un hydromull selon Zanella *et al.* (2011). Cette forme d'humus est caractérisée par une hydroforme semi-terrestre submergée et/ou saturée par l'eau durant moins de six mois par an. Ici, le pH de l'horizon Agca (pH 8) ainsi que l'absence d'un horizon OH permettent d'orienter la forme d'humus vers un hydromull.

Selon la W.R.B. (2014) ce sol est un Calcaric Histic Stagnosol. Ici, ce sont les conditions réductrices périodiques impliquant des propriétés stagniques qui permettent de rattacher le sol aux stagnosols. Les qualificatifs ont été décrits pour la station 1a.

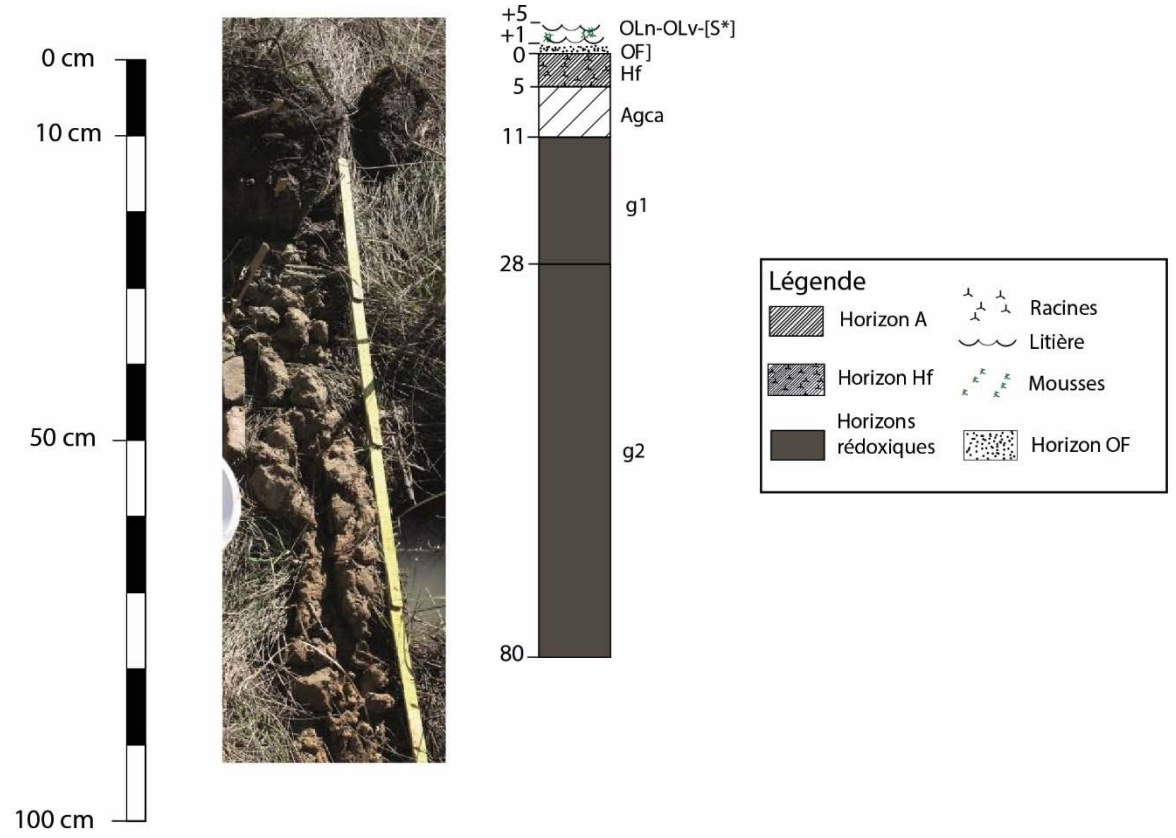


Figure 8 : REDOXISOL épihistique carbonaté issu de molasse altérée, à hydromull

Dans cette station, *Schoenus nigricans* est toujours dominant et de manière encore plus importante que dans les stations précédentes appartenant à la même association. Comme sur les stations 1a et 2b, c'est l'alliance du *Caricion davallianae* qui est présente. L'association est toujours l'*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis* (Annexes 3 et 4).

DISCUSSION

Les stations étudiées sont caractérisées par la présence d'une nappe d'eau permanente ou temporaire dans le profil pédologique, phénomène qui revêt une importance écologique et pédogénétique fondamentale (Buttler, 1987). La fluctuation de la nappe et sa dynamique sont influencées par les fluctuations du lac, par la pluie et des ruissellements mais aussi par l'évapotranspiration. Le schéma en annexe 5 permet d'observer le transect et l'effet de l'hydrologie sur les sols. Les caractères filtrants et perméables des sols vont avoir une influence sur les compositions végétales. Tout d'abord, il est important de préciser la différence de contexte entre le site 1 et le site 2. La fluctuation de la nappe des stations 1a et 1b du premier site est principalement influencée par les précipitations, les ruissellements et par l'évapotranspiration. En effet, la présence d'une dune au bord du lac, sur laquelle des chalets de plaisance sont construits (fig. 1), empêche toute influence des fluctuations du niveau du lac sur la nappe (pas de connexion directe entre l'eau du lac et les bas-marais du site 1). Ceci peut être observé par le caractère stagnique de la station 1b avec la présence d'une nappe permanente. La station 1a est, quant à elle, légèrement surélevée par rapport à la station 1b et l'influence de la nappe est moins importante. Sur le deuxième site, l'influence des fluctuations du niveau du lac n'est plus limitée par la présence d'une dune. Cela va permettre d'observer un certain gradient entre les stations 2a, 2c et 2d (connexion entre les eaux du lac et les bas-marais du site 2). En s'éloignant du lac, la nappe chute plus ou moins profondément durant les mois d'été en raison de

l'évapotranspiration importante. Le flux de la nappe lacustre ou des ruissellements n'arrive alors pas à compenser les pertes dans les horizons de surface (Buttler, 1987). La station 2b se trouve sur un léger rehaussement, ce qui peut expliquer une influence moins marquée de la nappe pour les horizons superficiels. Les sols du site 2 sont donc sous double influence hydrologique: des précipitations, des ruissellements provenant de la falaise et des forêts riveraines, comme les sols du site 1, et du lac.

Lors des relevés de végétation, trois associations ont été identifiées: l'*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis* (stations 1a, 2b et 2d), le *Caricetum elatae* (stations 1b et 2c) et le *Cladietum marisci* (station 2a). Selon Buttler (1987), l'*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis* est une association qui se développe dans les endroits moins longuement inondés, sur substrat sableux et filtrant ou directement sur des dômes de molasse imperméable alimentés par les ruissellements de pied de falaise. Ces données vont dans le sens des résultats obtenus. Le REDUCTISOL TYPIQUE de la station 1a a une forte proportion de sables et des horizons potentiellement réoxydés jusqu'à 35 cm de profondeur. Le REDUCTISOL TYPIQUE de la station 2b est légèrement surélevé, sableux et surtout possède un horizon Go jusqu'à une profondeur de 54 cm. Pour la station 2d, il s'agit d'un REDOXISOL avec des engorgements d'eau temporaires, car la nappe n'est pas présente de manière permanente dans le profil (horizons g). C'est aussi la station qui se situe la plus proche de la forêt et de la falaise, certainement sur une couche imperméable de molasse (sol argileux et très compact à la base).

Le *Caricetum elatae*, selon Buttler (1987), se retrouve sur les zones à inondations variables mais tolère des périodes plus sèches en été. Cette association a été retrouvée dans les stations 1b, sur un REDUCTISOL STAGNIQUE avec des horizons Gr sablo-limoneux, et 2c avec un REDUCTISOL TYPIQUE. Le *Caricetum elatae* a été retrouvé sur des sols potentiellement plus engorgés que l'*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis*.

Toujours selon Buttler (1987), le *Cladietum marisci* est une association qui, comme *Caricetum elatae,* occupe les zones à inondations variables. Elle est fréquemment retrouvée en bordure d'étang sur substrat sableux. Cette association a été retrouvée uniquement dans la station 2a. Cette station est la plus proche du lac et évidemment la plus influencée par les crues. *Cladium mariscus*, l'espèce caractéristique de cette association, est une espèce très compétitive avec une large amplitude écologique, ce qui explique sa présence en augmentation dans l'ensemble des relevés effectués. Buttler (1987) n'avait pas relevé sa présence en 1983 dans les zones des relevés des stations 1a et 1b. Ceci montre que malgré la seconde correction des eaux du Jura et les fauches, théoriquement moins favorable pour cette espèce, sa croissance est selon nos résultats positives.

Les formes d'humus des différentes stations ont été décrites selon la clé de détermination de Zanella *et al*. (2011). Ces formes d'humus semi-terrestres sont caractérisées par l'influence de l'eau qui peut les submerger et/ou les saturer durant plus de six mois par an. L'accumulation de la matière organique est due au régime hydrique qui ralentit la décomposition et enfouissement de la matière organique par l'activité biologique. Or, il a été remarqué lors du travail de terrain que la détermination des formes d'humus des différentes stations n'était pas chose aisée. En effet, avec cette clé (Zanella *et al*. 2011) les formes d'humus ont pour la plupart (1a, 1b, 2a, 2b et 2c) été définies comme des épihistomors. Selon cette clé, c'est le pH de l'horizon A qui détermine l'appartenance de la forme d'humus. Cependant, comme le pH était souvent proche de 5 et difficile à définir précisément avec le pH Hellige, il était compliqué de définir avec certitude les formes d'humus présentes. C'est donc la présence d'horizons Hm ou Hf qui ont orienté le choix des formes d'humus vers l'épihistomor.

Les formes d'humus ont un rôle important dans les relations entre le sol et la végétation. L'épisolum humifère est considéré comme le carrefour principal entre les mondes vivant et minéral (Gobat *et al*. 2010). Il serait donc intéressant d'utiliser une clé de détermination des formes d'humus plus adéquate pour la caractérisation des formes d'humus des marais. La clé de Jabiol *et al*. (2013) pourrait être une alternative intéressante pour décrire au mieux les formes d'humus semi-terrestres. Cette clé reprend une approche hiérarchique par groupement, comme dans la W.R.B. (2014). Selon cette clé, les formes d'humus des

stations 1b, 2a et 2c correspondraient à des FIBRIMOR, celles des stations 1a, 2b à des HUMIAMPHI et celle de la station 2d à un EUMOR. Il est cependant difficile de nommer les formes d'humus sans des analyses préalables au laboratoire. De plus selon cette clé, il est possible d'ajouter des préfixes et des suffixes. Il est difficile de les établir pour chaque forme d'humus n'étant plus sur le terrain, mais certains préfixes tels qu'epihistic et stagnic, et certains suffixes tels que rhizic et calcaric pourraient être intéressants pour ce type de milieux. La clé de Zanella *et al.* permet une identification des formes d'humus sur le terrain. Cependant, elle n'était pas la mieux adaptée pour ces formes d'humus semi-terrestres présentes. La clé de Jabiol *et al*. (2013) peux être une alternative pour les formes d'humus semi-terrestres. Cependant, elle nécessite des analyses au laboratoire

CONCLUSION

Le régime hydrique et les fluctuations de la nappe ont une importance considérable sur les sols et la végétation. Les conditions stationnelles sont déterminantes pour caractériser les relations entre le sol et la végétation. La présence d'une dune ou la surélévation de certaines stations vont ainsi avoir des conséquences sur la dynamique de l'eau, de la végétation et des sols. Ainsi, les sols avec une couverture végétale dont l'association est l'*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis* ont deux futurs possibles dépendant grandement du régime hydrologique des sols. Sur les sols où la tendance est à l'assèchement, c'est-à-dire où la nappe est temporaire, l'*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis* laissera sa place à des associations buissonnantes et des forêts de feuillus de type hêtraie et les REDUCTISOLS et REDOXISOLS à des sols de moins en moins engorgés en eau. Si les conditions d'hydromorphie ont tendance à s'accentuer et la nappe à être de plus en plus permanente, l'*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis* laissera sa place au *Cladietum marisci* plus adapté à la présence fréquente d'horizons engorgés en eau et éventuellement les REDUCTISOLS à des HISTOSOLS avec conditions anoxiques et accumulation de matière organique. L'association du *Caricetum elatae*, qui occupe des sols relativement similaires à l'association *Cladietum marisci* mais qui est moins compétitive, aura tendance à être remplacée par l'*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis* si la nappe devenait plus temporaire et donc que le profil de sol laissait de plus en plus de place à des horizons Go (Cornali, 1997). Les moteurs des changements de régimes hydrologiques des sols sont principalement liés aux crues du lac qui ont été modifiées par les diverses corrections des eaux du Jura et qui dépendent également de la connexion entre le lac et chacun des sols.

Ceci montre qu'il ne faut pas négliger l'impact anthropique sur ce type de milieux. En effet, les bas-marais de la Grande Cariçaie sont issus de la correction des eaux du Jura. L'homme gère la Grande Cariçaie afin de protéger ce biotope de nos jours reconnu. Les marais sont ainsi fauchés pour éviter le reboisement naturel de ce type de milieu et limiter l'envahissement de l'*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis* et du *Caricetum elatae* par le *Cladietum marisci* qui est une association sensible au fauchage. Ceci permet aux deux autres associations de reprendre de la vitalité (Buttler, 1987).

Les formes d'humus jouent un rôle important dans les relations entre le sol et la végétation, il est donc important de pouvoir les caractériser ainsi que les différentier afin de pouvoir comprendre le fonctionnement et la relation entre le sol et la végétation. C'est pourquoi le choix d'une clé adaptée aux conditions étudiées est important.

BIBLIOGRAPHIE

Baize, D. & Girard, M.C. (2009). *Référentiel pédologique*. Paris: Editions Quae. 405 p.

Baudraz, M., Antoniazza, M., Clerc, C., Gander, A. & Le Nédic, C. (2014). *Plan de gestion des réserves naturelles de la Rive Sud du Lac de Neuchâtel*. Cheseaux-Noréaz: Association de la Grande Cariçaie. 360 p.

Braun-Blanquet, J. (1932). *Plant sociology: the study of plant communities.* New-York: McGraw-Hill.

Buttler, A. (1987). *Etude écosystémique des marais non boisés de la rive sud du lac de Neuchâtel (Suisse) : phytosociologie, pédologie, hydrodynamique et hydrochimie, production végétale, cycles biogéochimiques et influence du fauchage sur la végétation*. 284 p. Thèse de doctorat, Université de Neuchâtel, Suisse.

Cornali, P. (1997). Ecologie des pinèdes (Pinus sylvestris) de la rive sud du lac de Neuchâtel (Suisse). *Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles*, 120: 55-72.

Canton de Vaud [en ligne]. (2010). *Année de la biodiversité 2010 canton de Vaud: La Grande Cariçaie*. http://www.vd.ch/themes/environnement/faune-et-nature/le-portail-vaudois-de-la-biodiversite/la-grande-caricaie (consulté le 15 juin 2017).

Delarze, R., Gonseth, Y., Eggenberg, S. & Vust, M. (2015). *Guide des milieux naturels de Suisse*. 3ème édition. Bussigny: Editions Rossolis. 440 p.

Gallandat, J.-D., Gobat, J.-M. & Rion, V. (2012). *Végétation de la Suisse. Guide syntaxonomique.* Non publié. Université de Neuchâtel, Laboratoire Sol & Végétation, Neuchâtel, 37 p.

Gobat, J.-M., Le Bayon, C. & Tatti, D. (2014). *Clé de sol : Principaux sols de Suisse.* Non publié. Université de Neuchâtel, Laboratoire Sol & Végétation, Neuchâtel, 76 p.

Gonet, C. (2004). *Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR): Rive sud du lac de Neuchâtel*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 13 p.

IUSS Working Group. (2014). *World reference base for soil resources* 2014 international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. FAO, Rome.

Jabiol, B., Zanella, A., Ponge, J.-F., Sartori, G., Englisch, M., Van Delft, B., … Le Bayon, R.-C. (2013). A proposal for including humus forms in the World Reference Base for Soil Resources (WRB-FAO). *Geoderma*, 192: 286–294.

Le Bayon, C., Vittoz, P., Schomburg, A., Liberati, L. & Rusconi, O. (2017). *Pinèdes et bas-marais, dynamique de la végétation, catenas et teselas. Grande Cariçaie (FR, VD, BE, NE).* Non publié. Universités de Lausanne et de Neuchâtel.

Map Geo Admin [en ligne]. (2017). https://map.geo.admin.ch (consulté le 21 juin 2017).

Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. New-York: John Wiley & Sons. 547p.

Persoz, F., Schaer, J.-P., Besson, O. & Robert-Charrue, C. (2004). Le cadre physique. (pp. 11-31). In: Antoniazza, M., André, Y. & Association du livre millénaire de Cudrefin. *Le lac de Neuchâtel: miroir d'une région*. Cudrefin/Hauterive: Association du Livre Millénaire/Gilles Attinger. 292 p.

Steiner, G. M., Grünig, A. (1998). 3.1 Ecologie et hydrologie des marais (pp. 1-2). In: Bressoud, B., Broggi, M. F., Gonet, C., Hintermann, U., Grünig, A., Küttel, M., Marti, K., Schlegel, H. & Theis, E. *Manuel de Conservation des marais en Suisse: Eléments de base*. Berne: Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP). 585 p.

Annexe 1 : Relevés de végétation récent et de Buttler (1987) du site 1

Code du relevé de végétation	1a	1a historique	**Code du relevé de végétation**	1b	1b historique
Alliance	*Caricion davallianae*	*Caricion davallianae*	**Alliance**	*Magnocaricion*	*Magnocaricion*
Association	*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis*	*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis* var. à *Galium palustre*	**Association**	*Caricetum elatae*	*Caricetum elatae* var. à *Carex lasiocarpa*
Variante			**Variante**		
Sol	REDUCTISOL TYPIQUE épihistique carbonaté	REDUCTISOL TYPIQUE	**Sol**	REDUCTISOL STAGNIQUE carbonaté	HISTOSOL LEPTIQUE
Forme d'humus	Epihistomor	Hydromull	**Forme d'humus**	Epihistomor	Ammoor
Auteurs	Volée BGS 2017	Selon Buttler, 1987	**Auteurs**	Volée BGS 2017	Selon Buttler, 1987
Date	17/05/2017	1983	**Date**	17/05/2017	1983
Coordonnées	563.415/197.085	563.415/197.025	**Coordonnées**	563.653/197.249	563.650/197.275
Pente (°)	0	0	**Pente** (°)	0	0
Surface (m2)	100	100	**Surface** (m2)	100	100
Nombre d'espèces	19	26	**Nombre d'espèces**	17	20
Rocher (%)	0		**Rocher** (%)	0	
Eau libre/sol nu (%)	1		**Eau libre/sol nu** (%)	0	
Mousse (%)	1		**Mousse** (%)	3	
Litière (%)	38		**Litière** (%)	3	
Strate herbacée (recouvrement en %)	60	95	**Strate herbacée** (recouvrement en %)	94	85
Cladium mariscus	3.2		*Carex elata*	3.2	3
Schoenus nigricans	2b.3	3	*Cladium mariscus*	2.2	
Carex panicea	2a.2	1	*Carex panicea*	2a.3	+
Phragmites communis	1.1	2	*Hydrocotyle vulgaris*	1	2
Frangula alnus	1.1	1	*Phragmites australis*	1	1
Molinia caerulea	1.2	2	*Galium palustre*	+	1
Peucedanum palustre	+	1	*Frangula alnus*	+	1
Carex hostiana	+	1	*Lysimachia vulgaris*	+	1
Lysimachia vulgaris	+	1	*Lythrum salicaria*	+	1
Eriophorum angustifolium	+	+	*Eriophorum angustifolium*	+	+
Mentha aquatica	+	+	*Peucedanum palustre*	+	+
Salix cinerea	+		*Scutellaria galericulata*	+	+
Euphorbia palustris	+		*Mentha aquatica*	+	
Carex elata	+.2	1	*Alnus incana*	+	
Succisa pratensis	+.2		*Cirsium palustre*	+	
Hydrocotyle vulgaris	r	1	*Liparis loeselii*	r	1
Galium palustre	r	1	*Dactylorhiza incarnata*	r	+
Thalictrum flavum	r	+	*Thalictrum flavum*		1
Cirsium palustre	r		*Salix cinerea*		1
Scutellaria galericulata		1	*Senecio paludosus*		+
Stachys palustris		1	*Equisetum palustre*		+
Molinia arundinacea		1	*Utricularia intermedia*		+
Orchis palustris		+	*Rhamnus cathartica*		+
Juncus alpinoarticulatus		+	*Eupatorium cannabinum*		+
Carex flava		+			
Sanguisorba officinalis		+			
Orchis militaris		+			
Pinus sylvestris		+			
Eupatorium cannabinum		+			
Dactylorhiza majalis/incarnata		+			
Lythrum salicaria		+			

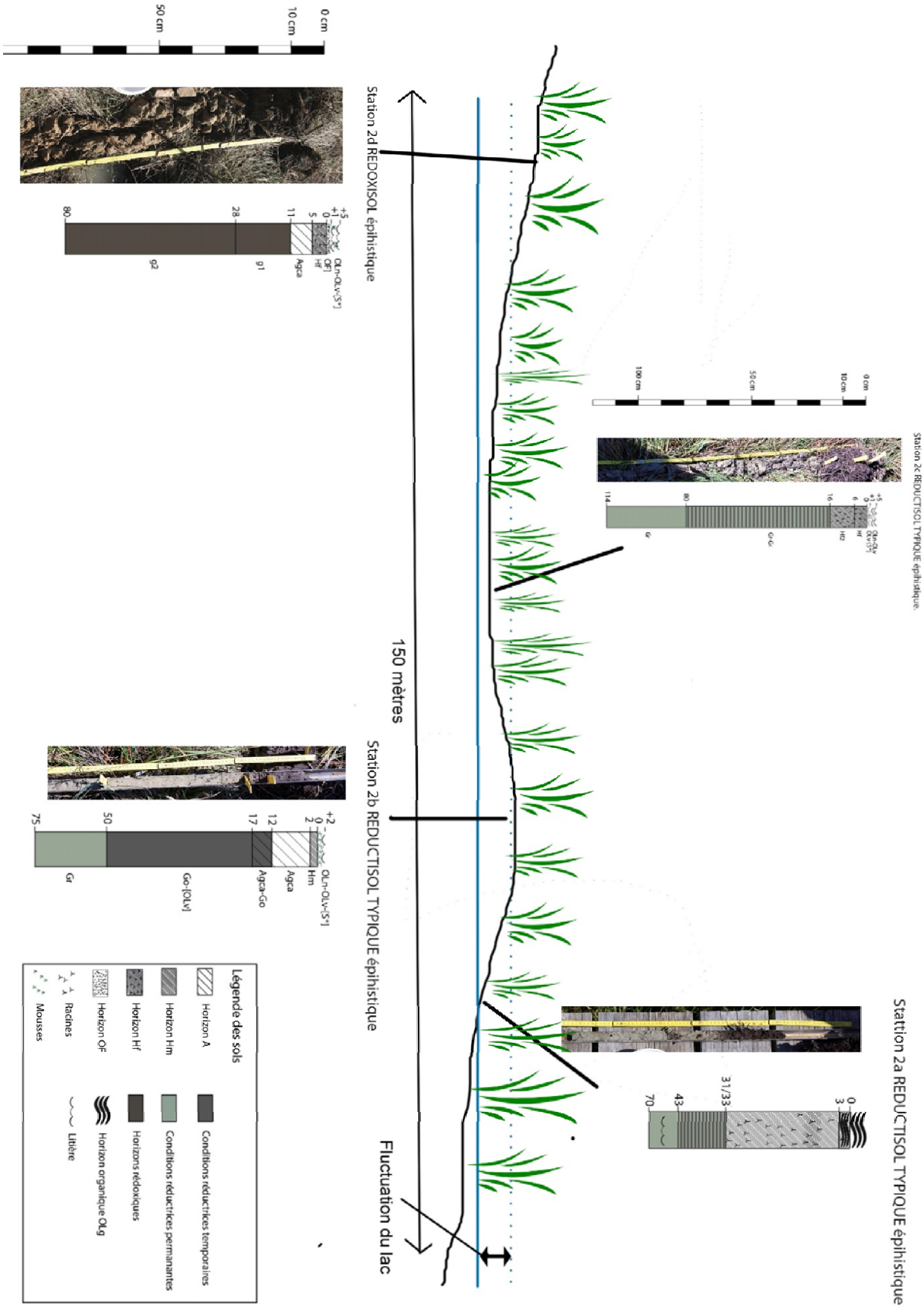
Annexe 2 : Relevés de végétation des stations 2a et 2b

Code du relevé de végétation	2a		2b
Alliance	*Phragmition*		*Caricion davallianae*
Association	*Cladietum marisci*		*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis*
Variante			
Sol	REDUCTISOL TYPIQUE épihistique sur molasse altérée		REDUCTISOL TYPIQUE épihistique issu de molasse altérée
Forme d'humus	Epihistomor		Epihistomor
Auteurs	Sandrine, Mario, Maxime		Alexandre H., Benoit, Carine, Yann
Date	17/05/2017		17/05/2017
Coordonnées	564.664/197.775		564.130/197.726
Pente (°)	0		0
Surface (m2)	100		100
Nombre d'espèces	14		13
Rocher (%)	0		0
Eau libre/sol nu (%)	9-10		1
Mousse (%)	0		1
Litière (%)	3		13
Strate arbustive (recouvrement en %)	3	**Strate herbacée (recouvrement en %)**	85
Alnus incana	1a.1	*Phragmites communis*	+
Alnus glutinosa	1a.2	*Schoenus nigricans*	3.3
		Cirsium palustre	+
Strate herbacée (recouvrement en %)	84	*Mentha auquatica*	+
		Cladium mariscus	3.3
Cladium mariscus	4b-5a	*Carex panicea*	+
Phragmites communis	1a	*Peucedanum palustre*	+
Mentha aquatica	1a	*Hydrocotyle vulgris*	+
Hydrocotyle vulgaris	+	*Frangula alnus*	+
Galium palustre	+	*Solidago gigantea*	+
Peucedanum palustre	+	*Eupatorium cannabinum*	+
Carex panicea	+	*Lysmachia vulgaris*	+
Lythrum salicaria	+	*Inula helvetica*	+
Lysimachia vulgaris	+		
Carex elata	+		
Calystegia sepium	r		
Fraxinus excelsior	r		

Annexe 3 : Relevés de végétation des stations 2c et 2d

Code du relevé de végétation	2c		2d
Alliance	*Magnocaricion*		*Caricion davalliana*e
Association	*Caricetum elatae*		*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis*
Variante			
Sol	REDUCTISOL TYPIQUE épihistique carbonaté		REDOXISOL épihistique carbonaté issu de molasse altérée
Forme d'humus	Epihistomor		Hydromull
Auteurs	Yaël, Paul-Emile et Loïc		Aislinn, Basile, Alexandre
Date	17/05/2017		17/05/2017
Coordonnées	564.166/197.707		564.194/197.714
Pente (°)	0		0
Surface (m2)	100		25
Nombre d'espèces	14		11
Rocher (%)	0		0
Eau libre/sol nu (%)	0		0
Mousse (%)	0		3
Litière (%)	10		12
Strate herbacée (recouvrement en %)	90	**Strate herbacée** (recouvrement en %)	85
Carex elata	4	*Schoenus nigricans*	4.5
Solidago gigantea	2a	*Cladium mariscus*	2a.2
Cladium mariscus	2a	*Molinia caerulea*	1.1
Phalaris arundinacea	2a	*Phragmites australis*	+
Phragmites australis	1	*Mentha aquatica*	+
Lysimachia vulgaris	1	*Carex panicea*	+
Mentha aquatica	1	*Peucedanum palustre*	+
Galium palustre	1	*Hydrocotyle vulgaris*	+
Peucedanum palustre	+	*Galium palustre*	+
Hydrocotyle vulgaris	+	*Inula helvetica*	+
Carex acutiformis	+	*Leontodon sp.*	+
Eleocharis palustris	+	*Rhamnus cathartica*	(r)
Lycopus europaeus	r	*Cirsium palustre*	(r)
Cirsium palustre	r	*Solidago gigantea*	(r)
		Viburnum opulus	(r)

Annexe 4 : Relevés de végétation regroupés par alliances avec mise en avant des espèces caractéristiques et fréquentes selon Delarze *et al.* (2015) et Gallandat *et al.* (2012)

Alliance	*Caricion davallianae*	*Caricion davallianae*	*Caricion davallianae*	*Caricion davallianae*	*Magnocaricion*	*Magnocaricion*	*Magnocaricion*	*Phragmition*
Association	*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis*	*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis*	*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis*	*Orchio palustris-Schoenetum nigricantis*	*Caricetum elatae*	*Caricetum elatae*	*Caricetum elatae*	*Cladietum marisci*
Strate arbustive								
Alnus incana								1a.1
Alnus glutinosa								1a.2
Strate herbacée								
Espèces caractéristiques du *Caricion davallianae*								
Schoenus nigricans	2b.3	3	3.3	4.5				
Orchis palustris		+						
Espèces fréquentes du *Caricion davallianae*								
Carex panicea	2a.2	1	+	+	2a.3	+		+
Carex hostiana	+	1						
Carex flava		+						
Dactylorhiza majalis/incarnata		+			r	+		
Juncus alpinoarticulatus		+						
Espèces caractéristiques du *Magnocaricion*								
Carex elata	+.2	1			3.2	3	4	+
Peucedanum palustre	+	1	+	+	+	+	+	+
Senecio paludosus						+		
Espèces fréquentes du *Magnocaricion*								
Lysimachia vulgaris	+	1	+		+	1	1	+
Mentha aquatica	+	+	+	+	+		1	1a
Hydrocotyle vulgaris	r	1	+	+	1	2	+	+
Carex acutiformis							+	
Eleocharis palustris							+	
Lycopus europaeus							r	
Euphorbia palustris	+							
Scutellaria galericulata		1			+	+		
Espèces fréquentes du *Phragmition*								
Cladium mariscus	3.2		3.3	2a.2	2.2		2a	4b-5a
Phragmites australis	1.1	2	+	+	1	1	1	1a
Phalaris arundinacea							2a	
Espèces compagnes								
Molinia caerulea	1.2	2		1.1				
Stachys palustris		1						
Molinia arundinacea		1						
Succisa pratensis	+.2							
Sanguisorba officinalis		+						
Orchis militaris		+						
Pinus sylvestris		+						
Inula helvetica			+	+				
Leontodon sp.				+				
Viburnum opulus				(r)				
Equisetum palustre						+		
Utricularia intermedia						+		
Alnus incana					+			
Liparis loeselii					r	1		
Calystegia sepium								r
Fraxinus excelsior								r
Galium palustre	r	1		+	+	1	1	+
Cirsium palustre	r		+	(r)	+		r	
Frangula alnus	1.1	1	+		+	1		
Lythrum salicaria		+			+	1		+
Eriophorum angustifolium	+	+			+	+		
Salix cinerea	+					1		
Thalictrum flavum	r	+				1		
Eupatorium cannabinum		+	+			+		
Rhamnus cathartica				(r)		+		
Solidago gigantea			+	(r)			2a	

Annexe 5 : Schéma du transect du deuxième site