



Réseau expérimental sur la réhabilitation de zones humides du Finistère

Prairie humide de Coat Carriou, St Evarzec

Bilan 2014 – 2016



Rédaction :

Armel Dausse, CAMA Volet Zones Humides, Forum des Marais Atlantiques

Contributions au rapport

Relevés floristiques et cartographies des végétations :

Vincent Colasse, Conservatoire Botanique National de Brest

Judith Chevalier, Joseph Thiry et Léa Palumbo, Stagiaires UBO, Master 2



Inventaires naturalistes :

- Lépidoptères, Orthoptères, Odonates

Stéphane Wiza, Bretagne Vivante

- Batraciens

Stéphane Wiza, Gaëtan Guyot, Bretagne Vivante

- Micromammifères :

Armel Dausse, Forum des Marais Atlantiques

avec l'appui de Franck Simonnet, Groupe Mammalogique Breton



Etudes de paramètres édaphiques et physicochimiques :

Armel Dausse, Forum des Marais Atlantiques

Loïc Menant, CCPF

Judith Chevalier, Joseph Thiry et Léa Palumbo, Stagiaires UBO, Master 2

avec l'appui technique de l'INRA et de l'UBO



Analyses physicochimiques :

Laboratoire interdépartemental Laboce



Table des matières

Présentation du réseau expérimental sur la réhabilitation de zones humides du Finistère	6
1 Contexte général	6
2 Le réseau d'expérimentation	7
2.1 Une collaboration scientifique et technique	7
2.2 Les sites pilotes.....	8
2.3 La démarche	10
Etat initial du site pilote de Coat Carriou	11
1 Localisation et contexte alentours	11
2 Identification des enjeux et mise en place de suivis	13
2.1 Identification préalable des enjeux liés au site et au territoire	13
2.2 Suivis mis en place.....	13
3 Flore et habitats.....	15
3.1 Site expérimental de Coat Carriou	15
3.2 Site témoin	20
4 Faune	22
4.1 Batraciens	22
4.2 Invertébrés	25
4.3 Mammifères semi-aquatiques.....	27
4.4 Espèces invasives.....	30
5 Caractéristiques pédologiques et édaphiques	31
5.1 Profils pédologique.....	31
5.2 Caractéristiques du sol	31
6 Fonctionnement hydraulique.....	35
6.1 Réseau hydrographique et circulation superficielle.....	35
6.2 Hydropériode.....	36
7 Fonctionnement biogéochimique	38
7.1 Azote minéral du sol.....	38
7.2 Evolution des concentrations en azote au travers de la zone humide	39
7.3 Evolution des concentrations en orthophosphates au travers de la zone humide	3
Les travaux de réhabilitation.....	4
1 Validation des enjeux et objectifs de la réhabilitation.....	4
1.1 Enjeux et objectifs liés au contexte local.....	4
1.2 Enjeux spécifiques	4
1.3 Incidence possible des travaux sur la faune protégée et patrimoniale	5

2	Le protocole de travaux.....	5
2.1	Protocole proposé.....	5
2.2	Contrainte particulières.....	7
2.3	Modalité de réalisation.....	7
3	Mise en œuvre des travaux.....	7
4	Synthèse.....	11
Suivis après travaux – Années 1 & 2.....		12
1	Flore et habitats.....	12
2	Faune.....	17
2.1	Batraciens.....	17
2.2	Invertébrés.....	18
2.3	Mammifères semi-aquatiques.....	20
2.4	Espèce invasives.....	21
3	Fonctionnement hydraulique.....	21
3.1	Hydropériode.....	21
3.2	Evolution des niveaux moyens de la nappe après travaux.....	22
4	Fonctionnement biogéochimique.....	25
4.1	Azote minéral du sol.....	25
4.2	Evolution des concentrations d'azote au travers de la zone humide.....	27
4.3	Evolution des concentrations d'orthophosphates au travers de la zone humide.....	30
4.4	Potentiel de dénitrification.....	31
4.5	Analyse des résultats.....	33
5	Bilan et perspectives après deux ans de suivis.....	33
5.1	Bilan.....	33
5.2	Perspectives.....	35
Rapports et valorisation - Documents en téléchargement.....		36
1	Rapports de stages.....	36
2	Valorisation.....	37
2.1	Communications à des colloques ou conférences.....	37
2.2	Posters.....	39
2.3	Articles de vulgarisation.....	40
2.4	Réalisation d'un film.....	40
Annexes.....		41
1	Annexe 1. Protocoles de suivi des indicateurs ou descripteurs.....	41
1.1	Caractéristiques générales du site.....	41

1.2	Fonctionnement hydrologique.....	41
1.3	Fonctionnement biogéochimique	42
1.4	Flore et habitats.....	44
1.5	Inventaires faunistiques	46
1.6	Valeur fourragère	47
2	Annexe 2.....	48
2.1	Evolution des concentrations en ammonium à travers la zone humide, après travaux.....	48
2.2	Evolution des concentrations en nitrate à travers la zone humide, après travaux.....	49
2.3	Evolution des concentrations en azote organique dissous à travers la zone humide, après travaux.....	50
2.4	Evolution des concentrations en orthophosphates à travers la zone humide, après travaux.....	51

Présentation du réseau expérimental sur la réhabilitation de zones humides du Finistère

1 Contexte général

Les zones humides sont protégées par la réglementation française et européenne, dans le cadre de la lutte contre la dégradation de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques, mais aussi pour la richesse biologique et culturelle intrinsèque de ces milieux.

Lors de la conférence départementale de l'environnement qui s'est tenue en 2011 dans le Finistère, l'ensemble des acteurs présents (locaux, financeurs, scientifiques...) a mis en avant la nécessité d'améliorer les connaissances sur les zones humides et plus particulièrement sur leur réhabilitation. La question se pose notamment des gains de la réhabilitation en termes de fonctions écologiques (épuration, rétention d'eau, biodiversité...) par rapport aux milieux altérés. Cette question est particulièrement d'actualité dans le cadre de l'application de la disposition 8 B-1 du SDAGE Loire-Bretagne¹ concernant la mise en œuvre de mesures compensatoires en cas de destruction d'une zone humide et le durcissement de la réglementation sur le sujet. Par ailleurs, on retrouve des objectifs de conversion des parcelles cultivées et de remise en état de zones humides non fonctionnelles dans le volet reconquête et maintien des zones naturelles du Plan algues vertes.

Afin d'apporter des éléments concrets en réponse à ces questions et besoins, la Cellule d'Animation sur les Milieux Aquatiques (CAMA), pilotée par le Département du Finistère et le Forum des Marais Atlantiques, a proposé la mise en place d'expérimentations de réhabilitation de zones humides dans le Finistère. Les objectifs sont de :

- **Valider et consolider des protocoles de réhabilitation des zones humides :**
L'objectif est de pouvoir livrer à la fin de ce projet des protocoles de travaux validés applicables par les maîtres d'ouvrage, mais également de fournir des protocoles type de suivi en fonction des objectifs. Les indicateurs de suivis proposés devront être simples d'application et d'interprétation.
- **Quantifier le gain apporté par la réhabilitation en fonction des enjeux et mesurer les effets induits :** quantité et qualité de la ressource en eau, biodiversité, économie de l'exploitation agricole. À cette fin, des suivis scientifiques sont mis en place sur un certain nombre de sites, permettant de suivre l'évolution dans le temps de différentes fonctions écologiques de l'écosystème après les travaux.

¹ Extrait de la disposition **8B-1** : Les maîtres d'ouvrage de projets impactant une zone humide cherchent une autre implantation à leur projet, afin d'éviter de dégrader la zone humide. À défaut d'alternative avérée et après réduction des impacts du projet, dès lors que sa mise en œuvre conduit à la dégradation ou à la disparition de zones humides, la compensation vise prioritairement le rétablissement des fonctionnalités. À cette fin, les mesures compensatoires proposées par le maître d'ouvrage doivent prévoir la recréation ou la restauration de zones humides, cumulativement:

- équivalente sur le plan fonctionnel ;
- équivalente sur le plan de la qualité de la biodiversité ;
- dans le bassin versant de la masse d'eau.

En dernier recours, et à défaut de la capacité à réunir les trois critères listés précédemment, la compensation porte sur une surface égale à au moins 200 % de la surface, sur le même bassin versant ou sur le bassin versant d'une masse d'eau à proximité.

- **Mettre en place une restitution permanente des travaux**, afin de faire bénéficier au plus grand nombre de l'expérience acquise.

Les travaux visés par ce réseau expérimental sont les interventions lourdes visant à réhabiliter des sites profondément altérés. Ce sont par exemple:

- La suppression de remblais ;
- La suppression de drainage (fossés et/ou drains enterrés) ;
- Le déboisement (résineux et peupleraies) ;
- La conversion de culture en prairie.

2 Le réseau d'expérimentation

2.1 Une collaboration scientifique et technique

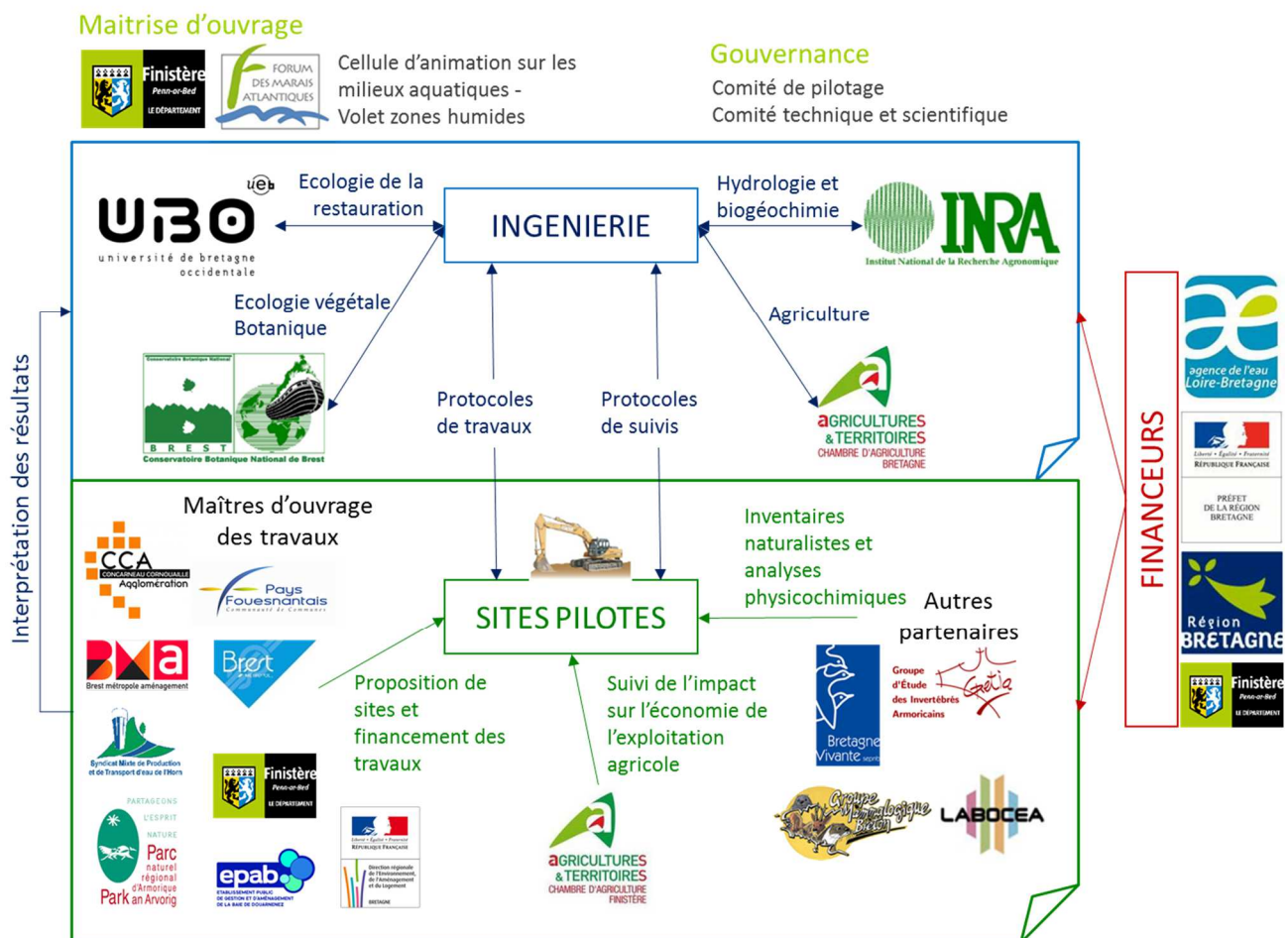


Figure 1 Organisation du réseau expérimental sur la réhabilitation de zones humides du Finistère.

Un ensemble de partenaires scientifiques et techniques est associé à ce projet et accompagne la CAMA, permettant la mise en place d'un projet réellement pluridisciplinaire. Chaque partenaire apporte son expertise dans différents domaines et a notamment participé à l'élaboration des protocoles de suivi du milieu. Ils contribuent également à l'élaboration des protocoles de travaux et à l'interprétation des résultats de l'étude.

- **L'INRA** (Institut National pour la Recherche en Agronomie) : Apporte son expertise sur le fonctionnement hydrologique et biogéochimique des sites ;
- **L'UBO** (Université de Bretagne Occidentale) : Apporte son expertise en écologie générale et de la restauration ;
- **Le CBNB** (Conservatoire botanique national de Brest) : Apporte son expertise sur la botanique et la phytosociologie ;
- **La CRAB** (Chambre régionale d'agriculture de Bretagne) et la **CA 29** (Chambre d'agriculture du Finistère) : Apportent leur expertise pour l'évaluation de l'impact de la réhabilitation d'une zone humide sur les exploitations agricoles concernées ;
- Le **GRETIA** (Groupe d'Étude des Invertébrés Armoricaux), le **GMB** (Groupe Mammalogique Breton) et **Bretagne Vivante** : Apportent leur expertise au niveau de différents groupes faunistiques qui sont étudiés et pour les protocoles d'évitement des impacts sur les espèces protégées éventuelles ;
- **Labocea** : réalise les analyses physicochimiques et fourragères dans le cadre d'une convention avec le Conseil départemental du Finistère.

Le réseau de partenaires de l'ingénierie s'appuie sur une convention cadre technique départementale.

Les financeurs du projet sont :

- L'Agence de l'eau Loire-Bretagne ;
- La Région Bretagne ;
- La DREAL ;
- Le Conseil départemental du Finistère ;
- Les structures porteuses des travaux, pour la réalisation des travaux ;
- Les partenaires scientifiques et techniques, qui apportent une part d'autofinancement.

2.2 Les sites pilotes

Le réseau expérimental mis en place sur le Finistère repose sur des sites proposés suite à un appel à projet lancé auprès de maîtres d'ouvrages porteurs de travaux de réhabilitation de zones humides. Deux modalités d'accompagnement sont proposées :

- Un accompagnement global, où la CAMA apporte son appui au maître d'ouvrage pour la concrétisation des protocoles de travaux, la réalisation des états initiaux avant travaux, la mise en place et la réalisation ou coordination des suivis après travaux ;
- Un accompagnement simplifié, où la CAMA apporte également un conseil technique pour la conception des protocoles de travaux et propose, sans en assurer le suivi, des protocoles de suivis avec des indicateurs simples, que le maître d'ouvrage peut mettre en œuvre lui-même ou faire réaliser.

Pour l'**accompagnement global**, 5 sites pilotes ont été retenus, proposés par 5 maîtres d'ouvrages différents et répartis dans l'ensemble du Finistère.

Les sites pilotes sont les suivants :

- ZAC de Fontaine Margot à Brest, site proposé par Brest Métropole Aménagement avec l'assistance à maîtrise d'ouvrage de Brest Métropole. Il s'agit d'une parcelle cultivée, partiellement remblayée et drainée par deux fossés.
- Coat Carriou, à Saint Evarzec, site proposé par la Communauté de Communes du Pays Fouesnantais et Concarneau Cornouaille Agglomération, sur une parcelle de Jean-Yves Guillou, exploitant agricole. Il s'agit d'une prairie humide pâturée, drainée par un réseau de fossés.

- Ancienne pisciculture du Corroac’h à Plomelin, site proposé par le Conseil départemental du Finistère. La structure de l’ancienne pisciculture (bassins et système de circulation de l’eau) est toujours en place, sous 1m à 1m50 de remblai.
- Secteur de Roc’h Plat, sur le domaine de Menez Meur, à Hanvec, site proposé par le Parc Naturel Régional d’Armorique. Il s’agit d’une tourbière de pente anciennement boisée (abattage en 2006), dont les fossés de drainage sont toujours en place.
- Boullac’h, à Plouzévédé, site proposé par le syndicat de l’Horn. La parcelle est une prairie pâturée semée drainée par un réseau de drains enterrés se déversant dans deux collecteurs parallèles.

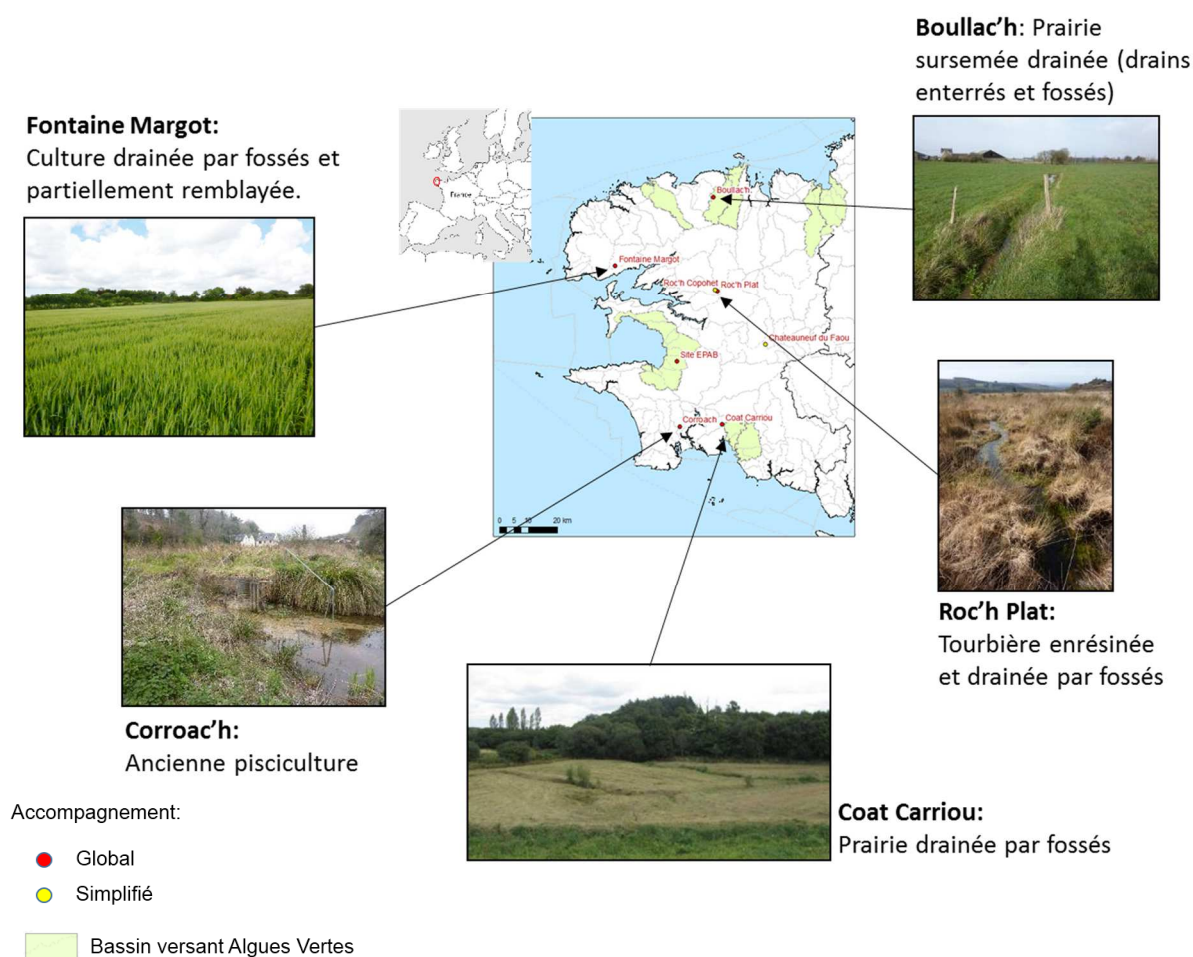


Figure 2 Localisation des sites suivis dans le cadre du réseau d’expérimentation sur la réhabilitation de zones humides du Finistère.

La CAMA accompagne également de façon simplifiée des maîtres d’ouvrages :

- L’EPAB sur plusieurs sites en Baie de Douarnenez ;
- La DREAL, sur des sites de réhabilitation proposés en compensation à la destruction de zones humides dans le cadre de la mise en 2 x 2 voies de la RN 164, sur les communes de Lennon, Chateaneuf-du-Faou, Landeleau et Plonévez-du-Faou.

2.3 La démarche

Chaque site a fait l'objet d'une pré-étude, constituée d'une visite de terrain avec l'UBO et le CBNB, d'un questionnaire rempli lors d'une discussion avec le maître d'ouvrage des travaux et des premiers éléments de l'état initial. Elle permet l'évaluation des enjeux, en concertation avec le maître d'ouvrage et le propriétaire du site lorsqu'il est différent du premier.

Les objectifs de réhabilitation sont définis et orientent les modalités de travaux et le choix des protocoles de suivis, qui sont dépendants des fonctions à évaluer.

Pour chaque site pilote accompagné, une convention de partenariat entre le maître d'ouvrage des travaux et la CAMA est élaborée afin de définir le rôle de chaque intervenant.

Les sites font l'objet d'un état initial portant sur les indicateurs choisis et d'un suivi sur 2 ans après travaux, dans le cadre de cette expérimentation. À chaque site est associé un site dit témoin, zone humide en bon état de conservation se trouvant à proximité du site dégradé (dans le même bassin-versant) et comportant les habitats ciblés par le projet de réhabilitation. Ces sites témoins sont suivis en parallèle et servent de référence pour évaluer le succès des mesures de réhabilitation.

Les protocoles de suivis et de travaux sont élaborés en collaboration avec les partenaires scientifiques et techniques puis validés en comité technique et scientifique.

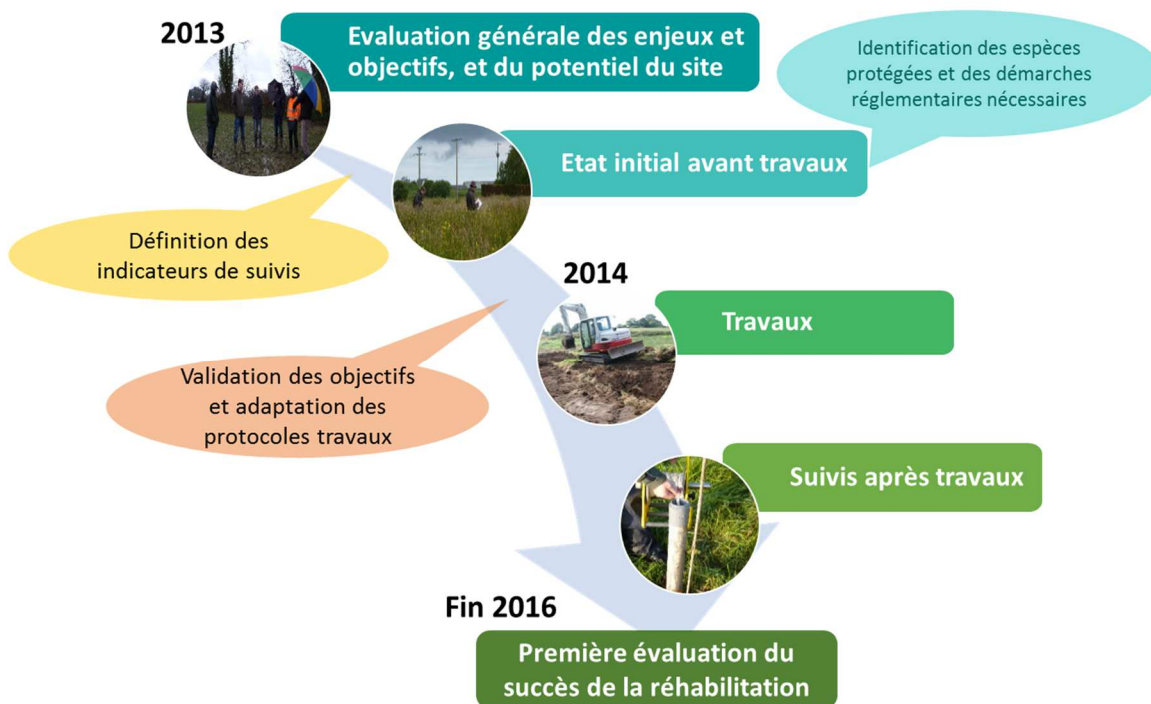


Figure 3 Démarche générale du réseau expérimental de réhabilitation de zones humides

Etat initial du site pilote de Coat Carriou

1 Localisation et contexte alentours

Le site de Coat Carriou est localisé à l'est du bourg de Saint Evarzec (en rouge, figure 4). Il s'agit d'une parcelle privée appartenant à M. Guillou, agriculteur. Le site se situe en fond d'une vallée relativement encaissée et bordée de prairies et cultures sur la rive droite et d'un coteau boisé (boisement spontané et verger) sur la rive gauche. En aval et en amont se trouve une série de prairies et boisements humides (figure 5). Les prairies, pâturées ou fauchées, présentent des végétations de magno-cariçaias en bord de cours d'eau et certaines, en tête de bassin, abandonnées, évoluent vers la mégaphorbiaie.

La zone témoin est une prairie humide pâturée située en amont sur le cours d'eau (figure 5).

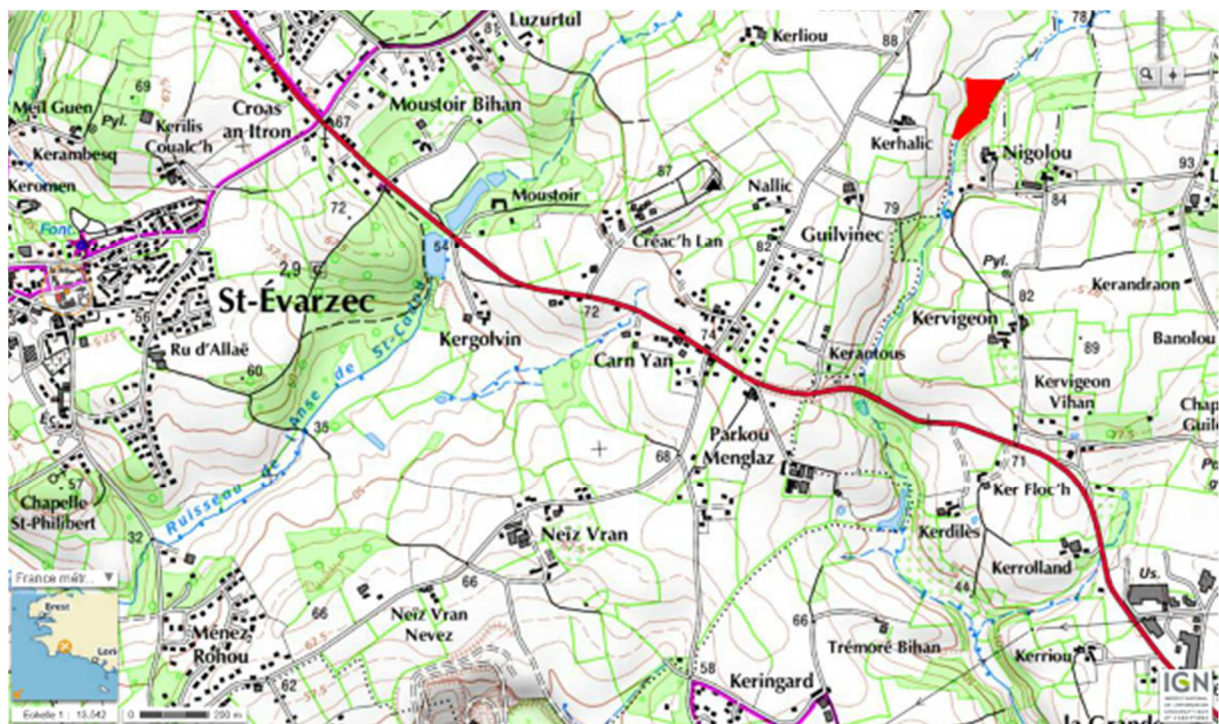


Figure 4 Situation géographique du site pilote de Coat Carriou (en rouge)

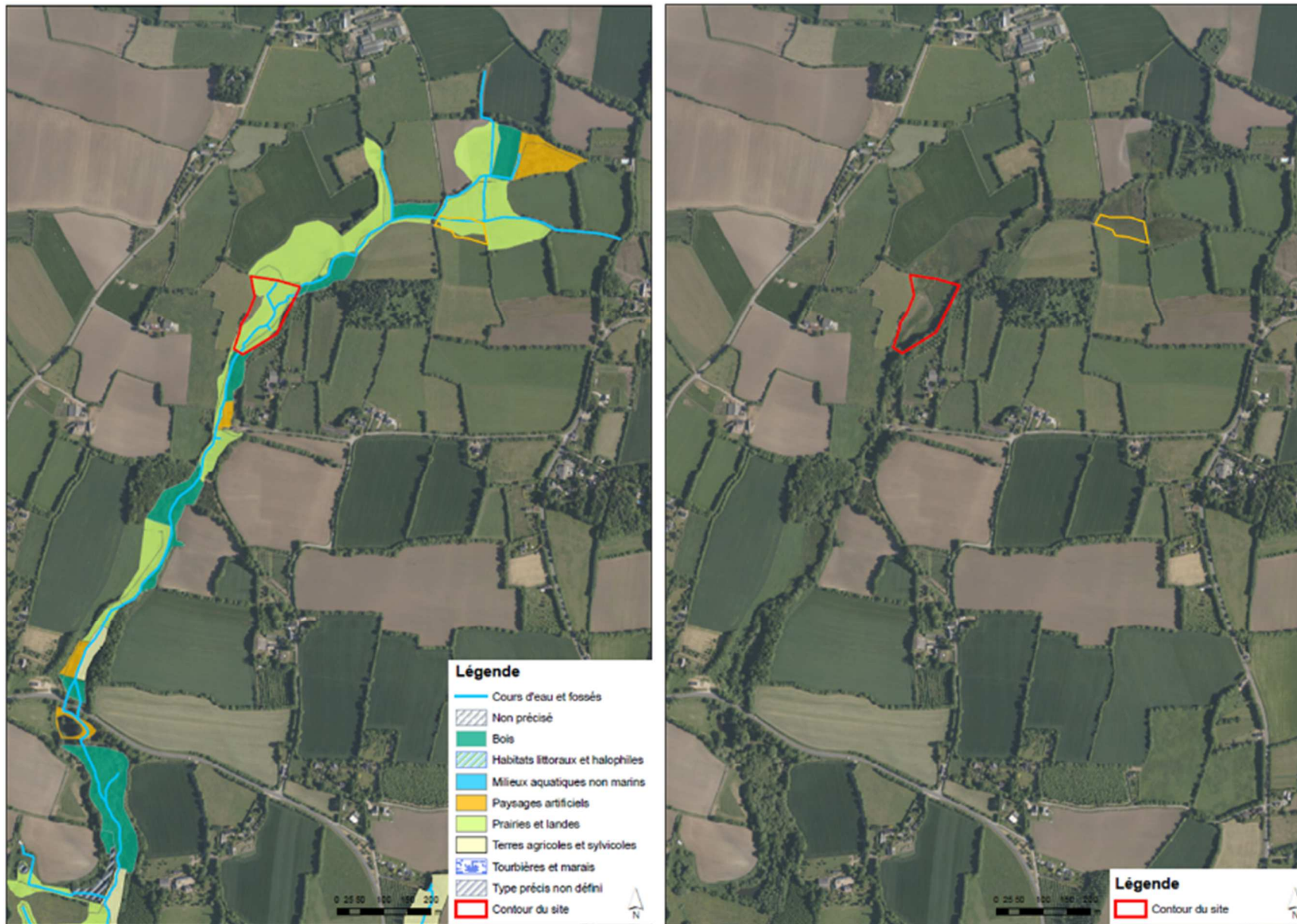


Figure 5. Localisation du site de Coat Carriou (contour rouge) et du site témoin associé (contour orange) et contexte alentours

2 Identification des enjeux et mise en place de suivis

2.1 Identification préalable des enjeux liés au site et au territoire

Afin de choisir quels indicateurs devront être suivis sur le site, une visite de site a été réalisée afin d'évaluer le potentiel du site en termes de fonctions à restaurer. Cette visite est accompagnée d'un entretien avec l'exploitant de la parcelle et le maître d'ouvrage afin de connaître leurs attentes en termes de services rendus par la zone humide après travaux et d'identifier les usages souhaités.

2.1.1 Enjeux

La qualité de l'eau

Situé sur une commune jouxtant un bassin versant soumis au plan national Algues Vertes, la qualité de l'eau est un enjeu important sur le site. Par ailleurs, l'agriculteur, pratiquant une agriculture biologique souhaite connaître l'efficacité de la zone pour réduire les flux d'azote de son exploitation vers le cours d'eau.

La qualité fourragère

Le site est colonisé par le Jonc diffus qui forme des populations denses et rend la parcelle peu appétante pour le bétail. La qualité du fourrage produit par fauche est faible. Aussi un des enjeux sur la parcelle est de retrouver une qualité fourragère permettant de valoriser la parcelle par le pâturage et la fauche.

La biodiversité

Le site est localisé dans une continuité de zones humides qui semblent en bon état de conservation. Il pourra donc potentiellement devenir un habitat favorable à une faune et une flore diversifiées de zone humide.

2.1.2 Objectifs

La qualité de l'eau

Optimiser les conditions d'abattement de l'azote par dénitrification en rehaussant le niveau de la nappe.

La qualité fourragère

Contrôler le Jonc diffus en mettant en place une gestion appropriée.

La biodiversité

Permettre la colonisation ou le maintien sur le site d'une flore et d'une faune diversifiées typiques des zones humides. La régulation du jonc diffus devrait rendre le milieu favorable à un plus grand nombre d'espèces.

2.2 Suivis mis en place

Les suivis mis en place doivent permettre de vérifier si les objectifs sont atteints. Ils se concentreront donc sur l'évaluation du niveau d'eau dans la zone humide, la mesure de la qualité de l'eau, et de certains paramètres du sol dont dépendent la réalisation des cycles biogéochimiques, garant notamment des fonctions épuratrices. Des inventaires floristique et faunistique, ainsi qu'une évaluation de la qualité fourragère seront également réalisés.

Les dispositifs de suivis sont mis en place sur le site de réhabilitation et sur le site témoin. Les protocoles utilisés sont décrits en annexe 1 de ce rapport.

L'état initial des sites à réhabiliter et celui du site témoin ont été réalisés entre fin décembre 2013 et la période de travaux, en septembre 2014.

Tableau 1 Liste des indicateurs suivis sur le site de Coat Carriou et le site témoin associé

INDICATEUR	DESCRIPTEUR
Hydrologie du site	
- Présence de conditions anoxiques	- Profil pédologique
- Connectivité hydraulique	- Connectivité hydraulique en surface
	- Connectivité souterraine (marqueur Cl-)
- Hydropériode	- Surfaces inondables et fréquence d'inondation
	- Fluctuations du niveau de la nappe
- Temps de résidence de l'eau	- Conductivité hydraulique
	- Vitesse de circulation de l'eau
Recyclage de la matière organique	
- Potentiel général	- Teneur en matière organique du sol
	- Masse volumique du sol
	- pH du sol
	- Teneur en eau (des pores) du sol
- Stockage de la matière organique	- Carbone organique total du sol
	- Azote total du sol
	- Phosphore total du sol
Régulation de l'azote et du phosphore	
- Abatement de N et P à travers la ZH	- Variation à travers la zone humide des concentrations en azote minéral et organique, phosphore total et phosphore réactif soluble dans la nappe (3 transects piézométriques).
- Recyclage de l'azote	- Teneur en azote minéral et organique de l'eau du sol
Capacité d'accueil de la végétation	
- Vitesse d'évolution ou de colonisation des communautés végétales	- Cartographie des communautés végétales ou habitats
	- Recouvrements spécifiques et structure des communautés végétales
- Indices d'intégrité structurelle	- Pourcentage de similarité entre la végétation du site et la végétation des sites de référence
- Distance d'influence des travaux réalisés	- Transects de quadrats (recouvrements spécifiques)
Capacité d'accueil de la faune	
- Batraciens - Lépidoptères	- Inventaires qualitatifs

- Orthoptères	
- Micromammifères semi-aquatiques	- Indices de présence
Valeur agronomique	
- Valeur agronomique	- Production de biomasse
	- Valeur fourragère

3 Flore et habitats

Les inventaires botaniques et la cartographie des habitats ont été réalisés par le Conservatoire Botanique National de Brest. La méthodologie employée et l'ensemble des résultats par site pilote peuvent être consultés dans le rapport COLASSE V., 2015 - *Réseau expérimental de réhabilitation de zones humides. Etats des lieux de la flore et des végétations et mise en place des suivis dans les sites pilotes*. Brest : Conservatoire botanique national de Brest. 33 p., 4 annexes.

3.1 Site expérimental de Coat Carriou

Dates de l'inventaire : 19 et 21 mai, 4 juin 2014

- Flore vasculaire

Nombre total de taxons observés : 72

Espèces végétales protégées : 0

Espèces végétales rares et/ou menacées (hors espèces protégées) : 0

Espèces végétales invasives : 0

- Végétations naturelles et semi-naturelles

Le site est composé d'une mosaïque de différentes prairies (**figure 6**) gérées par pâturage se répartissant en fonction du niveau topographique et de la trophie :

- dans les niveaux supérieurs, à l'entrée de la parcelle ainsi que sur une zone de stationnement des animaux, se développe une prairie eutrophisée riche en espèces prairiales habituellement semées (*Festuca arundinacea*, *Lolium multiflorum*) (*Agrostietea stoloniferae* - relevé CC4) ;
- dans les niveaux intermédiaires, se développe une prairie eutrophile humide du *Ranunculo repentis* - *Cynosurion cristati* (relevé CC3) ou une prairie méso-eutrophile plus diversifiée en espèces (*Junco acutiflori* - *Cynosuretum cristati* - relevé CC5) ;
- dans les niveaux longuement engorgés, se développe une prairie eutrophile de l'*Oenanthion fistulosae* souvent dominée par *Ranunculus repens* (relevés CC1 et CC2).

Tableau 2 Liste des espèces végétales observées sur le site de Coat Carriou

	Statuts	Indigénat		Statuts	Indigénat
Agrostis canina L.		i	Hypochaeris radicata L.		i
Agrostis capillaris L.		i	Juncus acutiflorus Ehrh. ex Hoffm.		i
Agrostis stolonifera L. subsp. stolonifera		i	Juncus bufonius L.		i
Agrostis x murbeckii Fouill.		i	Juncus bulbosus L.		i
Ajuga reptans L.		i	Juncus conglomeratus L.		i
Alnus glutinosa (L.) Gaertn.		i	Juncus effusus L.		i
Alopecurus geniculatus L.		i	Lolium multiflorum Lam.		ni
Angelica sylvestris L.		i	Lolium perenne L.		i
Anthoxanthum odoratum L.		i	Lotus uliginosus Schkuhr		i
Apium nodiflorum (L.) Lag.		i	Luzula multiflora (Ehrh.) Lej.		i
Athyrium filix-femina (L.) Roth		i	Lychnis flos-cuculi L.		i
Blechnum spicant (L.) Roth		i	Myosotis secunda A.Murray		i
Bromus hordeaceus L. subsp. hordeaceus		i	Nasturtium officinale R.Br. subsp. officinale		i
Cardamine pratensis L.		i	Plantago lanceolata L.		i
Carex echinata Murray		i	Poa trivialis L. subsp. trivialis		i
Carex laevigata Sm.		i	Potentilla erecta (L.) Raeusch.		i
Carex ovalis Gooden.		i	Ranunculus acris L. subsp. acris		i
Carex paniculata L.		i	Ranunculus flammula L.		i
Carex pilulifera L. subsp. pilulifera		i	Ranunculus repens L.		i
Cerastium fontanum Baumg.		i	Rubus sp.		iv
Chrysosplenium oppositifolium L.		i	Rumex acetosa L.		i
Cirsium palustre (L.) Scop.		i	Rumex conglomeratus Murray		i
Crepis vesicaria L. subsp. taraxacifolia (Thuill.) Thell.		i	Rumex crispus L.		i
Dactylis glomerata L.		i	Rumex obtusifolius L. subsp. obtusifolius		i
Digitalis purpurea L.		i	Rumex x pratensis Mert. & W.D.J.Koch		i
Epilobium hirsutum L.		i	Salix atrocinerea Brot.		i
Festuca arundinacea Schreb.		i	Scrophularia auriculata L.		i
Fraxinus excelsior L. subsp. excelsior		i	Sibthorpia europaea L.		i
Galium palustre L.		i	Solanum dulcamara L.		i
Geranium dissectum L.		i	Sonchus asper (L.) Hill		i
Geranium robertianum L.		i	Sparganium erectum L.		i
Glyceria fluitans (L.) R.Br.		i	Stellaria alsine Grimm		i
Hedera helix L.		i	Taraxacum gr. officinale		i
Holcus lanatus L.		i	Teucrium scorodonia L. subsp. scorodonia		i
Holcus mollis L. subsp. mollis		i	Typha latifolia L.		i
Hypericum elodes L.		i	Urtica dioica L.		i



Figure 6 Cartographie des végétations du site expérimental de Coat Carriou

Transects :

Deux transects perpendiculaires au fossé qui va être comblé ont été réalisés (localisation en **figure 7**). Les résultats sont présentés dans les **figures 8 et 9**.

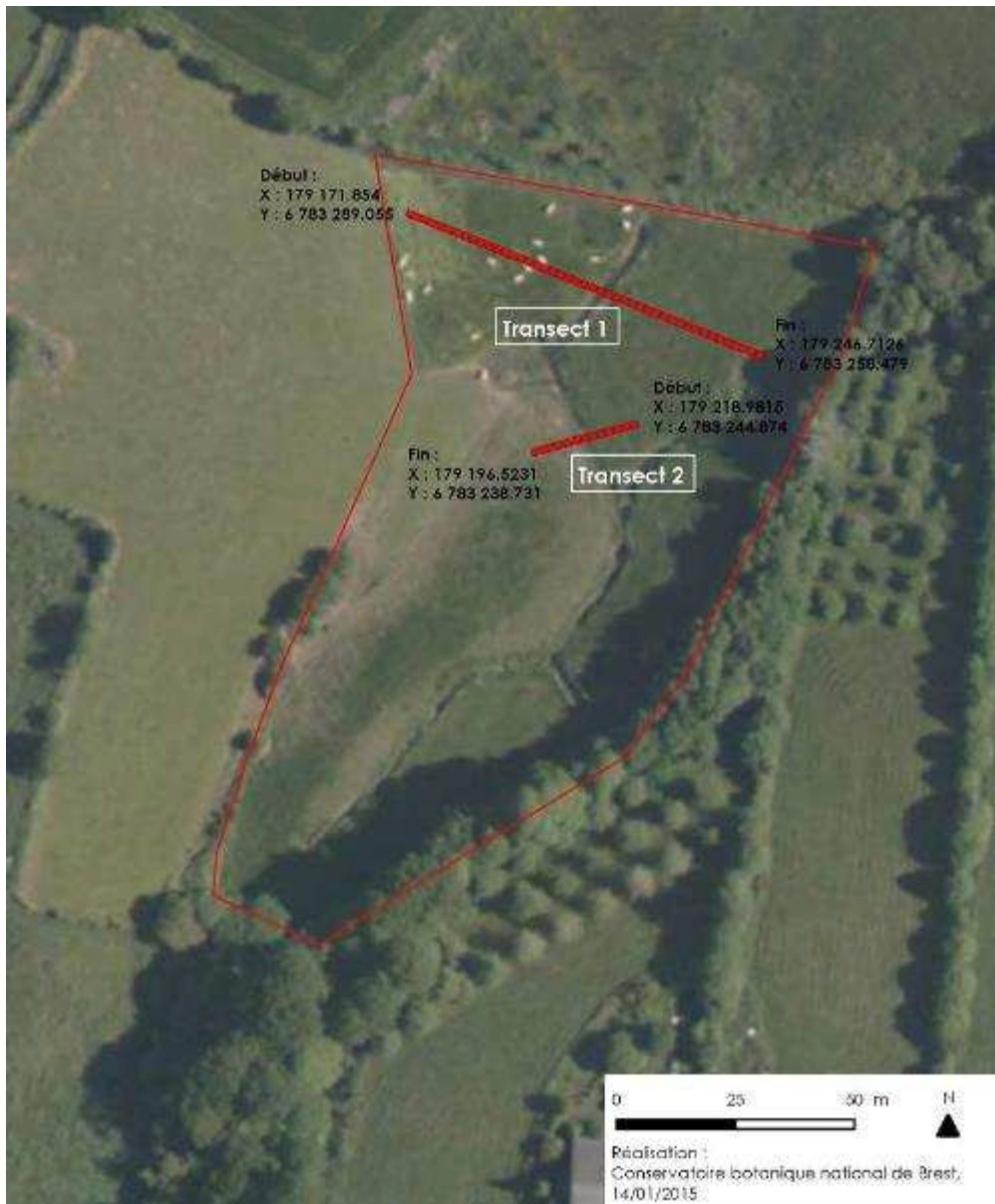


Figure 7 Localisation des transects sur le site expérimental de Coat Carriou

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Fossé	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
<i>Sol nu</i>				10			10		5	5	10	5				20	10	5																					
<i>Somme recouvrement</i>	119	107	109	108	113	122	90	94	115	111	141	100	112	111	113	104	103	127	126	124		123	131	122	131	132	131	126	119	118	103	107	106	121	123	120	127	120	
<i>Agrostis canina</i> L.																																							
<i>Agrostis stolonifera</i> L. subsp. <i>stolonifera</i>	2.5				2.5	5	25	25	10	5	30	35	70	50	20	25	30	20	25	20			1				10	40	10	15	5	5	10	25	50	40	25	10	
<i>Agrostis x murbeckii</i> Fouill.																						20	20	30	25	15	10		10	10		1	2.5			2.5			
<i>Alopecurus geniculatus</i> L.	2.5		2.5	1		1	1	1						1																									
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.												2.5						1				2.5			10	20	10	10	10										
<i>Cardamine pratensis</i> L.								1	2.5	2.5																							1		1	1			
<i>Carex ovalis</i> Gooden.																												1	1		2.5								
<i>Cerastium fontanum</i> Baumg.								1																															
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.																										2.5			2.5	2.5									
<i>Dactylis glomerata</i> L.																						2.5																	
<i>Epilobium obscurum/tetragonum</i>										1	1	1																											
<i>Epilobium</i> sp. (plt.)																				1													1						
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.																																						1	
<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R.Br.	1	2.5	1	1	5	2.5	5	5	10	2.5	5	5	2.5	10	5	5	10		5	5					2.5	1	1	20							10	10	10	20	5
<i>Holcus lanatus</i> L.	60	25	30	70	35	15	5	10	10	5	15	15	2.5	15	25	20	10	10	20	50		50	60	30	20	10	20	20	5	5	5	5	5	25	25	15	60	60	
<i>Holcus mollis</i> L. subsp. <i>mollis</i>																						1																	
<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh. ex Hoffm.		5	5	10	5	35	1	5	10	10					5	1		2.5	10		5	10		25	20	10	15	30				1					5		
<i>Juncus effusus</i> L.	15	50	40	10	35	35	25	30	40	60	40	30	25	25	35	35	30	60	30	20		10		25	25	15	25	10	30	30	30	50	50	25	15	25	10	15	
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	2.5	2.5	2.5	1	1	1				1												1																	
<i>Lolium perenne</i> L.		1	1	1	1								1	1	1	1	1	1	1	1			1																
<i>Lotus uliginosus</i> Schkuhr						10	2.5	1		2.5		1	1				1		1		1		1	2.5	20	15	5	15	10	15	2.5					1	5		
<i>Lychnis flos-cuculi</i> L.											10	1						1							1			1	5	5	5								
<i>Plantago lanceolata</i> L.																								1		2.5													
<i>Poa trivialis</i> L. subsp. <i>trivialis</i>	15	10	15	10	25	15	15	5	10	5	20	10	5	5	20	15	20	10	15	10		15	20	15	10	5	5	2.5		2.5	2.5	2.5	2.5	15	10	10	5	15	
<i>Ranunculus acris</i> L. subsp. <i>acris</i>																																							
<i>Ranunculus flammula</i> L.																													1	1									
<i>Ranunculus repens</i> L.																							2.5	5	1	10	10	1	1	15	20	15	15	15	10	10	2.5	2.5	
<i>Rubus</i> sp.																				1																			
<i>Rumex acetosa</i> L.			1	1	2.5	2.5	10	10	20	15	20	2.5	1	2.5	1	1	1	15	10	15		15	15	15	10	10	15	2.5	5	15	10	10	5	5	2.5	5	2.5	2.5	
<i>Rumex crispus</i> L.	20	10	10	2.5									1	1	1	1	1	5	10			1																	
<i>Rumex obtusifolius</i> L. subsp. <i>obtusifolius</i>		1	1		1					1										1																			
<i>Stellaria alsine</i> Grimm											1																												

Figure 8 Transect 1 (site expérimental de Coat Carriou)

	1	2	3	4	5	Fossé	6	7	8	9	10
<i>Sol nu</i>											
<i>Somme recouvrement</i>	126	118	108	129	113		120	109	108	108	108
<i>Holcus lanatus</i> L.	20	30	50	70	50		75	35	50	50	50
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	10				2.5						
<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh. ex Hoffm.	50	40	2.5		15						
<i>Ranunculus repens</i> L.	5	2.5	5	10							
<i>Poa trivialis</i> L. subsp. <i>trivialis</i>	10	10	5	10	15		10	10	5	5	5
<i>Rumex acetosa</i> L.	2.5	5	5	2.5	2.5		1	2.5			
<i>Juncus effusus</i> L.	15	15	15	20			5	20	2.5	2.5	2.5
<i>Agrostis canina</i> L.	2.5										
<i>Agrostis stolonifera</i> L. subsp. <i>stolonifera</i>	5	5	10	2.5	2.5		10	5	5	5	5
<i>Lychnis flos-cuculi</i> L.	1	1									
<i>Agrostis x murbeckii</i> Fouill.	2.5	5	5	10	25						
<i>Lolium perenne</i> L.	2.5	2.5					2.5				
<i>Epilobium obscurum/tetragonum</i>		1									
<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R.Br.		1	10	2.5				1	5	5	5
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.				1							
<i>Rumex cf. crispus</i> L.							1				
<i>Alopecurus geniculatus</i> L.							15	35	40	40	40

Figure 9 Transect 2 (site expérimental de Coat Carriou)

3.2 Site témoin

Dates de l'inventaire : 12 mai 2014

- Flore vasculaire

Tableau 3 Liste des espèces végétales observée sur le site témoin de Coat Carriou

	Statuts	Indigénat
<i>Agrostis canina</i> L.		i
<i>Agrostis stolonifera</i> L. subsp. <i>stolonifera</i>		i
<i>Alopecurus geniculatus</i> L.		i
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.		i
<i>Cardamine pratensis</i> L.		i
<i>Carex ovalis</i> Gooden.		i
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.		i
<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R.Br.		i
<i>Holcus lanatus</i> L.		i
<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh. ex Hoffm.		i
<i>Juncus effusus</i> L.		i
<i>Lolium perenne</i> L.		i
<i>Lotus uliginosus</i> Schkuhr		i
<i>Lychnis flos-cuculi</i> L.		i
<i>Myosotis secunda</i> A.Murray		i
<i>Poa trivialis</i> L. subsp. <i>trivialis</i>		i
<i>Ranunculus flammula</i> L.		i
<i>Ranunculus repens</i> L.		i
<i>Rumex acetosa</i> L.		i
<i>Rumex crispus</i> L.		i
<i>Taraxacum gr. officinale</i>		i
<i>Trifolium repens</i> L.		i

Nombre total de taxons observés : 22

Espèces végétales protégées : 0

Espèces végétales rares et/ou menacées (hors espèces protégées) : 0

Espèces végétales invasives : 0

- Végétations naturelles et semi-naturelles

Le site est composé d'une prairie méso-eutrophile pâturée du *Junco acutiflori* - *Cynosuretum cristati* (relevé CCT1) (**figure 10**).



Figure 10 Cartographie des végétations du site témoin de Coat Carriou

4 Faune

4.1 Batraciens

4.1.1 Espèces inventoriées

Les inventaires batraciens ont été réalisés par Bretagne Vivante en un passage de jour le 30/01/2014 et un de nuit le 02/04/2014.

Deux espèces de batracien, inscrites à l'article 3 de l'arrêté du 19 novembre 2007 fixant les listes des amphibiens et des reptiles protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection, ont été observées:

- Triton palmé *Lissotriton helveticus*

Une petite population de Tritons palmés a été observée dans une dépression au nord du site liée à une infiltration d'eau sous le talus venant de la parcelle voisine.

- Crapaud épineux (ou Crapaud commun) *Bufo spinosus*

Deux individus ont été déterrés lors des travaux et se trouvaient dans des galeries de micro-mammifères situées en bordures de fossé de drainage.

Une espèce de batracien, inscrite en annexe 5 de l'arrêté du 19 novembre 2007 fixant les listes des amphibiens et des reptiles protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection et Directive 92/43/CEE (Directive européenne Habitats-Faune-Flore), Annexe V a été observée :

- Grenouille rousse *Rana temporaria*

Une ponte a été repérée dans la partie sud de la prairie, dans une dépression inondée.

4.1.2 Description des espèces

GRENOUILLE ROUSSE (*Rana temporaria*)



Grenouille plutôt trapue, de 6 à 10 cm, au museau court et arrondi. Les pattes postérieures sont courtes. La couleur brune, rousse ou grise est plus ou moins tachetée de noir.

Comme les autres Grenouilles brunes, la Grenouille rousse est essentiellement terrestre en dehors de la période de reproduction et principalement inféodée à des milieux boisés, bocagers ou forestiers, plutôt frais et humides.

Lors de la saison de reproduction qui débute dès janvier (voire décembre avec la clémence contemporaine des hivers), la Grenouille rousse recherche des zones humides où s'effectuent les rassemblements nuptiaux, les accouplements, les pontes et le développement larvaire. En Finistère, elle occupe principalement les prairies humides faiblement inondées, les ornières de champs ou des points d'eau peu profonds dans les clairières ou en périphérie des boisements.

Après l'émancipation du milieu aquatique, les Grenouilles rouges deviennent plus difficiles à observer. L'espèce est donc à rechercher de préférence en début d'année, spécialement par nuits calmes et humides. En Bretagne, l'espèce est signalée dans toute la région.



Figure 11 Carte de répartition de la Grenouille rousse en Bretagne (Source Bretagne Vivante)

CRAPAUD ÉPINEUX (*Bufo spinosus*)

Batracien au corps trapu massif et court, recouvert de pustules saillantes. Les glandes parotoïdes bien visibles et divergentes. La peau est sèche et relativement terne.



C'est une espèce très ubiquiste qui colonise tous types d'habitats, avec une préférence pour les milieux composés, généralement secs, mais comprenant des micro-habitats humides. Un tapis végétal dense et de nombreuses possibilités d'abri sont particulièrement favorables à cette espèce.

Le crapaud épineux peut se reproduire dans tous types de pièces d'eau avec une préférence pour les mares et étangs assez profonds (50cm au moins en général), assez peu ou non envahis de végétation flottante et d'hélophytes. Il peut aussi occuper les prairies inondées comme les étangs aux berges abruptes, artificiels ou non. Une végétation immergée, à défaut des branches ou débris divers, lui sont favorables pour accrocher ses rubans d'œufs.

L'hibernation se fait à terre dans des abris que les crapauds creusent eux-mêmes ou dans des galeries préexistantes (profondeur 10-80 cm sous terre). La sortie d'hibernation se fait généralement dès la fin de l'hiver, en février-mars. Les migrations de crapauds épineux vers les sites de reproduction sont surtout nocturnes.

En Bretagne, la répartition du crapaud épineux est très homogène et l'espèce se rencontre partout.

Carte de répartition : Crapaud commun
Période 2000-2012

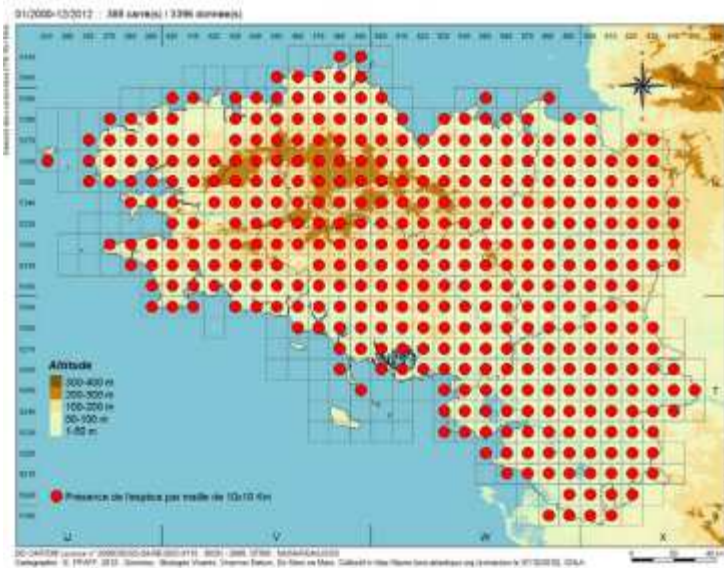


Figure 12 Carte de répartition du Crapaud épineux (=Crapaud commun) en Bretagne (source Bretagne Vivante)

TRITON PALME (*Lissotriton helveticus*)



Le Triton palmé est le plus commun des tritons rencontrés en Bretagne. Il est de petite taille (de 5 à 9 cm) et ressemble à un petit lézard. Il a une queue aplatie latéralement et une bande longitudinale masquant l'œil. La gorge est de couleur chair non tachetée et le ventre orange avec quelques tâches. Les pattes postérieures du mâle sont palmées pendant la phase aquatique et il possède un court filament au bout de la queue.

Carte de répartition : Triton palmé
Période 2000-2012

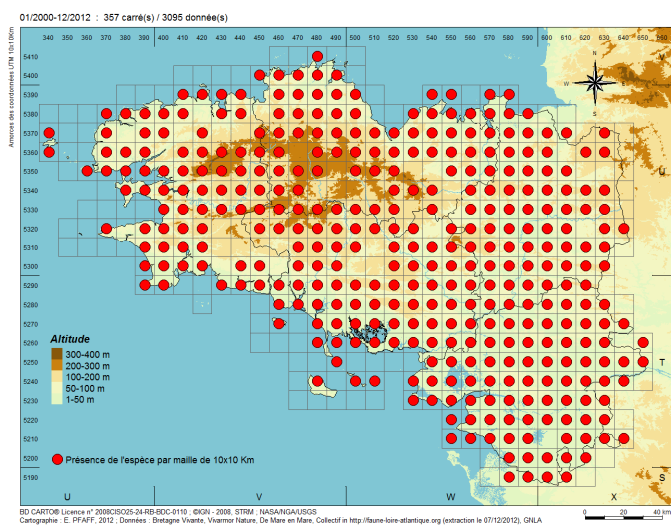


Figure 13 Carte de répartition du Triton palmé en Bretagne (source Bretagne Vivante)

Le Triton palmé est relativement ubiquiste au niveau de son habitat, préférant néanmoins des zones d'eau stagnantes ou peu courantes et partiellement ombragées. Il privilégie les mares dans ou à proximité de zones boisées. En phase terrestre, il se cache sous des pierres ou du bois mort.

Il se déplace peu et est de ce fait sensible à la fragmentation de son habitat.

L'espèce à une répartition relativement homogène et se rencontre partout en Bretagne.

4.2 Invertébrés

Les prospections d'invertébrés ont été réalisées par Bretagne Vivante.

Début juin et mi – juillet pour les rhopalocères et les odonates : 2 inventaires ciblés sur 2 périodes différentes permettent de détecter le plus d'espèces possibles. Une troisième série d'inventaires devait être calée en avril / mai pour détecter quelques espèces précoces. Le printemps capricieux n'a pas permis de trouver les créneaux adéquats. Cette carence est à relativiser dans la mesure où une majorité des espèces printanières volaient encore début juin lors de la première salve de prospections. Les techniques utilisées ont consisté à déterminer les espèces à la vue, à la jumelle ou en main après une capture au filet.

Septembre pour les orthoptères : 1 prospection en septembre, pour ne contacter que les adultes, a permis de dresser une première liste des espèces d'orthoptères présentes sur chaque site. Nul doute que cette première liste sera complétée par de nouvelles espèces en 2015, et notamment par des espèces discrètes et inaudibles. Les espèces ont été déterminées à l'oreille ou en main après une capture au filet – fauchoir.

Tableau 4 Liste des espèces site par site et statuts

Espèces		CR29	PN	LPIDA	TVB	Coat Carriou Saint Evarzec
Nom latin	Nom commun					
Rhopalocères						
<i>Aglais urticae</i>	Petite tortue	C				X
<i>Anthocharis cardamines</i>	Aurore	C				X
<i>Celastrina argiolus</i>	Azuré des nerpruns	C				X
<i>Colias crocea</i>	Souci	C				X
<i>Gonepteryx rhamni</i>	Citron	C				X
<i>Lasiommata megera</i>	Mégère	C				X
<i>Lycaena phlaeas</i>	Cuivré commun	C				X
<i>Maniola jurtina</i>	Myrtil	TC				X
<i>Ochlodes sylvanus</i>	Sylvaine	C				X
<i>Pararge aegeria</i>	Tircis	TC				X
<i>Pieris brassicae</i>	Piérade du chou	TC				X
<i>Pieris napi</i>	Piérade du navet	TC				X
<i>Pieris rapae</i>	Piérade de la rave	TC				X
<i>Pyronia tithonus</i>	Amaryllis	TC				X
<i>Thymelicus lineola</i>	Hespérie du dactyle	AC				X
<i>Thymelicus sylvestris</i>	Hespérie de la houque	PC				X
Odonates						
<i>Calopteryx virgo</i>	Caloptéryx vierge	TC				X

<i>Cordulegaster boltonii</i>	Cordulégastré annelé	C		LPIDA		X
<i>Libellula sp.</i>	Libellule sp.					X
<i>Orthetrum coerulescens</i>	Orthétrum bleissant	AC				X
<i>Pyrhosoma nymphula</i>	Nymphe au corps de feu	TC				X
	Hétérocères					
<i>Adscita statices</i>	Turquoise					X
<i>Calliteara pudibunda</i>	Patte étendue					X
<i>Rivula sericealis</i>	Soyeuse					X
<i>Tymandra comae</i>	Tymandre aimée					X
<i>Xantia icteritia</i>	Xanthie cirée					X
<i>Zygaena trifolii</i>	Zygène du trèfle					X
	Orthoptères					
<i>Chorthippus albomarginatus</i>	Criquet marginé	AC				X
<i>Chorthippus biguttulus</i>	Criquet mélodieux	C				X
<i>Chorthippus brunneus</i>	Criquet duettiste	C				X
<i>Chorthippus parallelus</i>	Criquet des patures	TC				X
<i>Conocephalus dorsalis</i>	Conocéphale des roseaux	AC		LPIDA	TVB	X
<i>Conocephalus fuscus</i>	Conocéphale bigarré	C				X
<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>	Courtilière commune	R		LPIDA		X
<i>Roeseliana roeselii</i>	Decticelle bariolée	C				X
<i>Stethophyma grossum</i>	Criquet ensanglanté	PC		LPIDA		X
<i>Tetrix undulata</i>	Tétrix des clairières	PC				X
<i>Tettigonia viridissima</i>	Grande sauterelle verte	C				X

Tableau 5 Légende des statuts

PN = Inscription à l'Arrêté du 22 juillet 1993 fixant la liste des espèces d'insectes protégées sur le territoire national							
LPIDA = Liste Provisoire des Invertébrés Déterminants Armoricaïns (GRETIA, Contrat Nature 1999)							
RR, R, AR, PC, AC, C, TC = Classe de rareté départementale d'après Synthèse des connaissances faunistiques du Finistère (Bretagne Vivante : Pasco et pfaff 2013)							
RR = Très rare	R = Rare	AR = Assez rare	PC = Peu Commun	AC = Assez Commun	C = Commun	TC = Très Commun	
TVB = Liste des espèces guides pour le Schéma Régional des Continuités Écologiques en Bretagne							

4.2.1 Les odonates

5 espèces d'odonates ont été observées sur le site dont une, le **Cordulégastré annelé** *Cordulegaster boltonii*, est déterminante au niveau départemental.

4.2.2 Les orthoptères

11 espèces ont été observées sur le site. Parmi elles, 2 espèces présentent un intérêt patrimonial certain. **Le Conocéphale des roseaux, *Conocephalus dorsalis***, est une sauterelle assez commune (AC) dans le Finistère, qui peut fréquenter toute une gamme de zones humides différentes : marais littoraux, bords d'étangs, prés salés, fonds de vallées. Cette espèce est une espèce-guide du Schéma National des Continuités Écologiques (Trame Verte et bleue). **Le Criquet ensanglanté, *Stethophyma grossum***, peu commun (PC) dans le Finistère, fréquente exclusivement les milieux humides, notamment les prairies hygrophiles et les tourbières. Enfin, **la Courtilière commune, *Grylotalpa grylotalpa***, n'a plus de « commune que le nom ». Considérée comme rare (R) dans le Finistère aujourd'hui, alors qu'elle devait être présente dans l'ensemble des jardins jusque dans les années 1950, elle semble à présent se maintenir uniquement dans les dépressions arrière – dunaires et les zones humides aux sols aérés et meubles.



Courtilière commune (gauche) et Criquet ensanglanté (droite)

Les rhopalocères (16 espèces) et les hétérocères (6 espèces) ne présentent pas d'intérêt patrimonial particulier.

4.3 Mammifères semi-aquatiques

Les traces de présence de mammifères semi-aquatiques ont été relevées sur le site avec l'appui du GMB (Groupe Mammalogique Breton), avec un focus sur le Campagnol amphibie et le Crossope aquatique (voir annexe 1). Lors de ces prospections pour lesquels des protocoles spécifiques ont été mis en place, les traces éventuelles d'autres mammifères étaient recherchées, comme par exemple la loutre. Aucune trace de cette espèce n'a été repérée sur site.

Crossope aquatique (*Neomys fodiens*)

Pour le Crossope, des tubes ont été placés sur les sites en mai pendant une semaine. Ces tubes sont couverts à leur base de graviers et munis d'un appât composé d'asticots placés dans une gaze, coincé dans la partie supérieure du tube. La présence de Crossope est confirmée par la présence de crottes dans les tubes.

Une seule crotte de Crossope a été trouvée dans un des tubes placés le long du cours d'eau, attestant de la présence de l'espèce sur site (croix violette, Figure 14).



Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*)

Les traces de présence de Campagnol amphibie ont été relevées en mai : coulées et galeries dans la végétation, terriers dans les berges, réfectoires et crottoirs.



Photo : Pascal Baudry

Une population de Campagnol amphibie fréquente le site de Coat Carriou (voir fiche de relevés en annexe). La présence de l'espèce est mise en évidence par la présence de coulées dans la végétation, de terriers dans les berges, de réfectoires et de crottoirs. La densité observée sur Coat Carriou de ces indices est habituelle dans ce type d'habitat (particulièrement favorable) en Basse-Bretagne, c'est-à-dire assez importante.

Les prospections ont montré la présence de l'espèce sur l'ensemble des fossés de drainage, sur les berges du cours d'eau et en prairie sur la partie située à l'Est du cours d'eau.

La densité des indices de présence est la plus importante sur la rive gauche du cours d'eau et sur la zone humide adjacente (en jaune sur la figure 14). Ce secteur est constellé de coulées pouvant être attribuées au Campagnol amphibie, confirmé par la présence de nombreux réfectoires et crottoirs. De nombreux terriers sont également présents dans la berge gauche.

Sur la rive droite, les mêmes indices de présence ont été observés mais avec une densité plus faible à proximité de la berge du cours d'eau, ainsi que dans les fossés de drainage. Un petit secteur près de la source présente une densité d'indices plus importante.



Crottoir de campagnol amphibie (gauche) et entrée de terriers dans la rive gauche du cours d'eau (droite)

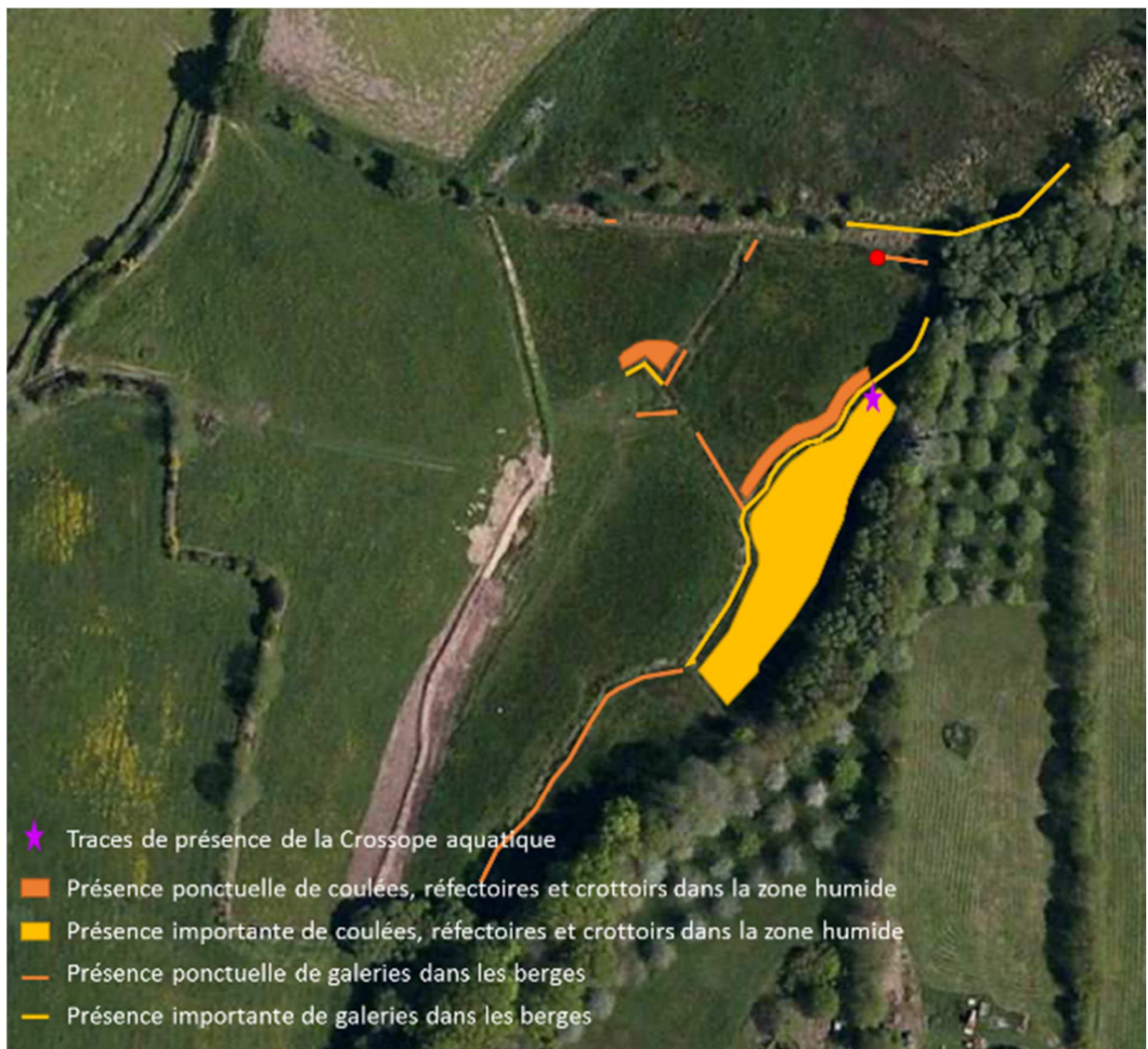


Figure 14 Localisation des traces de présence des micro-mammifères semi-aquatiques

Les résultats de l'enquête nationale (Rigaux, à paraître) montrent que l'espèce est encore bien représentée en Bretagne, qui peut être considérée comme l'une des principales régions de maintien de l'espèce au niveau national (Rigaux, 2013² ; Simonnet, 2009, 2010, 2013³). La distribution régionale n'est cependant pas homogène : l'espèce apparaît encore relativement commune en Basse-Bretagne où 70 % des sites inventoriés sont positifs, assez rare au Nord de la Haute-Bretagne (15 % de sites positifs), et dans une

² Rigaux P. 2013. Le Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*) en France et en Île de France : premiers résultats de l'enquête 2008-2013. Actes des Rencontres naturalistes d'Île-de-France, Paris, 30/11/2013.

³ Simonnet F. et Caroff C. 2009. Contrat-Nature « Mammifères Semi-Aquatiques de Bretagne » - Bilan. Groupe Mammalogique Breton, 30 p.

Simonnet F. 2010. Loutre d'Europe et autres mammifères semi-aquatiques en Bretagne In « La biodiversité des milieux aquatiques de Bretagne » – Actes du XII^{ème} Colloque régional d'Eau et Rivières de Bretagne.

Simonnet F. (coord.) 2013. Atlas des Mammifères terrestres de Bretagne. Rapport d'activités 2013. Groupe Mammalogique Breton, Sizun, 26 p. +annexes.

situation intermédiaire au Sud (50 % de sites positifs). Le Finistère est le département de Bretagne où l'espèce est la plus fréquente et la plus abondante. Elle est en particulier fréquente sur les prairies humides et jonçaises de têtes de bassins versants.

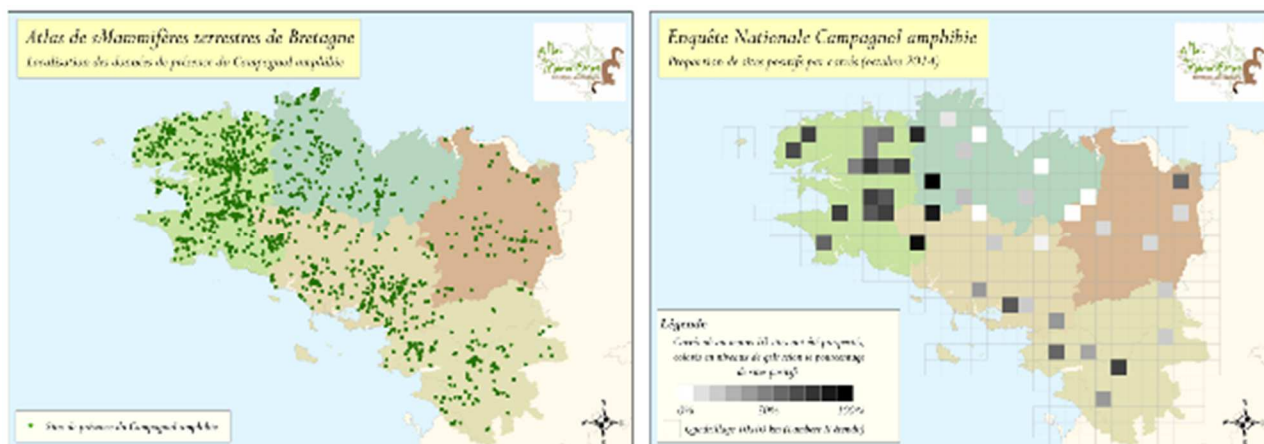


Figure 15 Localisation des données de présence de Campagnol amphibie (gauche) et Proportion de sites positifs par carré de prospection (droite)

Les populations apparaissent cependant fragmentées, les habitats de l'espèce souffrant de deux phénomènes en apparence contradictoires : l'intensification de l'agriculture et la déprise agricole. Dans les zones où l'agriculture (mais aussi l'urbanisation) a artificialisé, homogénéisé ou réduit la végétation des rives, l'espèce trouve peu de sites propices, tandis qu'elle voit ses habitats régresser là où les fonds de vallée ne sont plus exploités.

4.4 Espèces invasives

Une espèce invasive est présente sur le site : le Ragondin.

Cette espèce semble s'être installée récemment sur le site et étend sa présence du cours d'eau aux fossés.

5 Caractéristiques pédologiques et édaphiques

5.1 Profils pédologique

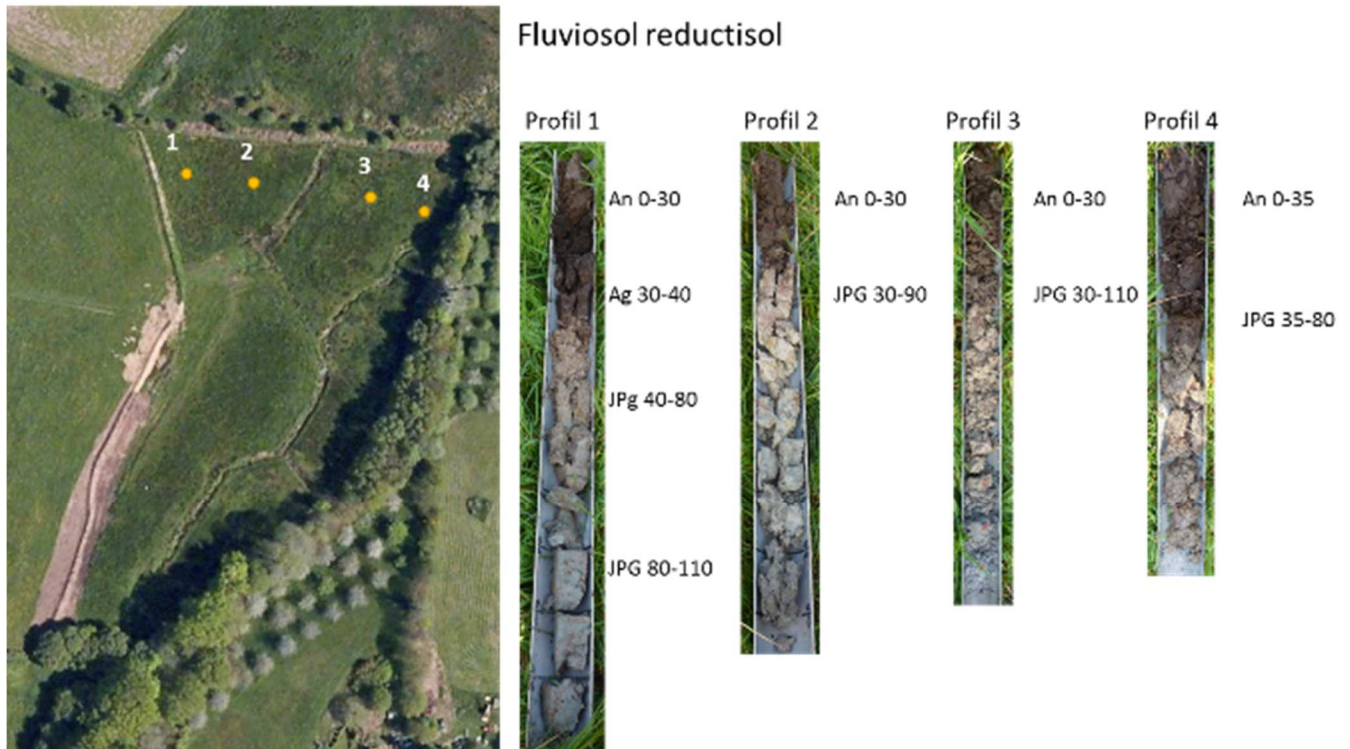


Figure 16 Profils pédologiques du site de Coat Carriou

Le sol du site est caractérisé par un horizon supérieur de 30 à 35 cm très riche en matière organique peu décomposée correspondant à un anmor. En haut de pente (profil 1, figure 16) on trouve un horizon oxydé jusque -80 cm puis un horizon réduit, alors que les horizons des profils inférieurs (profils 2 à 4, figure 16) sont réduits jusqu'en surface. Le sol correspond à un fluvisol réductisol. Les dépôts successifs de matériaux de textures différentes ont abouti à un profil très hétérogène au niveau texture, avec une alternance de sections plus ou moins sableuses ou limoneuses. Cette structure particulière a une incidence sur la circulation de l'eau, avec une circulation préférentielle dans les secteurs et horizons plus sableux.

5.2 Caractéristiques du sol

La capacité d'un sol à réaliser les cycles biogéochimiques responsables des fonctions telles que le recyclage ou le stockage de la matière organique et la dénitrification, dépend en grande partie de ses propriétés physiques et de sa teneur en matière organique.

Aussi, nous avons mesuré :

- la texture et la densité apparente qui permettent de déterminer la capacité de l'eau à circuler dans le sol ;
- la teneur en matière organique et le ratio C/N, qui permettent de déterminer s'il y a un recyclage efficace de la matière organique dans le sol.

- **Texture du sol**

La texture du sol en surface (0-20 cm) est limoneux-fin à limono-sableux sur le site à réhabiliter (Tableau 6) comme sur le site témoin (Tableau 7). Sur le site à réhabiliter, dans la partie basse du site, la plus proche du cours d'eau, on observe une forte hétérogénéité de la teneur en gravier du sol allant de 5 à 64 %. Cela est lié à des zones de dépôt préférentiel des alluvions et résulte en une hétérogénéité de la perméabilité du sol et donc de la capacité de circulation de l'eau dans le sol.

Le sol du site témoin est plus homogène au niveau de sa texture et contient peu de gravier.

Tableau 6 Granulométrie du sol de surface (0-20 cm) du site de Coat Carriou

		Argiles (%)	Limons (%)	Sables (%)	Graviers (%)
Haut	Moyenne	2,2	51,8	46,0	6,7
	Ecart type	0,6	4,6	5,1	1,5
Moyen	Moyenne	2,1	53,4	44,5	12,7
	Ecart type	0,2	1,2	1,4	0,6
Bas	Moyenne	1,9	52,9	45,2	31,7
	Ecart type	0,3	9,0	9,3	29,9

Tableau 7 Granulométrie du sol en surface (0-20 cm) du site témoin de Coat Carriou

		Argiles (%)	Limons (%)	Sables (%)	Graviers (%)
Haut	Moyenne	2,7	54,1	43,2	9,3
	Ecart type	0,5	4,4	4,8	4,7
Bas	Moyenne	2,5	54,9	42,6	6,7
	Ecart type	0,1	4,0	4,1	0,6

- **Densité apparente et porosité du sol**

Les densités apparentes sont très faibles du fait du fort taux de matière organique sur le site à réhabiliter, alors que sur le site témoin elles sont nettement plus élevées (Figure 17). Les faibles densités apparentes confèrent au sol du site à réhabiliter une forte porosité (de $75,5 \pm 5,6$ % à $80,7 \pm 1,6$ %). Sur le site témoin le sol est moins poreux (tableau 8).

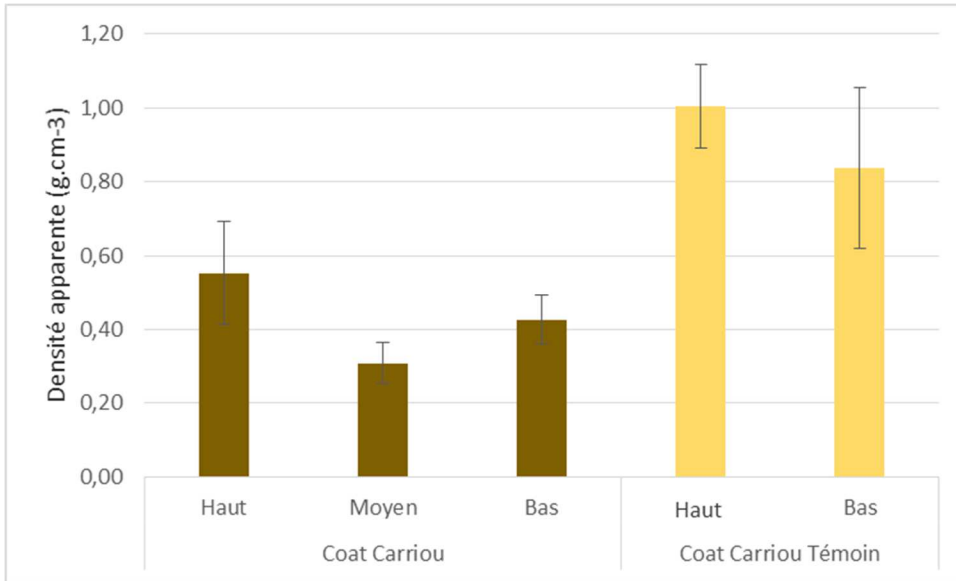


Figure 17 Densité apparente du sol sur le site de Coat Carriou et site témoin associé

Tableau 8 Porosité du sol (0-20 cm) sur les sites de Coat Carriou et témoin associé

		Porosité (%)	
Coat Carriou	Haut	75,5 ±	5,6
	Moyen	85,1 ±	2,7
	Bas	80,7 ±	1,6
Coat Carriou Témoin	Haut	59,4 ±	4,4
	Bas	65,8 ±	8,8

- **Taux de matière organique et rapport C/N**

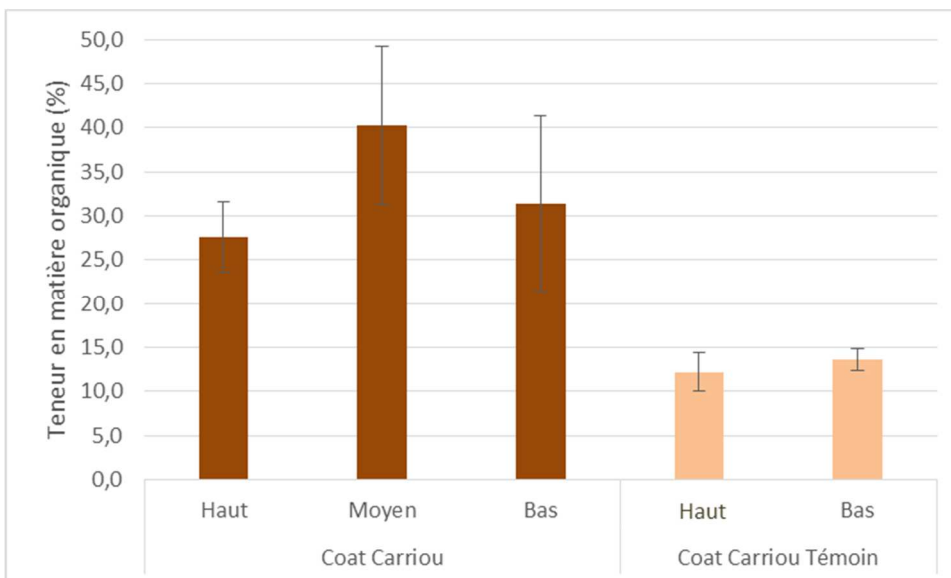


Figure 18 Teneur en matière organique de l'horizon de surface du sol du site de Coat Carriou et site témoin associé

Les sols du site à réhabiliter présentent de fortes teneurs en matière organique (entre 20 et 50,3 %) attestant d'une décomposition lente de celle-ci. Sur le site témoin, dont l'humidité est moins prononcée, les teneurs en matière organique sont nettement plus basses (entre 10,5 et 15,0 %).

Les ratios C/N sont relativement élevés sur l'ensemble des échantillons prélevés mais restent inférieurs à 20 à l'exception du niveau bas du site à réhabiliter, montrant une limitation relative par l'azote de l'activité de décomposition bactérienne.

Les teneurs en matière organique inférieures du sol du site témoin par rapport au sol du site à réhabiliter malgré des ratios C/N équivalents montrent que le facteur limitant la décomposition sur le site à réhabiliter est plus probablement l'anoxie.

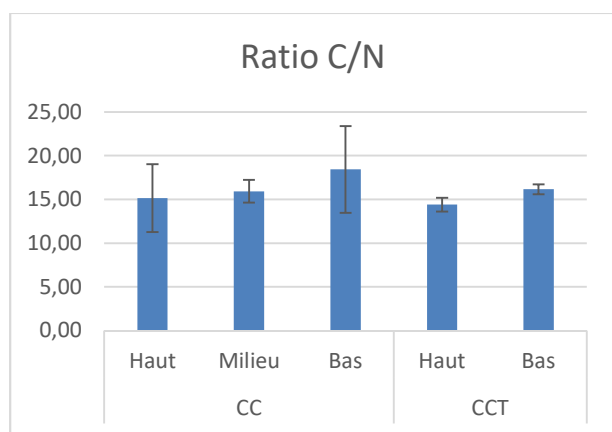


Figure 19 Ratio C/N de l'horizon de surface du sol de Coat Carriou et site témoin associé

6 Fonctionnement hydraulique

6.1 Réseau hydrographique et circulation superficielle



Figure 20 Contexte hydraulique du site de Coat Carriou. Les flèches indiquent le sens de circulation de l'eau.



Fossés de drainage sur le site de Coat Carriou

Le site est caractérisé par une double alimentation en eau de la zone humide. Elle est alimentée d'une part par une résurgence de nappe en coteau, avec une zone particulièrement active de source (étoile bleue sur la figure 20) et d'autre part par la nappe liée au cours d'eau s'écoulant en fond de vallée.

Le fonctionnement hydrologique et écologique du site est perturbé par la présence de fossés de drainage profonds creusés il y a environ 15 ans. Ces fossés créent un court-circuit de l'eau issue de la résurgence qui s'écoule directement vers le cours d'eau sans inonder la partie aval de la zone humide.

Par ailleurs, un fossé longeant le talus au nord du site évacue les eaux issues des parcelles aval directement vers le cours d'eau.

6.2 Hydropériode

6.2.1 Hydropériode du site de réhabilitation et suivi

L'hydropériode a été étudiée grâce à la mise en place de 5 séries de 3 piézomètres réparties de l'amont jusqu'au bas de la zone humide. Les trois piézomètres de chaque série sont placés sur une ligne perpendiculaire à la pente (voir l'annexe 1 pour le détail de l'installation).

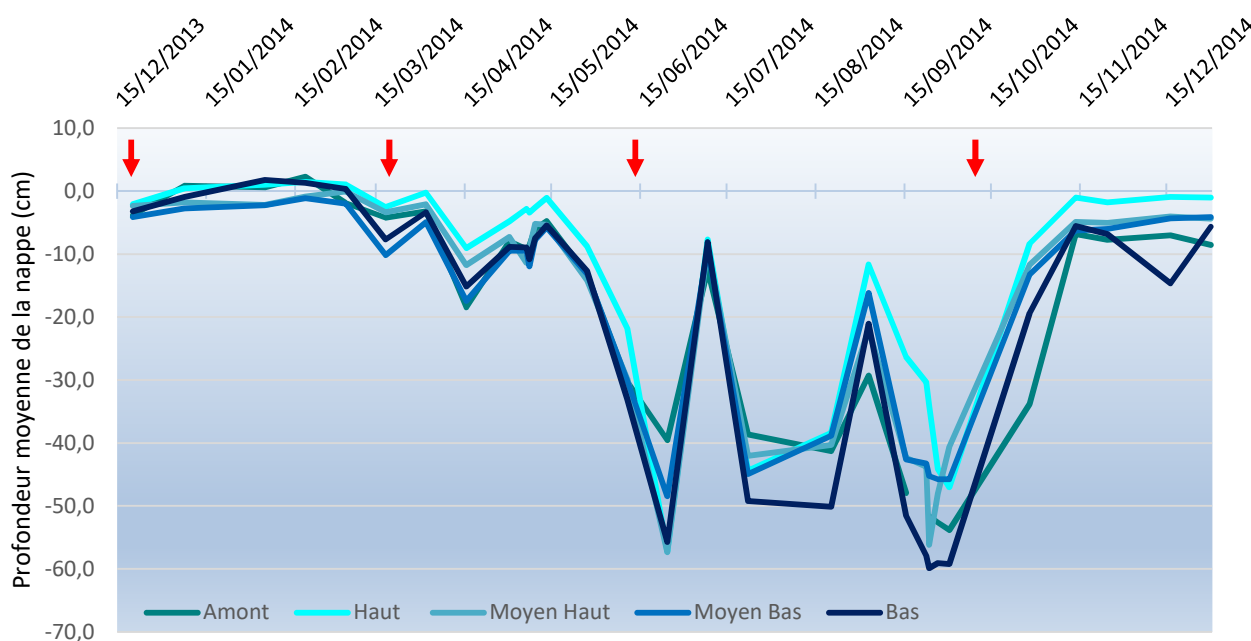


Figure 21 Évolution du niveau de la nappe sur le site de Coat Carriou en 2014. Niveau d'eau moyen des 3 piézomètres à chaque niveau de la zone humide. Les flèches rouges correspondent aux dates de prélèvement d'eau et de sol pour les analyses physicochimiques.

La zone humide présente une durée de saturation en eau proche de la surface (majoritairement entre 0 et -10 cm) allant de fin octobre à mi-mai. Pendant la période d'étiage, la nappe descend d'environ 50 à 60 cm mais semble réagir fortement aux épisodes pluvieux en remontant rapidement à près de 10 cm sous la surface.

Il y a globalement peu de différence de niveau d'eau entre les différents secteurs de la zone humide. On note néanmoins que le haut de la parcelle, correspondant à la zone de résurgence de nappe, est la partie la plus humide, la nappe étant affleurante dès la mi-novembre.

La zone la plus basse est par opposition celle dans laquelle le niveau de nappe descend le plus bas en période d'étiage. Elle correspond à la zone sous influence du cours d'eau, qui a un effet drainant en période estivale.

On peut noter que, contrairement à nos attentes, il n'y a pas de différence notable de l'hydropériode entre les séries de piézomètres moyen haut et moyen bas, situés de part et d'autre du fossé.

6.2.2 Hydropériode du site témoin

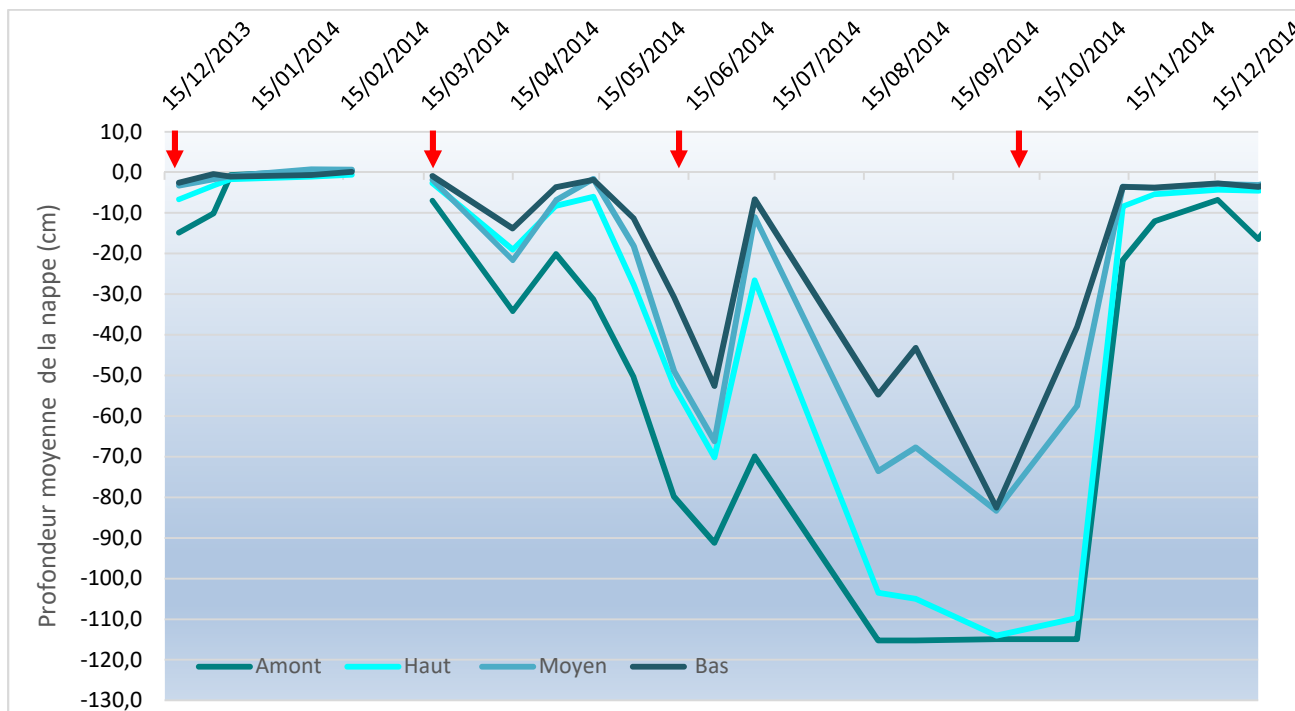


Figure 22 Évolution du niveau de nappe sur le site témoin de Coats Carriou en 2014. Les flèches rouges correspondent aux dates de prélèvement d'eau et de sol pour les analyses physicochimiques.

L'hydropériode est similaire sur le site témoin, avec une saturation du sol en surface de fin octobre à mai. Toutefois, le niveau de nappe descend beaucoup plus en profondeur et varie beaucoup plus entre le bas et le haut de la zone humide. La nappe réagit également nettement aux épisodes pluvieux, mais sans remonter jusqu'en surface.

7 Fonctionnement biogéochimique

Le fonctionnement biogéochimique de la zone humide est appréhendé selon deux approches :

- des prélèvements permettant d'évaluer l'évolution annuelle de la teneur en azote minéral dissous du sol ;
- une mesure des concentrations en azote et en phosphore dans les eaux de piézomètres placés en transects parallèles à la pente.

Les échantillonnages correspondant aux deux approches sont réalisés au même moment à trois reprises durant l'année :

- en période de reprise de charge de la nappe, en octobre ;
- en fin de période de pleine charge de la nappe, en mars ;
- en période de décharge de la nappe, en juin ;

Un premier échantillonnage a également été réalisé en décembre 2013, correspondant au début de la période de pleine charge.

7.1 Azote minéral du sol

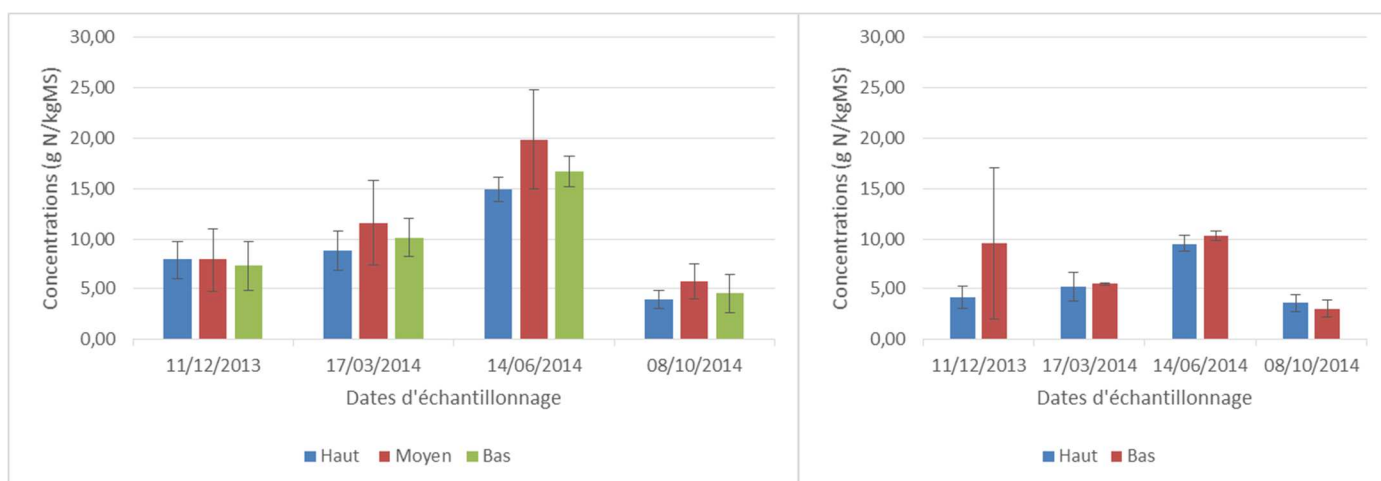


Figure 23 Evolution de la teneur en ammonium du sol au cours de l'année du site à réhabiliter (gauche) et du site témoins (droite)

Le sol du site à réhabiliter et du site témoin présentent le même patron au niveau des variations de leur teneur en azote minéral dissous au cours de l'année. On observe sur les deux sites un pic de teneur en ammonium (figure 23) et nitrate (figure 24) en juin, correspondant à la production d'azote minéral par décomposition de la matière organique du sol lors de l'aération du sol (nappe entre -50 et -90 cm sur le site témoin et -40 et -60 cm sur le site pilote).

Sans qu'on puisse à ce stade conclure à une relation de cause à effet, on observe une concordance entre les productions d'azote minéral et la teneur en matière organique du sol, avec des valeurs plus élevées pour les deux paramètres au niveau moyen sur le site à réhabiliter et au niveau bas sur le site témoin. Par ailleurs, de la même manière que pour la teneur en matière organique, les teneurs en azote minéral sont moins élevées dans le site témoin que dans le site à réhabiliter. La teneur en nitrate dans le sol diminue sur le site pilote au cours de la période de saturation de la zone humide.

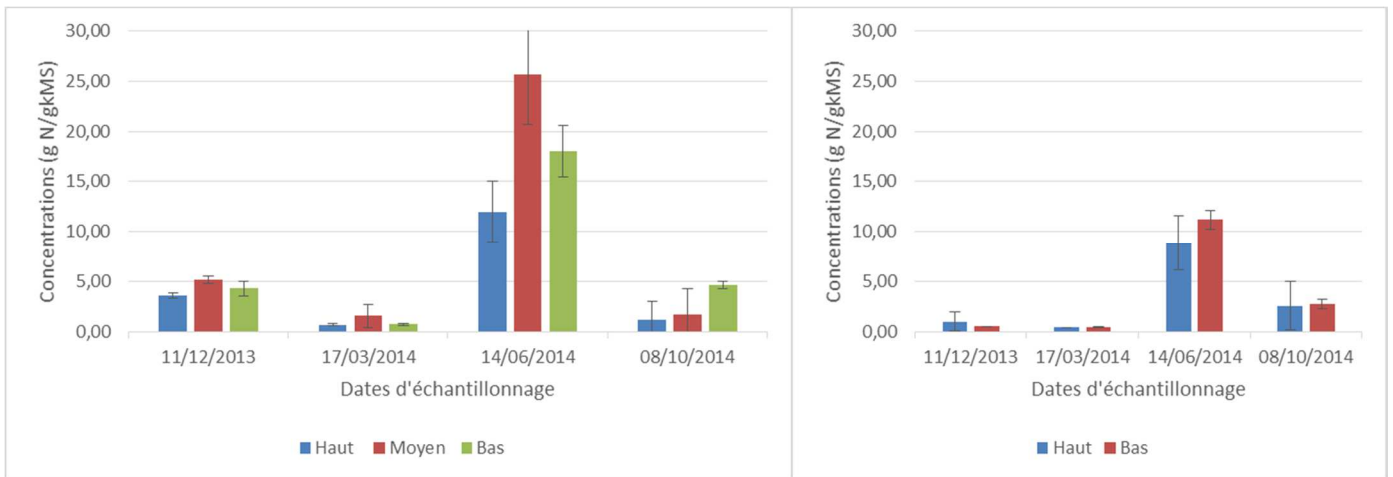


Figure 24 Evolution de la teneur en nitrate du sol au cours de l'année du site à réhabiliter (gauche) et du site témoins (droite)

7.2 Evolution des concentrations en azote au travers de la zone humide

L'évolution des concentrations en N dissous assimilable a été mesurée à 4 reprises avant les travaux à l'aide des piézomètres en place sur le site.

7.2.1 Ammonium

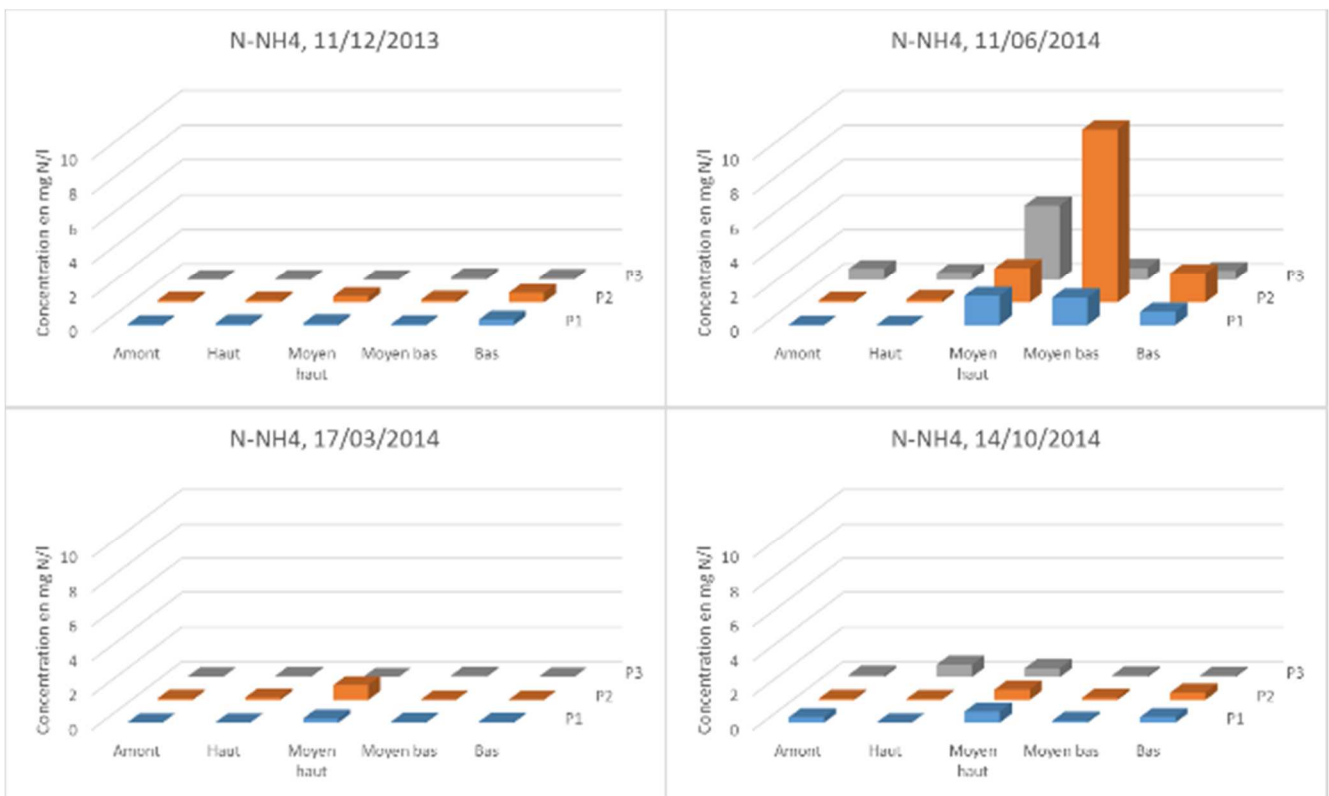


Figure 25 Concentrations en ammonium de l'eau des piézomètres placés entre l'amont et l'aval de la zone humide à réhabiliter

Les deux zones humides ont un fonctionnement similaire en termes de flux d'ammonium à travers la zone humide. On observe des concentrations globalement faibles sur l'ensemble des piézomètres à l'exception du mois de juin, où les concentrations sont de 5,3 mg/l sur le site témoin et 13 mg/l sur le site à réhabiliter. Cependant, les concentrations sur les piézomètres les plus proches du cours d'eau n'excèdent pas 2,1 mg/l dans le site témoin et 1,7 mg/l dans le site à réhabiliter.

Aux autres dates, ces concentrations n'excèdent pas 0,56 mg/l sur le site à réhabiliter et 0,06 mg/l sur le site témoin.

Quelle que soit la date, les concentrations d'ammonium dans le cours d'eau restaient inférieures à 0,05 mg/l sur les deux sites.

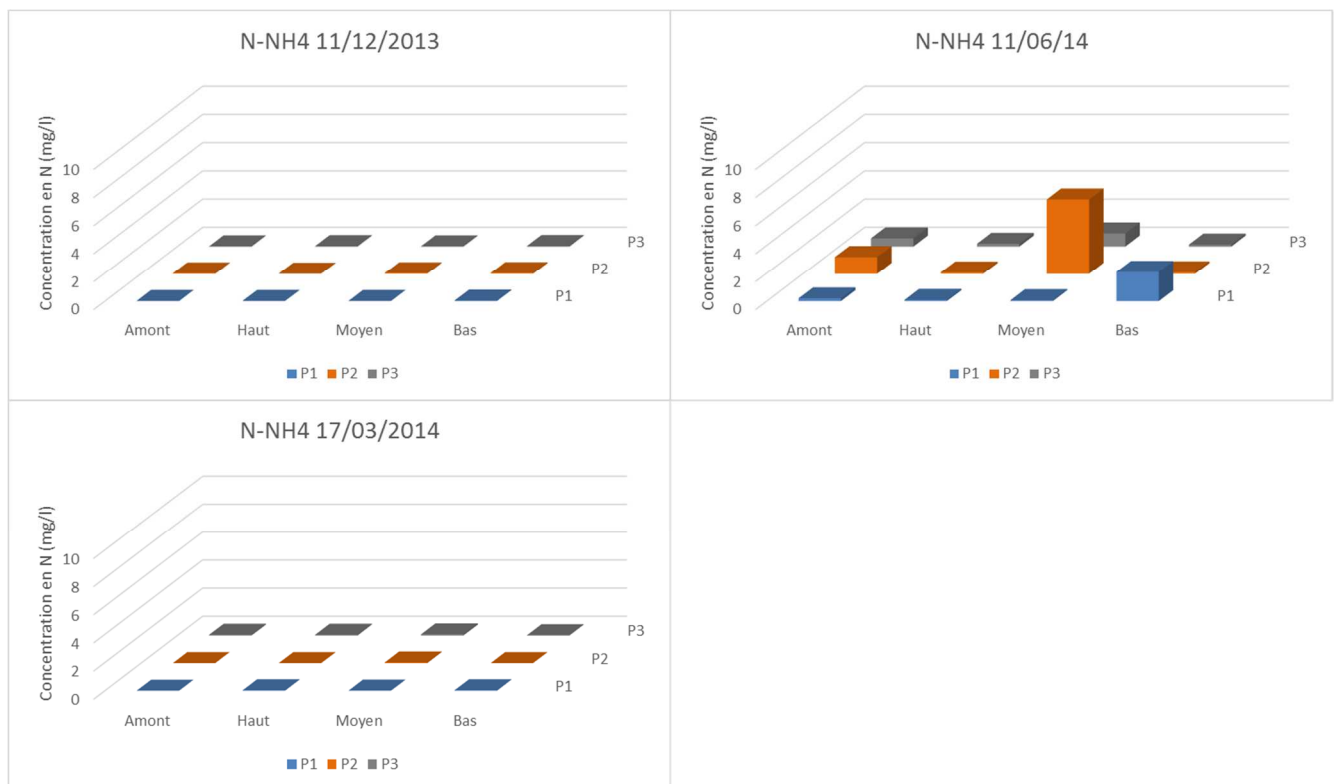


Figure 26 Concentrations en ammonium de l'eau des piézomètres placés entre l'amont et l'aval de la zone témoin

7.2.2 Nitrate

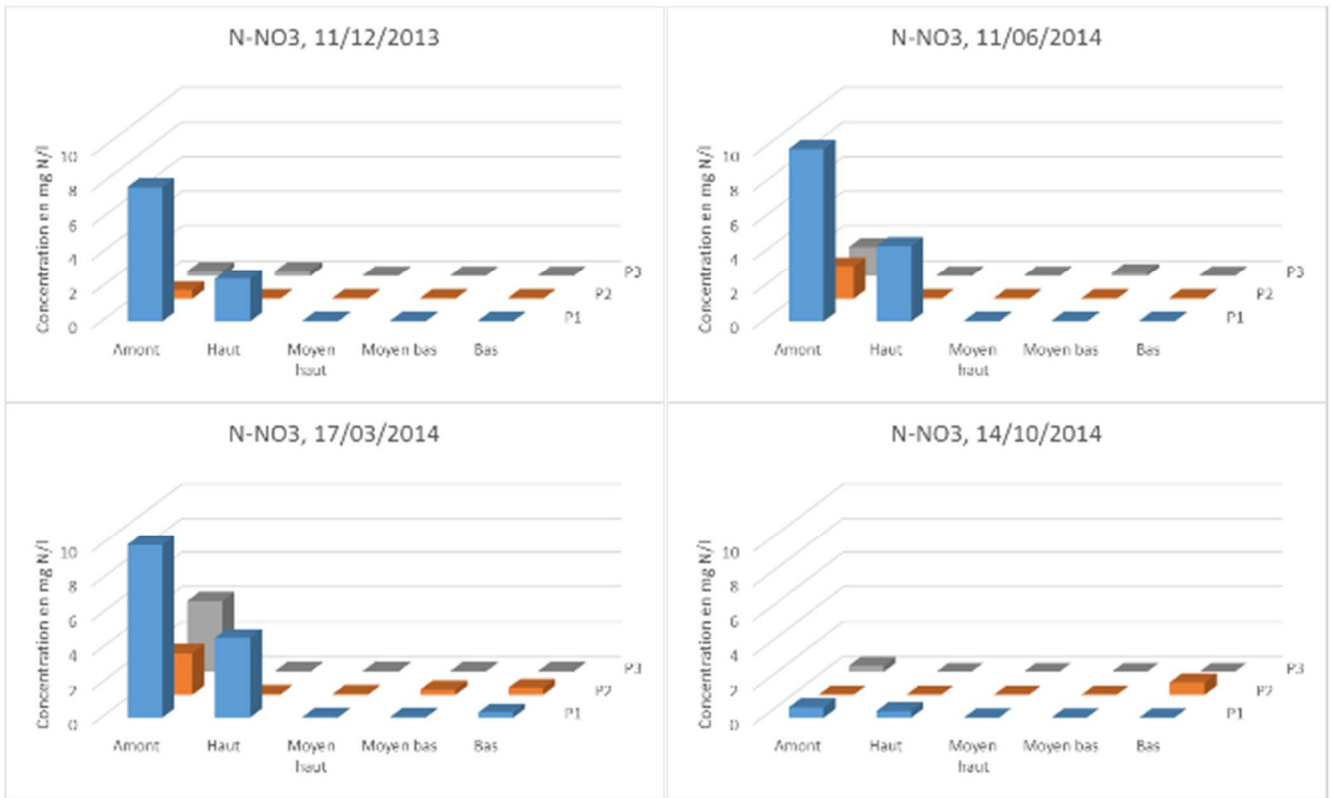


Figure 27 Concentrations en nitrate de l'eau des piézomètres placés entre l'amont et l'aval de la zone humide à réhabiliter

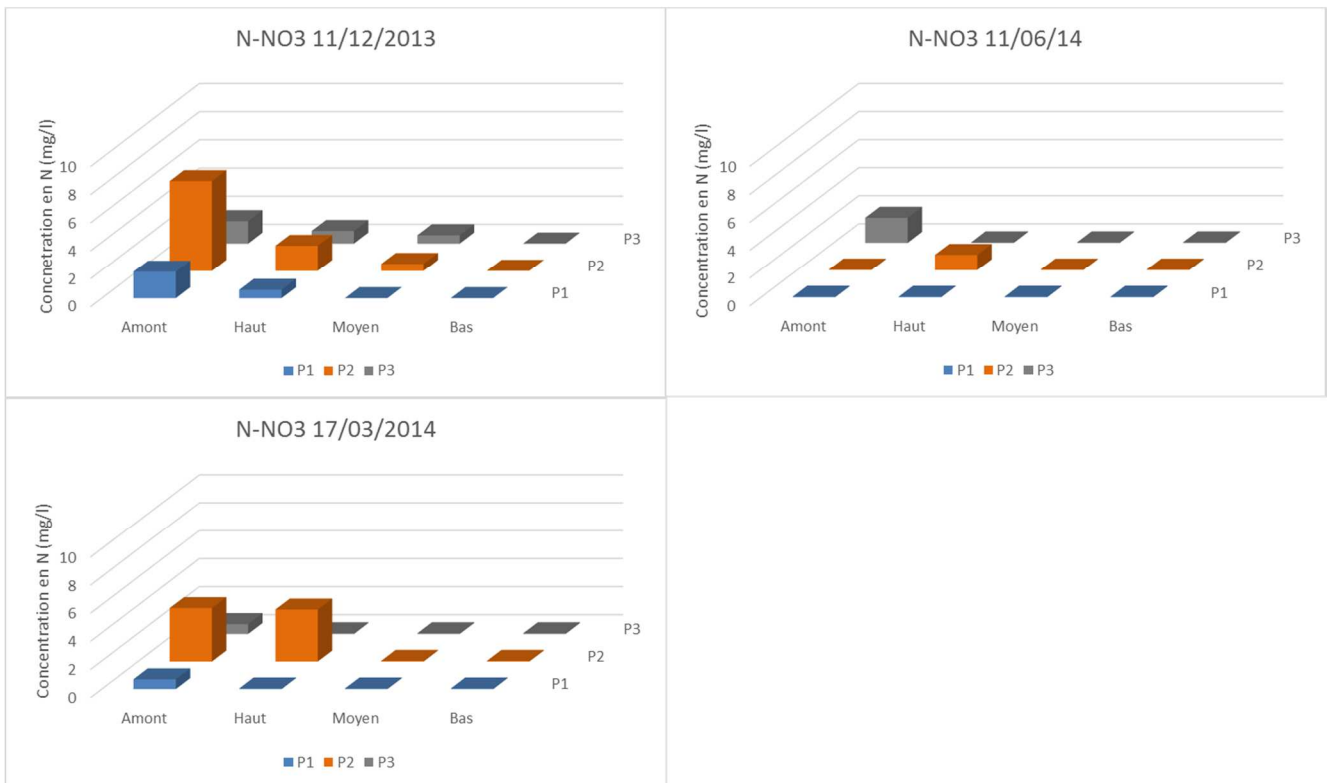


Figure 28 Concentrations en nitrate de l'eau des piézomètres placés entre l'amont et l'aval de la zone humide témoin

Comme pour l'ammonium, le fonctionnement du site à réhabiliter et du site témoin sont similaires vis-à-vis du nitrate. On observe à chaque date d'échantillonnage des piézomètres en amont dont l'eau présente des concentrations plus ou moins importantes de nitrate, atteignant un maximum de 10 mgN/l (soit 44,3 mgNO₃⁻/l). Celles-ci diminuent de façon importante dans la rangée de piézomètre suivante attestant d'un abattement de l'azote dans la zone humide. Les concentrations en nitrate passent sous le seuil de détection au bout de 10 à 20 m.

En mars et octobre, sur la zone à réhabiliter, on observe une concentration faible de nitrate (un maximum de 0,4 et 0,71 mgN/l à ces périodes respectives) dans les piézomètres du bas de la zone humide. Cela peut être lié, soit à une légère production dans la zone humide, mais plus probablement à une diffusion depuis le cours d'eau, qui présente à ces périodes, des concentrations de 7,7 mgN/l et 8 mgN/l respectivement.

La concentration de nitrate mesurée dans le cours d'eau dans la zone témoin ne dépassait pas 4,2 mgN/l, valeur mesurée en mars.

A noter les concentrations systématiquement plus élevées en nitrate dans les premiers piézomètres des niveaux amont et haut, situés les plus près de la source captée par des drains enterrés et un des fossés de drainage. Bien qu'elles n'aient pas été directement mesurées, il est probable que les concentrations de l'eau s'écoulant dans ce fossé directement vers le cours d'eau s'approchent des teneurs observées dans ces deux piézomètres.

7.2.3 Evolution des concentrations en azote organique dissous

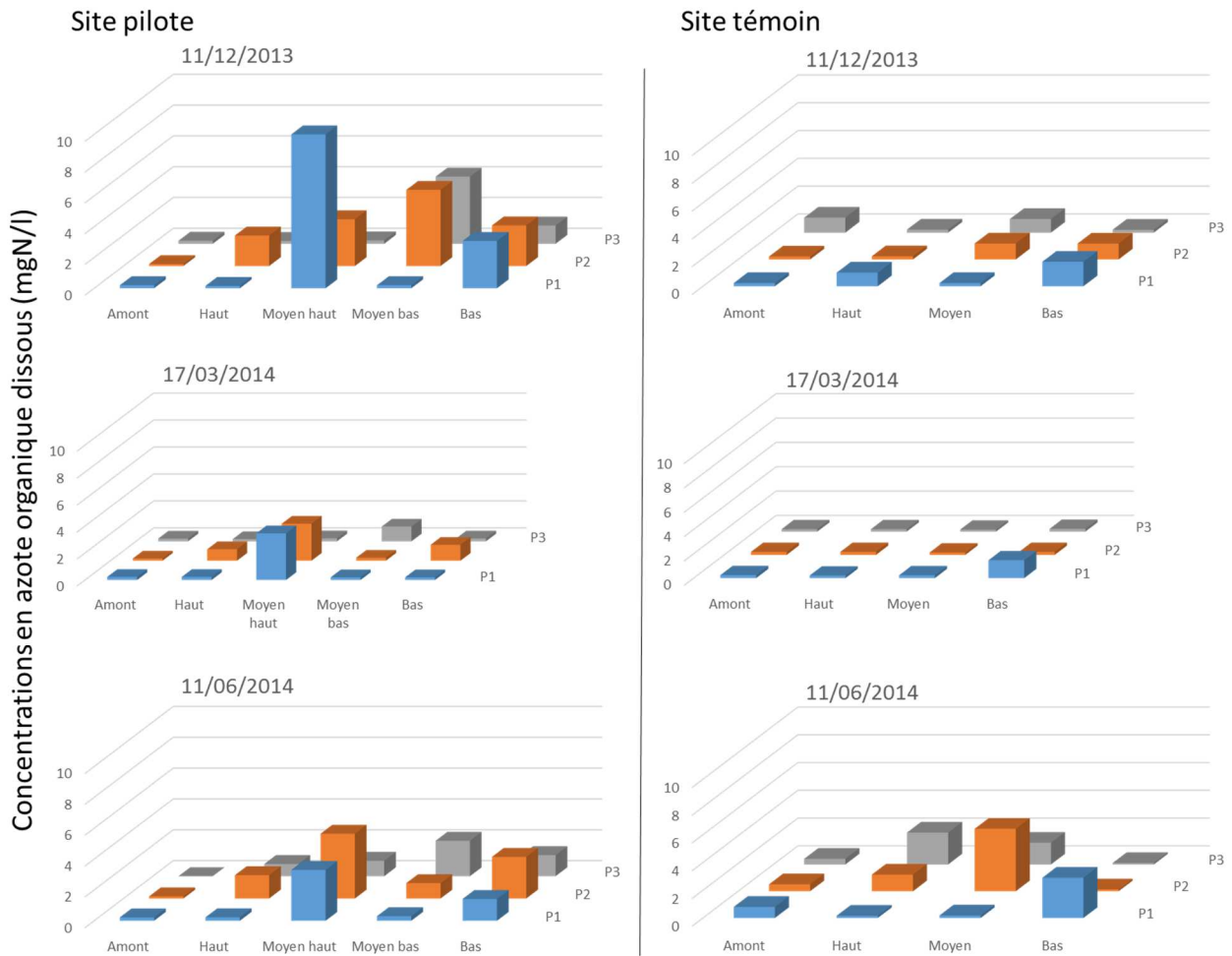


Figure 29 Evolution des concentrations en azote organique dissous à travers la zone humide sur le site pilote (gauche) et témoin (droite).

L'eau arrivant dans la zone humide est systématiquement très faiblement chargée en azote organique dissous (Figure 29). En traversant la zone humide, les concentrations augmentent, surtout sur le site pilote, probablement du fait des teneurs en matière organique élevée du sol.

Ces teneurs diminuent à nouveau vers l'aval de la zone humide, proche du cours d'eau, où les valeurs atteignent 3,08 mgN/l pour le site pilote et 2,90 mgN/l pour le site témoin.

7.3 Evolution des concentrations en orthophosphates au travers de la zone humide

L'évolution des concentrations en orthophosphates (PO_4^{3-}) a été mesurée à 3 reprises avant les travaux à l'aide des piézomètres en place sur les sites pilote et témoin.

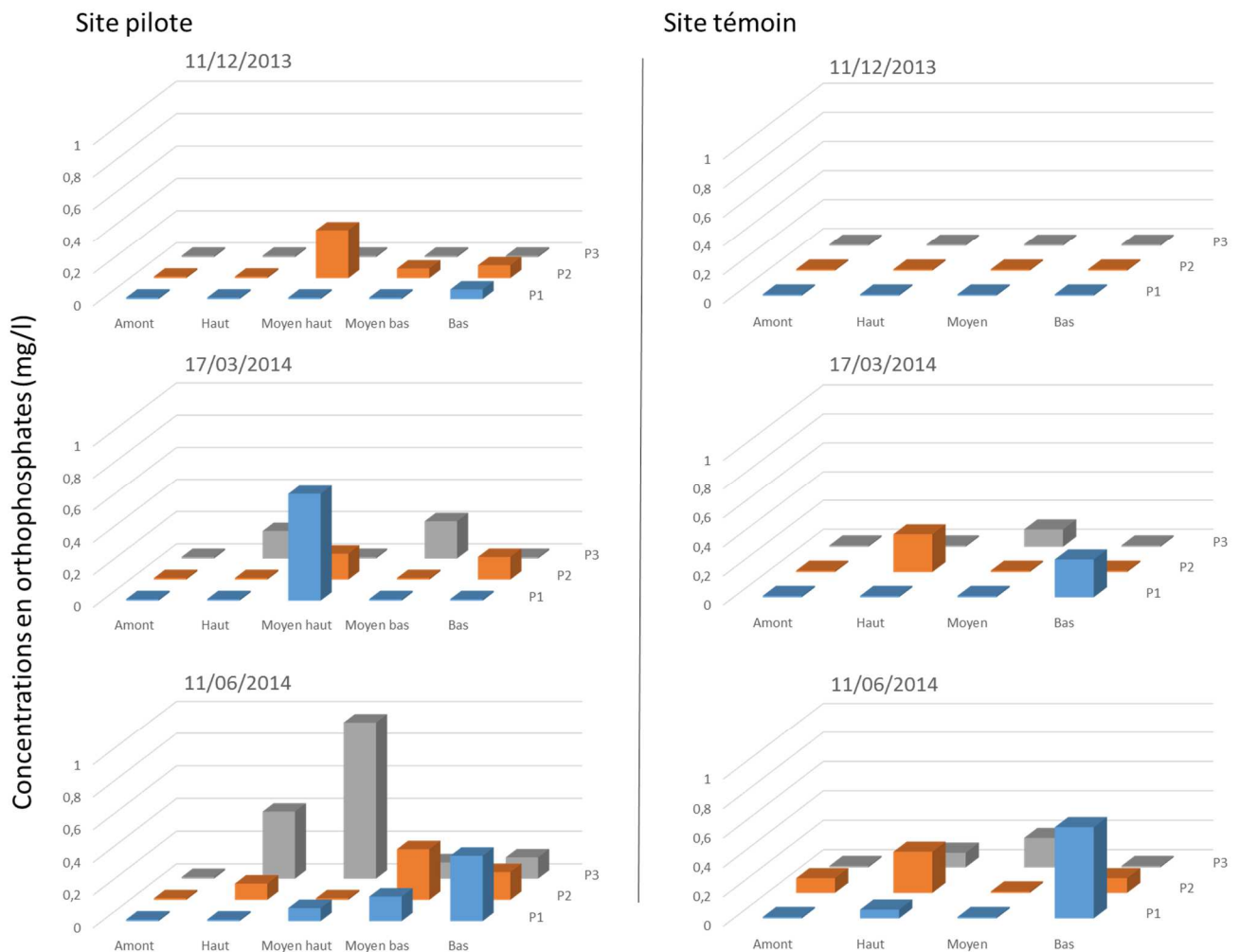


Figure 30 Evolution des concentrations en orthophosphates à travers la zone humide sur le site pilote (gauche) et témoin (droite).

Le suivi des concentrations de l'eau en orthophosphates entre amont et aval de la parcelle montre une production hétérogène dans la zone humide aussi bien spatiale que temporelle, que ce soit sur la zone pilote ou témoin (Figure 30).

Sur le site pilote, la production d'orthophosphates est supérieure à celle du témoin, probablement du fait des sols plus organiques. Un pic à $0,96 \text{ mgPO}_4^{3-}/\text{l}$ (soit $0,31 \text{ mgP/l}$) est observé au niveau moyen haut, mais la concentration en sortie de zone humide ne dépasse pas $0,4 \text{ mgPO}_4^{3-}/\text{l}$ (soit $0,13 \text{ mgP/l}$) inférieur à la norme de bon état écologique des cours d'eau vis-à-vis du phosphore qui est de $0,5 \text{ mgPO}_4^{3-}/\text{l}$, soit $0,16 \text{ mgP/l}$.

Les travaux de réhabilitation

1 Validation des enjeux et objectifs de la réhabilitation

1.1 Enjeux et objectifs liés au contexte local

Les enjeux et objectifs de la réhabilitation ont été établis avant l'état initial afin de déterminer quels paramètres devaient être suivis avant travaux. Les suivis réalisés ont permis de valider un certain nombre de ces enjeux et d'en écarter d'autres.

L'objectif de la réhabilitation est de revenir à un état fonctionnel équivalent à celui présent avant dégradation. Le souhait est de restaurer le fonctionnement hydraulique de la parcelle afin d'optimiser la fonction d'épuration de l'eau, mais aussi de réguler la progression du jonc diffus par une optimisation du mode de gestion. Les travaux doivent également permettre de réhabiliter la zone de source, actuellement partiellement remblayée et drainée par des drains enterrés.

Le retour des conditions hydrologiques d'avant perturbation devrait permettre d'optimiser les conditions d'accueil de la faune et la flore des milieux humides, notamment par la mise en place d'une gestion adaptée après travaux.

Un des objectifs majeurs du projet, dans le contexte du réseau expérimental, est également d'obtenir des résultats fondamentaux sur la faisabilité de la réhabilitation fonctionnelle des zones humides suites aux dégradations liées au drainage.

1.2 Enjeux spécifiques

La qualité de l'eau

Les premières études de l'évolution des concentrations d'azote dans la nappe d'eau montrent qu'avant travaux la zone humide joue déjà son rôle tampon en abattant l'azote qui arrive de l'amont et en ne restituant que des concentrations très faibles et majoritairement sous le seuil de détection des méthodes analytiques utilisées.

L'eau de la source s'écoule cependant directement vers le cours d'eau via le fossé et ne bénéficie pas de cette épuration. Il paraît donc important de supprimer ce court-circuit.

Dans le contexte du réseau expérimental, il paraît également intéressant, dans un objectif d'acquisition de connaissances fondamentales de déterminer si le fonctionnement biogéochimique de la zone humide va changer suite aux travaux.

La qualité fourragère

Les relevés botaniques ont confirmé la présence systématique et importante de jonc diffus sur l'ensemble du site à l'exception des zones les plus sèches en amont de la zone humide. Il existe donc bien un enjeu lié à cette espèce qu'il faudra maîtriser grâce à une gestion appropriée indépendamment des travaux de réhabilitation eux-mêmes.

La biodiversité

Les inventaires faunistiques ont montré que le site présente un fort enjeu en termes de biodiversité. Plusieurs espèces protégées qui présentent un enjeu particulièrement fort ont été observées sur le site:

- Trois batraciens :

- la Grenouille rousse,
- le Crapaud commun,
- le Triton palmé.
- Deux mammifères semi-aquatiques :
 - le Campagnol amphibie,
 - la Crossope aquatique.

Par ailleurs, bien que non protégée, 4 espèces d'insectes présentent un intérêt au niveau départemental :

- le Cordulégastre annelé *Cordulegaster boltonii*.
- Le Conocéphale des roseaux, *Conocephalus dorsalis*,
- Le Criquet ensanglanté, *Stethophyma grossum*,
- la Courtilière commune, *Gryllotalpa gryllotalpa*,

La présence du Ragondin sur le site devra être surveillée afin de s'assurer de l'absence de prolifération au détriment des autres mammifères semi-aquatiques.

1.3 Incidence possible des travaux sur la faune protégée et patrimoniale

Du fait qu'ils visent à remonter le niveau de la nappe, les travaux devraient avoir un effet positif sur les batraciens et en particulier la Grenouille rousse et le Crapaud commun en augmentant les zones inondées en période de reproduction.

Le Cordulégastre annelé est inféodé au cours d'eau et ne sera donc pas impacté par les travaux. Le Conocéphale des roseaux et le criquet ensanglanté sont inféodés aux zones humides et ne devraient pas non plus être impactés suite aux travaux. Lors des travaux ces espèces pourront se déplacer hors de portée des engins de chantier.

La présence de Courtilière commune a été observée durant les travaux du fait du déterrement de plusieurs individus lors des décapages de sol. Elle n'avait pas été détectée avant les travaux et aucune précaution particulière n'avait été prise par rapport à l'espèce.

Pour les espèces de micro-mammifères semi-aquatiques, les travaux peuvent présenter un faible risque de destruction lors de leur mise en œuvre. Des précautions particulières, décrites ci-dessous ont ainsi été prises pour éviter au maximum ces impacts. Les conditions après travaux devraient au contraire être favorables à ces espèces.

2 Le protocole de travaux

2.1 Protocole proposé

Il a été proposé de combler les fossés afin de restaurer le fonctionnement hydrologique du site (Figure 31).

Le comblement est réalisé avec la terre de curage déposée sur les berges et formant de petits talus. Une bande de deux à trois mètres de part et d'autre des fossés de drainage, où sont localisés les résidus de curage,

a dû être prélevée pour remplir les fossés. On retrouve de cette façon le niveau du terrain naturel avant création des fossés. La surface décapée représente environ 630 m².

Des rondins sont mis en place à l'extrémité des fossés afin de retenir la terre en place et éviter l'érosion de la terre nouvellement déposée.

Les drains présents au niveau de la source ont été supprimés afin d'éviter la formation de poches d'eau risquant de déstabiliser le sol.

Un petit remblai, constitué de pierres et terre, présent également au niveau de la source a été supprimé et les matériaux, utilisés dans le fond pour le comblement des fossés.

Le fossé du nord, longeant le talus, a été partiellement comblé. La partie amont est maintenue en l'état afin de permettre l'écoulement de l'eau des parcelles amont sur le site. Un seuil sera mis en place une dizaine de mètres après l'entrée dans la parcelle et forcera l'eau à s'écouler sur la zone humide par effet de surverse. Des légers décaissements de la berge créés à trois emplacements favorisent le débordement. Le fossé a été comblé derrière le seuil jusqu'au niveau de la dépression où la présence du Triton palmé a été observée.

Les buses présentes sur les fossés de drainage ont été laissées sur place (mais bouchées) afin de faciliter la circulation des engins agricoles suite aux travaux de réhabilitation.

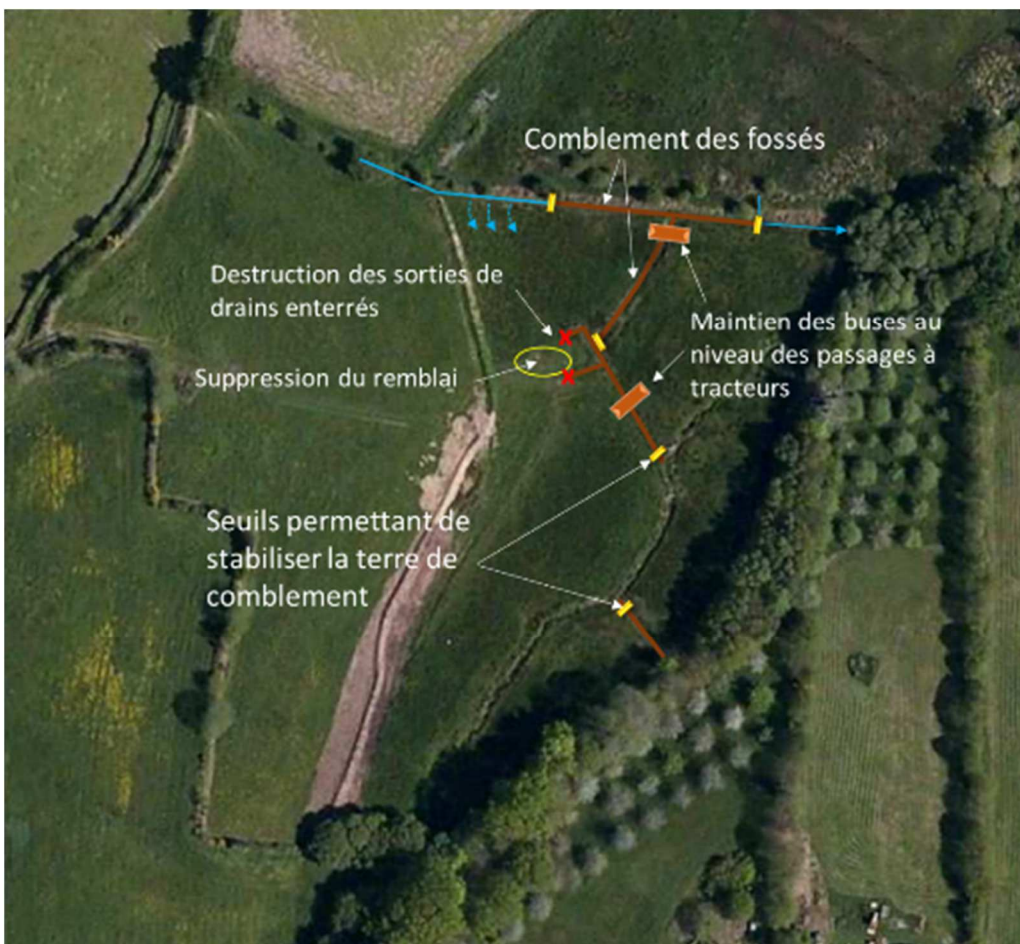


Figure 31 Schéma de principe des travaux de réhabilitation

2.2 Contrainte particulières

- Portance limitée

Le terrain étant paratourbeux, le sol est peu portant. Les travaux ont donc été réalisés en période d'étiage afin d'augmenter la portance et il a été décidé d'utiliser une pelle à chenilles larges. L'engin retenu est une pelle 8 tonnes, munie de chenilles caoutchouc 2210 x 450 mm, représentant une pression au sol de 0.402 kg/cm² (= 0.402 bar).

- Fossés classés en cours d'eau

Les fossés de drainage ayant été classés en cours d'eau lors de l'inventaire départemental des cours d'eau, une expertise ONEMA a été réalisée afin de les requalifier en fossés.

- DIG (protocole simplifié)

Les travaux étant réalisés avec des fonds publics sur un terrain privé, une procédure de déclaration d'intérêt général a été nécessaire. Le projet rentrait dans un contexte de procédure simplifiée, selon la loi Warzmann du 22 mars 2012, du fait de l'absence d'expropriation ou d'investissement financier des propriétaires.

- Présence d'espèces protégées

La présence de Campagnol amphibie, de Crossope aquatique et de Triton palmé sur le site a nécessité la rédaction d'un dossier d'incidence à destination des services de la DDTM, justifiant de la mise en place de mesures d'évitement et de l'absence d'impact significatif sur les populations locales.

2.3 Modalité de réalisation

Les travaux ont été réalisés en régie par la Communauté de Commune du Pays Fouesnantais.

Une pelle 8 tonnes a été louée et un conducteur de pelle de la CCPF a été mobilisé pendant deux jours.

Les travaux se sont déroulés sur deux jours.

3 Mise en œuvre des travaux

La présence de Campagnol amphibie dans les fossés de drainage et des galeries dans leurs berges, a nécessité une prise de précautions particulières afin d'éviter au maximum les impacts sur les individus présents. Les mesures à prendre ont été discutées avec le GMB au préalable et le chantier a été suivi par un de leurs chargés de missions.

Une fauche rase des berges a été réalisée 10 jours avant les travaux afin de rendre le milieu moins attractif pour le Campagnol. Durant les travaux, l'ensemble des opérations a été réalisée lentement de façon à permettre la fuite des individus. Une personne suit les mouvements de la pelle et repère les animaux découverts ou mis en fuite par le décapage afin de les chasser hors de la zone de travaux, vers le cours d'eau.



Fauche 10 jours avant travaux



Surveillance attentive des mouvements de la pelle



Décapage du haut des berges



Curage du fond du fossé

Le haut et le bord des berges sont décapés en surface et les matériaux mis de côté. Le fond du fossé dans lequel s'est accumulé une vingtaine de centimètres de vase est ensuite curé afin de gagner en stabilité lors du comblement. La vase est également mise de côté séparément.

Ces premiers décapages de surface, réalisés très lentement et par fines couches successives, ont permis de mettre en fuite ou de repérer la petite faune présente. Grâce à ces précautions, cinq Campagnols amphibie et un Campagnol agreste ont pu s'échapper, quatre Crapauds communs en hibernation dans des terriers de Campagnols ont été déplacés, ainsi qu'un orvet, deux Lézards vivipares et trois Courtilières (criquets taupes).



Dépôt des anciens matériaux de curage dans le fossé et léger tassement mécanique



Comblement total du fossé

Les anciens matériaux de curage ayant été déposés sur le côté des fossés lors de leur création, ils sont utilisés pour les combler. Le fossé a été comblé d'amont en aval afin de laisser la possibilité à la faune présente de fuir vers le cours d'eau. Les premières épaisseurs sont tassées à la pelle.



Régalage en surface des boues de curage



Régalage en surface de l'horizon supérieur

Une fois le fossé entièrement comblé, les boues de curage sont reprises et étalées régulièrement en surface. De la même façon, le premier horizon décapé, contenant la végétation et ses racines a été étalé de façon régulière et légèrement lissé afin d'avoir une surface la plus régulière possible pour faciliter l'entretien à venir.

Le fait d'avoir remis en surface le premier horizon décapé a permis une reprise extrêmement rapide de la végétation. La plupart des touffes d'herbe ont repris tel quel et la banque de graines présente a permis une implantation rapide de végétation (principalement de la houlque laineuse) dans les trouées (voir les photos à suivre).



4 Synthèse

- **Durée du chantier**

2 jours – 23 et 24 septembre 2014

- **Contraintes particulières**

- Portance limitée
- Expertise ONEMA sur la nature des fossés
- Présence d'espèces protégées
- DIG (protocole simplifié)

- **Mise en œuvre**

Réalisation en régie avec location d'une pelle 8 tonnes sur chenilles larges.

- **Bilan financier**

560€ + temps conducteur pelle.

Présence d'un technicien du maître d'ouvrage en permanence.



Suivis après travaux – Années 1 & 2

1 Flore et habitats

Flore vasculaire :

Nombre total de taxons observés (2014 + 2016) : 98

Espèces végétales protégées : 0

Espèces végétales rares et/ou menacées (hors espèces protégées) : 0

Espèces végétales invasives : 0

Il existe 64.3 % de similarité entre les deux listes floristiques établies à 2 ans d'intervalle : 12 espèces n'ont pas été revues et 18 sont nouvellement observées. Le fond floristique de la prairie ne semble pas avoir réellement évolué. Les différences semblent plutôt liées à une variation normale de la composition floristique (l'expression des espèces peut différer légèrement en fonction des années).

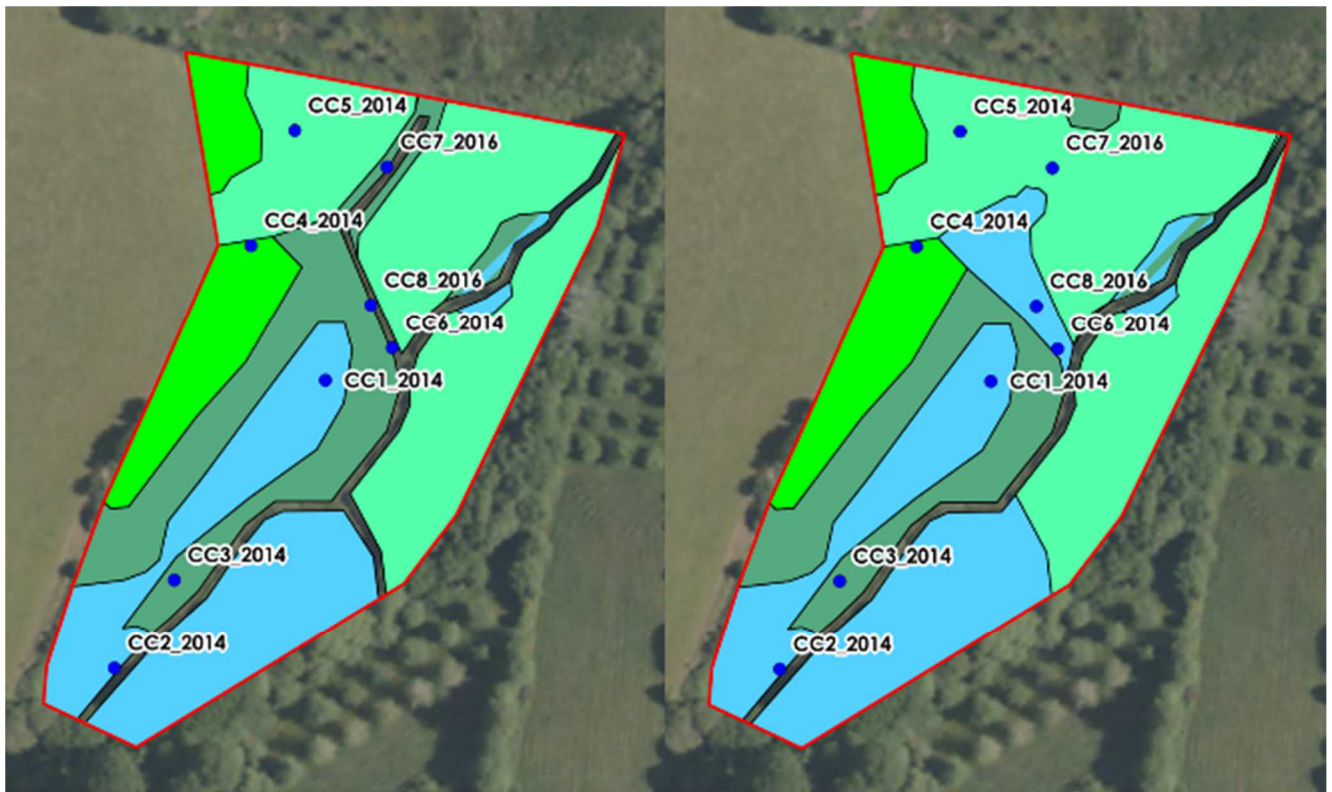
Groupements végétaux :

La cartographie des groupements a été réalisée en 2014 lors de l'état initial et a été renouvelée en 2016, 1 an et demi après les travaux de comblement des fossés de drainage.

Le site est composé d'un mélange de plusieurs types de prairies se répartissant en fonction du niveau topographique et de la trophie du sol (**figure 32**) :

- dans les niveaux supérieurs, à l'entrée de la parcelle ainsi que sur une zone de stationnement des animaux, se développe une prairie eutrophisée (*Agrostietea stoloniferae* - relevé CC4) ;
- dans les niveaux intermédiaires, se développent une prairie eutrophile humide du *Ranunculo repentis* - *Cynosurion cristati* (relevé CC3) et une prairie méso-eutrophile plus diversifiée en espèces (*Junco acutiflori* - *Cynosuretum cristati* - relevés CC5, CC7) ;
- dans les niveaux longuement engorgés en eau, se développe une prairie eutrophile du *Potentillo anserinae* - *Alopecuretum geniculati* souvent dominée par *Ranunculus repens* (relevés CC1, CC2 et CC8).

La répartition des différentes communautés végétales a peu changée entre 2014 et 2016. Les fossés rebouchés avec les horizons de surface du sol (sol prélevé sur le bord des berges) ont été rapidement recolonisés par une végétation prairiale. Une majeure partie des anciens fossés est actuellement occupée par une prairie longuement engorgée souvent riche en Glycérie flottante (*Glyceria fluitans*). Le reste du site à peu changé.



● Relevés phytosociologiques

Groupements végétaux

- Agrostietea stoloniferae
- Junco acutiflori - Cynosuretum cristati
- Potentillo anserinae - Alopecuretum geniculati
- Ranunculo repentis - Cynosurion cristati
- Ranunculo repentis - Cynosurion cristati (50%) x Potentillo anserinae - Alopecuretum geniculati (50%)

Source :
BD Ortho©IGN-2012
Réalisation :
Conservatoire botanique national de Brest,
29/11/2016



0 25 50 m

Figure 32 - Cartographies des groupements végétaux du site expérimental de Coat Carriou en 2014 (à gauche) et en 2016 (à droite)

Transects :

Deux transects perpendiculaires aux anciens fossés ont été réalisés (localisation en **Figure 33**). Les résultats bruts sont présentés en **Annexe 6**.

La comparaison des transects par le calcul de leur similarité (**Figure 34**) montre, comme sur les autres sites expérimentaux, des changements forts dans les zones de travaux (autour des fossés bouchés). Il est normal que la végétation ayant subi des perturbations dans ces zones évolue rapidement. Sur le reste des transects, les relevés sont assez similaires.

Les contributions spécifiques calculées par groupe socio-écologique (**Figure 33**) pour 2014 et 2016 montrent une baisse des espèces prairiales généralistes et des prairiales hygrophiles mésotrophes à eutrophes au profit des espèces des prairies tourbeuses. En effet, le Lotier des marais (*Lotus uliginosus*) et la Renoncule

flammette (*Ranunculus flamula*) apparaissent dans de nombreux quadrats et le Jonc acutiflore (*Juncus acutiflorus*) a son recouvrement qui augmente fortement.

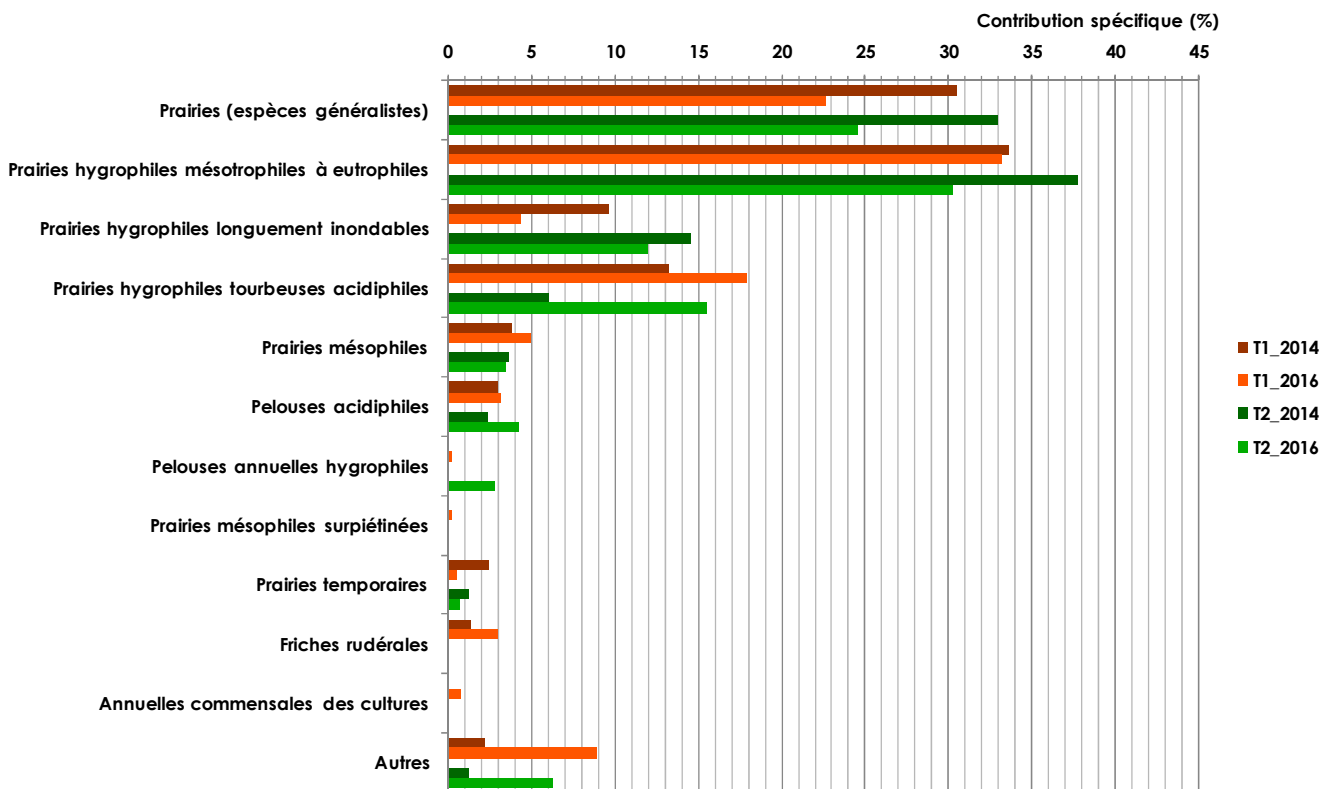
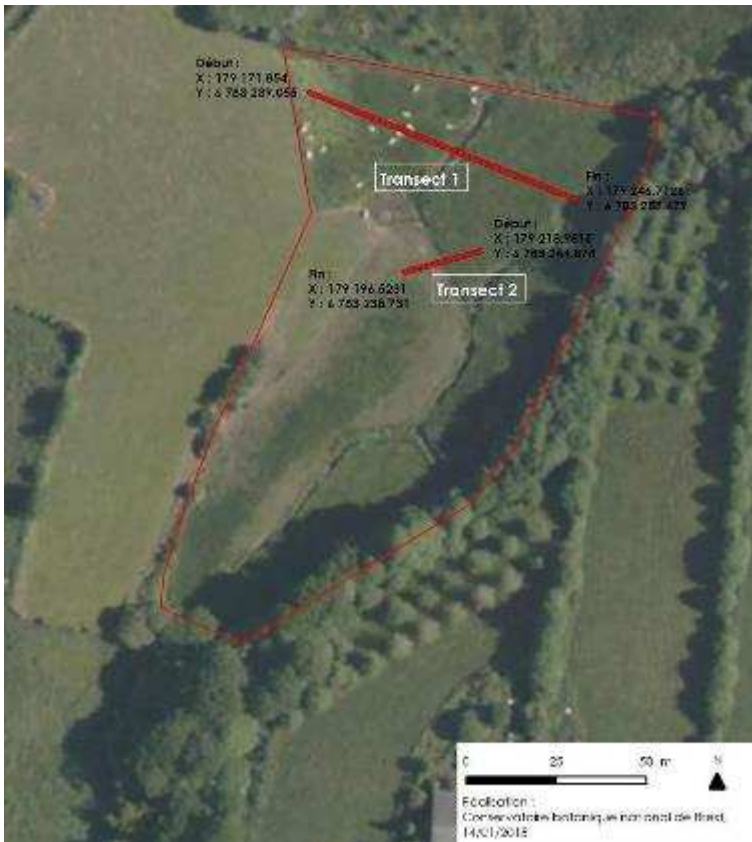


Figure 33 Contributions spécifiques par groupes socio-écologiques (Coat Carriou - Transects 1 et 2)

		Ancien fossé																																						
Transect 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20bis	20ter	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
2014-2015		0.62	0.80	0.58	0.73	0.67	0.73	0.50	0.53	0.67	0.71	0.80	0.89	0.62	0.54	0.80	0.62	0.50	0.60	0.73	0.40			0.37	0.39	0.44	0.71	0.69	0.69	0.75	0.53	0.87	0.69	0.73	0.54	0.70	0.88	0.64	0.73	1.00
2014-2016		0.58	0.75	0.71	0.64	0.47	0.50	0.54	0.47	0.57	0.59	0.53	0.57	0.57	0.57	0.58	0.50	0.46	0.63	0.54	0.47			0.45	0.41	0.50	0.63	0.67	0.63	0.64	0.73	0.88	0.64	0.71	0.41	0.47	0.88	0.50	0.42	0.89

		Ancien fossé											
Transect 2		1	2	3	4	5	5bis	5ter	6	7	8	9	10
2014-2015		0.64	0.64	0.82	0.47	0.54			0.60	0.75	1.00	0.71	0.83
2014-2016		0.75	0.71	0.60	0.35	0.47			0.58	0.71	0.71	0.63	0.86

Figure 34 Similarité des transects 1 et 2 entre 2014-2015 et entre 2014-2016 (Coat Carriou)

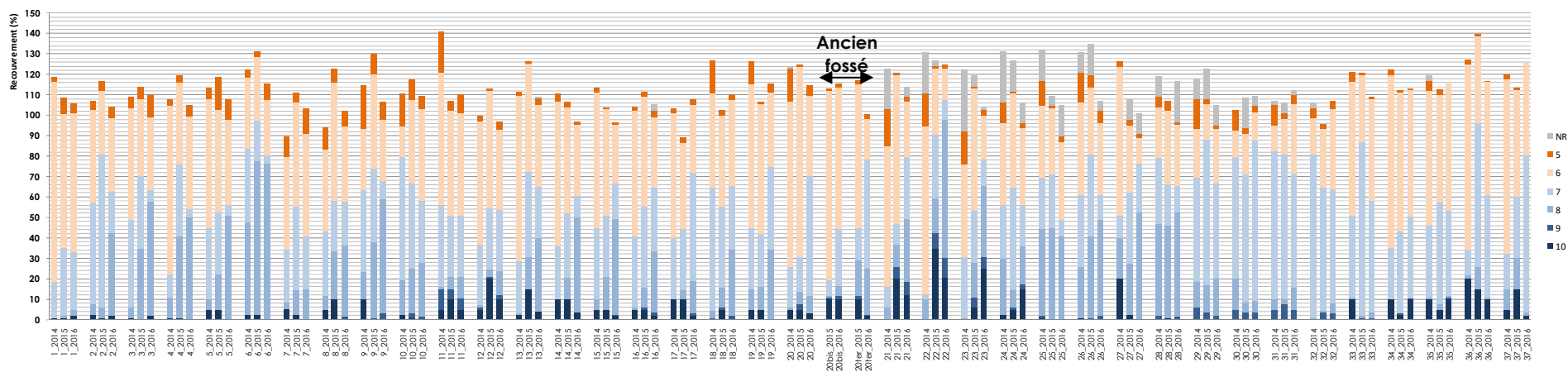


Figure 35 Evolution du facteur humidité (F) entre 2014 et 2016 (Coat Carriou - Transect 1) (voir échelle des valeurs en Annexe 7)

F _{moy}	2014	2015	2016
5	8.4	3.3	3.9
6	54.7	47.4	38.2
7	33.8	38.1	30.6
8	9.7	16.4	28.1
9	0.9	1.5	1.7
10	4.5	6.2	4.0
NR	4.1	2.2	2.2

	Transect 1	Transect 2
S _{moy} 2014	9.8	8.2
S _{moy} 2016	12.9	11.8

Figure 36 Richesse spécifique moyenne par quadrat (Coat Carriou - Transects 1 et 2)

Figure 37 Recouvrement spécifique moyen par classe (voir échelle des valeurs en Annexe 7)

L'analyse de l'évolution du facteur humidité (F) le long du transect 1 (**Figure 35 et 37**) montre une baisse des espèces les moins hygrophiles (classes d'humidité 5 à 7) et une augmentation de la part des espèces les plus hygrophiles (classes d'humidité 8 à 10), particulièrement pour les espèces de la classe 8 (sols humides régulièrement engorgés en eau). Cette augmentation est principalement liée à la forte augmentation du recouvrement du Jonc acutiflore (*Juncus acutiflorus*) sur l'ensemble du transect. Sur la figure 34, on observe, en 2015 et 2016, une forte progression des espèces les plus hygrophiles au niveau de l'ancien fossé ainsi que derrière celui-ci. Cette augmentation est en lien avec les travaux de rebouchage du fossé durant l'hiver 2014 qui ont consisté à reprendre les anciens résidus de curage déposés sur le bord du fossé pour le combler. La quantité de matériaux ayant été insuffisante, cela a créé une dépression où l'eau stagne plus longtemps. Ces conditions ont été favorables à l'installation et au développement de la Glycérie flottante (*Glyceria fluitans*) et du Jonc acutiflore sur cette zone, espèces indicatrices de sols très hydromorphes (indices d'humidité de 10 et 8).

Synthèse des observations :

La végétation du site expérimental de Coat Carriou semble avoir légèrement évolué entre 2014 et 2016. Le fond floristique de la prairie à l'échelle de la parcelle ne semble pas avoir réellement évolué mais les travaux de réhabilitation de la zone humide semblent déjà avoir eu des effets dans certains secteurs avec l'apparition d'espèces hygrophiles absentes auparavant de ces endroits. De plus, le recouvrement de certaines espèces telles que le Jonc acutiflore a fortement augmenté sur l'ensemble du profil étudié. On observe également une augmentation du nombre moyen d'espèces par quadrat indiquant une diversification de la prairie en place (**Figure 37**). **Les suivis devront se poursuivre pour confirmer les premières tendances observées.**

2 Faune

2.1 Batraciens

Passage 1 : 30 janvier 2015

Bufo spinosus (Daudin, 1803), **Crapaud épineux** : 1 femelle prédatée au cœur de la parcelle

Rana temporaria (Linnaeus, 1758), **Grenouille rousse** : 1 ponte dans le fossé près du talus au nord du site ainsi qu'une autre ponte et de nombreux têtards au niveau de 4 piquets piézométriques.

Passages des 8 mars et 11 avril 2016

Rana temporaria (Linnaeus, 1758), **Grenouille rousse** : nombreux têtards le long du fossé au nord de la parcelle plutôt sur substrat végétalisé.

Bufo spinosus (Daudin, 1803), **Crapaud épineux** : nombreux têtards le long du fossé au même endroit mais plutôt sur sol nu.

Salamandra salamandra (Linnaeus, 1758), **Salamandre tachetée** : une larve pêchée dans une ornière, au cœur de la prairie.

Tableau 9 Synthèse des observations de batraciens sur le site de Coat Carriou

Nom latin	Nom commun	2014	2015	2016
<i>Bufo spinosus</i>	Crapaud épineux		X	X
<i>Rana temporaria</i>	Grenouille rousse	X	X	X
<i>Salamandra salamandra</i>	Salamandre tachetée			X

Les travaux engagés à l'été 2014 semblent avoir été favorables à la Grenouille rousse qui a exploité sans attendre les nouvelles flaques temporaires disponibles. La seconde année de prospection confirme cette colonisation du site par l'espèce.

La présence de la salamandre tachetée devra être confirmée dans les années à venir.



Larve de salamandre tachetée et Ponte de Grenouille rousse – Stéphane Wiza

2.2 Invertébrés

Tableau 10 Liste des invertébrés observés sur Coat Carriou en 2014 et 2015

Espèces					Année	
Nom latin	Nom commun	CR29	LPIDA	TVB	2014	2015-2016
Rhopalocères						
<i>Aglais io</i>	Paon du jour	TC				X
<i>Aglais urticae</i>	Petite tortue	C			X	X
<i>Anthocharis cardamines</i>	Aurore	C			X	
<i>Aphantopus hyperantus</i>	Tristan	AC				X
<i>Aricia agestis</i>	Collier de corail	AC				X
<i>Celastrina argiolus</i>	Azuré des nerpruns	C			X	X
<i>Coenonympha pamphilus</i>	Fadet commun	C				X
<i>Colias crocea</i>	Souci	C			X	X
<i>Erynnis tages</i>	Point de Hongrie	AC				X
<i>Gonepteryx rhamni</i>	Citron	C			X	X
<i>Lasiommata megera</i>	Mégère	C			X	
<i>Lycaena phlaeas</i>	Cuivré commun	C			X	
<i>Maniola jurtina</i>	Myrtil	TC			X	X
<i>Ochlodes sylvanus</i>	Sylvaine	C			X	
<i>Pararge aegeria</i>	Tircis	TC			X	X
<i>Pieris sp.</i>	Piéride non déterminée					X
<i>Pieris brassicae</i>	Piéride du chou	TC			X	X
<i>Pieris napi</i>	Piéride du navet	TC			X	X
<i>Pieris rapae</i>	Piéride de la rave	TC			X	
<i>Polyommatus icarus</i>	Azuré commun	C				X
<i>Pyronia tithonus</i>	Amaryllis	TC			X	X
<i>Thymelicus lineola</i>	Hespérie du dactyle	AC			X	X
<i>Thymelicus sylvestris</i>	Hespérie de la houque	PC			X	
<i>Vanessa cardui</i>	Belle - dame	C				X
Odonates						
<i>Calopteryx virgo</i>	Caloptéryx vierge	TC			X	X
<i>Cordulegaster boltonii</i>	Cordulégastré annelé	C	X		X	X
<i>Libellula sp.</i>	Libellule sp.				X	
<i>Orthetrum coerulescens</i>	Orthétrum bleuissant	AC			X	
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	Nymphe au corps de feu	TC			X	X
Hétérocères						
<i>Adscita statices</i>	Turquoise				X	X
<i>Autographa gamma</i>	Lambda					X
<i>Calliteara pudibunda</i>	Patte étendue				X	
<i>Chrysoteuchia culmella</i>	Crambus des jardins					X
<i>Nomophila noctuella</i>	Pyrale de la Luzerne					X
<i>Rivula sericealis</i>	Soyeuse				X	X
<i>Tymandra comae</i>	Tymandre aimée				X	X
<i>Xantia icteritia</i>	Xanthie cirée				X	
<i>Zygaena trifolii</i>	Zygène du trèfle				X	
Orthoptères						
<i>Chorthippus albomarginatus</i>	Criquet marginé	AC			X	X
<i>Chorthippus biguttulus</i>	Criquet mélodieux	C			X	X
<i>Chorthippus brunneus</i>	Criquet duettiste	C			X	
<i>Pseudochorthippus parallelus</i>	Criquet des patures	TC			X	X
<i>Conocephalus dorsalis</i>	Conocéphale des roseaux	AC	X	X	X	X
<i>Conocephalus fuscus</i>	Conocéphale bigarré	C			X	X
<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>	Courtillière commune	R	X		X	
<i>Gryllus campestris</i>	Grillon champêtre	C				X
<i>Pholidoptera griseoaptera</i>	Decticelle cendrée	C				X
<i>Roeseliana roeselii</i>	Decticelle bariolée	C			X	X
<i>Stethophyma grossum</i>	Criquet ensanglanté	PC	X		X	X
<i>Tetrix undulata</i>	Tétrix des clairières	AC			X	X
<i>Tettigonia viridissima</i>	Grande sauterelle verte	C			X	X
LPIDA = Liste Provisoire des Invertébrés Déterminants Armoricaux (GRETIA, Contrat Nature 1999)						
Classe de rareté départementale d'après Synthèse des connaissances faunistiques du Finistère (Bretagne Vivante Pasco et Pfaf)						
RR = Très rare		R = Rare	AR = Assez rare	AC = Assez Commun		
TVB = Liste des espèces guides pour le Schéma Régional des Continuités Écologiques en Bretagne						

Groupe taxonomique	2014	2015-2016	Cumulé
Papillons de jour	16	16	23
Odonates	5	3	5
Orthoptères	11	11	13

Aphantopus hyperantus (Linnaeus, 1758), le **Tristan** est un papillon typique des vallons humides ouverts, des lisières et des milieux frais. Il a été trouvé cette année de façon assez logique. Le singularisme du site et sa plus-value reposent incontestablement sur ses populations d'orthoptères dont 3 au moins sont patrimoniales et/ou indicatrices. Non seulement elles sont présentes mais leurs effectifs semblent importants, plus particulièrement en ce qui concerne *Conocephalus dorsalis* (Latreille, 1804), le **Conocéphale des Roseaux** et *Stethophyma grossum* (Linnaeus, 1758), le **Criquet ensanglanté**.

La seule observation supplémentaire en 2016 correspond au Paon du jour, *Aglais io*.

Sur le site de Coat Carriou, les cortèges d'orthoptères liés aux milieux humides (*Conocephalus dorsalis*, *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Chorthippus albomarginatus*, *Stethophyma grossum*, *Tetrix ceperoi* ...) sont bien conservés avec peu d'évolution entre avant et après travaux du fait que la végétation présentait déjà un caractère très marqué de prairie humide avant travaux.



Accouplement Criquet ensanglanté – 060915 – Coat Carriou – Stéphane Wiza

2.3 Mammifères semi-aquatiques

Campagnol amphibie

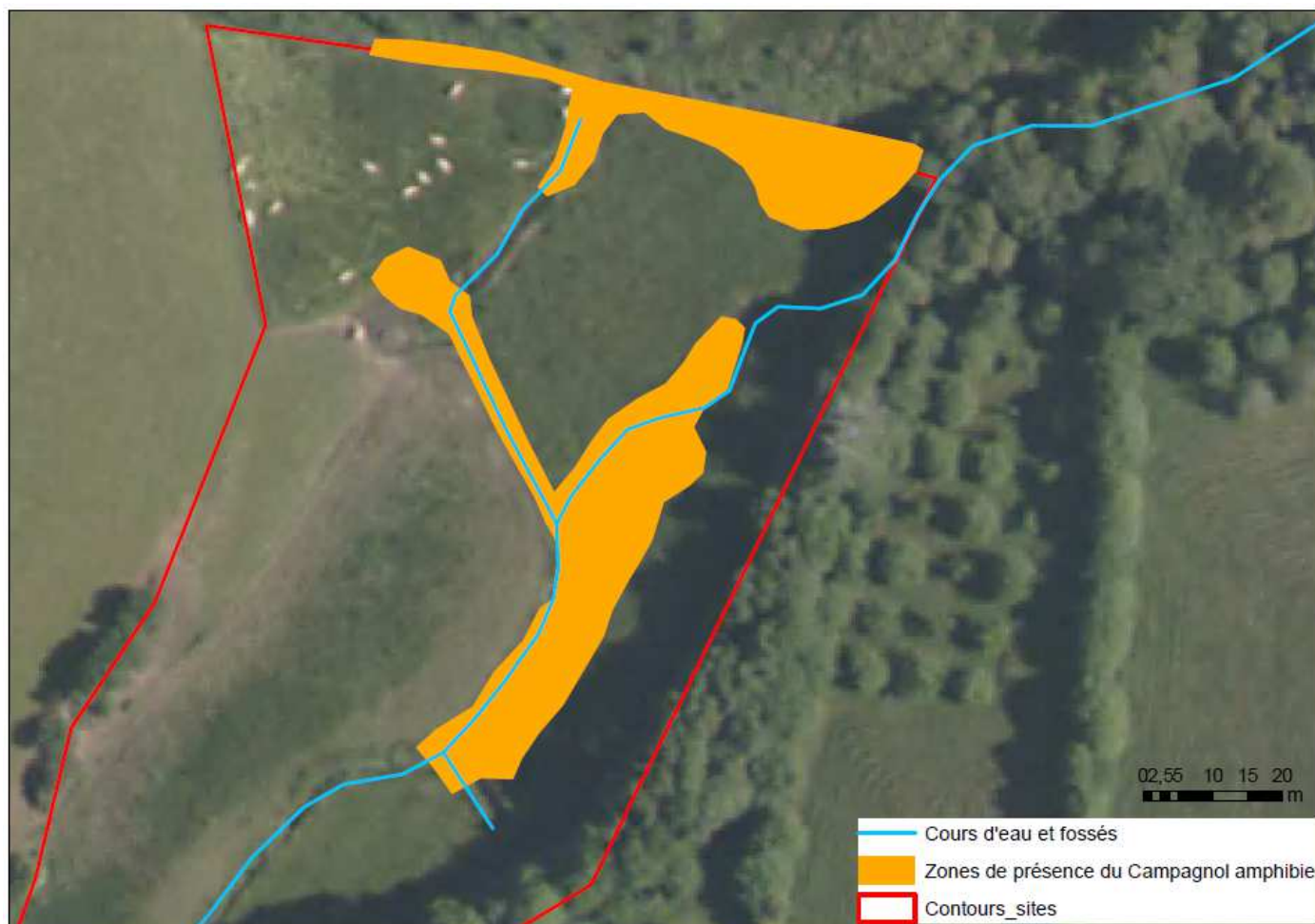


Figure 38. Localisation des zones de présence du Campagnol amphibie en mai 2015.

Le campagnol amphibie est toujours présent en forte densité sur le site en 2015 (Figure 38). Les traces de présence étaient plus denses le long du fossé nord et en particulier dans la partie nord-est. L'espèce continue à se déplacer et à se nourrir dans les dépressions qui se sont formées à l'emplacement des anciens fossés et remonte jusqu'à la source.

En 2016, l'occupation du fossé nord avait largement diminué surtout dans la partie comprise entre l'ancien fossé central et le cours d'eau, où le ragondin est bien implanté. Une campagne de régulation du ragondin lancée par la CCPF en 2016 devrait permettre d'éviter la poursuite du remplacement du Campagnol par cette espèce.

Crossope aquatique

Des crottes de l'espèce ont été retrouvées en bord de cours d'eau lors d'inventaires réalisés à l'aide de tubes relevés le 19/05/15 après avoir été laissés une semaine sur place.

La recherche de l'espèce n'a pas été réitérée en 2016 du fait de la lourdeur de la mise en place du dispositif de détection en relation aux résultats obtenus. Le milieu n'ayant pas évolué en bord de cours d'eau, là où l'espèce est rencontrée, entre les 2 années nous avons considéré que sa présence en 2015 montre que les travaux n'ont pas impacté l'espèce.

2.4 Espèce invasives

Le ragondin, dont quelques traces étaient présentes avant travaux, semble s'être installé sur le site sur le fossé nord où de nombreuses crottes sont observées ainsi que des plages d'abrutissement. Il est fortement possible qu'il entre en concurrence avec le Campagnol amphibie au niveau de l'occupation de l'espace sur ce fossé.

On observait en 2016 de nombreuses plages d'abrutissement le long du fossé et du cours d'eau. Des galeries sont également présentes dans les berges.

Une campagne de régulation de l'espèce a été lancée par la Communauté de communes du Pays fouesnantais en 2016.

3 Fonctionnement hydraulique

3.1 Hydropériode

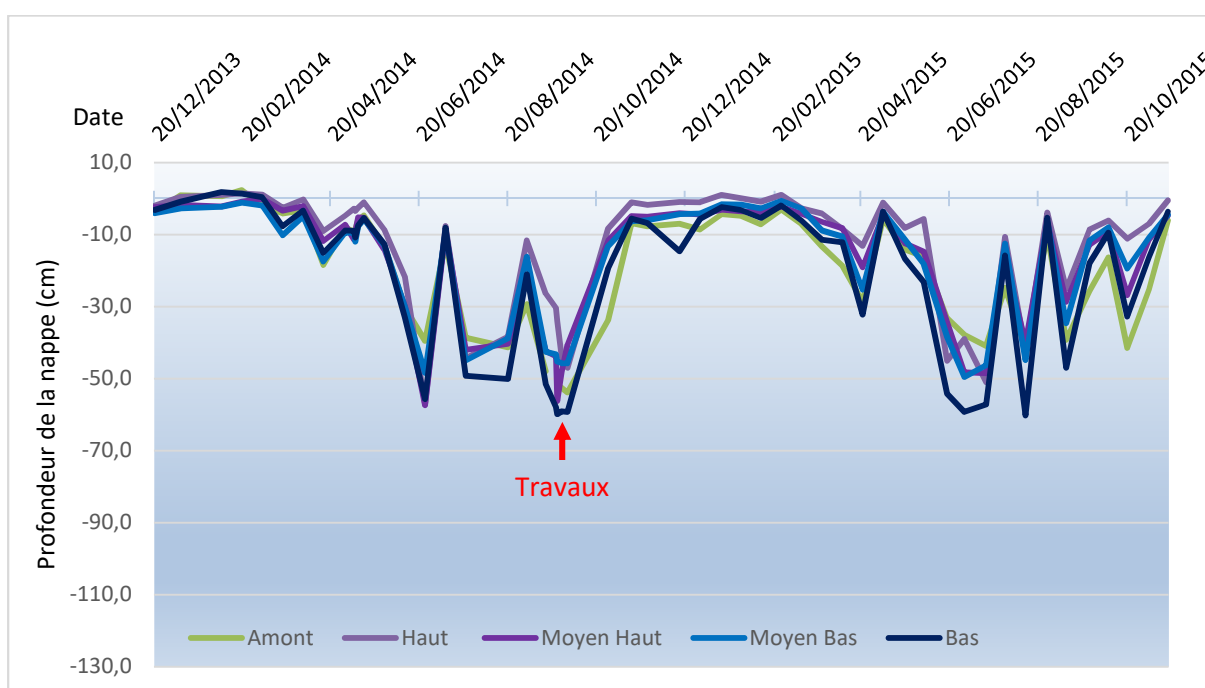


Figure 39. Evolution temporelle du niveau de nappe sur le site pilote de Coat Carriou. Les courbes correspondent à la moyenne du niveau de nappe sur les trois piézomètres d'un même niveau.

Les niveaux piézométriques à l'étiage après travaux sont légèrement (10 cm) plus haut dans les piézomètres les plus près du fossé comblé (Fig. 39), mais on observe ce même étiage moins sévère sur la partie amont du site témoin (Fig. 40). On ne peut donc pas conclure que cette différence est liée aux travaux.

Par ailleurs, les analyses statistiques (analyse de dispersion et comparaison de moyennes) ne montrent pas de différence de niveau d'eau avant et après travaux dans les piézomètres.

Cependant, les observations visuelles sur site montrent une saturation en eau du sol accrue sur d'autres secteurs du site, et notamment sa partie sud, qui était restée saturée en eau toute l'année 2016, rendant la fauche impossible alors qu'elle l'était avant le comblement des fossés.

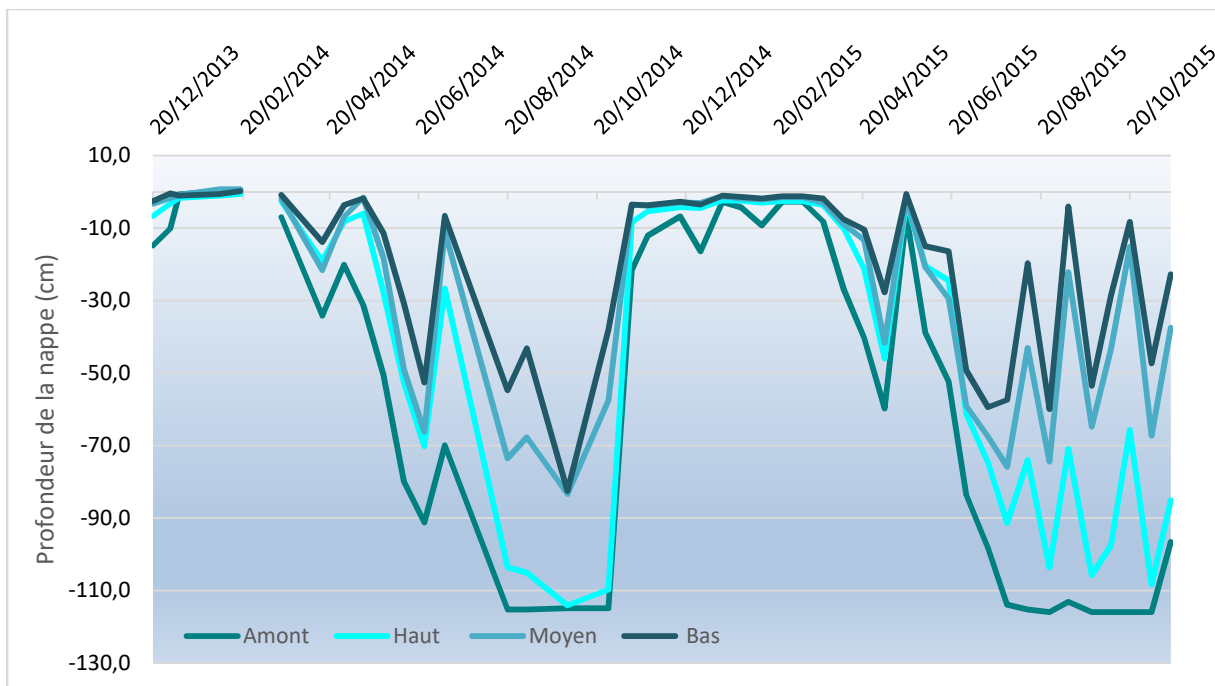


Figure 40. Evolution temporelle du niveau de nappe sur le site témoin de Coat Carriou. Les courbes correspondent à la moyenne du niveau de nappe sur les trois piézomètres d'un même niveau.

3.2 Evolution des niveaux moyens de la nappe après travaux

Bien qu'aucune différence statistiquement significative ne soit observée après travaux sur le niveau moyen annuel de la nappe d'eau mesurée dans les différents piézomètres, on peut tout de même noter quelques différences dans la répartition de ces niveaux.

Le site témoin nous donne un aperçu des variations interannuelles naturelles de la nappe. En 2015, une baisse de la médiane et une augmentation de la taille des parties basses des boîtes nous montre une année plus sèche qu'en 2014 avec des étiages plus sévères sur l'amont de la zone humide. La nappe de la partie haute de la zone témoin montre un niveau relativement stable d'une année sur l'autre.

Ceci ne se vérifie pas sur le site pilote où l'amont reste inchangé. Le haut de la parcelle et le niveau moyen haut montrent une diminution du niveau d'eau médian sur 3 piézomètres (P4, P5 et P9), couplé à une augmentation des niveaux des quartiles et centiles bas, montrant une diminution générale du niveau de nappe, mais un étiage moins sévère qu'en 2014. Sur les trois autres piézomètres (P6, P7 et P8) on observe une augmentation du niveau médian de la nappe accompagnée de la même augmentation de niveau du premier quartile bas, montrant une augmentation général du niveau de nappe et une augmentation du niveau de nappe en 2015 à l'étiage.

Sur le site témoin, les parties moyenne et basse montrent des niveaux médians légèrement plus bas ou stables, mais des étiages stables ou moins sévères en 2015 qu'en 2016. Ceci est également observé dans le niveau bas de la zone pilote.

La zone moyenne basse du site pilote, en aval du fossé ayant été comblé, montre une légère augmentation du niveau médian de la nappe et une augmentation des quartiles et centiles inférieurs. Sur ces piézomètres on observe donc à la fois une augmentation générale du niveau de nappe et des étiages moins sévères.

Ces résultats montrent donc globalement une petite hausse du niveau de la nappe de part et d'autre du fossé ayant été comblé accompagné d'une hausse des niveaux à l'étiage.

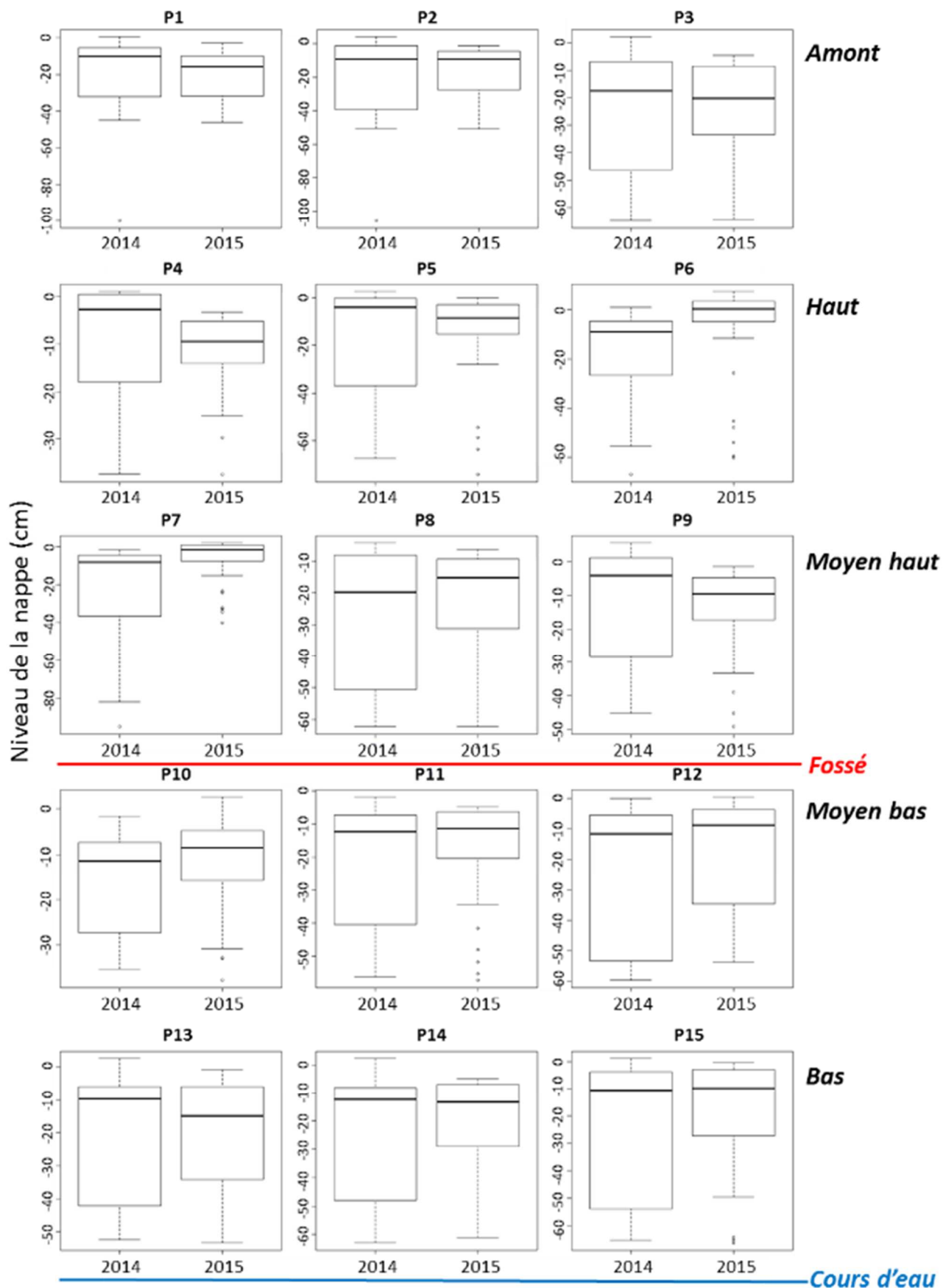


Figure 41 Distribution des niveaux de la nappe dans chacun des piézomètres du site pilote de Coat Carriou avant (2014) et après (2015) travaux

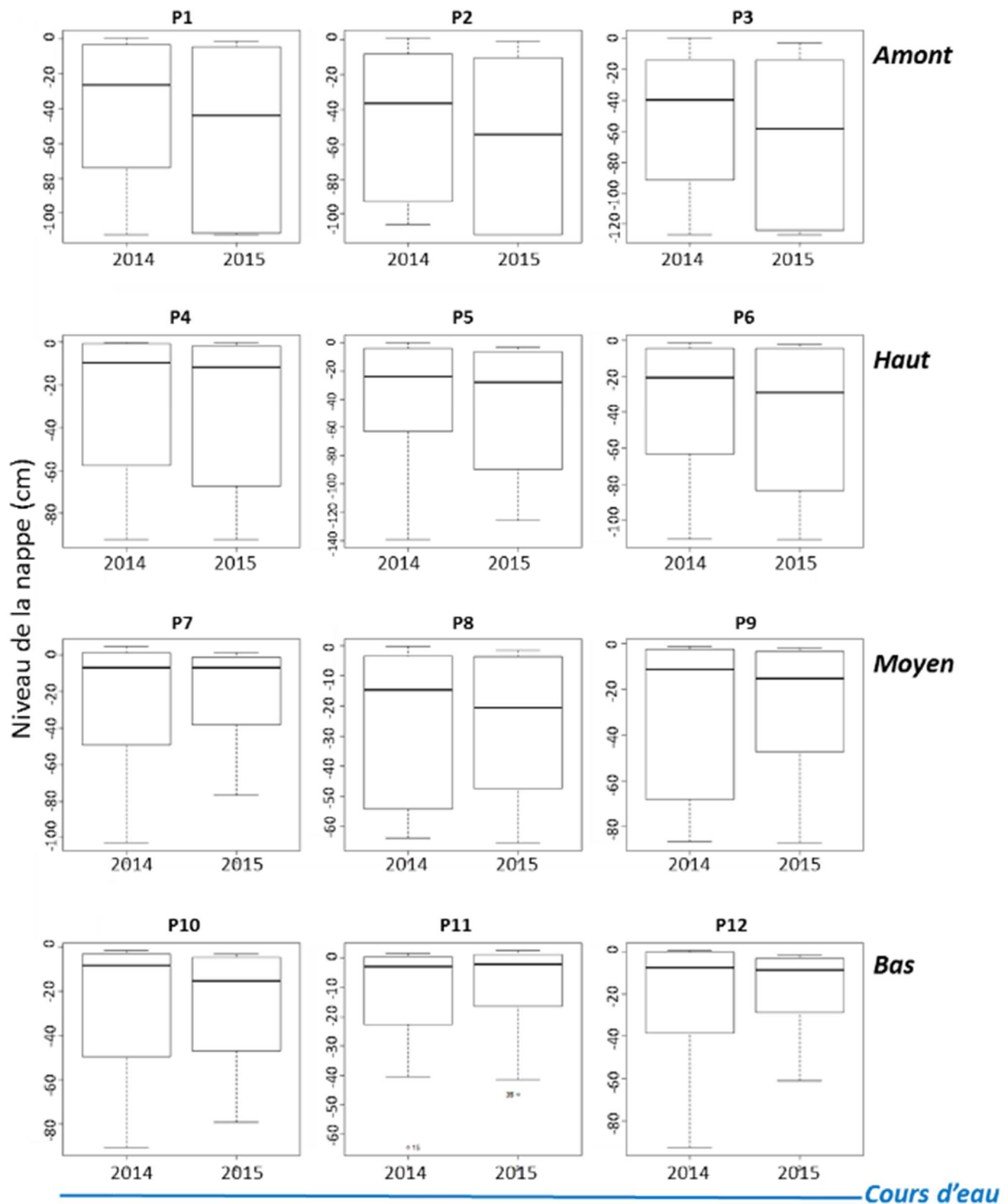


Figure 42 Distribution des niveaux de la nappe dans chacun des piézomètres du *site témoin* de Coat Carriou avant (2014) et après (2015) travaux

Interprétation de la boîte à moustache

La barre centrale du graphique sous forme de boîte à moustache représente la médiane des niveaux de nappe (il existe autant de valeurs supérieures qu'inférieures à cette valeur parmi les mesures réalisées). La boîte représente 50% des données : un quart des observations ont des valeurs plus petites que le bord inférieur et trois quart ont des valeurs plus grandes, le bord supérieur suit le même raisonnement. Les pieds représentent les 5^e et 95^e centiles et les points les valeurs isolées.

4 Fonctionnement biogéochimique

4.1 Azote minéral du sol

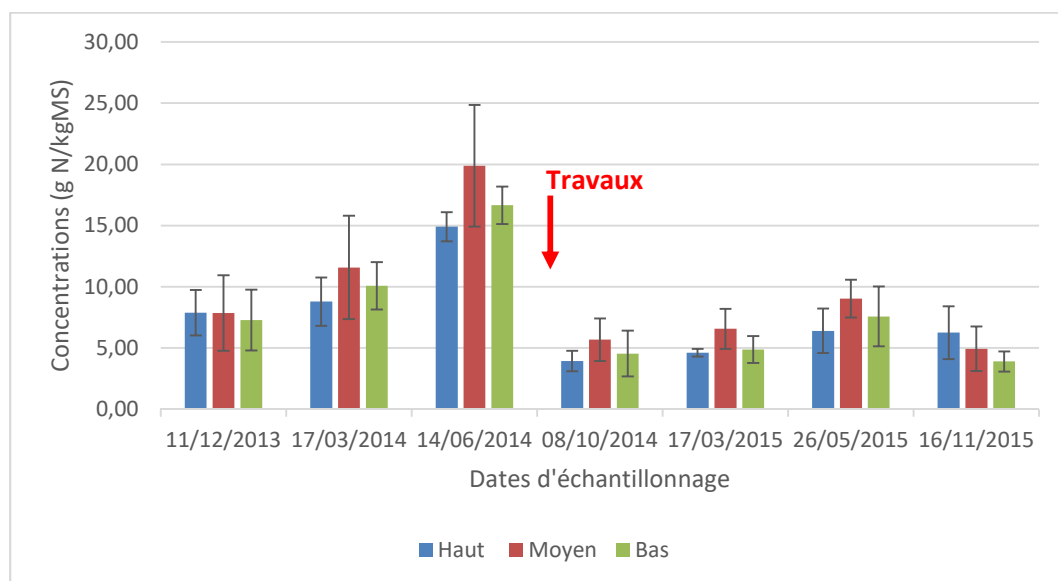


Figure 43. Evolution spatio-temporelle des teneurs en **ammonium** du sol dans la zone humide de **Coat Carriou** (moyenne \pm erreur standard, $n=3$).

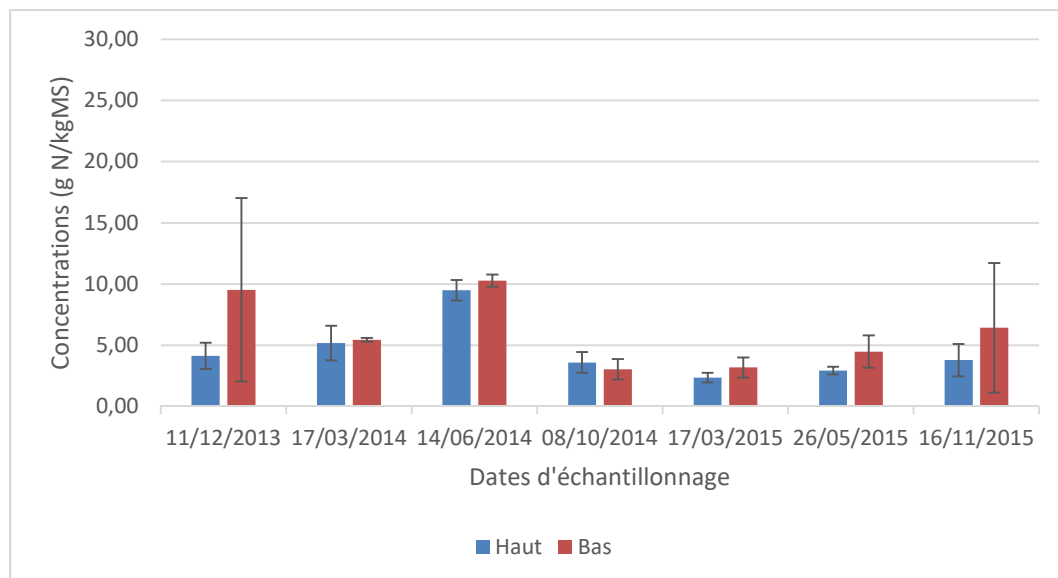


Figure 44. Evolution spatio-temporelle des teneurs en **ammonium** du sol dans la zone humide **témoin** de Coat Carriou (moyenne \pm erreur standard, $n=3$).

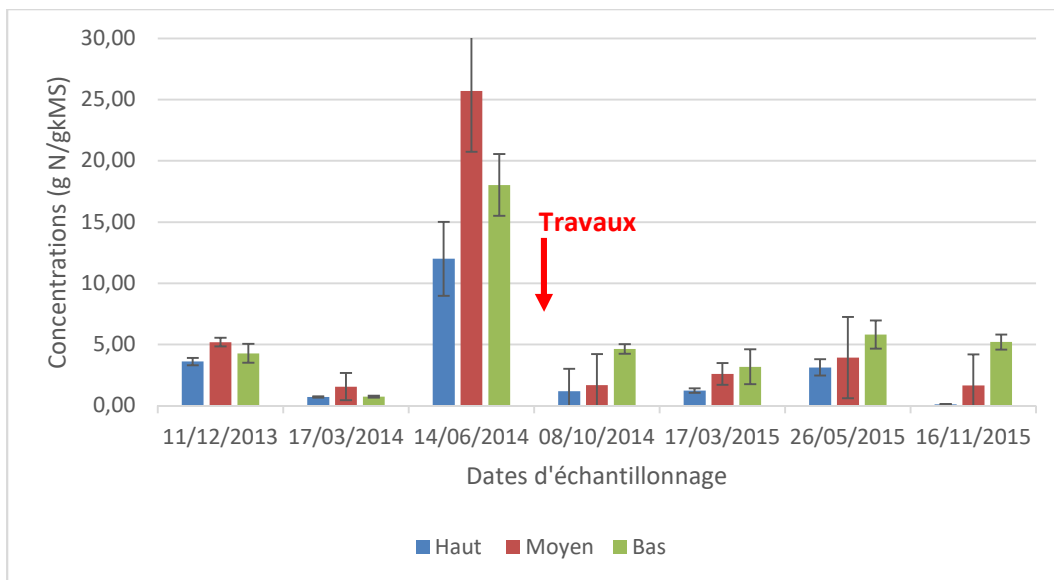


Figure 45. Evolution temporelle des teneurs en **nitrate** du sol en fonction du niveau dans la zone humide de **Coat Carriou** (moyenne \pm erreur standard, $n=3$).

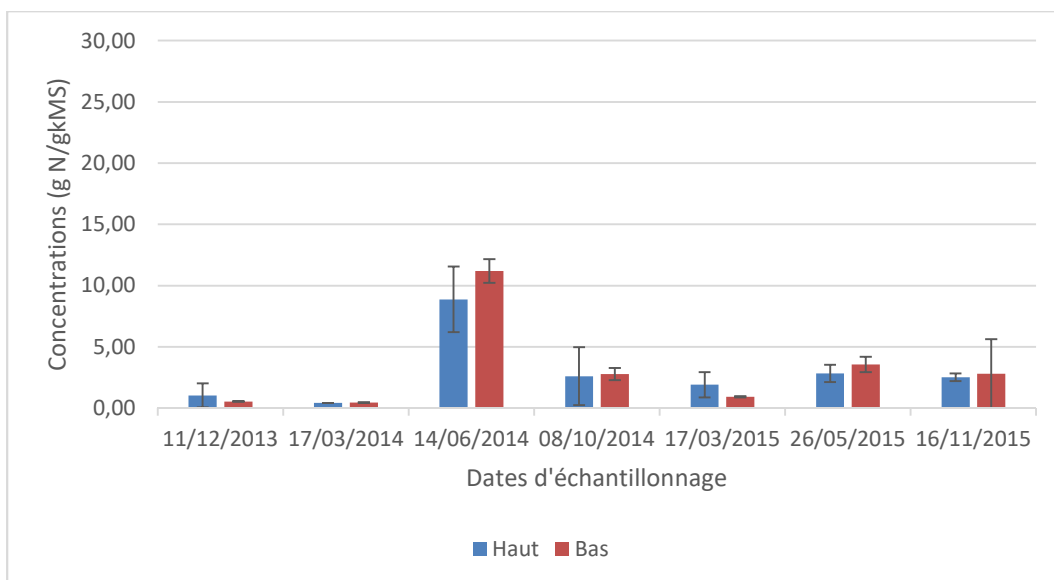


Figure 46. Evolution temporelle des teneurs en **nitrate** du sol en fonction du niveau dans la zone humide **témoin** de Coat Carriou (moyenne \pm erreur standard, $n=3$).

Que ce soit pour le nitrate ou l'ammonium contenu dans le sol, les valeurs avant travaux sont supérieures à celles observées après travaux. Néanmoins, cette même tendance est observée sur le site témoin. Elle est donc liée à une variation interannuelle des processus biogéochimiques liée à la météorologie et non pas aux travaux.

4.2 Evolution des concentrations d'azote au travers de la zone humide

L'évolution des concentrations en azote de la nappe d'eau à travers la zone humide a été mesurée à l'aide de trois transects de 5 piézomètres placés dans le sens de la plus grande pente des sites pilotes et trois transects de 4 piézomètres sur le site témoin.

La moyenne des trois piézomètres par niveau est présentée ici. Les concentrations individuelles de chaque piézomètre sont présentées en annexe 2, permettant de visualiser la variabilité spatiale des concentrations.

Les moyennes ont été comparées à l'aide d'un test statistique non paramétrique, les données ne répondant pas aux exigences de normalité de leur répartition. Une comparaison de moyennes de Kruskal-Wallis a été réalisée, suivi le cas échéant d'une comparaison deux à deux (Wilcoxon apparié).

4.2.1 L'ammonium

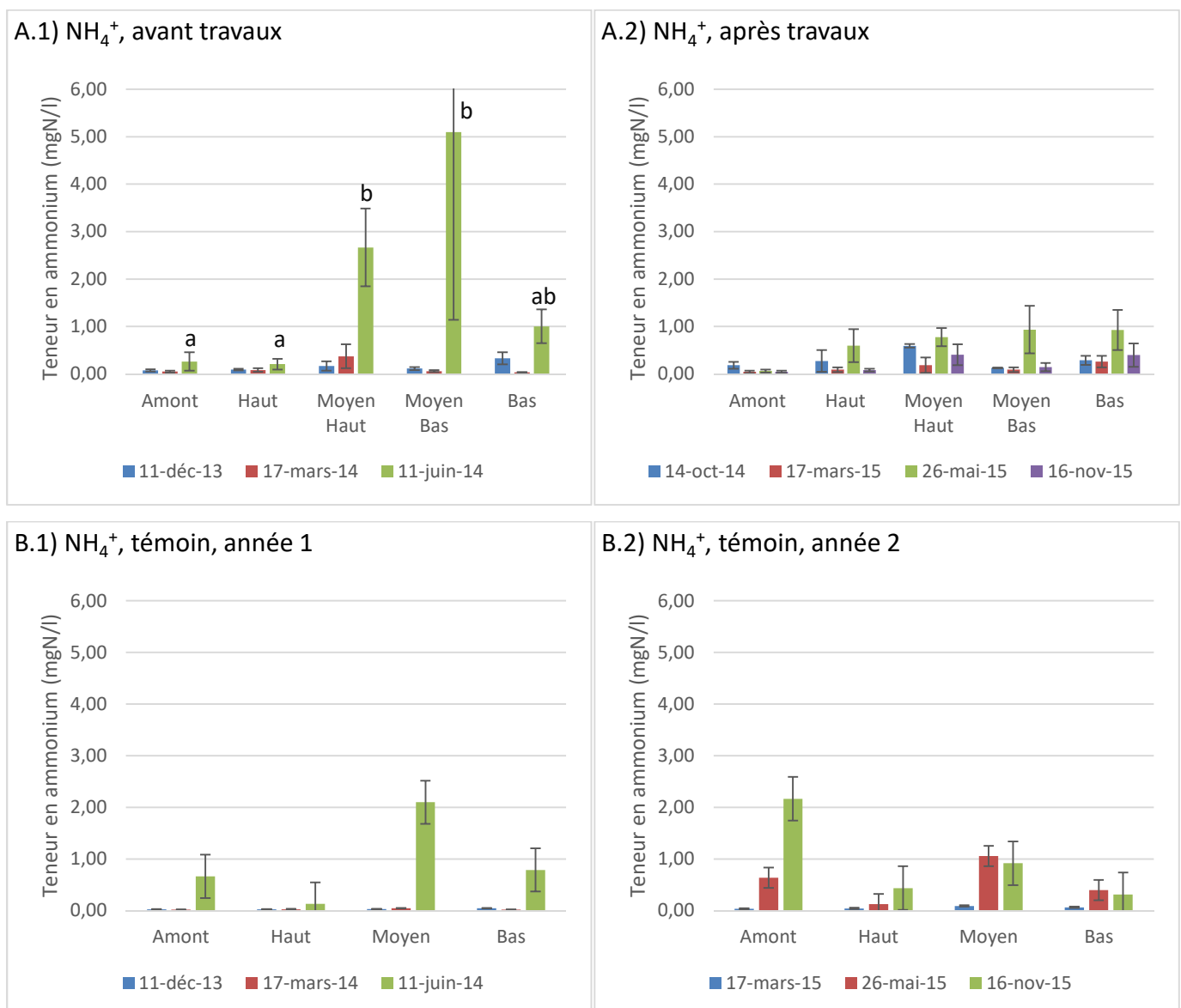


Figure 47 Evolution des concentrations en ammonium dans la nappe au travers la zone humide (moyenne \pm err std, n=3), dans les sites pilote (A) et témoin (B), avant (1) et après (2) travaux. Les lettres différentes marquent les différences significatives des concentrations moyennes entre piézomètres des différents niveaux pour une même date.

On observe des concentrations en ammonium relativement stables dans la nappe qui traverse la zone humide, que ce soit sur le site pilote ou le site témoin, avec des valeurs qui restent globalement sous 1 mgN/l. Juin 2014 présente

une exception, avec une augmentation des concentrations en ammonium dans les piézomètres moyens sur les deux sites, plus marquée sur le site pilote. Les concentrations redescendent dans la partie basse, limitant les fuites vers le cours d'eau. Il n'y a pas de différence marquée de patron des concentrations après travaux par rapport à la situation observée avant.

4.2.2 Le nitrate

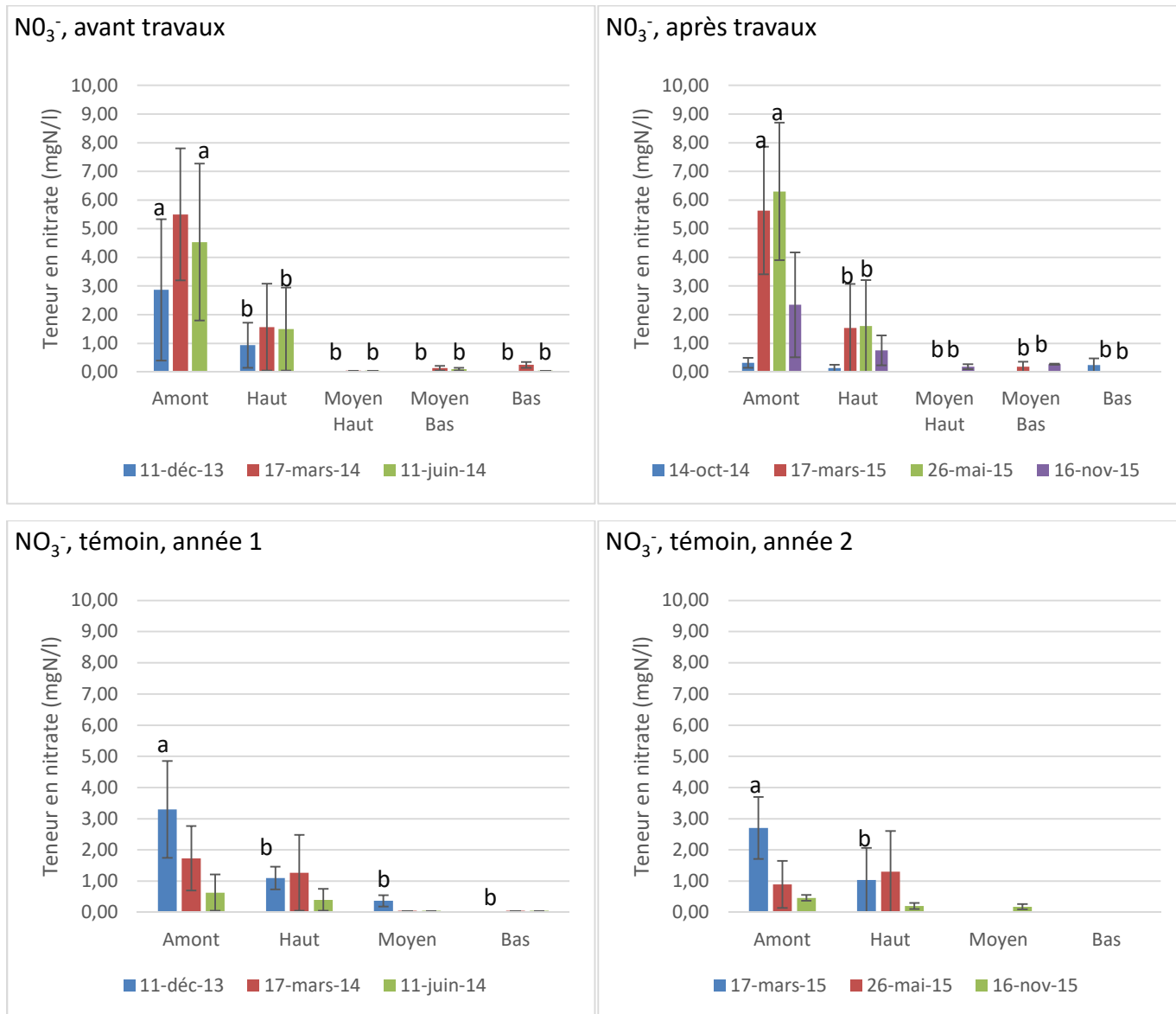


Figure 48 Evolution des concentrations en nitrate dans la nappe au travers la zone humide (moyenne ± err std, n=3), dans les sites pilote (A) et témoin (B), avant (1) et après (2) travaux. Les lettres différentes marquent les différences significatives des concentrations moyennes entre piézomètres des différents niveaux pour une même date.

Les concentrations en nitrate diminuent significativement à chaque campagne d'échantillonnage entre l'amont et les piézomètres dans la zone humide.

La diminution de la teneur de l'eau en nitrate est très nette entre les deux premières rangées et entre la seconde et la troisième où on passe à des concentrations en nitrate de l'eau proche du seuil ou en dessous du seuil de détection des méthodes analytiques (0,1 mgN/l) pour des valeurs en entrée de zone humide comprises entre 0,5 et 10 mgN/l. Le même schéma est observé dans le site témoin.

Le haut de la zone humide, que ce soit sur le site pilote ou le site témoin est l'endroit où l'abattement d'azote est le plus efficace, conformément à ce qui est décrit dans la littérature (voir notamment la thèse de J-C. Clément 2001).

Comme pour l'ammonium, on n'observe pas de modification des patrons de concentrations de nitrate après les travaux.

4.2.3 L'azote organique dissous

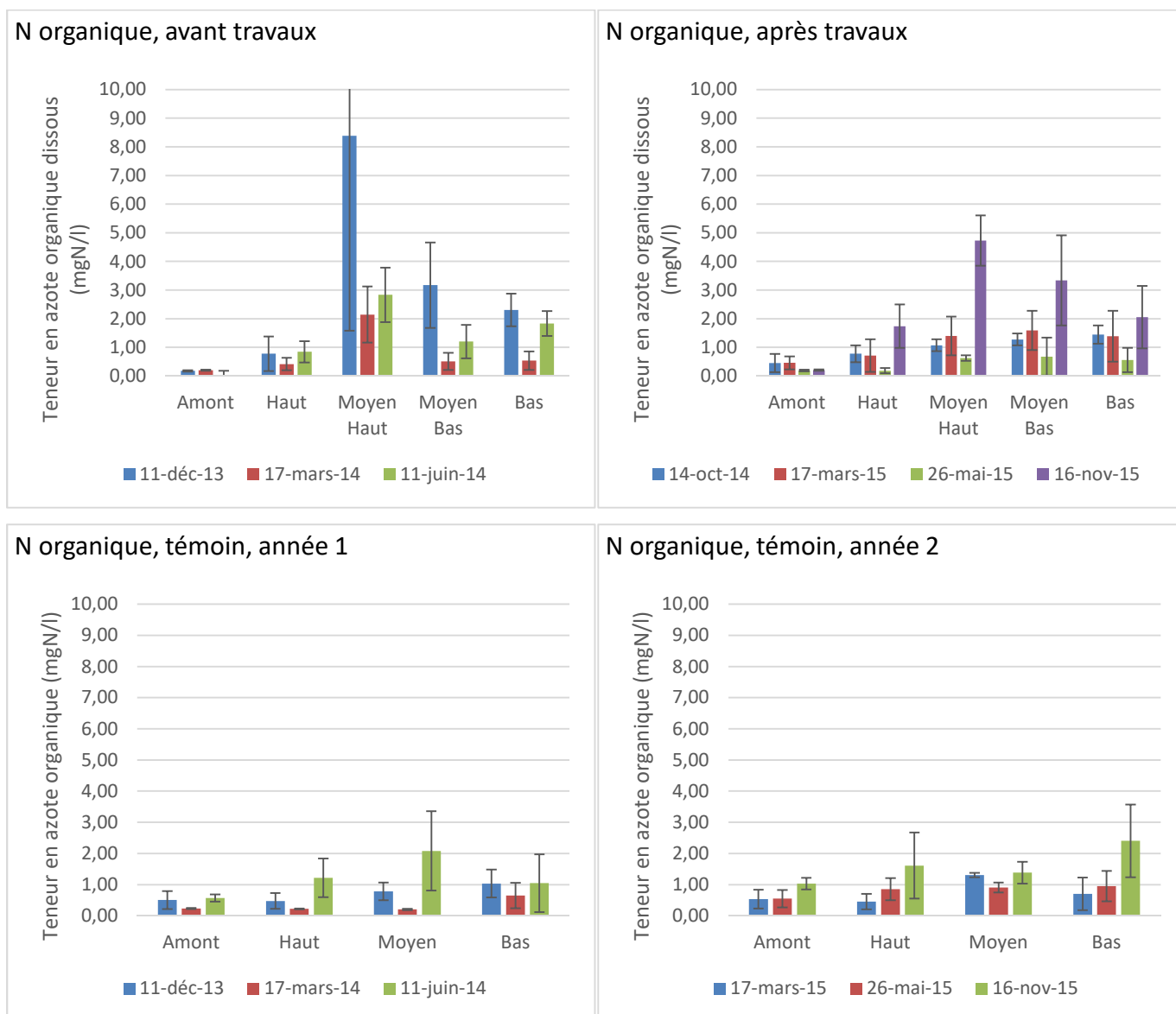


Figure 49 Evolution des concentrations en azote organique dissous dans la nappe au travers la zone humide (moyenne \pm err std, $n=3$), dans les sites pilote (A) et témoin (B), avant (1) et après (2) travaux. Les lettres différentes marquent les différences significatives des concentrations moyennes entre piézomètres des différents niveaux pour une même date.

Les concentrations en azote organique dissous présente une tendance inverse au nitrate, avec une augmentation des concentrations dans la zone humide par rapport à l'amont. Ces augmentations ne sont cependant pas statistiquement significatives et on ne dépasse pas $2,30 \pm 0,98$ mgN/l en concentration maximale en sortie de zone humide sur le site pilote et $2,40 \pm 1,17$ mgN/l sur le site témoin.

4.3 Evolution des concentrations d'orthophosphates au travers de la zone humide

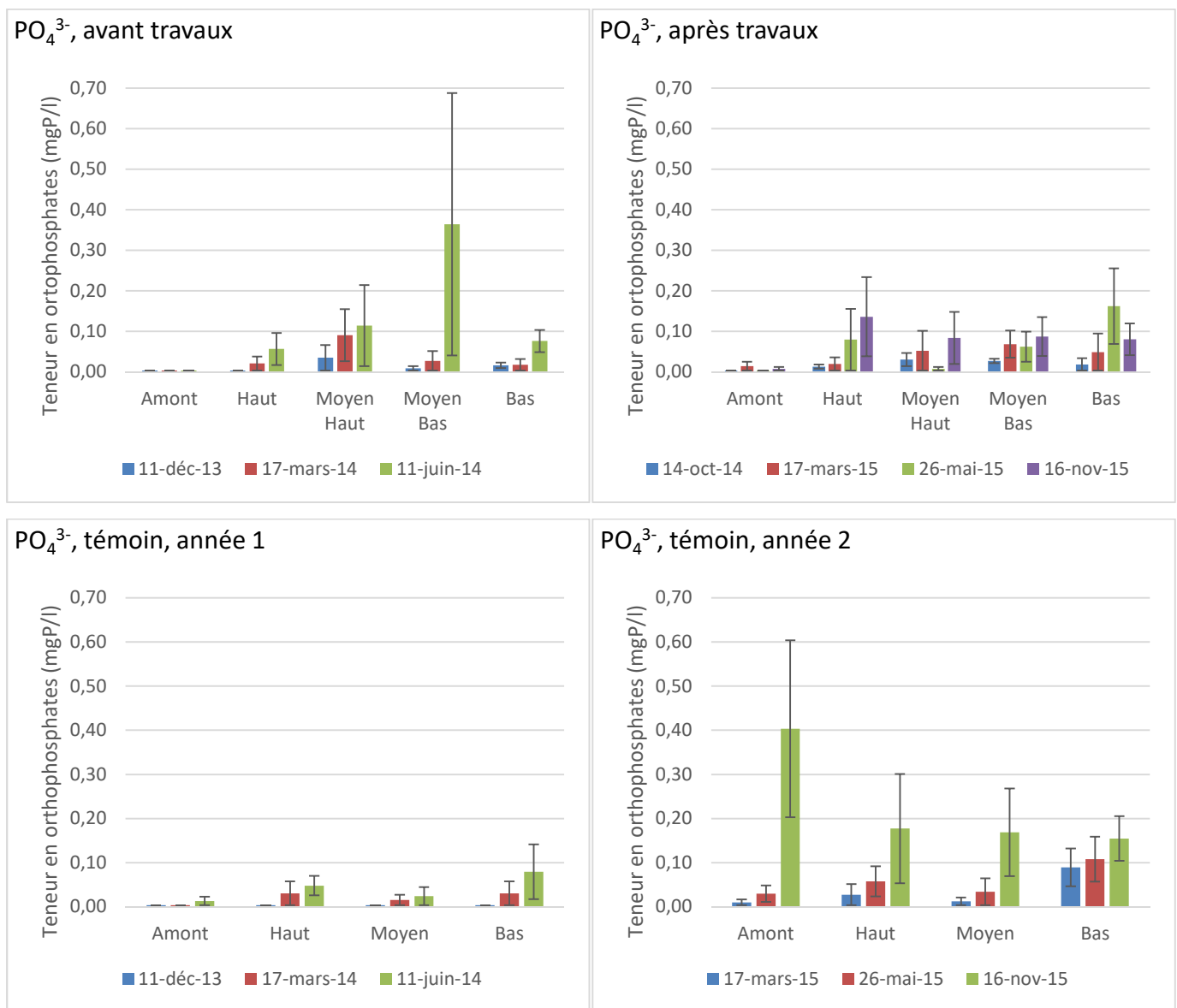


Figure 50 Evolution des concentrations en orthophosphates dans la nappe au travers la zone humide (moyenne \pm err std, n=3), dans les sites pilote (A) et témoin (B), avant (1) et après (2) travaux. Les lettres différentes marquent les différences significatives des concentrations moyennes entre piézomètres des différents niveaux pour une même date.

Les teneurs en orthophosphates en entrée de zone humide sont globalement proches du seuil de détection à l'exception des mesures de novembre 2016, où la concentration monte jusqu'à 2,4 mgP/l dans un des piézomètres du site témoin (Figure 51).

On observe systématiquement une augmentation des concentrations de l'eau de la nappe en orthophosphates à mesure qu'elle circule dans la zone humide, cet enrichissement restant à quelques mesures près sous une moyenne de 0,1mgP/l. Pour mémoire, la norme de bon état écologique des cours d'eau vis-à-vis du phosphore est de 0,5 mgPO₄/l, soit 0,16 mgP/l.

Les travaux n'ont pas engendré de modification du patron de concentrations de la nappe en orthophosphates.

4.4 Potentiel de dénitrification

4.4.1 Evaluation du potentiel de dénitrification par modélisation

Le potentiel de dénitrification de la zone humide de Coat Carriou a été évalué dans le cadre du stage de fin d'études de Sébastien Vidal, encadré à l'INRA. Son rapport de stage complet est disponible au lien suivant :

Evaluation de la dénitrification dans des zones humides ripariennes réhabilitées

http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/Stage2015_SebastienVidal_INRA.pdf

Ce stage visait à tester un modèle d'évaluation du potentiel de dénitrification afin de déterminer s'il était applicable dans le contexte particulier des zones humides. Le potentiel de dénitrification calculé à partir du modèle a été comparé à l'abattement d'azote effectif observé par des analyses directes de teneur en azote minéral du sol et de l'eau piézométrique.

4.4.2 Evaluation du temps de séjour de l'eau

Un des facteurs déterminants pour que la dénitrification soit possible est une stagnation de l'eau pendant une période suffisamment longue pour permettre aux conditions d'anoxie, liées à la consommation de l'oxygène de l'eau par les bactéries lors de la décomposition de la matière organique, de se mettre en place. Les temps de séjour de l'eau entre les différents piézomètres ont ainsi été calculés afin de voir si ces conditions sont réunies.

Le temps de séjour est estimé sur la base de la conductivité hydraulique du sol, qui est estimée par l'application de chocs hydrauliques (méthode du Slug test). Cette méthode consiste à vidanger entièrement un piézomètre et mesurer la vitesse de remplissage observée par la suite. Elle a été utilisée sur le site de Coat Carriou en avril 2014.

Les calculs sont effectués en considérant une saturation en eau du sol maximale, c'est-à-dire qu'on considère que le niveau d'eau est à la surface du sol. Le niveau piézométrique est alors considéré comme égal à 0.

La Figure 51 illustre la configuration des profils piézométriques sur lesquels les temps de séjour de l'eau sont calculés.

Les temps de séjour sont calculés à partir de la méthode de Darcy entre chaque bionome de piézomètres d'un transect, d'amont en aval de la parcelle, et sur les trois transects de piézomètres. La méthode utilisée est celle exposée dans les publications de Kaushal *et al.* (2008) et McPhillips *et al.* (2015).

A partir du flux Q :

$$Q = K \cdot e \cdot l \frac{\Delta H}{L}$$

Avec : ΔH = le gradient hydraulique

L = la longueur entre deux piézomètres

K = conductivité hydraulique

e = profondeur de la couche

l = la largeur de la section (on prend ici l = 1 m)

On en déduit la vitesse de Darcy q et la vitesse d'écoulement de l'eau v :

$$q = \frac{Q}{e \cdot l} \quad \text{et} \quad v = \frac{q}{\text{porosité}}$$

Le temps de séjour correspond alors à la vitesse d'écoulement v fois la distance entre les deux piézomètres L . Ces temps de résidence sont transcrits dans le tableau 11.

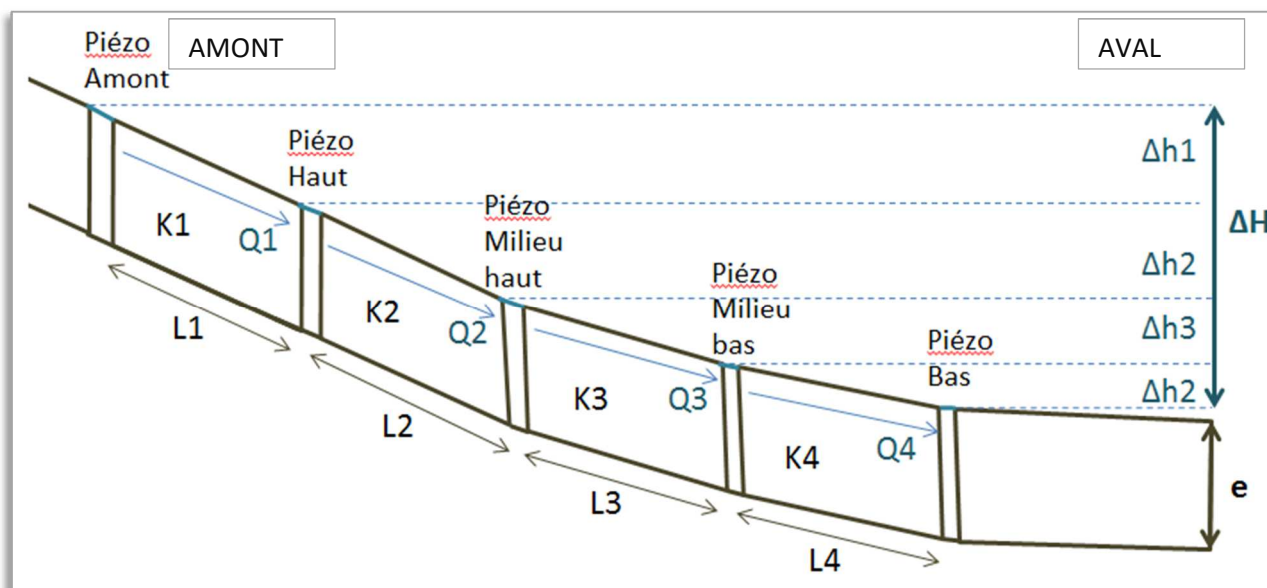


Figure 51 : Profil des piézomètres de la parcelle réhabilitée de Coat Carriou.

Tableau 11 Temps de séjour de l'eau mesuré entre deux piézomètres d'un même transect du site pilote de Coat Carriou.

Niveaux	Temps de séjour (jours)			Moyenne par niveau	Err std
	Transect 1	Transect 2	Transect 3		
Amont-Haut	0,2	0,2	0,17	0,19	0,01
Haut-Milieu haut	7,2	1,64	0,58	3,14	2,05
Milieu haut-Milieu bas	0,39	0,66	2,22	1,09	0,57
Milieu bas-Bas	87,13	13,24	50,16	50,18	21,33
Moyenne du transect	23,73	3,94	13,28		

Le profil se découpe en deux parties. Du haut de pente jusqu'à la partie basse du milieu de la pente, le temps de résidence est court, de l'ordre de la journée et demi. En bas de pente, la parcelle a une pente très faible et induit un temps de résidence plus long. L'eau séjourne logiquement plus longtemps en bas de pente avant de s'écouler vers le cours d'eau.

On considère qu'il faut des temps de séjour compris entre 2 et 10 jours pour atteindre les conditions d'anoxie favorables à la dénitrification. Ces conditions sont donc globalement observées entre les deux séries de piézomètres haut et milieux haut et largement dépassées dans le bas de pente dans la zone humide.

Les vitesses d'écoulement rapides en haut de parcelle laisseraient imaginer à une absence d'abattement de l'azote, alors que les données piézométriques montrent l'inverse. Cela pourrait être dû à la forte teneur en matière organique des sols couplée à des niveaux haut de la nappe qui reste très favorable à la dénitrification ou une anoxie déjà prononcée de la nappe d'eau avant qu'elle n'atteigne la zones humide. La dénitrification ne s'opèrerait alors que lorsque la nappe affleure dans l'horizon organique où les bactéries dénitrifiantes trouvent une source de carbone nécessaire à leur métabolisme.

4.5 Analyse des résultats

Les mesures réalisées sur le site de Coat Carriou et comparée au site témoin montrent une absence de différence après travaux du fonctionnement biogéochimique de la zone humide. Celle-ci présente de façon consistante un abattement quasi-total du nitrate, une production d'azote organique dissous et d'orthophosphates au sein de la zone humide, mais avec des teneurs diminuant à nouveau en aval. Les variations en concentrations observées ne sont toutefois pas statistiquement significatives et les concentrations en sortie de zone humide restent dans tous les cas basses.

Cette étude montre par ailleurs un lien entre les teneurs en azote minéral du sol et le niveau de nappe, les teneurs en azote de l'horizon supérieur (20 cm) augmentant lorsque le niveau de la nappe descend, du fait d'une augmentation de la minéralisation de la matière organique. Dans ces conditions, la présence d'oxygène entraîne la réduction de l'ammonium en nitrate, qui en condition aérobie n'est pas dénitrifié et s'accumule dans le sol.

La nappe se trouvant plus basse dans le sol par rapport à ces processus, on n'y retrouve pas les concentrations élevées d'azote minéral observées en surface.

L'horizon organique du sol a une profondeur comprise entre 30 et 35 cm sur l'ensemble de la zone humide. De ce fait, la nappe reste une grande partie de l'année en contact avec cet horizon. On constate que même en période d'étiage, la nappe remonte régulièrement au-dessus de -30 cm suite à des épisodes pluvieux. Lorsque la nappe traverse l'horizon organique, on se trouve dans des conditions optimales pour la dénitrification, pour peu que l'eau ne circule pas trop rapidement. Ici entre les seconds et troisièmes piézomètres de chaque transects, un temps de séjour moyen d'environ 3 jours est calculé, ce qui pourrait expliquer la disparition totale de nitrate dans la troisième rangée de piézomètres.

5 Bilan et perspectives après deux ans de suivis

5.1 Bilan

L'impact des travaux mesuré en année t+1 semble très limité sur le site de Coat Carriou en ce qui concerne le fonctionnement biogéochimique. Le site pilote présentait déjà avant travaux un fonctionnement optimum pour l'abattement du nitrate comparable à celui du site témoin et est resté inchangé suite aux travaux.

Cependant, l'eau de la source, drainée avant travaux par un fossé et qui était dirigée directement vers le cours d'eau, passe désormais par la zone humide, où elle peut bénéficier de la capacité épuratrice du milieu.

Les suivis piézométriques montrent une légère augmentation des niveaux d'eau à proximité des fossés comblés, couplés à une augmentation prononcée des niveaux d'eau en période d'étiage.

Une instrumentalisation mieux appropriée de la zone humide et notamment la mise en place de piézomètres dans la partie sud du site aurait probablement permis de mettre en évidence une modification du niveau de nappe dans cette partie du site. Des mesures de teneurs en nitrate dans l'eau des fossés auraient également facilité l'interprétation de résultats et notamment l'effet de la suppression du fossé drainant la source.

L'augmentation de la présence d'eau se traduit par une modification de la flore au profit d'espèces plus hydrophiles, au niveau des anciens fossés et dans la partie sud du site poche du fossé central, où les observations visuelles montrent une stagnation accrue de l'eau en surface.

Les dépressions présentes à l'emplacement des anciens fossés sont favorables à la reproduction de la grenouille rousse dont la présence s'est amplifiée sur le site après travaux. Le site reste favorable au Campagnol amphibie et à la Crossope aquatique, malgré une progression de l'occupation du site par le ragondin indépendante des travaux.

Une régulation de l'espèce devra être envisagée sur le site et ses environs. Les peuplements d'orthoptères, lépidoptères et odonates, déjà riches avant travaux trouvent après travaux des conditions toujours favorables à leur développement.

Globalement, les travaux sur le site de Coat Carriou ont donc été bénéfiques à l'accueil de la biodiversité, garantissent un maintien de la forte capacité épuratrice du site tout en favorisant le passage de toute l'eau de la résurgence par la zone humide et assure une meilleure rétention de l'eau, disponible pour une restitution à l'étiage (Figure 52).

L'augmentation de l'inondation d'une partie du site suite aux travaux rend la gestion agricole, déjà compliquée avant travaux, encore plus difficile, les engins de fauche ne pouvant plus pénétrer la parcelle qu'en période très sèche. Une gestion du site par un pâturage extensif sera mise en place et devrait permettre de pérenniser les bénéfices des travaux.


Enjeux	Priorité	Etat avant travaux	Etat 2 ans après travaux	Evolution
 Régulation qualitative de l'eau	●●●	●●●●○	●●●●●	↗
 Régulation quantitative de l'eau	●○○	●●●○○	●●●●●	↗
 Continuité écologique	●○○	●●●●●	●●●●●	→
 Diversité floristique	●●●	●●●○○	●●●●○	↗
 Diversité faunistique	●●●	●●●○○	●●●●●	↗
 Maintien de l'activité agricole	●●●	●●○○○	●○○○○	↘

Figure 52 Gains et pertes fonctionnels observés deux ans après travaux en relation avec les enjeux du site et du territoire

Au-delà des données scientifiques acquises par les suivis, les résultats peu tranchés sur ce site montrent l'importance du diagnostic avant travaux dans le choix des sites à restaurer. Si l'on souhaite améliorer le fonctionnement biogéochimique d'un secteur par la restauration de zones humides, il est crucial de s'assurer du dysfonctionnement réel de la zone avant d'engager des travaux.

5.2 Perspectives

5.2.1 Suivis

Bien que riche en éléments de compréhension sur le fonctionnement des zones humides, l'expérimentation des travaux de restauration de la zone humide de Coat Carriou n'a pas eu le rôle démonstrateur désiré par rapport au gain que peut apporter ce type d'opération sur les fonctions à la base de l'épuration de l'eau, même s'il a pu mettre en évidence la plus-value de la suppression des courts-circuits d'eau.

Le dispositif de suivi piézométrique a ainsi été supprimé du site. La communauté de communes du pays Fouesnantais (CCPF), maître d'ouvrage des travaux, ne souhaite plus être impliquée dans la poursuite des suivis.

Le site présente un fort intérêt en termes de biodiversité et sa restauration apportera une plus-value en termes d'habitat et d'accueil de la faune des zones humides. C'est pourquoi, il paraît intéressant, au vu de l'évolution positive de la composition végétale, de réaliser de nouveaux relevés d'ici 3 à 5 ans, d'autant plus qu'une gestion par pâturage extensif va être mise en place.

Il est proposé de réaliser, en accord avec la CCPF, un dernier point de suivis en lien direct avec Jean-Yves Guillou d'ici 3 ans et faire un bilan de la mise en place de ses pratiques agricoles à la même occasion.

5.2.2 Gestion

La gestion par pâturage extensif, par un troupeau de vaches pie-noir, est prévue par l'agriculteur, Jean-Yves Guillou, propriétaire de la parcelle et devrait assurer une pérennité des gains issus de l'opération de restauration de la parcelle. Il serait intéressant de voir en pratique si l'augmentation de la saturation du sol en eau reste gérable pour l'agriculteur.

1 Rapports de stages

2016

Réhabilitation des zones humides : suivis, synthèse et évaluation

Stage réalisé de mars à août 2016 par Léa Palumbo à l'UBO. Ce stage visait à évaluer les semis réalisés sur le site pilote de Fontaine Margot et à tester des croisements de données biotiques et abiotiques permettant de corréler différents indicateurs utilisés sur les sites pilotes.

<http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/Stage2016-LeaPalumbo-UBO.pdf>

Evaluation du succès de réhabilitation d'une zone humide du Finistère à partir des communautés d'arthropodes terrestres. Deuxième année après travaux

Stage réalisé de mars à août 2016 par Océane Agator, au GRETIA, qui avait comme objectif d'évaluer l'évolution des peuplements de carabes et d'araignées après réhabilitation sur différents sites pilotes et notamment de déterminer l'influence des semis réalisés sur Fontaine Margot sur ces peuplements.

<http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/Stage2016-OceaneAgator-GRETIA.pdf>

2015

Évaluation de la réhabilitation de zones humides en Finistère à partir des communautés d'arthropodes terrestres

Stage réalisé de mars à septembre 2015 par Gaël Cardinal au GRETIA qui avait comme objectif d'utiliser les communautés d'araignées et de carabiques comme indicateur pour évaluer le succès des opérations de réhabilitation sur le compartiment faune.

<http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/Stage2015-GaelCardinal-GRETIA.pdf>

Evaluation édaphique et botanique de mesures de réhabilitation de zones humides

Stage réalisé de mars à septembre 2015 par Joseph Thiry à l'UBO. Ce stage visait à continuer un travail commencé en 2014 à l'UBO sur la mise au point du référentiel de prairies humides méso- à eutrophes.

http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/Stage2015_THIRY_Joseph_UBO.pdf

Evaluation de la dénitrification dans des zones humides ripariennes réhabilitées

Stage réalisé de mars à septembre 2015 par Sébastien Vidal à l'INRA, visant à modéliser le potentiel de dénitrification de zones humides et à comparer les valeurs obtenues dans les zones réhabilitées en comparaison aux zones témoins.

http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/Stage2015_SebastienVidal_INRA.pdf

2014

Evaluation du succès de réhabilitation de zones humides dans le Finistère à partir des communautés d'arthropodes terrestres - Mise en place méthodologique et état initial des sites

Stage réalisé au Gretia par Pierre Devogel, dans le but de caractériser les peuplements de carabiques et d'araignées sur les sites avant travaux.

<http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/Stage2014-DevogelPierre-Gretia.pdf>

Création d'un référentiel écologique pour l'évaluation du succès d'opérations de réhabilitation de zones humides

Stage réalisé de mars à septembre 2014 par Judith Chevalier à l'UBO. Ce stage visait à mettre au point un référentiel de prairies humides méso- à eutrophes afin d'avoir un panel de valeurs permettant d'évaluer le succès des opérations de réhabilitation.

http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/Stage2014_JudithChevalier_UBO.pdf

2 Valorisation

2.1 Communications à des colloques ou conférences

2.1.1 Années 2017

Colloque « Valeurs et usages des zones humides » organisé par le Conservatoire botanique national de Bailleul

A l'occasion de ses 30 ans, le CBN de Bailleul a organisé un colloque sur la thématique « Valeurs et usages des zones humides ». Le RERZH y a été présenté lors d'un focus court dans la session « Restaurer et recréer des zones humides », ainsi que le travail réalisé en collaboration avec l'UBO et le CBNB sur l'utilisation d'un référentiel multi-sites pour évaluer les trajectoires d'évolution de la végétation suite à des travaux de restauration.

http://zoneshumides29.fr/www/telechargement/ComRERZH/CBNBailleul_2017_SGallet_etal.pdf

Colloque EcoVeg, Quebec

Le même travail sur le système de référence a été présenté à l'occasion du colloque EcoVeg de Québec, réunissant des experts francophones en écologie végétale.

2.1.2 Année 2016

Colloque SFE, Montpellier

Une communication orale a été présentée par Sébastien Gallet, UBO, au colloque de la Société française d'écologie (SFE) sur les essais de semis sur le site de Fontaine Margot et le lien avec l'évolution des peuplements d'invertébrés du sol après travaux.

http://zoneshumides29.fr/www/telechargement/ComRERZH/SFE2016-Gallet_etal.pdf

Colloque REVER, Bordeaux

Le colloque du Réseau d'étude et de valorisation en écologie de la restauration (REVER) réunit tous les ans les gestionnaires, praticiens, étudiants et scientifiques œuvrant dans les domaines de l'écologie de la restauration et/ou de la restauration écologique.

Une communication orale a été présentée par Sébastien Gallet, maîtres de conférences à l'UBO, intitulée « Restauration expérimentale d'une ancienne culture en zone humide par semis et transfert de foin ».

http://zonesthumides29.fr/www/telechargement/ComRERZH/REVER_2016-Galletetal.pdf

Colloque national « Réparer la nature ? L'exemple des milieux humides », Brest

Trois interventions ont porté sur le RERZH lors de ce colloque :

- **La gouvernance du réseau expérimental de réhabilitation des zones humides du Finistère**, présentée par Jean-François Franck, Directeur de l'aménagement, de l'eau, de l'environnement et du logement, du Conseil départemental du Finistère
<http://zonesthumides29.fr/retour2d>
- **Les indicateurs et les suivis mis en place dans le cadre du réseau expérimental de réhabilitation des zones humides du Finistère**, présenté par Armel Dausse, coordinatrice du RERZH
<http://zonesthumides29.fr/retour2e>
- **Les interventions de restauration menées par un maître d'ouvrage dans le cadre du réseau expérimental de réhabilitation des zones humides du Finistère**, présenté par Jean-Christophe Gautier, Responsable de l'Unité gestion des milieux naturels, Direction de l'écologie urbaine, à Brest métropole, un des maîtres d'ouvrages de travaux sur le RERZH.
<http://zonesthumides29.fr/retour2f>

2.1.3 Année 2015

Colloque de la SER International

La SER (Society for Ecological Restoration) est une association réunissant les professionnels (chercheurs et praticiens) et personnes intéressées par l'écologie de la restauration. Un colloque international est organisé tous les 4 ans et avait pour thème cette année "Towards resilient ecosystems: restoring the urban, the rural and the wild".

Armel Dausse, coordinatrice du RERZH, a présenté l'organisation et le fonctionnement du réseau expérimental de réhabilitation des zones humides et les suivis réalisés pour évaluer le succès des opérations de réhabilitation.

<http://www.zonesthumides29.fr/telechargement/ComRERZH/SER2015-Dausse&Thomas.pdf>

Sébastien Gallet, maître de conférences à l'Université de Bretagne Occidentale, a présenté un travail mené dans le cadre du RERZH sur la mise en place d'un référentiel de zones humides ouvertes méso- à eutrophes en bon état écologique. Ce référentiel doit servir de point de comparaison pour évaluer les fonctions de zones humides réhabilitées et ainsi juger du succès des travaux réalisés.

http://www.zonesthumides29.fr/telechargement/ComRERZH/SER2015_Presentation%20UBO.pdf

Colloque REVER

Le colloque du Réseau d'étude et de valorisation en écologie de la restauration (REVER) réunit tous les ans les gestionnaires, praticiens, étudiants et scientifiques œuvrant dans les domaines de l'écologie de la restauration et/ou de la restauration écologique.

Après un bref rappel du fonctionnement du réseau expérimental par Armel Dausse, coordinatrice du RERZH, Sébastien Gallet de l'UBO a présenté le travail en cours sur la mise en place d'un réseau de sites de référence permettant d'avoir une base de comparaison pour évaluer le succès des opérations de réhabilitation du réseau.

<http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/Presentation REVER6 2015.pdf>

Carrefour des Gestions Locales de l'Eau

Le Carrefour des Gestions Locales de l'Eau est un salon réunissant les acteurs publics et privés de l'eau. Organisé sur deux jours, il a réuni en janvier 2015 plus de 9000 visiteurs, autour de 70 conférences et d'un salon professionnel d'exposants. Le Conseil départemental du Finistère organisait cette année une session sur le thème « Eviter, réduire... Compenser. L'expérience d'un réseau d'expérimentations de réhabilitation de zones humides pour tenter de mieux comprendre ».

Cette session s'articulait autour de quatre présentations dont 3 traitaient du RERZH, présentées par Corinne Thomas du Conseil départemental, Sébastien Gallet de l'UBO et Armel Dausse du Forum des Marais Atlantiques.

Les présentations traitant du RERZH :

<http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/CGLE 2015-CAMA-OrganisationRERZH.pdf>

<http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/CGLE 2015-UBO-Recherche%20et%20RERZH.pdf>

<http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/CLGE 2015-CAMA-TravauxZH-RERZH.pdf>

2.2 Posters

2.2.1 Année 2017

Colloque REVER, Arras

Un poster y présentait les premiers résultats de suivis sur le site pilote de Roc'h Plat (Hanvec).

<http://zoneshumides29.fr/www/telechargement/ComRERZH/PosterREVER2017 ADausse.jpg>

2.2.2 Année 2016

Colloque REVER, Bordeaux

Un poster de présentation de l'appel à retours d'expériences a été présenté par Maëlle Miro-Padovani, volontaire en service civique au FMA.

<http://zoneshumides29.fr/www/telechargement/ComRERZH/PosterREVER7 2016.pdf>

2.2.3 Année 2015

Colloque de la SER International

Joseph Thiry a suivi durant son stage de fin d'études à l'UBO des essais de semis réalisés sur le site de Fontaine Margot. L'objectif de cette étude est de tester différents mélanges de graines et le transfert de foin comme techniques de revégétalisation suite à la suppression d'un remblai et dans le cadre de la conversion d'une culture en prairie. Il a présenté les premiers résultats sous forme d'un poster.

http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/SER2015_poster%20FM.pdf

Colloque REVER

Un poster a permis de présenter les différents travaux réalisés dans le cadre du RERZH29 en 2014.

<http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/PosterREVER6 2015.pdf>

2.2.4 Année 2014

Le colloque REVER 2014 a été la première occasion de présenter au niveau national le RERZH 29. Le fonctionnement du réseau a été exposé sous forme d'un poster reprenant l'organisation partenariale, une présentation des sites pilotes et les suivis mis en place.

http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/PosterREVER5_2014.pdf

2.3 Articles de vulgarisation

Des articles sur le RERZH sont parus dans tous les numéros de la Lettre Forum depuis septembre 2013 (n° 27), disponibles à la page suivante : <http://www.forum-zones-humides.org/lettre-forum.aspx>

Ils concernent :

- la mise en place du réseau et ses objectifs (n° 27),
- le type de travaux réalisés et les suivis mis en place (n° 28)
- l'organisation du réseau expérimental et un témoignage de l'UBO sur l'intérêt du réseau pour les chercheurs (n° 29)
- des éléments sur les premiers travaux réalisés (n° 30)
- les suivis faunistiques et floristiques réalisés par Bretagne Vivante et le CBNB (n° 31)
- une présentation du panel de référence mis en place pour les indicateurs botaniques et édaphiques (n° 32)
- une réflexion sur comment quantifier l'impact de la réhabilitation des zones humides en se basant sur des critères de fonctionnement biogéochimique (n° 33)
- la prise en compte de la faune pendant les travaux et pour évaluer le succès des opérations (n° 34).

2.4 Réalisation d'un film

La réalisation d'un film de présentation du RERZH a été confiée à Digipictoris.

Ce film peut être visionné au lien suivant :

http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/ComRERZH/CD29_Zones_humides.mp4

Annexes

1 Annexe 1. Protocoles de suivi des indicateurs ou descripteurs

1.1 Caractéristiques générales du site

1.1.1 Profil pédologique

1.1.1.1 Méthode

Réalisation de profils pédologiques sur un transect suivant le gradient d'humidité du site, à l'aide d'une tarière. Les profils seront réalisés avant travaux et trois ans après travaux.

1.1.1.2 Matériel et équipement nécessaires

Une tarière manuelle avec allonges.

1.1.2 Granulométrie

Une analyse de la granulométrie a été réalisée sur un échantillon de sol composite par station (3 sous-échantillons regroupés) homogénéisée, par méthode au laser en laboratoire d'analyse.

1.1.3 pH du sol

Dilution dans de l'eau distillée à un ratio 1 : 5 poids/volume d'eau (5 g de sol pour 25 ml d'eau) et agitation de l'échantillon pendant 1h.

Mesure du pH du surnageant après décantation, à l'aide d'une sonde pH.

1.2 Fonctionnement hydrologique

Les protocoles ont été développés en collaboration avec l'INRA de Rennes, qui apportera également son expertise technique au moment de la mise en place des dispositifs de suivis ainsi que sur la pédologie et la réalisation des levés topographiques.

1.2.1 Diagnostic du fonctionnement hydrologique général de la zone humide

1.2.1.1 Réseau hydrographique, sens de circulation et connectivité hydraulique

Une cartographie du réseau hydrographique existant avant et après travaux sera réalisée, matérialisant les connexions avec l'aval et l'amont de la zone humide.

Un relevé de la topographie sur l'ensemble du site nous permettra par ailleurs de déterminer le sens de circulation de l'eau en surface.

1.2.1.2 Variation du niveau de la nappe

Mise en place de piézomètres à une profondeur de 0,8 à 1 m, constitués de tubes PVC de diamètre 5 cm, percés de trous sur l'ensemble de la partie enterrée.

Les relevés sont réalisés à l'aide d'une sonde manuelle tous les 15 jours pour suivre l'évolution annuelle de la nappe.

1.2.2 Teneur en eau du sol et paramètres déterminants

1.2.2.1 Stratégie d'échantillonnage du sol avant analyses physico-chimiques

Dans chaque station d'échantillonnage (réplicas d'un même traitement), trois échantillons sont prélevés, chacun constitué d'une carotte de sol de 6 cm de diamètre et de 20 cm de profondeur prélevées à proximité l'une de l'autre.

Afin de réduire les coûts d'analyses, les trois échantillons sont combinés. Les traitements étant répliqués trois fois, on obtiendra donc par site, 3 mesures par traitement représentant une valeur moyenne pour chaque station.

1.2.2.2 Densité apparente

La densité apparente est déterminée en pesant une carotte de sol d'un volume connu après dessiccation, à 105°C pendant 72 h.

1.2.2.3 La porosité

La porosité d'un sol peut être évaluée à partir de la densité apparente et de la densité particulaire d'un sol, selon la formule :

$$Ps (\%) = 100 * \left(1 - \frac{Ds}{Dp}\right)$$

où Ds est la densité apparente du sol ;

Dp est la densité particulaire du sol ($Dp = 2,65 \text{ g.cm}^3$ pour un sol minéral).

Une autre méthode consiste à saturer une carotte de sol en eau (ajouter de l'eau dans un tube contenant une carotte de sol non remaniée, jusqu'à ce qu'on voie l'eau en surface) et de faire la différence de masse entre la carotte saturée et la carotte après dessiccations. Le volume de pores correspond au volume d'eau que peut contenir la carotte de sol.

1.2.2.4 Humidité du sol

L'humidité du sol est déterminée par la perte de poids d'un échantillon de sol frais après passage à l'étuve à 105°C pendant 72h, après tamisage sur une maille de 2 mm.

1.3 Fonctionnement biogéochimique

Les protocoles ont été élaborés en collaboration avec l'INRA de Rennes, qui apportera également son expertise lors de la mise en place des dispositifs de suivis. L'encadrement d'un stagiaire de niveau M2 est prévu sur le développement de la modélisation des potentiels de dénitrification. Les analyses physicochimiques seront réalisées en grande partie au sein du laboratoire IDHESA.

1.3.1 Recyclage de la matière organique du sol

1.3.1.1 Matière organique du sol

La teneur en matière organique du sol est mesurée par différence entre le poids sec et le poids après combustion pendant 16h à 375°C.

1.3.1.2 Qualité de la matière organique : teneur en C, N et P

La teneur en C organique, P assimilable et N total du sol est mesurée par le laboratoire Laboce.

1.3.1.3 Teneur du sol en éléments minéraux dissous

Les éléments sont extraits du sol à l'aide d'une solution KCl 1M, permettant de libérer les ions adsorbés sur les particules de sol. L'extraction se fait à une dilution de 1 : 5 masse/volume, soit par exemple 10 g de sol frais pour 50 ml de KCl. Le taux d'humidité du sol est mesuré afin d'exprimer la concentration d'éléments par unité de poids sec, ou de pouvoir le rapporter à un volume de sol. Pour cela un échantillon de sol frais est pesé puis étuvé à 105°C pendant 48h afin d'obtenir le poids sec. Le taux d'humidité correspond à la différence de poids entre les deux pesées, ramenée au poids sec.

Les analyses porteront sur NO₃⁻ et NH₄⁺.

1.3.2 Abatement de l'N et du P par la zone humide

1.3.2.1 Variation des teneurs en éléments dissous mesuré dans la nappe

Trois transects de 5 piézomètres sont placés dans la zone humide. Une série en amont de la zone humide, deux séries espacées de 10 m en entrée de zone humide et deux séries espacées de 10 m en sortie de zone humide.

Les piézomètres sont vidangés la veille de l'échantillonnage car une floculation apparaît dans l'eau des piézomètres après un certain temps. Les piézomètres de l'ensemble du site à réhabiliter et du site témoin sont échantillonnés le même jour.

Les échantillons d'eau sont filtrés puis les teneurs en ions nitrate et ammonium, l'N total et orthophosphates, sont mesurées par méthodes colorimétriques. L'azote organique dissous est déduit de la teneur en azote total dissous à laquelle est soustraite la teneur en azote minéral dissous.

1.3.2.2 Estimation de la dilution par la nappe profonde

En parallèle des concentrations en éléments minéraux dissous, les concentrations en Cl⁻ sont mesurées dans les piézomètres. Cet élément d'origine majoritairement anthropique se trouve principalement dans la nappe superficielle et provient des exploitations agricoles. Lorsque la nappe superficielle ou de subsurface est diluée par une nappe profonde, pauvre en Cl⁻, sa concentration diminue dans la zone humide.

Une corrélation entre les concentrations en Cl⁻ et NO₃⁻ met en évidence des phénomènes de dilution.

1.3.2.3 Estimation de l'abatement d'éléments dissous lors du passage dans la zone humide

On peut quantifier quelle part de l'abatement d'un élément dissous (par exemple ici le nitrate) est liée aux phénomènes de dilution et en déduire la part liée à la rétention ou transformation dans le site (absorption par les végétaux, immobilisation bactérienne, dénitrification...).

$$NO_3^{2-} (P2) \text{ non dilué} = NO_3^{2-} (P1) * \frac{Cl (P2)}{Cl (P1)}$$

Où NO₃⁻(P2) non dilué est la concentration théorique de NO₃⁻ dans le second piézomètre d'un transect, s'il n'y avait pas de dilution par l'eau de nappe sur le parcours de l'eau entre les deux ;

NO₃⁻(P1) est la concentration de NO₃⁻ dans le premier piézomètre ;

Cl(P1) et Cl(P2) sont les concentrations en chlore dans les piézomètres 1 et 2.

1.4 Flore et habitats

Les protocoles ci-dessous sont développés par le Conservatoire Botanique National de Brest (CBNB). Les suivis sont réalisés par le CBNB ou dans le cadre de stages de niveau master 2 co-encadrés par l'UBO et le CBNB.

1.4.1 Inventaire de la flore

Sur chaque site étudié, une liste la plus exhaustive possible des espèces floristiques présentes est établie. Cet inventaire permettra de disposer d'un inventaire le plus complet possible des espèces floristiques et de signaler d'éventuelles espèces à forte valeur patrimoniale.

1.4.2 Inventaire et cartographie des végétations

La méthode classiquement utilisée pour échantillonner, décrire, caractériser finement les végétations sur le terrain est la méthode phytosociologique sigmatiste. Elle permet d'évaluer l'état des végétations et leur contexte écologique ; la même méthode de récolte des données répétée sur des placettes permanentes peut également permettre de suivre finement les changements dans la végétation. Cette méthode permet aussi de disposer de nombreuses données à l'échelle régionale, nationale voire européenne et de bénéficier de référentiels pour lesquels des évaluations patrimoniales existent. La méthode de recueil de l'information sur le terrain retenue ici est donc celle des relevés phytosociologiques.

1.4.2.1 Réalisation des relevés phytosociologiques

Sur le terrain, l'échantillonnage de la végétation à l'intérieur de la parcelle est réalisé avec une approche phytosociologique : dans une zone homogène au niveau physiologique, écologique et floristique et sur une aire minimale (= individu d'association). Les différentes communautés végétales présentes font l'objet de relevés.

La méthode consiste en l'établissement d'une liste exhaustive et précise de taxons floristiques présents sur une zone d'échantillonnage (zone homogène au niveau physiologique, écologique et floristique avec une aire minimale) ; chaque taxon de la liste se voit attribuer deux coefficients :

- coefficient d'abondance-dominance (BRAUN-BLANQUET 1921 adaptée par BARKMAN et *al.* 1964) : l'abondance correspond au nombre d'individus par unité de surface et la dominance au recouvrement total des individus de l'espèce considérée :
 - + : individus peu abondants, recouvrement faible (< 5%) ;
 - 1** : individus nombreux mais recouvrement < 1 % ou nombre d'individus quelconque mais recouvrement de 1 à 5 % ;
 - 2m** : individus très nombreux mais recouvrement < 5 % ;
 - 2a** : recouvrement de 5 à 15 %, abondance quelconque ;
 - 2b** : recouvrement de 15 à 25 %, abondance quelconque ;
 - 3** : recouvrement de 25 % à 50 % de la surface, abondance quelconque ;
 - 4** : recouvrement de 50 % à 75 % de la surface, abondance quelconque ;
 - 5** : recouvrement supérieur à 75 % de la surface, abondance quelconque.
- coefficient de sociabilité (GILLET 2000) facultatif et de moins en moins utilisé mais néanmoins intéressant dans le cadre d'un suivi : exprime le comportement social de l'espèce (**figure 1**). C'est une estimation globale du mode de répartition spatiale et du degré de dispersion des individus de l'espèce considérée dans l'aire-échantillon :
 - 1** : éléments repartis de façon ponctuelle ou très diluée (individus isolés) ;

- 2 : éléments formant des peuplements ouverts, fragmentés en petites tâches à contours souvent diffus (groupes restreints, touffes, bouquets) ;
- 3 : éléments formant des peuplements fermés mais fragmentés en petits îlots (groupes étendus, nappes, bosquets) ;
- 4 : éléments formant plusieurs peuplements fermés, souvent anastomosés, à contours nets (réseaux, petites colonies) ;
- 5 : éléments formant un seul peuplement très dense (serré et continu).

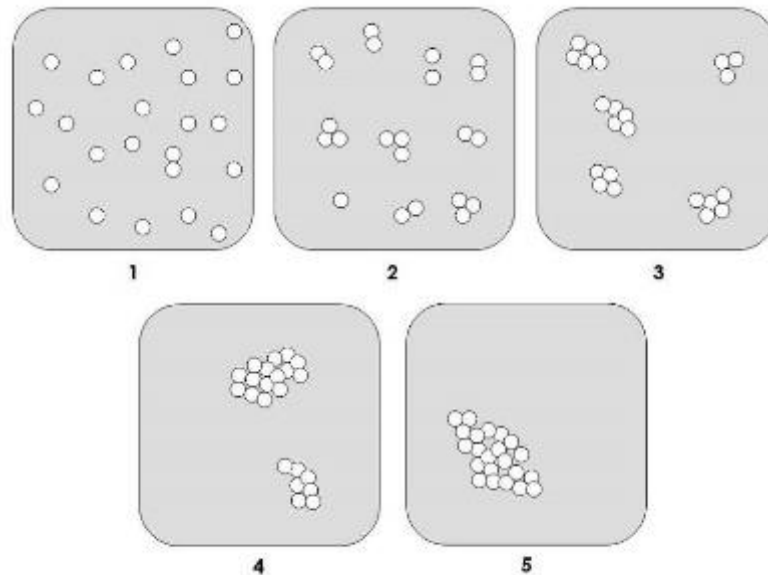


Figure 1 - Représentation schématique des indices de sociabilité

Des éléments contextuels (lieu, date, observateur, recouvrement et hauteur de la végétation, type de sol...), nécessaires à la description d'un individu d'association et à l'interprétation des résultats du suivi, sont également indiqués.

Les relevés phytosociologiques sont réalisés à l'aide d'un bordereau phytosociologique (**Annexe 1**). Les relevés sont localisés sur le terrain grâce à un GPS.

1.4.2.2 Saisie et interprétation des données

Les données phytosociologiques relevées sur le terrain ont été saisies sous format informatique dans le logiciel *Turboveg for windows*.

Le nombre de relevés ne permettait pas de réaliser des analyses numériques. Les compositions floristiques des relevés réalisés ont donc été comparées « manuellement » entre elles et avec celles issues de la bibliographie. Sur le seul fait des balances floristiques, les relevés de terrain et celles issues de la bibliographie ont été rapprochés ou au contraire séparés. Plusieurs syntaxons ont ainsi été mis en évidence sur les sites d'étude.

La mise en correspondance des végétations avec les référentiels d'habitats nationaux et européens (CORINE Biotopes, EUNIS...) a été effectuée *a posteriori* à partir du rattachement phytosociologique (synsystématique) des végétations, selon les correspondances citées dans le référentiel typologique des habitats naturels et semi-naturels de Basse-Normandie, Bretagne et Pays-de-la-Loire⁴ :

- la nomenclature phytosociologique lorsque cela était possible (rattachement à l'association ou l'ordre, l'alliance, la sous-alliance) ; référentiel utilisé : classification physiognomique et phytosociologique des végétations de Basse-Normandie, Bretagne et Pays de la Loire (DELASSUS, MAGNANON *et al.* 2014) ;

⁴ Disponible sous www.cbnbrest.fr/site/Refer_typo/habit0.php

- la nomenclature "CORINE Biotopes" (BISSARDON *et al.* 1997) ;
- la nomenclature " EUNIS " (European topic centre on biological diversity, 2008) ;
- la nomenclature "EUR 28" du manuel d'interprétation des habitats de l'Europe des 28 (habitat générique) (Commission européenne, DG Environnement 2013) ;
- la nomenclature des cahiers d'habitats français (habitat décliné).

1.4.2.3 Cartographie des végétations

Le contour des différentes végétations est reporté sur un fond orthophotographique à l'échelle 1/1500. Chaque polygone est ensuite renseigné avec les informations suivantes : nom du site, observateur(s), organisme, date de l'observation, surface, nom latin du syntaxon. Lorsque cela s'est avéré nécessaire, des unités composites ont été cartographiées en précisant la part relative des différentes végétations (estimation en %). Les données relevées ont ensuite été informatisées pour aboutir à une couche d'information géographique (projection : Lambert 93). Les cartes produites dans ce rapport sont à l'échelle 1/2500.

La cartographie des végétations devra de nouveau être réalisée 3 ans après travaux.

1.4.3 Mise en place de transects de suivi de la végétation

Afin de suivre les changements de végétation après travaux, des transects ont été mis en place cette année sur trois sites : **Coat Carriou**, **Boullac'h** et la tourbière de **Roc'h Plat**.

L'**objectif** des suivis est de **suivre l'impact de la modification du fonctionnement hydraulique** (effacement de drainage). Les **paramètres étudiés** sont l'occupation de l'espace dynamique spatiale des végétations par comparaison diachronique des transects et la composition floristique des végétations.

Le principe d'un transect consiste en une succession de relevés quantifiés de taxons dans des quadrats de taille déterminée et contigus le long d'une ligne permanente. Le transect se présente ainsi sous la forme d'une bande de quadrats successifs de 2 x 2 m (**figure 2**). Dans chaque carré, les taxons sont recensés et se voient attribuer un recouvrement (en %).

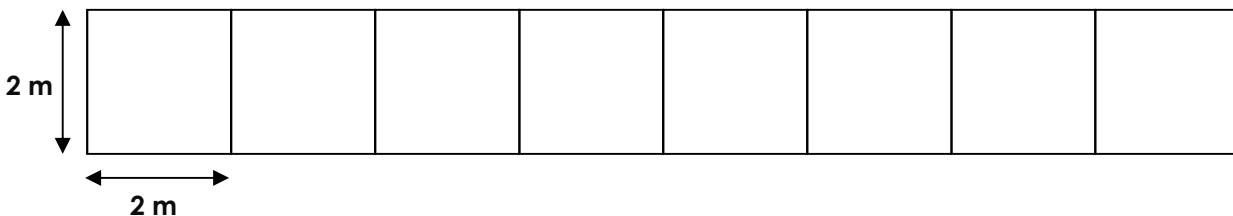


Figure 2 - Représentation schématique d'un transect par quadrats successifs

Les transects sont positionnés perpendiculairement aux fossés sur des longueurs variables en fonction des sites. Ils sont localisés par GPS et plusieurs points de repères physiques sont notés sur le terrain afin de faciliter leur repositionnement dans les années à venir. Les transects seront reproduits annuellement durant au minimum 3 ans.

1.5 Inventaires faunistiques

Les protocoles ont été élaborés en collaboration avec Bretagne Vivante et le Groupe Mammalogique Breton (GMB).

Les suivis sont réalisés par le FMA après formation par le GMB pour les micromammifères, qui apporte son expertise ponctuellement pour l'identification de traces, et directement par Bretagne Vivante pour les autres groupes.

1.5.1 Batraciens

Un inventaire des batraciens présents sur les différents sites sera réalisé par prospection de terrain en février. Cette période coïncide avec la période de reproduction de la grenouille rousse et de la salamandre, deux espèces qui sont susceptibles de se reproduire au niveau des dépressions présentes dans les prairies humides.

Une prospection de jour permettra de repérer les pontes et juvéniles. Elle sera complétée par une prospection de nuit qui permettra de repérer et identifier les individus adultes qui se rassemblent à cette période de l'année dans les zones favorables à leur reproduction.

1.5.2 Lépidoptères

Trois passages seront réalisés par site, en mai, juin et août afin d'intégrer les périodes d'émergences d'un maximum d'espèces. Les prospections se feront par temps ensoleillé en absence de vents forts.

Les lépidoptères seront identifiés à vue et en utilisant un filet à papillon.

1.5.3 Orthoptères

Les orthoptères seront inventoriés à l'automne, lors du pic d'émergence des adultes de ce groupe. Ils seront identifiés au chant et à la vue. Un seul passage par site est prévu.

1.5.4 Micromammifères

La présence de micromammifères sera recensée à travers l'observation de traces (coulées, fèces...) au niveau des fossés et cours d'eau. Une cartographie des indices de présence sera réalisée sous SIG afin de pouvoir suivre l'évolution de l'occupation spatiale des espèces dans le temps.

1.6 Valeur fourragère

Protocoles développés avec la collaboration de la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne et la Chambre d'Agriculture du Finistère.

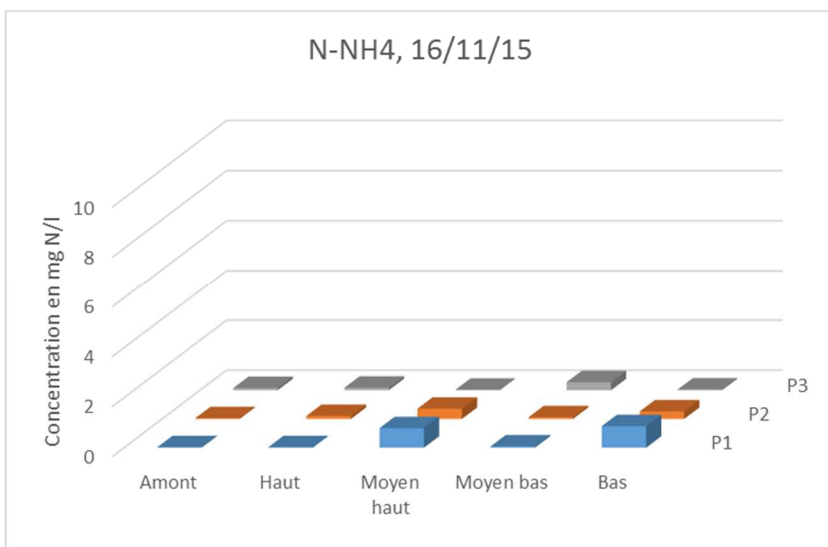
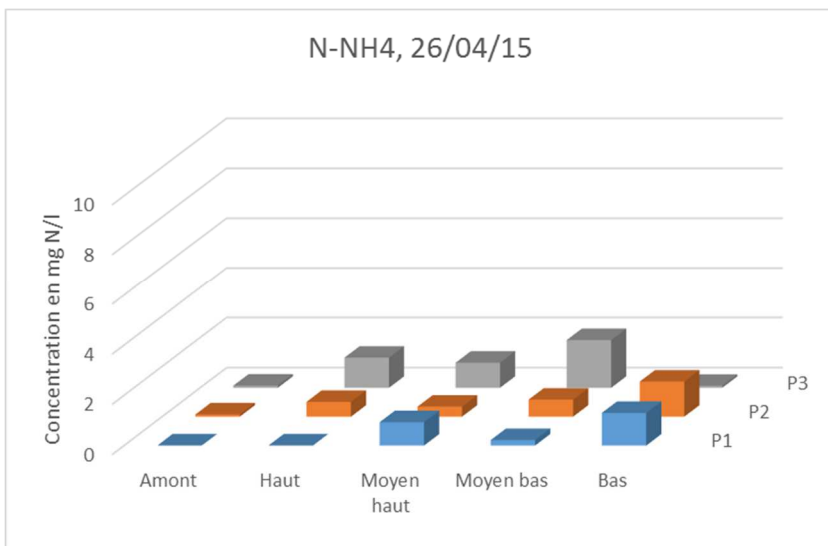
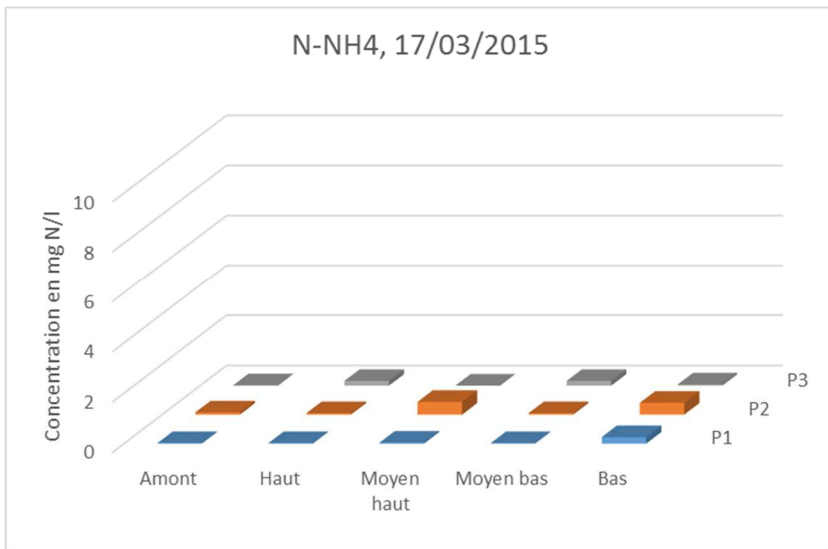
Une analyse fourragère sur le fourrage en vert (« frais ») est réalisée sur des échantillons composites de 10 poignées d'herbe par niveau dans la zone humide. Les analyses seront réalisées par le laboratoire interdépartemental Labocea.

Les paramètres principaux mesurés:

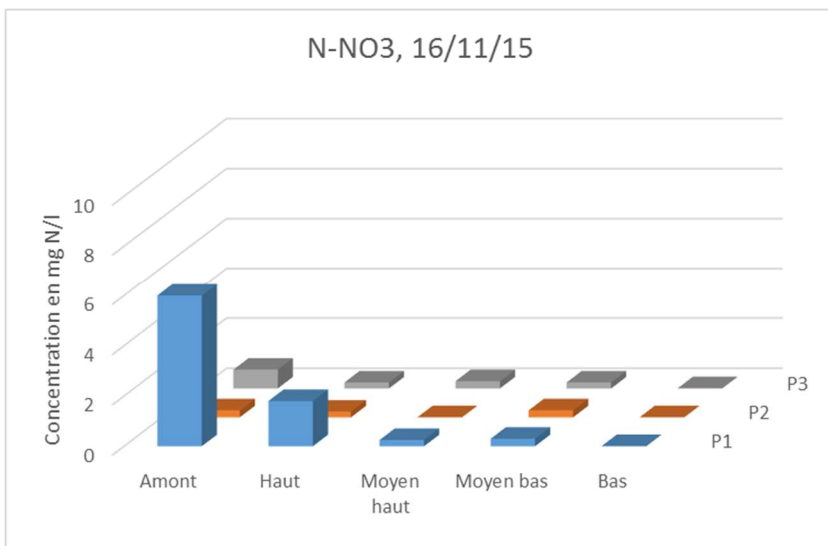
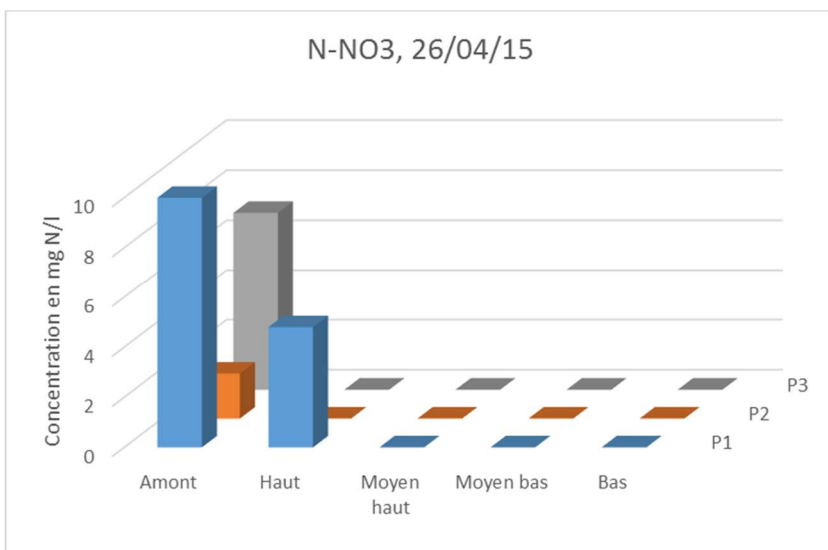
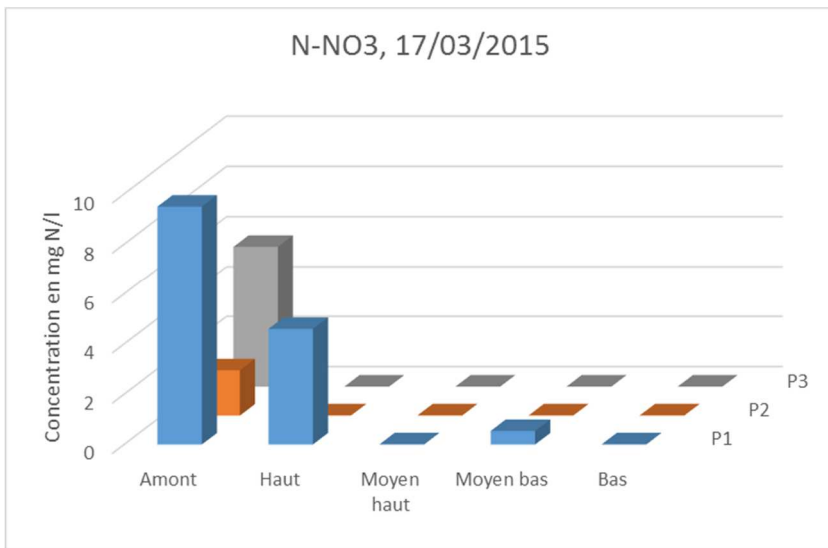
- Taux de matière sèche (%)
- MAT : Matière azoté total
- Cellulose, NDF, ADF : Ce sont les fibres de la ration, elles conditionnent en partie la digestibilité et l'encombrement du fourrage, donc ses valeurs pour les ruminants.
- DMO : Digestibilité
- UFL (lait) ou UFV (viande) : « Energie » de la plante
- PDI : Azote disponible pour l'animal

2 Annexe 2.

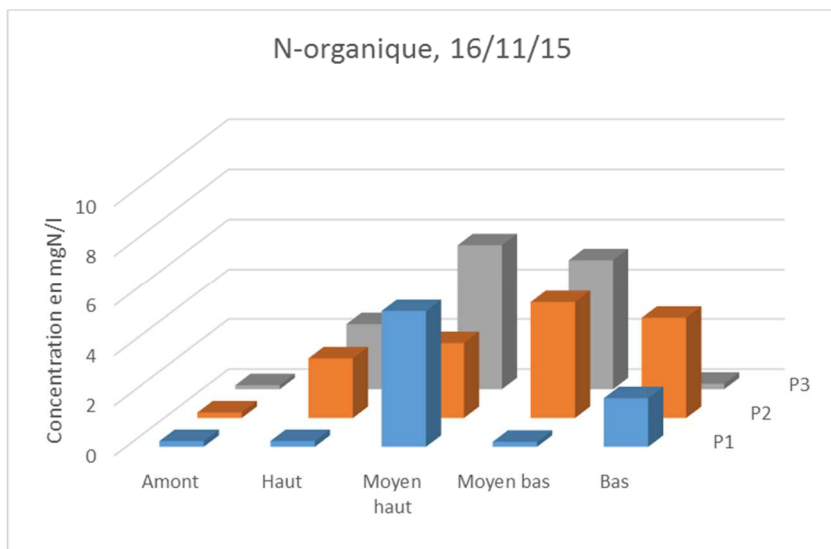
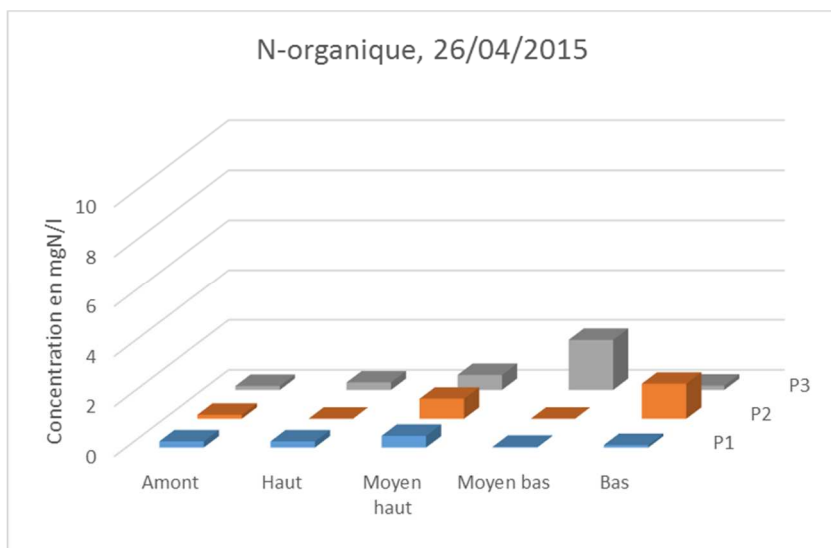
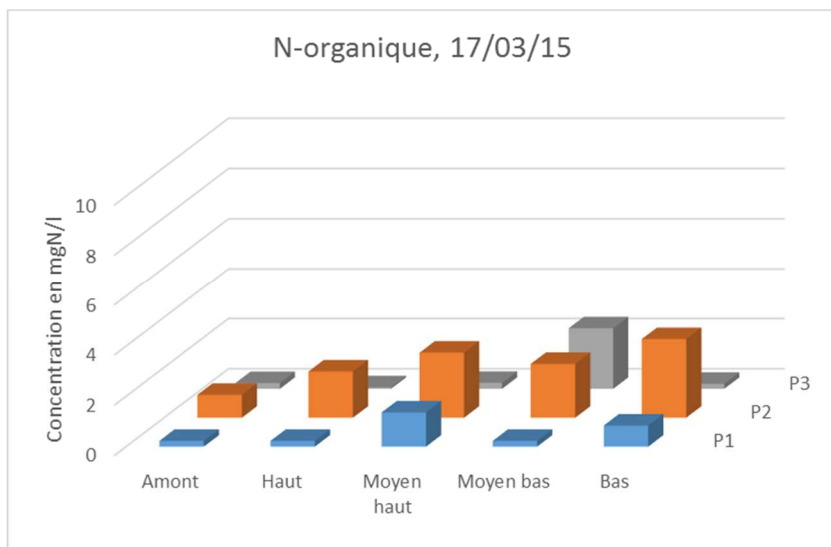
2.1 Evolution des concentrations en ammonium à travers la zone humide, après travaux.



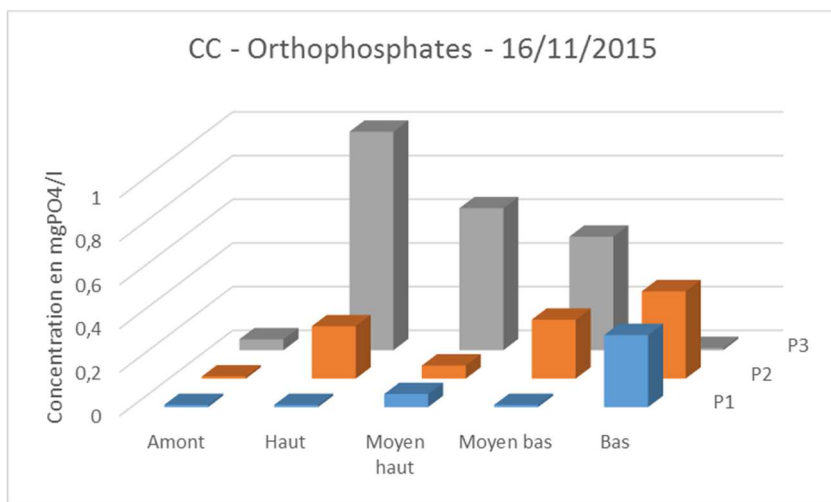
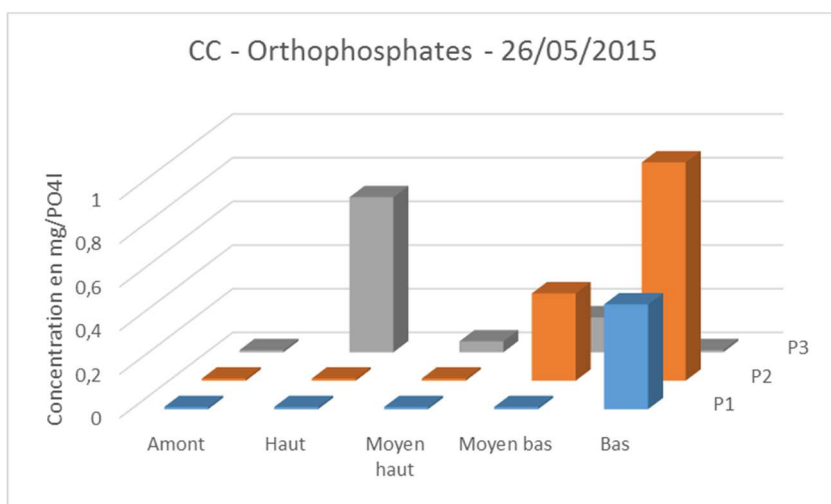
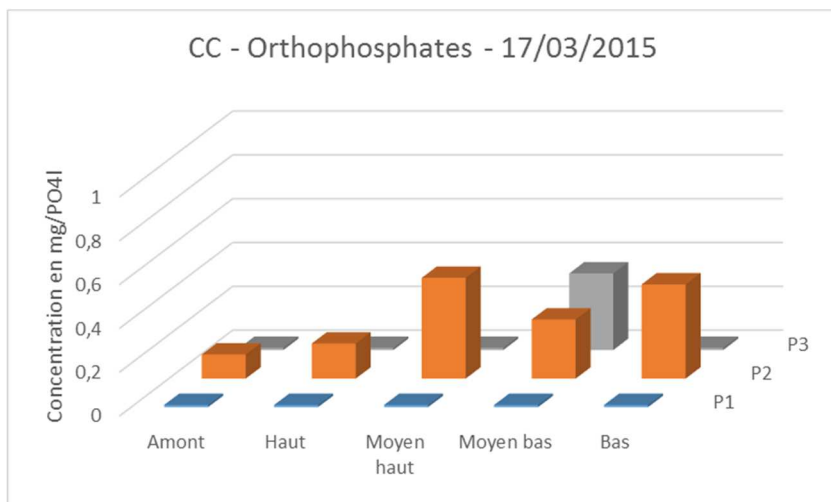
2.2 Evolution des concentrations en nitrate à travers la zone humide, après travaux.



2.3 Evolution des concentrations en azote organique dissous à travers la zone humide, après travaux.



2.4 Evolution des concentrations en orthophosphates à travers la zone humide, après travaux.



Maîtrise d'ouvrage :



Supervision des travaux et démarches administratives :

Loïc Menant, Cédric Serres, Communauté de communes du Pays Fouesnantais



Travail réalisé en partenariat avec



Jean-Yves Guillou, agriculteur, propriétaire de la parcelle

et le soutien de

