

Etude hydrologique orientée sur le maintien et la restauration d'habitats humides – site des Grandes Landes – commune de Trébédan (22)

Commanditaire : Bretagne Vivante

Exercice 2025



Diagnostic du fonctionnement hydrologique du site et propositions d'actions pour la préservation et la restauration des habitats humides

Dossier technique réalisé par :



Matthieu PECHARD

Ingénieur Milieux Aquatiques

Auto-entrepreneur _ EI _ prestation de services

06.30.39.32.28

pechard.ma@gmail.com

www.linkedin.com/in/matthieu-pechard-ma

SOMMAIRE

Avant - propos

Phase d'état des lieux et de diagnostic du site

1. Approche territoriale	1
1.1 Description globale de la masse d'eau	1
1.2 Présentation du site d'étude	2
1.2.1 Contexte topographique et géomorphologique local	2
1.2.2 Réserve des Grandes Landes de Trébédan	3
1.3 Synthèse bibliographique spécifique aux zones humides	5
1.3.1 Zones humides de tête de bassin versant	5
1.3.2 La tourbière, un des habitats spécifiques	5
1.3.3 Processus particuliers au sein des zones humides	6
1.3.4 Raréfaction des zones humides	6
2. Identification du fonctionnement hydrogéologique du site	8
2.1 Interaction du terrain naturel avec la nappe au droit des landes humides	8
2.1.1 Méthodologie	8
2.1.2 Localisation des principales zones de résurgences avec la nappe	9
2.1.3 Nature du sol au droit des sondages	14
2.1.4 Comportement de la nappe et profils altimétriques	15
2.1.5 Description schématique de la nappe locale (à visée pédagogique)	17
2.2 Cas particulier de la zone de sphaigne	18
2.3 Analyse bathymétriques des trois surfaces en eau profonde	19
2.3.1 Méthode d'intervention	19
2.3.2 Résultats bathymétriques	20
2.3.3 Incidences sur la ressource en eau	22
3. Fonctionnement hydrologique de l'eau de surface	26
3.1 Principales aires d'alimentation en eau	26
3.2 Impacts du réseau hydraulique annexe	27
3.2.1 Stratégie d'inventaire	27
3.2.2 Résultats	29
3.2.3 Analyse	32
3.2.4 Conclusion	33
3.3 Etude de la microtopographie des parcelles de landes humides atlantiques à bruyères	37
3.3.1 Principe de l'étude hydraulique de ruissellement	37
3.3.2 Détermination des chemins préférentiels d'écoulements	38
3.3.3 Conclusion	42

Proposition d'actions nécessaires à la pérennité et à la restauration des habitats humides

4. Préconisations d'actions	43
4.1 Description.....	43
4.2 Conformité avec les documents d'orientations existants.....	45
5. Recommandations techniques spécifiques.....	46
5.1 Actions sur les fossés	46
5.1.1 Comblement total des fossés F1, F14, F16, F17 et F23.....	47
5.1.2 Comblement partiel par la technique des bouchons des fossés F2, F15, F16, F17, F22 et F25.....	48
5.1.3 Cas particulier des fossés à fort transit de nutriments issus de la zone agricole	50
5.1.4 Adopter les bonnes pratiques d'entretien des fossés respectueuses des milieux.....	52
5.2 Actions de terrassement.....	53
5.2.1 Etrépage ciblant 9 zones de rétention en eau	53
5.2.2 Déblaiement entre les deux parcelles A et B	55
5.2.3 Création de nouvelles mares (et pratiques d'entretien)	57
5.2.4 Bilan des volumes des déblais disponibles	59
5.3 Actions sur le plan d'eau.....	61
5.3.1 Scénario 1 : Suppression totale et remplacement par un complexe d'habitats humides	61
5.3.2 Scénario 2 : Aménagement du plan d'eau au sein de son emprise existante	66
5.4 Autres actions ponctuelles d'accompagnements	69
5.4.1 Suppression des busages sur la source du cours d'eau.....	70
5.4.2 Echanture des talus en amont immédiat des landes humides	70
5.4.3 Fermeture de la brèche du talus de ceinture en aval des landes humides	71
5.4.4 Créer une rigole en travers du chemin par décapage de surface.....	72
5.5 Conclusion	72
6. Démarches réglementaires.....	73
6.1 Conformité à la nomenclature Eau – article R214-1.....	73
6.2 Espèces protégées et intervention en zone humide.....	74
7. Estimation financière	75

Références bibliographiques

Liste figures et tableaux

AVANT-PROPOS

Le site naturel des Grandes Landes de Trébédan, propriété de la commune, est conjointement géré par l'ONF et Bretagne Vivante. Le troisième plan de gestion 2024-2033 de cet espace naturel rédigé par Yannick Meneux présente, entre autres, les principaux enjeux de conservation du site et les actions à mettre en œuvre dans les 10 ans. Il est notamment identifié que la conservation des habitats humides dépendra du maintien du caractère humide du site dans les années à venir.

Etant donné que le fonctionnement hydrologique n'a jamais l'objet d'étude spécifique, **l'association Bretagne Vivante a engagé pour l'année 2025 un prestataire pour la réalisation d'une étude hydrologique orientée sur le maintien et la restauration d'habitats humides.**

Cette étude se déroule en deux temps :

- Phase 1 : Diagnostic du fonctionnement hydrologique du site

Le travail de cette première phase consiste à identifier le fonctionnement hydrologique de l'ensemble du site, en prenant en compte à la fois les interactions avec les eaux souterraines et les apports en eaux de surface. Ces éléments sont renforcés par une inspection bathymétrique du plan d'eau communal ainsi qu'une étude de la microtopographie des flux de surface au droit des landes humides.

- Phase 2 : Propositions d'actions en lien avec le fonctionnement hydrologique du site

Cette phase est considérée comme la deuxième étape du processus de l'étude, au sein de laquelle les propositions d'actions pour la préservation et la restauration des habitats humides seront présentées. Ces propositions d'actions en lien avec le fonctionnement hydrologique du secteur seront justifiées à l'aide des éléments de diagnostic précédemment étudiés. Les actions seront agrémentées de recommandations techniques spécifiques quant à leur mise en œuvre sur le terrain. En outre, le prestataire veillera à leur cohérence avec les enjeux et objectifs mentionnés dans plan de gestion 2024-2033 du site.

Les préconisations d'actions seront de nature à :

- Pérenniser ou restaurer les habitats humides d'intérêts identifiés dans le plan de gestion ;
- Renaturer des zones favorables à l'expression d'un écosystème naturel et d'une biodiversité inféodée aux milieux humides ;
- Améliorer la quantité et la qualité d'eau (effet bénéfique sur la ressource en eau).

PHASE D'ETAT DES LIEUX ET DE DIAGNOSTIC DU SITE

1. Approche territoriale

1.1 Description globale de la masse d'eau

La masse d'eau concernée par l'aire d'étude est la masse d'eau FRGR0033 de « la Rosette et ses affluents depuis la source jusqu'à l'étang de Jugon » (cf. figure 1). Elle présente un état écologique classé « moyen » et une échéance pour l'atteinte du bon état écologique fixée à 2027.

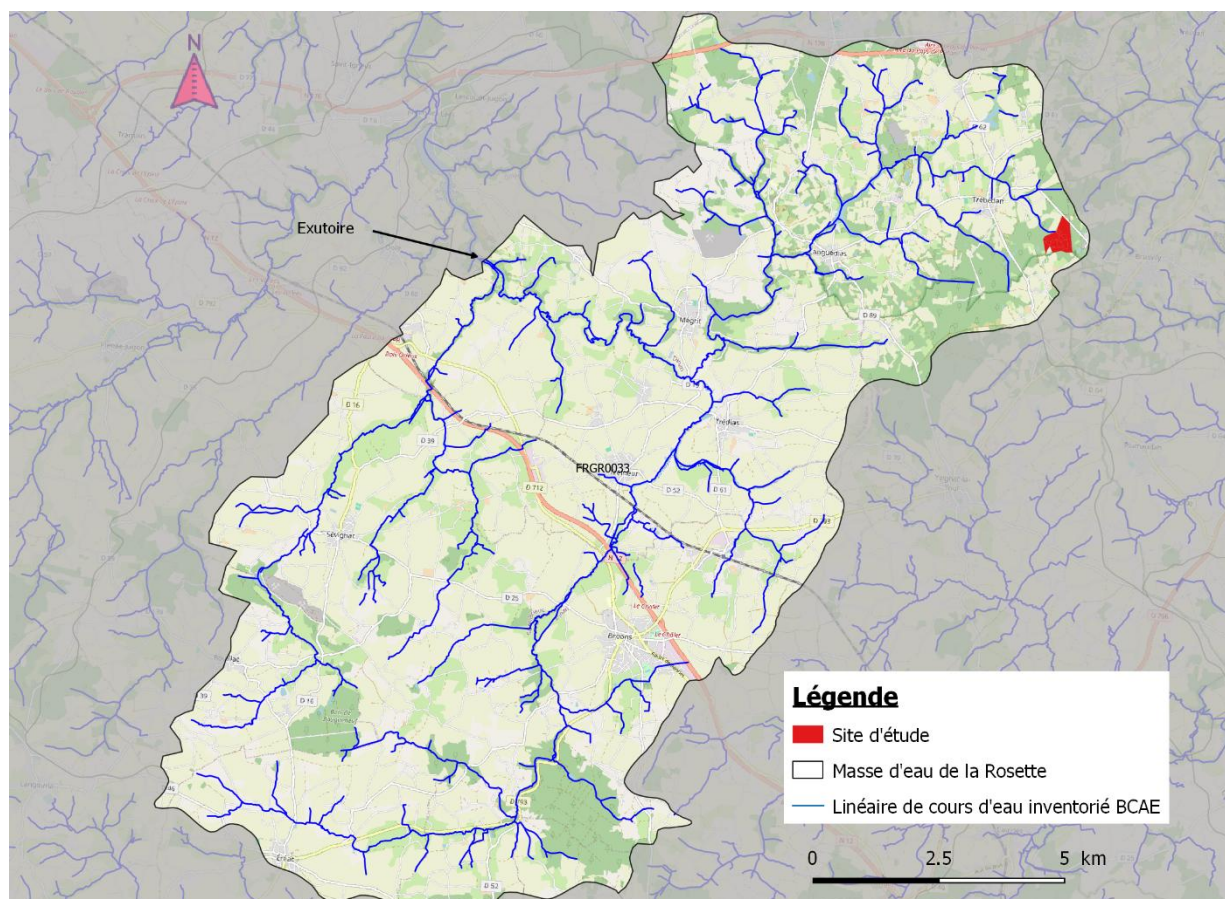


Figure n°1 : Masse d'eau concernée par l'aire d'étude

Cette masse d'eau fait partie des 7 masses d'eau « cours d'eau » du grand bassin versant de l'Arguenon. Les actions « milieux aquatiques » relevant de la compétence GEMAPI (*Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations*) sur cette masse d'eau sont portées par Dinan Agglomération. Le site d'étude est situé en tête de bassin versant, à la limite de la ligne de répartition des eaux entre le bassin de l'Arguenon et celui de la Rance. Le territoire n'est pas identifié en tant que zone prioritaire dans le contrat territorial de Dinan Agglomération, la structure ayant stoppé ces opérations depuis plusieurs années sur le secteur.

Une synthèse des indicateurs analysés sur cette masse d'eau lors du dernier état des lieux de 2019 est présentée dans le tableau n°1 ci-dessous.

Nom masse d'eau	Code masse d'eau	Etat écologique	Etat biologique	Etat physico-chimique	Classe d'état des indicateurs biologiques				Classe d'état des indicateurs physico-chimiques		
					IBD	I2M2	IBMR	IPR	Nutriments	Matières azotées	Matières phosphorées
La Rosette	FRGR0033	Moyen	Moyen	Bon état	Bon état	Bon état	Bon état	Moyen	Bon état	Bon état	Bon état

Tableau n°1 : Indicateurs établis lors du dernier état des lieux de la masse d'eau en 2019

A la suite de cet état des lieux, les différentes pressions risquant d'impacter la non-atteinte des objectifs fixés par la DCE sur cette masse d'eau ont été évaluées par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne. Elles sont présentées dans le tableau n°2 ci-dessous.

Nom masse d'eau	Code masse d'eau	Macro-polluants ponctuels	Micropolluants (état écologique et chimique)	Nitrate diffus	Pesticides	Hydrologie	Morphologie	Obstacle à l'écoulement
La Rosette	FRGR033	Risque	Risque	Respect	Risque	Risque	Risque	Risque

Tableau n°2 : Pressions identifiées par l'AELB sur la masse d'eau ciblée

Les pressions identifiées sur le territoire classées « à risque » vis-à-vis de l'atteinte de l'objectif du bon état écologique à l'horizon 2027 sont les paramètres « macropolluants ponctuels », « micropolluants », « pesticides », « obstacles à l'écoulement », « morphologie » et « hydrologie ». A noter que cette étude du fonctionnement hydrologique du site des grandes Landes de Trébédan cible particulièrement ce dernier paramètre.

Cette superposition de pressions, en ajoutant la pression agricole et l'urbanisation, affecte la résilience du milieu naturel. Ces résultats indiquent un réel effort à mener pour améliorer la qualité écologique de cette masse d'eau.

Par conséquent, il semble indispensable d'intégrer une vision globale du milieu avec une approche transversale pour chaque projet. L'intégration des enjeux de qualité et de quantité d'eau permet de viser le niveau d'ambition le plus élevé pour réduire les impacts sur le milieu. Un projet global multithématique permettra ainsi de tendre vers une situation plus naturelle en améliorant la qualité d'eau et la disponibilité de la ressource en eau.

Ainsi, **les actions de préservations ou de restauration de ce site situé en tête de bassin versant relèvent d'un enjeu écologique majeur sur le secteur, éminemment positif au regard de l'environnement et du fonctionnement du milieu aquatique.**

1.2 Présentation du site d'étude

1.2.1 Contexte topographique et géomorphologique local

L'aire d'étude se situe juste en dessous d'une colline aux formes topographique très « molles », à la frontière de 4 communes et de 3 bassins versants :

- Commune de Trébédan au Nord-Ouest (site des Grandes Landes), dont les eaux s'écoulent vers le grand bassin de l'Arguenon via la Rosette ;
- Commune de Brusvilly à l'Est, drainée au Nord-Est par les sources du ruisseau du Guinefort, en direction de la Rance ;
- Commune de Pulmaudan au Sud-Est, drainée vers le même Guinefort (et sa retenue de Pont Ruffier) puis vers la Rance ;
- Commune d'Yvignac-La-Tour au Sud-Ouest, dont les eaux s'écoulent au Sud vers le Kerneuf puis le bassin du Frémur en direction de la Rance (exutoire en amont de Rophémel).

La figure n°2 ci-après présente le contexte topographique et géomorphologique local aidant à appréhender le fonctionnement de la nappe sous-jacente.

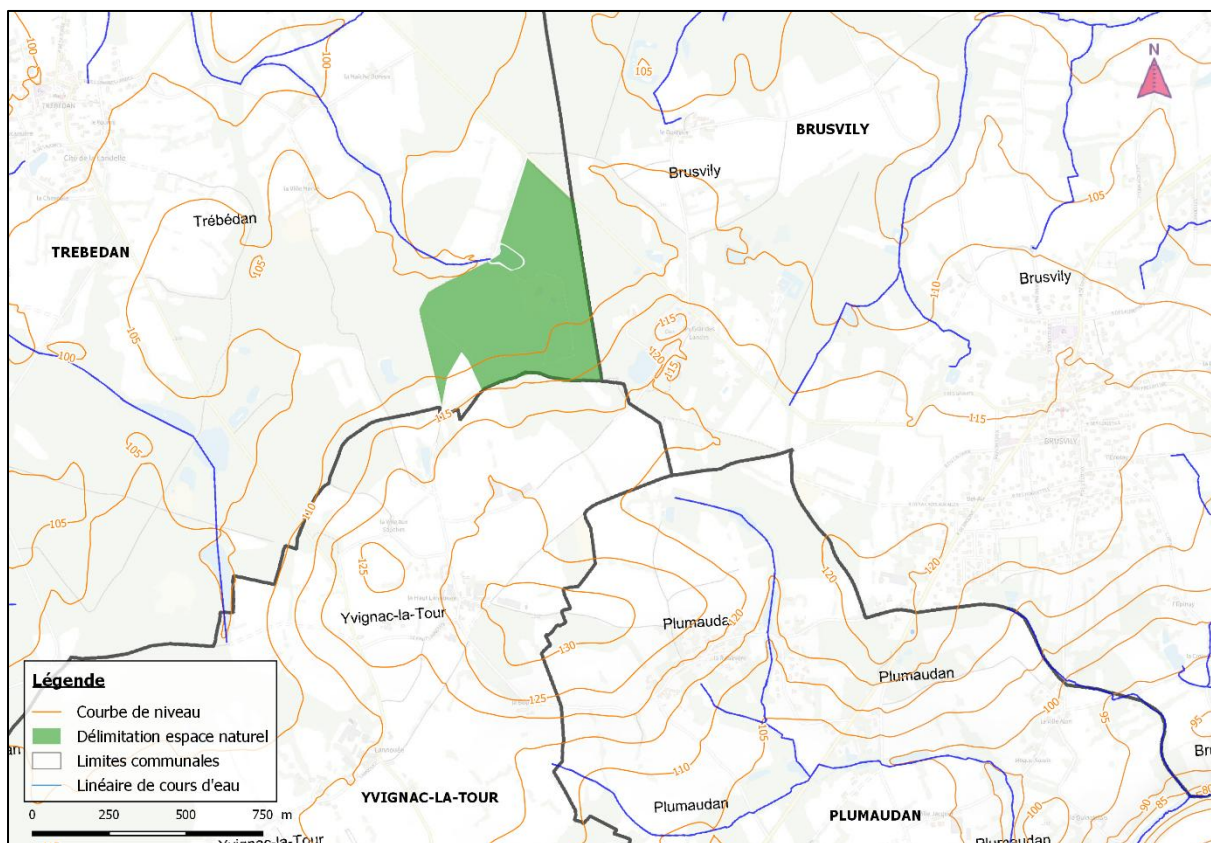


Figure n°2 : Contexte topographique local

L'aire d'étude est dominée au Sud par une croupe aplatie non boisée dépassant à peine la cote topographique de 125 m NGF. Le site des Grandes Landes se trouve spécifiquement entre les cotes topographiques 115 et 105 m NGF (en chiffres ronds), avec des pentes très faibles. La ligne de crête s'élargit vers le Nord-Est, en un plateau bouleversé par les activités anthropique et notamment d'anciennes carrières parsemées de retenues d'eau, la plupart étant abandonnées et débordent chaque hiver vers la limite communale entre Trébédan et Brusvilly, marquée sur le terrain par une ancienne voie romaine rectiligne.

1.2.2 Réserve des Grandes Landes de Trébédan

Le site des Grandes Landes est un espace naturel de 25 hectares situé sur la commune de Trébédan (22). La commune, propriétaire de l'ensemble des terrains, a confié la gestion à Bretagne Vivante ainsi qu'à l'ONF (*Office National des Forêts*), dans un objectif de conservation des habitats humides remarquables présents sur le site et des espèces rares ou protégées inféodées à ces milieux.

En effet, le site des Grandes Landes a la particularité d'accueillir des milieux humides particuliers hébergeant une biodiversité exceptionnelle au regard du patrimoine naturel du territoire :

- Des landes humides atlantiques à bruyères, qui sont des milieux humides de grand intérêt écologique ;
- Des landes boisées, des ptéridaies à fougère-aigle et des boisements clairs de bouleaux et saules, qui ont tendance à coloniser les landes hygrophiles, surtout depuis l'abandon de l'usage de celles-ci ;
- Une boulaie dense en libre évolution ;
- Une zone de sphaigne enclavée au sein de la boulaie dense ;

- Des surfaces en eau close toujours en eau (1 plan d'eau et 3 mares) ;
- Un petit taillis sous futaie de faible superficie au Sud du site ;
- Des plantations de conifères initiées dans les années 1960 et désormais gérées par l'ONF.

L'ensemble des habitats humides d'intérêt communautaire (notamment les landes humides et mares) et leur état de conservation représentent de forts enjeux de conservation pour la réserve.

La conservation des habitats au caractère humide précédemment cités est étroitement liée au fonctionnement hydrologique du site. En effet, l'évolution des conditions hydriques au niveau de ces habitats, directement d'origine anthropique (aménagements historiques) ou engendrée par le changement climatique, influe sur le maintien et le fonctionnement de ces milieux oligotrophes, qui sont très vulnérables face à toutes les modifications hydrologiques intrinsèques.

Par conséquent, ces modifications d'habitats risquent de diminuer la diversité des communautés remarquables participant à la valeur et à la richesse du site au profit de cortèges moins originaux au regard du territoire.

Ainsi, cette étude vise à acquérir des connaissances sur la compréhension du fonctionnement hydrologique du site dans l'objectif de proposer des actions orientées sur le maintien et la restauration des habitats humides d'intérêts communautaires.

La cartographie suivante présente le zonage des secteurs d'intérêts particulièrement ciblées par l'étude hydraulique.

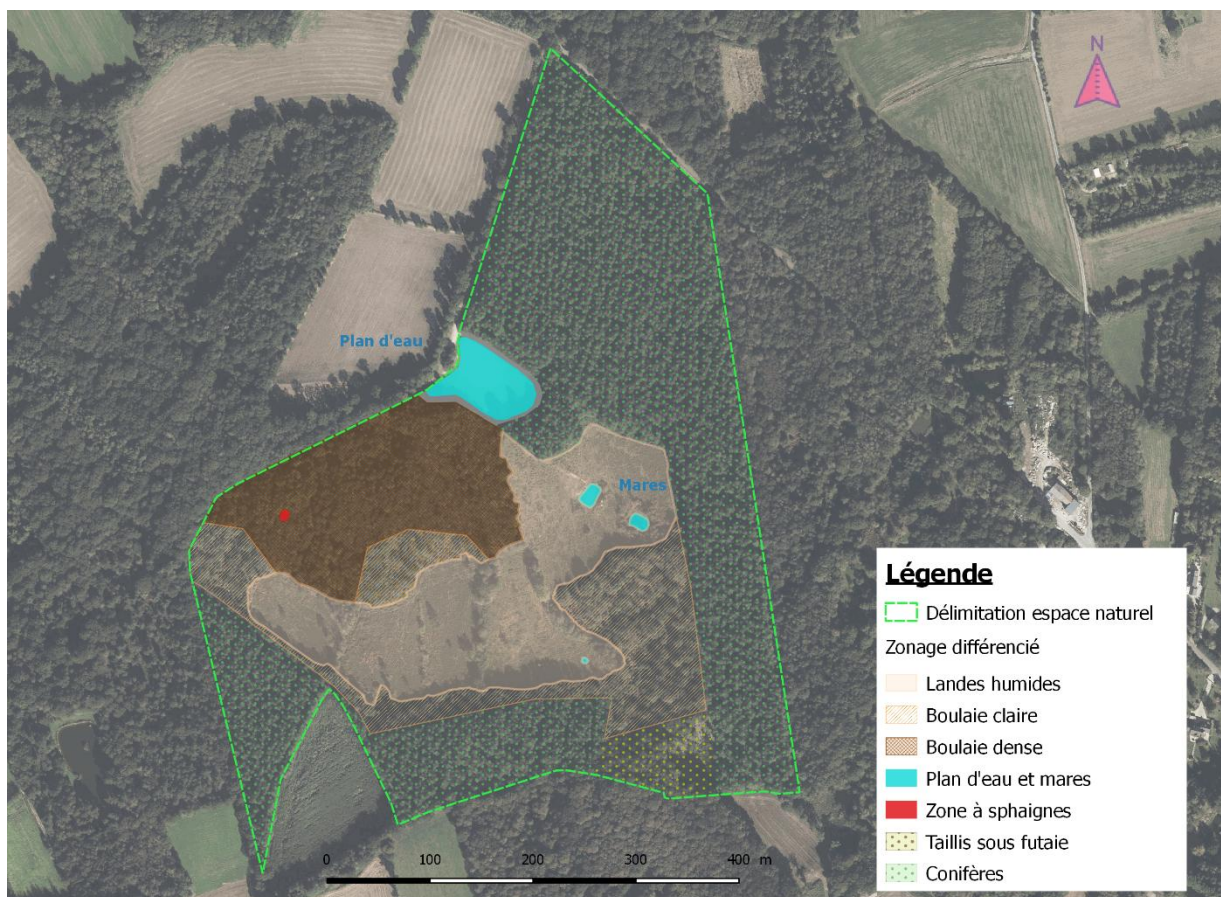


Figure n°3 : Zonage au sein du site d'étude

1.3 Synthèse bibliographique spécifique aux zones humides

1.3.1 Zones humides de tête de bassin versant

La plupart des zones humides du bassin Loire-Bretagne se situent au niveau des têtes de bassins versants (Mazagol *et al.*, 2008). Souvent de faible superficie, il est rare de trouver des zones humides de plus de 1000 m² (Janisch *et al.*, 2011).

Globalement, ces zones humides remplissent des fonctions hydrologiques importantes ayant des répercussions sur tout le système hydrographique du bassin versant. Elles conditionnent quantitativement les ressources en eau de l'aval (Alexander *et al.*, 2007), absorbent d'importantes quantités d'eau lors des événements pluvieux (Mc Cartney *et al.*, 1998) et apportent par la suite un soutien naturel aux écoulements à l'étiage (PNZH, 2012).

De plus, ces zones humides ont des intérêts physico-chimiques, tels que la régulation de la température par l'apport d'eau froide (Kreutzweiser *et al.*, 2009), la capacité d'autoépuration de l'eau (Amoros & Bornette, 2002) notamment par la rétention et l'élimination du nitrate (Curie *et al.*, 2003). En effet, la qualité des eaux transitant au sein de la zone humide est directement associée aux terrains drainés. Le contexte du secteur (routes, terres agricoles, activités anthropiques...) a pour effet d'augmenter la quantité de nutriments dans les eaux, et de diminuer la concentration en oxygène dissous (Miller *et al.*, 2007), amplifiant à terme le phénomène d'eutrophisation (Franklin, 2014). De ce fait, les capacités d'autoépuration de l'eau assurée par les zones humides sont donc primordiales pour améliorer la qualité physico-chimique des milieux aquatiques (Oraison *et al.*, 2011).

Enfin, ces zones humides jouent un rôle de réservoir biologique de par leur dynamique fluviale, qui crée une mosaïque complexe d'habitats (Ward *et al.*, 1999) pour certaines espèces d'intérêts patrimoniales (Strayer & Dudgeon, 2010). Les zones humides sont donc considérées comme des supports de biodiversité de fort intérêt, présentant des zones d'alimentation, de reproduction et d'accueil pour de nombreuses espèces fragiles et inféodées à ces milieux.

1.3.2 La tourbière, un des habitats spécifiques

Une tourbière est définie comme étant une zone humide spécifique, dont les conditions écologiques particulières ont permis la formation d'un sol constitué d'un dépôt de tourbe (EUNIS, 2018). Ces écosystèmes se caractérisent, en premier lieu, par un sol saturé en permanence d'une eau stagnante ou très peu mobile, appauvrie en oxygène. Ces conditions asphyxiantes, dites « anaérobies » privent d'oxygène des micro-organismes (bactéries et champignons) responsables de la décomposition et du recyclage de la matière organique. Dans ce contexte, la litière végétale ne se dégrade que très lentement et partiellement. Ce phénomène conduit à une accumulation de matière organique non (ou peu) décomposée : la tourbe (Bournérias *et al.*, 1997). Les conditions hydriques sont donc le facteur primordial dans le processus de production de cette tourbe (Durfort, 2007).

Les tourbières sont des écosystèmes d'une valeur exceptionnelle, notamment en raison de leur importance dans les cycles géochimiques mondiaux. En effet, le faible taux de décomposition végétale au sein des tourbières permet un stockage de carbone conséquent (Davidson & Janssens, 2006). De plus, les tourbières abritent également une biodiversité très riche en espèces hautement spécialisées aux conditions écologiques caractéristiques des tourbières, mais dont les capacités de compétition et d'adaptations sont limitées (Wilson & MacArthur 1967).

1.3.3 Processus particuliers au sein des zones humides

A. Régime hydrologique

Le régime hydrologique est le paramètre principal contrôlant la présence des zones humides (Barnaud & Fustec 2007), ce qui en fait un critère essentiel pour les actions de préservation ou de restauration.

Différents phénomènes physiques liés à la fonction hydrologique sont distingués au sein des zones humides (Barnaud & Fustec, 2007 ; Bouzillé 2014 ; Gayet *et al.*, 2016 ; Smith *et al.*, 2013) : stockage d'eau, ralentissement de la vitesse d'écoulement, recharge de la nappe, soutien des étiages...

Cette fonction hydrologique dépend du contexte géomorphologique dans laquelle la zone humide se trouve, de sa position dans le paysage et des caractéristiques intrinsèques à un instant donné, tel que la saturation en eau qui varie au cours des saisons (Bullock & Acreman, 2003).

La capacité de stockage de l'eau au sein d'une zone humide dépend de son engorgement annuel. En effet, dans le cas des zones para tourbeuses, la nappe se maintient à un niveau élevé en toute saison, ce qui limite le volume disponible pour un stockage complémentaire d'eau, même temporaire. Ainsi, le phénomène de stockage par infiltration dans les zones para tourbeuses est limitée en volume et pour des fenêtres de temps restreintes (Rapin *et al.*, 2021). En complément, lorsque la topographie le permet, ces zones stockent de l'eau en surface de manière temporaire (Rapin *et al.*, 2021).

B. Puits d'azote : phénomène de dénitrification et assimilation par les plantes

Les processus majeurs qui soutiennent la fonction de puits de l'azote sont la dénitrification (Hefting *et al.*, 2005 ; Zhou *et al.*, 2014) et l'assimilation par les plantes (Castaldelli *et al.*, 2018 ; He *et al.*, 2016 ; Hinshaw *et al.*, 2017).

Le processus d'assimilation de l'azote par les végétaux favorise une augmentation du temps de résidence des nutriments dans les zones humides, ce qui facilite leur assimilation ou leur transformation (Hefting *et al.*, 2005).

La dénitrification est un processus microbien responsable de l'élimination des nitrates de manière permanente dans les zones humides, généralement sous forme d'azote (gaz N₂). La mise en place de ce processus nécessite la présence de nitrates, l'absence d'oxygène (ou en très faible concentration) et la présence d'une source d'énergie tel que du carbone organique facilement minéralisable (Bernard-Jannin *et al.*, 2017 ; Curie 2006). L'engorgement permanent d'un sol ne favorise pas l'élimination de l'azote par dénitrification. En revanche, des saturations en eau régulières et limitées dans le temps favorisent le recyclage de l'azote dans la zone humide (Pinay *et al.*, 2002).

1.3.4 Raréfaction des zones humides

A. Les causes

Les interventions humaines sur les milieux aquatiques ont induit une grande variété d'altérations et de dysfonctionnements morpho-écologiques. Notamment la disparition progressive des zones humides (Malavoi & Adams, 2007) et des tourbières (Chapman *et al.*, 2003). De par leur faible superficie, ces zones humides de têtes de bassin versants sont très vulnérables aux pressions d'origines anthropiques

(Lowe & Likens, 2005) liées aux pratiques agricoles intensives (Grospretre & Schimtt, 2008) et au développement de l'urbanisation (Couvert *et al.*, 1999).

L'étude récente de Dausse *et al.*, (2020) portée par le Forum des Marais Atlantique, met en évidence le degré élevé de dégradation des zones humides Bretonne et leur raréfaction. En effet, selon des critères de topographie, de nature du sol, de géologie et de condition climatiques, le territoire Breton possède 20,7% de sa surface en Zone Humide Potentielle*. Or, en 2020, seule 8,1% de sa surface totale était identifiée en Zone Humide Effective. Ainsi, le rapport ZHP/ZHE présente un taux de destruction des zones humides supérieur à 60% en Bretagne. Plus spécifiquement, dans les Côtes d'Armor, le rapport ZHP (estimé à 19,7%) / ZHE (recensé à 9,6%) tend vers un taux de destruction des zones humides à 51% sur le territoire Costarmoricain.

**Une ZHP est une zone qui devrait normalement présenter les caractéristiques d'une ZH en l'absence de toute intervention humaine*

Outre l'impact physique des activités anthropiques, le réchauffement climatique induit des sécheresses sévères et prolongées pouvant modifier le bilan hydrique (Bensettiti *et al.*, 2002) et déclencher des perturbations sur le fonctionnement des zones humides et des tourbières (Reczuga *et al.*, 2018).

B. Les conséquences

Les modifications des flux hydrologiques influencent les activités bactériennes (Xie *et al.*, 2013), la décomposition de la litière par les micro-organismes (Górecki *et al.*, 2021) et amène à une diminution des fonctions de séquestration de carbone au sein des tourbières (Koenig *et al.*, 2014).

De plus, la modification des conditions abiotiques fragilise les espèces spécifiques des zones humides au profit d'espèces plus généralistes et d'avantages compétitives. Cela conduit à une variation de la dynamique des communautés animales (Lurgi *et al.*, 2012 ; Sauvadet *et al.*, 2016) et végétales (Wu *et al.*, 2020) et entraîne une perte de biodiversité spécifique importante étant donné que les zones humides sont de véritables réservoirs biologiques (Tockner & Stanford, 2002). Ainsi, la diversité et la richesse spécifique des corridors fluviaux dépendent du maintien des fonctionnalités de ces zones humides connexes (Tockner & Standford, 2002).

Par conséquent, la raréfaction de ces zones humides impacte à court terme les cycles hydrologiques, biogéochimiques et la biodiversité (Grimm *et al.*, 2008).

La préservation et la restauration de ces zones naturelles relève donc d'un enjeu écologique majeur sur le territoire.

2. Identification du fonctionnement hydrogéologique du site

2.1 Interaction du terrain naturel avec la nappe au droit des landes humides

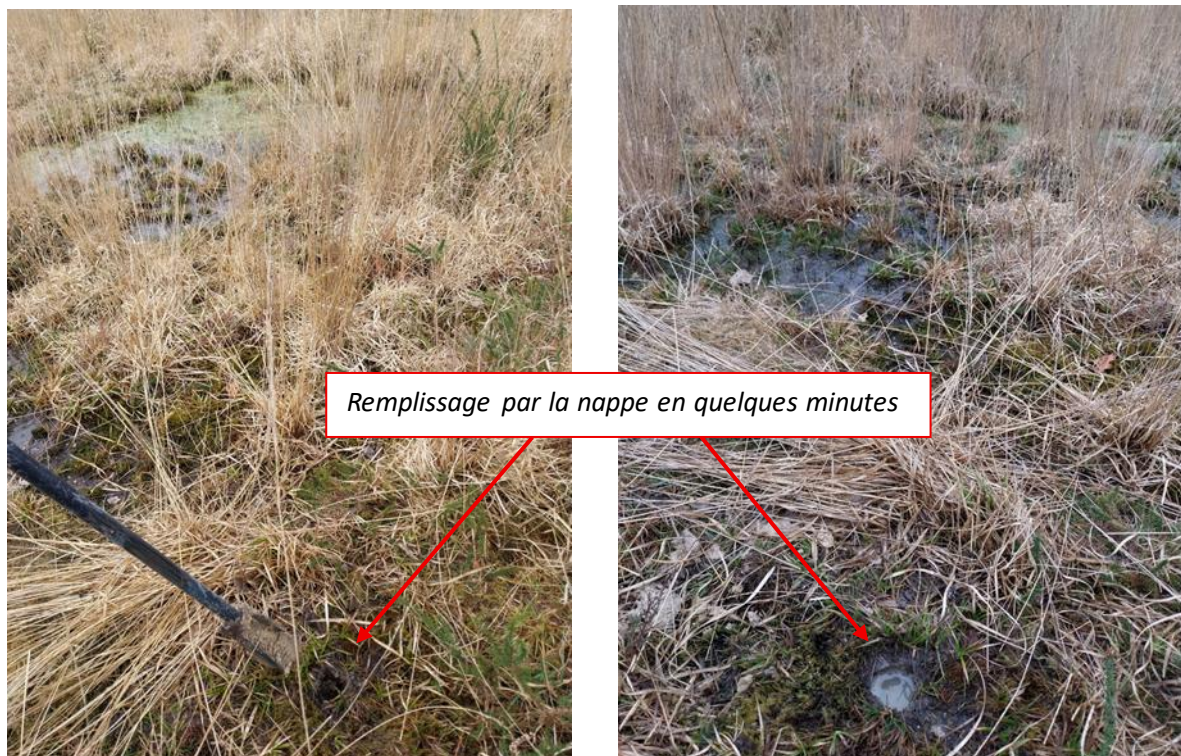
2.1.1 Méthodologie

Afin d'étudier le fonctionnement de la nappe et sa relation avec le terrain naturel, le prestataire n'a pas installé de piézomètres artificiels sur site, mais a quantifié les variations de nappe selon une approche semblable à des mesures piézométriques.

La méthodologie consiste à réaliser un maillage de puits ponctuels superficiel creusé à l'aide d'une tarière manuelle au voisinage des zones de remontée de nappe. Ces puits de quelques dizaines de cm de profondeur se mettent très rapidement en eau (en quelques minutes) par la remontée de nappe jusqu'à une cote haute marquant le toit de la nappe le jour des relevés. Par conséquent, **les cotes altimétriques de la ligne d'eau au sein de ces puits correspondent aux cotes altimétriques du toit de la nappe.** Ces puits sont ensuite rebouchés en fin de mesure pour éviter le piégeage d'espèces.

Le principe de cette méthode est similaire à une étude de relevés piézométriques sauf qu'elle permet de se soustraire à l'implantation de piézomètres sur le terrain. Elle s'applique particulièrement bien dans les zones où la nappe est affleurante et subit peu de variation altimétrique.

Les sondages réalisés manuellement à la tarière sont agrémentés d'investigations pédologiques afin d'examiner la nature et le profil de sol sur les zones de landes humides.



Photographie du principe de remplissage des puits creusés à la tarière aux abords des résurgences

Le prestataire a réalisé ces relevés pour des conditions les plus hydrologiquement propices, représentant les différents régimes hydrologiques théoriques de la nappe. Ces conditions sont déterminées en prenant en compte la situation hydrogéologique du territoire, les bulletins du BRGM (*Bureau de Recherches Géologiques et Minières*) et les niveaux des cours d'eau du bassin versant.

Date de relevé	05/02/2025	12/03/2025 et 24/03/2025	28/04/2025	12/05/2025 et 26/05/2025	01/07/2025
Régime hydrologique	Très hautes-eaux	Hautes-eaux	Moyennes-eaux	Basses-eaux	Très basses-eaux

Tableau n°3 : Date de relevés de terrain en fonction des régimes hydrologiques

De par la configuration actuelle du terrain, le prestataire considère que la réalisation de levés topographiques du toit de nappe par rapport au terrain naturel lors des régimes hydrologiques les plus représentatifs est suffisante pour caractériser la dynamique de nappe à proximité immédiate des habitats humides d'intérêt et leur alimentation en eau souterraine.

NB : Le prestataire a délibérément soustrait les chemins piétons du site et les traces récentes de passage d'engins pour ces études d'interaction avec la nappe. En effet, il peut y avoir un tassement de sol particulier au droit de ces linéaires non représentatif du fonctionnement du sol superficiel. La surface soustraite restant non significative par rapport à la superficie totale du site, il n'y a pas de perte d'information à ce niveau.

2.1.2 Localisation des principales zones de résurgences avec la nappe

Les zones de résurgences sont très dispersées au sein des landes humides. Pour une meilleure lecture des résultats, les landes sont séparées en 4 entités distinctes pour l'étude. Le découpage parcellaire présenté ci-après est propre à cette étude et est complètement indépendant des sections du plan cadastral et du zonage établi dans le plan de gestion 2024-2033.

A. Tendances générales

Les levés topographiques démontrent que les cotes altimétriques de la ligne d'eau de la nappe (au sein de puits réalisés à la tarière au voisinage des zones de stagnation) correspondent très précisément aux cotes de la ligne d'eau des zones de stagnation d'eau. **Par conséquent, cela prouve que ces zones de stagnation sont issues de la résurgence de nappe par interception du terrain naturel.**

A noter que les 3 mares permanentes et le plan d'eau sont aussi des zones d'interception de nappe, mais ces zones d'eau profondes seront traitées indépendamment au chapitre 2.3

L'étude topographique met en évidence 173 zones de stagnation d'eau par résurgence de nappe sur la lande humide lors des très hautes-eaux. Les levés ont été effectués au moment le plus opportun où les niveaux de nappes étaient les plus hauts, afin d'avoir une bonne vision hydrologique du site et d'un engorgement considéré comme maximal. Compte-tenu des conditions hydrologiques automnale et hivernale 2024-2025, il paraît peu probable d'observer un niveau de nappe plus haut sur la zone. Le prestataire précise que cette liste peut être non exhaustive, néanmoins le nombre d'éléments relevé est suffisant pour caractériser le fonctionnement de la nappe à l'échelle des landes humides. Ces éléments sont relevés en « ponctuel » pour analyser les données à chaque point d'interception de nappe, et non en « linéaire » même s'ils présentent des formes, surfaces et profondeurs différentes.

Ces zones de résurgences sont disposées de manière assez aléatoire, mais sont extrêmement dépendantes des propriétés altimétriques du sol et du développement de la végétation. Ces patches de résurgences correspondent à des secteurs de faible dépression topographiques. Le prestataire indique qu'une micro-dépression de quelques cm d'affaissement ponctuel du terrain naturel suffit pour

intercepter la nappe en hautes-eaux. Ces caractéristiques altimétriques permettent de distinguer deux typologies de rétention d'eau de nappe en surface :

- Des zones plus profondes restant en eau plus longtemps dans l'année et présentant une végétation hydrophile avec de nombreux *Potamogeton natans* ;
- Des zones à faible profondeur, sans végétation de type « potamogeton », au sein desquels la stagnation de surface se fait moins longtemps dans l'année ;

A noter que toutes les surfaces où une interception du toit de la nappe est identifiée présentent une végétation clairsemée, essentiellement composée de graminées. A contrario, les patches de végétation plus denses à bruyères, à molinies et à ajoncs présentent rarement des remontées de nappe.

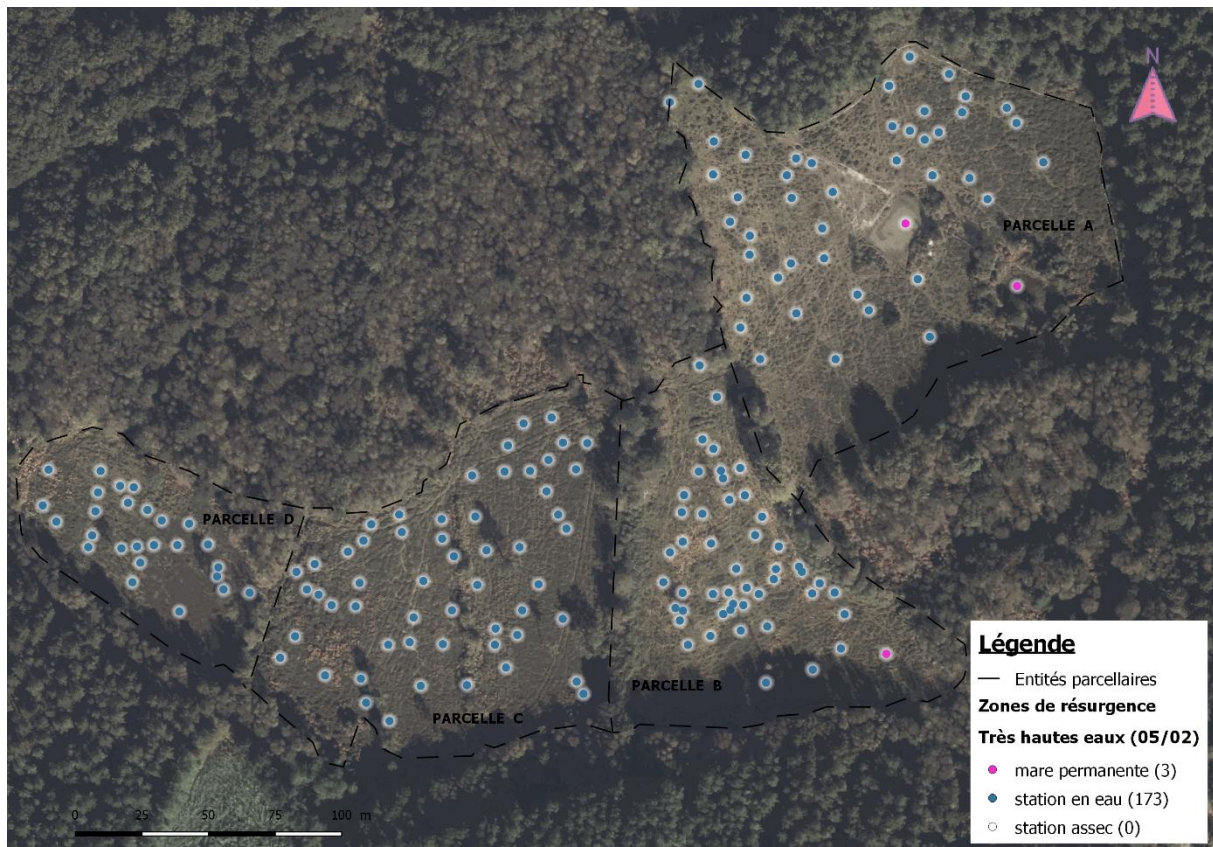


Figure n°4 : Localisation des zones de résurgence au sein de la lande humide _ 05 février 2025

B. Evolution annuelle en 2025

Toutes les zones de résurgence identifiées en février 2025 le sont encore lors des deux campagnes du mois de mars. Ces résultats témoignent d'une très faible évolution de la nappe en hautes-eaux.

En 2025, la phase de vidange de l'aquifère débute mi-avril, et s'accélère nettement à partir de la mi-mai. La tendance générale à l'échelle du site est que le toit de la nappe se décroche de la surface du sol prioritairement de l'amont vers l'aval, ce qui est cohérent avec un fonctionnement naturel. Néanmoins, cette tendance générale se n'applique pas pour la parcelle B.

A partir de début juillet 2025, identifié en tant que période d'étiage, seules les trois mares « en eau profonde » subsistent. Le reste des landes humides ne présentent plus d'interception du toit de nappe.

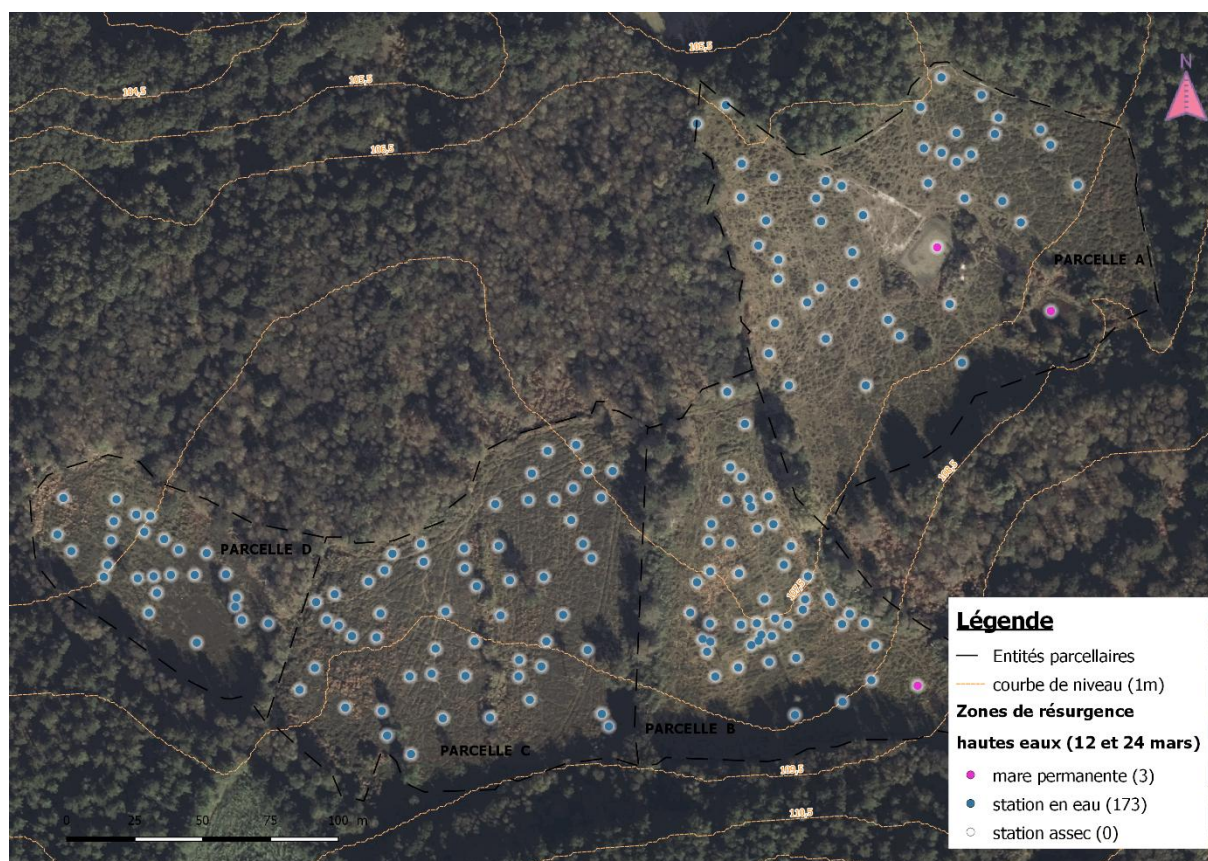


Figure n°5 : Localisation des zones de résurgence au sein de la lande humide _ mars 2025

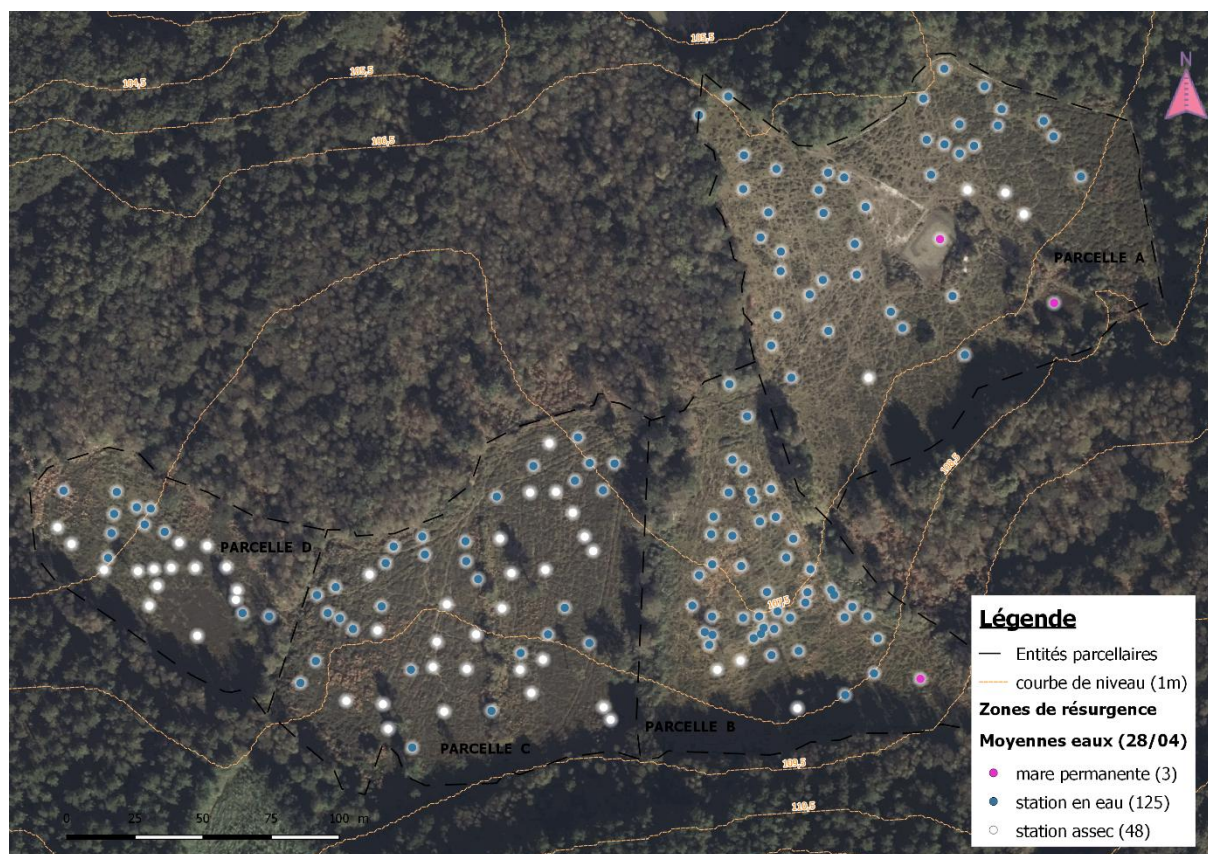


Figure n°6 : Localisation des zones de résurgence au sein de la lande humide _ 28 avril 2025

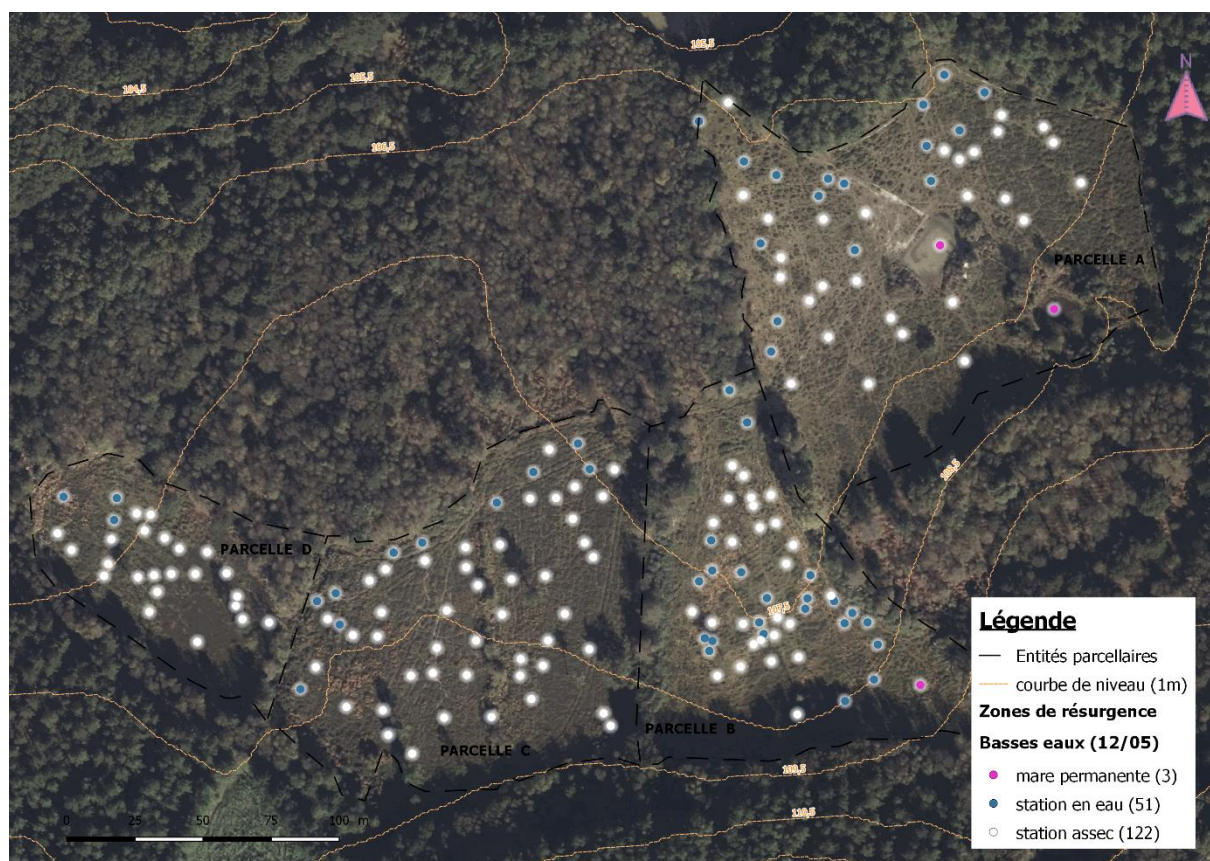


Figure n°7 : Localisation des zones de résurgence au sein de la lande humide _ 12 mai 2025

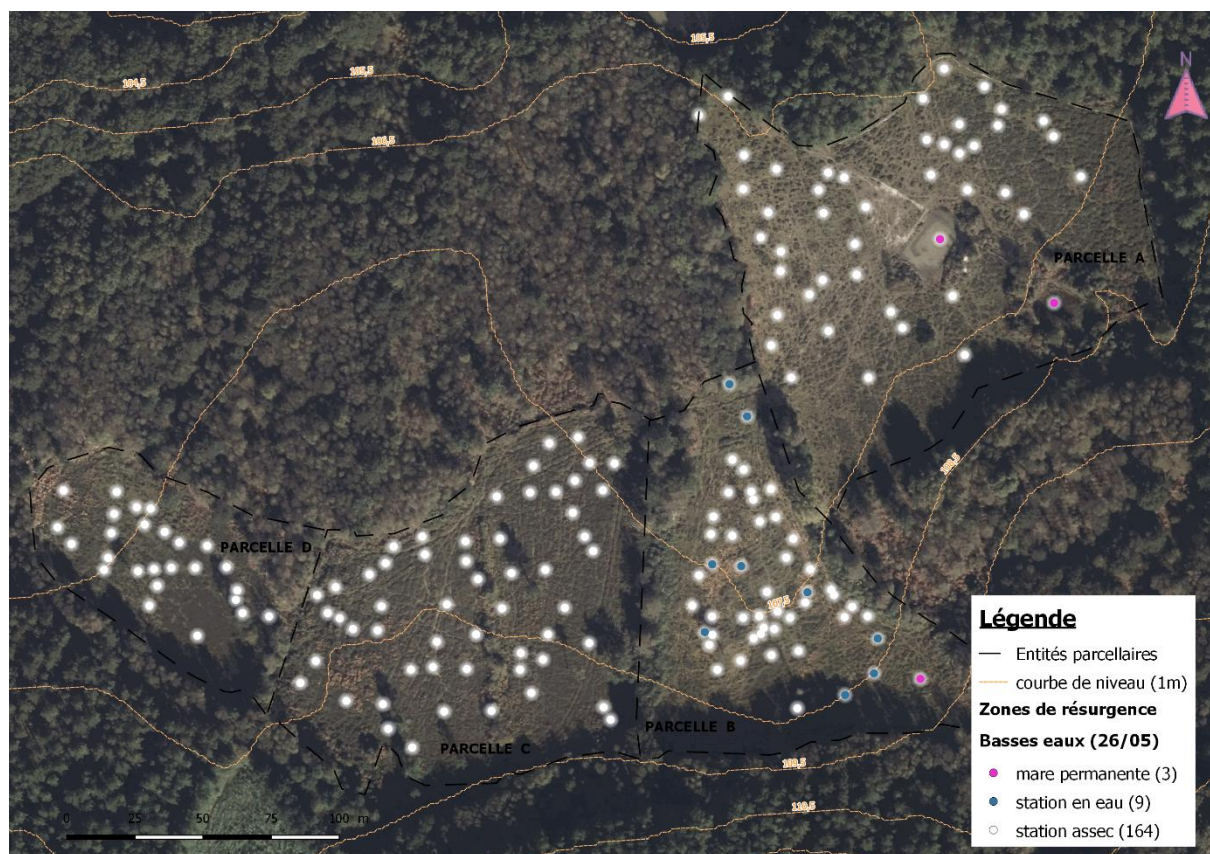


Figure n°8 : Localisation des zones de résurgence au sein de la lande humide _ 26 mai 2025

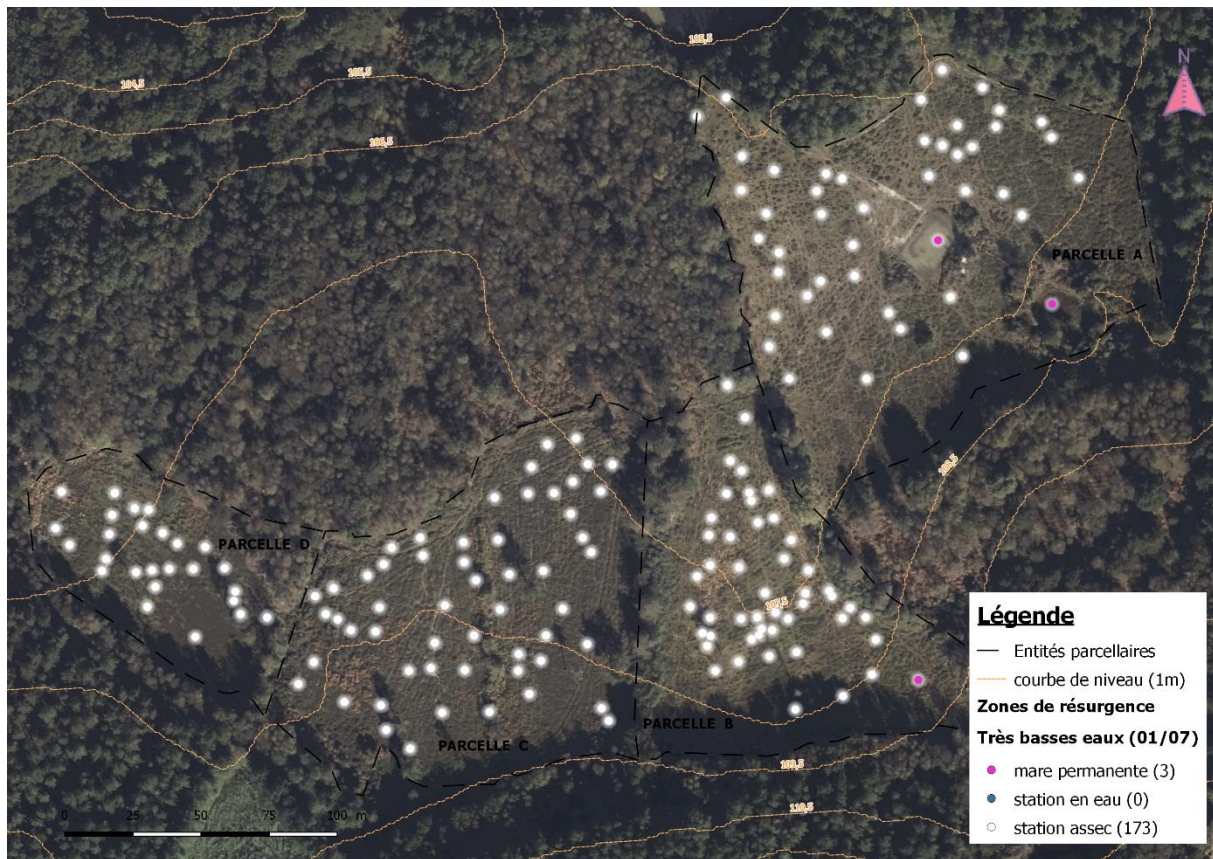


Figure n°9 : Localisation des zones de résurgence au sein de la lande humide _ 01 juillet 2025

C. Cas particulier de la parcelle « B »

La parcelle « B » est celle présentant le plus de résurgence de nappe en toute saison. Elle est notamment sujet à de nombreuses pontes de grenouilles observées au sein des résurgences du secteur médian. De plus, le potentiel d'interaction de la nappe avec le terrain naturel est très marqué sur la zone haute de la parcelle B. Ces zones d'interactions retiennent l'eau plus longtemps.

Néanmoins, cette parcelle subit une forte dynamique d'apparition des ligneux avec un développement spontané de saules de moins de 2/3 ans. A noter qu'en 2023, une cartographie des habitats EUNIS montrait que ces zones étaient essentiellement colonisées par des *Eleocharis multicaulis* (C3.4131) même si la présence de jeunes saules était déjà constatée. Ces secteurs présentant un développement de saules en forte densité correspondent aux zones s'asséchant précocement dans la parcelle B, peu importe les conditions topographiques. En cas de non intervention, la parcelle tendra à se transformer rapidement vers un habitat de type « saulaie » engendrant une captation accrue de la nappe par les racines de saules. Cela aura pour conséquence un assèchement de surface précoce et prolongée dans le temps au fur et à mesure du développement des ligneux.

A noter que l'amont de la parcelle A (secteur Nord-Est) est aussi menacé par une dynamique d'expansion de ligneux, émanant de la lisière du secteur forestier.

En contre bas de la parcelle B, en plus des zones de remontée de nappe, il est identifié plusieurs écoulements de surface ayant tendance à converger vers la boulaie dense. **D'où l'importance par la suite d'étudier plus finement les flux d'eau superficiels sur cette zone avec une analyse de la microtopographie de terrain relevé au cm (cf. chapitre 3.3).**

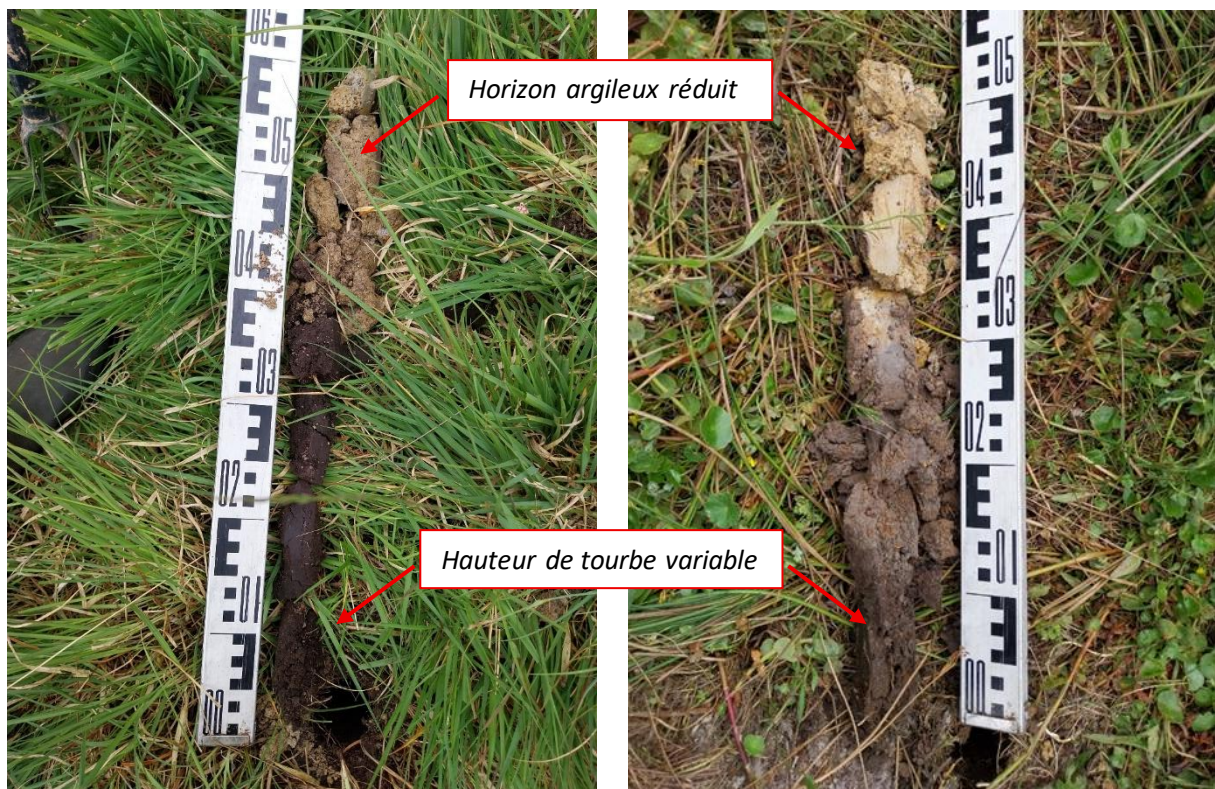
2.1.3 Nature du sol au droit des sondages

A. Tendances générales

La réalisation des puits à la tarière manuelle ont permis d'observer la nature du sol traversé. Globalement, les coupes pédologiques de chaque carottage sont extrêmement homogènes sur la surface des landes humides. Cette reconnaissance permet d'affirmer que :

- Le sol des landes humides est établi sur un horizon para tourbeux (humus brut de type hydromorphe) présentant un dépôt de tourbe peu épais inférieur à 40cm ;
- Ce dépôt de tourbe est compris entre 15 et 40cm maximum d'accumulation en fonction des sondages ;
- Ensuite, chaque carottage présente un horizon argileux gras et réduit (de couleur bleu) avec une forte concentration de grains rocheux de type « altérite ». Ces grains sont probablement issus de l'altération de la roche mère, dont l'arène granitique peu drainante qui explique l'humidité constante du lieu ;
- Ce sol hydromorphe témoigne d'un niveau d'engorgement marqué en toute saison.

A noter que les zones de résurgences de nappe identifiées précédemment présentent un horizon tourbeux moins épais que les zones sans eau de surface. Cette observation peut être corrélée avec le faible développement de la végétation de type « ajoncs ou bruyères » dans ces zones de mise à nue de nappe, pouvant engendrer moins de matière à dégrader sur le sol et donc moins de hauteur d'horizon para tourbeux.



Photographie des sondages pédologiques

B. Cas particulier du voisinage de la mare en haut de parcelle B

Le sol présente un cas très particulier sur un périmètre d'une trentaine de mètres aux abords de la mare de la parcelle B. Il ne possède aucun horizon argileux sous l'horizon tourbeux. A la place, un horizon sableux de couleur gris cendrée, peu cohésif et gorgée d'eau est présent et correspond probablement aux altérites de la roche mère. Ce contexte pédologique favorise le suintement de nappe en surface. Après renseignement du prestataire auprès d'expert pédologue, ce cas particulier peut résulter de différentes possibilités. Les hypothèses sont présentées ci-après :

- Phénomène anthropique : modification du sol par retrait de la couche d'argile historiquement présente lors du griffage réalisé en 2018 à l'aide d'engin mécanique (NB : *peu probable au vu des caractéristiques techniques d'intervention et de la faible profondeur du décapage à 10cm*) ;
- Phénomène naturel : Il est possible qu'il y ait de l'argile sous cet horizon d'altérite mais à une profondeur accrue inaténueable avec le sondage à la tarière manuelle ;
- Phénomène naturel : processus d'argiluviation (lessivage de l'argile au fur et à mesure du temps en direction du sous sol), fréquent dans les sols présentant de fortes circulations d'eau souterraine. Lors de ces processus, l'argile et les traces de fer redoxique sont complètement lessivés (sorte de « rinçage » du sol) et laisse place à un horizon sableux de couleur claire (NB : *hypothèse la plus vraisemblable*).

2.1.4 Comportement de la nappe et profils altimétriques

Plusieurs transects ont été réalisés sur le secteur d'intérêt. Les mesures ont permis de tracer les courbes d'évolution des niveaux de nappe en fonction de la saison. Cette évolution est présentée en figure 11.

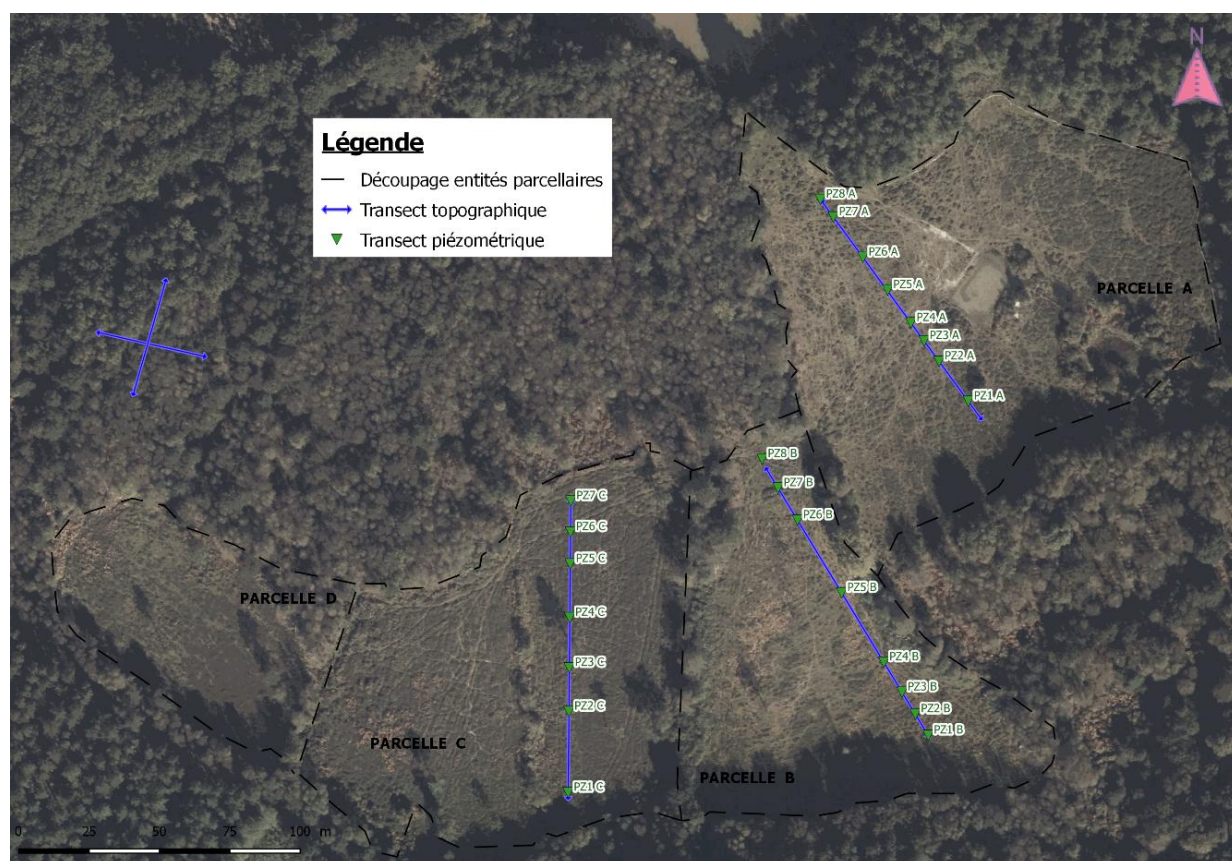


Figure n°10 : Localisation des transects piézométriques

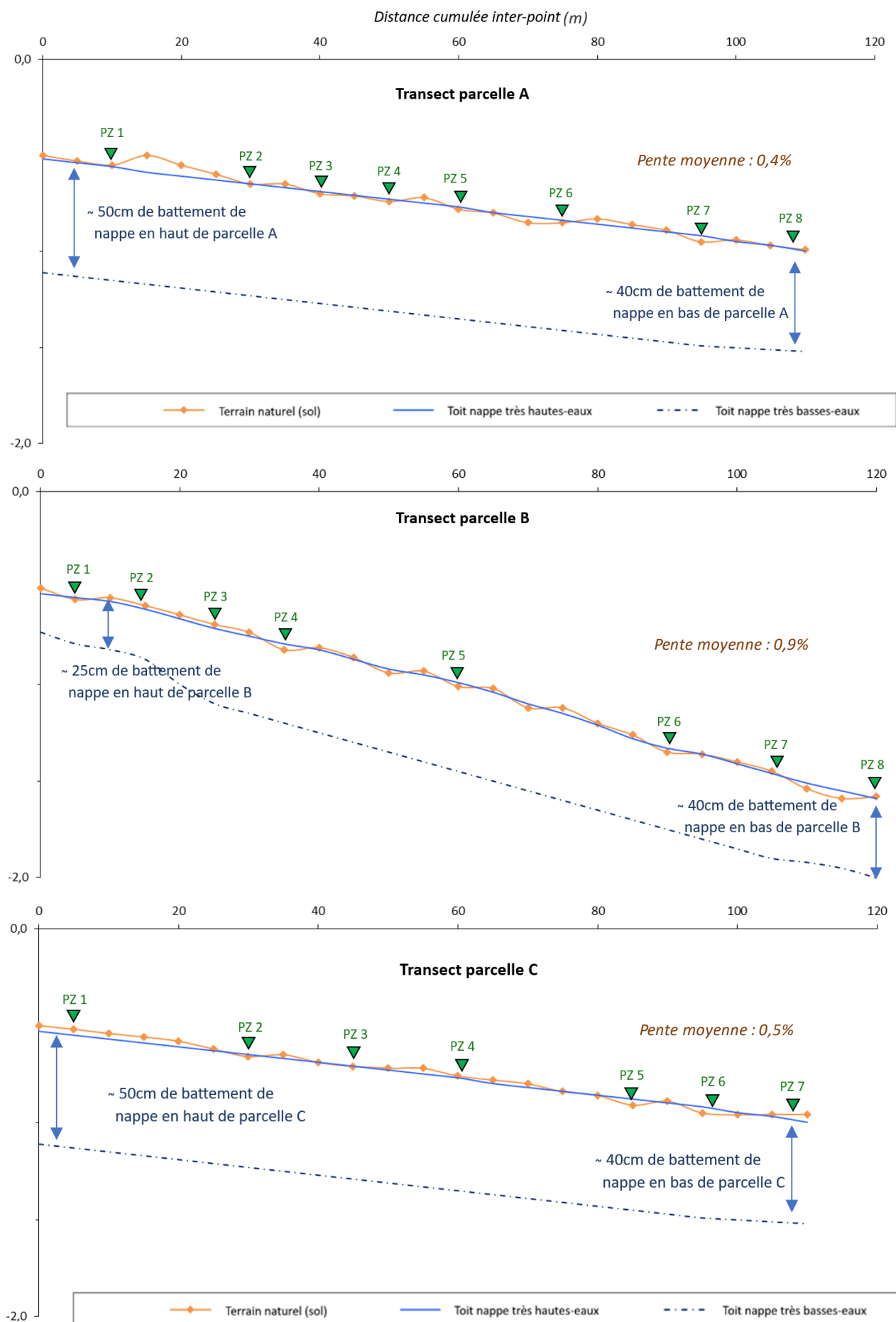


Figure n°11 : Profil altimétrique du toit de la nappe selon les parcelles étudiées

L'analyse de ces suivis, agrémentée des observations de terrain, apporte les renseignements suivants :

- Le gradient piézométrique suit globalement la topographie de la surface du terrain naturel ;
- L'analyse piézométrique indique que les niveaux d'eau souterrains sont toujours extrêmement proches de la surface du sol pendant toute la saison de données en 2025. Le toit de nappe est affleurant et régulièrement intercepté par le terrain naturel en hautes-eaux. En très basses-eaux, le toit de nappe se situe environ à 40 ou 50 cm sous la surface du sol. Cela démontre que la nappe reste haute et très proche de la surface du terrain naturel en toute saison ;
- La moindre dépression topographique est sujet à l'interception du toit de la nappe. Mais cela reste une « interception », il n'y a pas d'écoulement de surface ni de suintement, hormis à l'aval de la parcelle B. L'ensemble des dépressions topographiques étudiées présentent une rétention/accumulation en eau souterraine car elles n'ont pas d'exutoire altimétrique (de type fossé ou autre). *Si une cuvette d'une trentaine de cm était artificiellement creusée ailleurs, on obtiendrait probablement la même observation ;*
- Les caractéristiques topographiques, et notamment la profondeur altimétrique des dépressions est un des principaux facteurs régissant la mise en assec précoce (ou non) des zones d'interception du toit de la nappe avec la surface du terrain naturel. Plus la dépression est profonde, plus la zone tient l'eau dans la saison car elle a plus longtemps accès au toit de la nappe ;
- A noter le cas particulier en haut de parcelle B : au voisinage de la mare, le toit de la nappe ne descend pas sous les 25cm de profondeur par rapport au terrain naturel, même en période de très basses-eaux.

Le comportement de la nappe observé sur le site est en adéquation avec les données évoquées dans la littérature scientifique concernant le peu de variation de hauteur de nappe en toute saison dans les zones para tourbeuses (Rapin *et al.*, 2021).

2.1.5 Description schématique de la nappe locale (à visée pédagogique)

Ce chapitre propose une description schématique de la nappe locale à visée pédagogique. Les précédents résultats soulignent le caractère « pelliculaire » et superficiel de la nappe sous-jacente, portée par un substratum rocheux plutôt étanche épousant toutes les formes du relief. Les mesures étalées sur plusieurs mois témoignent d'une limite de saturation fluctuant dans une tranche très faible de profondeurs, de l'ordre de 0,50 m ou même parfois moins.

Sur le site des Grandes Landes, la pellicule superficielle du sol, constituée de grains séparés par des vides, peut se trouver alternativement gorgée d'eau (saturée), humide, ou totalement sèche.

En effet, près de la surface topographique, l'eau circule facilement (selon les lois de l'hydraulique souterraine) dans cette mince bande de sol (ou roche altérée le cas échéant). La limite haute du toit de nappe, ou "surface de la nappe", varie selon les saisons et le régime des pluies (hydrologie).

En revanche, en profondeur, il y a toujours de l'eau remplissant les interstices et toutes les fissures de la roche. Mais l'eau peine à circuler dans un substratum relativement étanche.

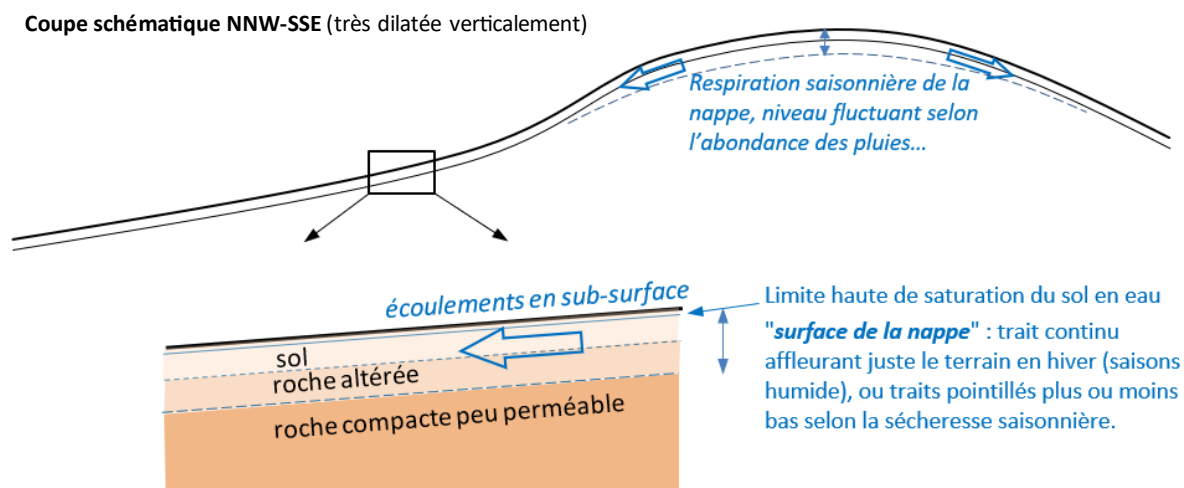


Figure n°12 : Schéma pédagogique résumant les fluctuations de nappe sur site

2.2 Cas particulier de la zone de sphaigne

Une zone de sphaigne d'environ 100m² est présente à l'extrémité Ouest du site naturel, enclavée au sein de la boulaie dense. Il n'existe aucun ruissellement de surface marqué pouvant alimenter ce secteur. De plus, tout potentiel micro-ruissellement serait immédiatement stoppé par les talus Sud et Ouest isolant la zone de sphaigne de ruissellement issu de l'amont. Ainsi, les flux de surface ne peuvent pas expliquer l'accumulation ou la rétention d'eau à cet endroit.

Une analyse topographique a été réalisée selon deux coupes en travers de la zone de sphaigne. Les levés topographiques identifient la zone de sphaigne avec un dénivelé de quelques cm par rapport au terrain naturel non ennoyé, suffisant pour mettre à nue la nappe. La lame d'eau associée à cet habitat présente une hauteur maximale de 15cm. Par ailleurs, la coupe en travers « d'Ouest en Est » met en évidence une seconde dépression topographique au voisinage de la zone de sphaigne, sans alimentation en eau de surface. Cette dépression affiche la même cote de ligne d'eau que la zone de sphaigne, mettant à nue la même nappe.

Par conséquent, la présence de cet habitat à sphaigne spécifiquement à cet endroit est expliquée par des propriétés conjointes d'affaissement topographique interceptant le toit de nappe, et d'un contexte pédologique particulier permettant le développement de ces sphaignes.

A noter que cette zone de sphaigne s'est asséchée pendant l'étude entre le 12 et le 26 mai 2025.

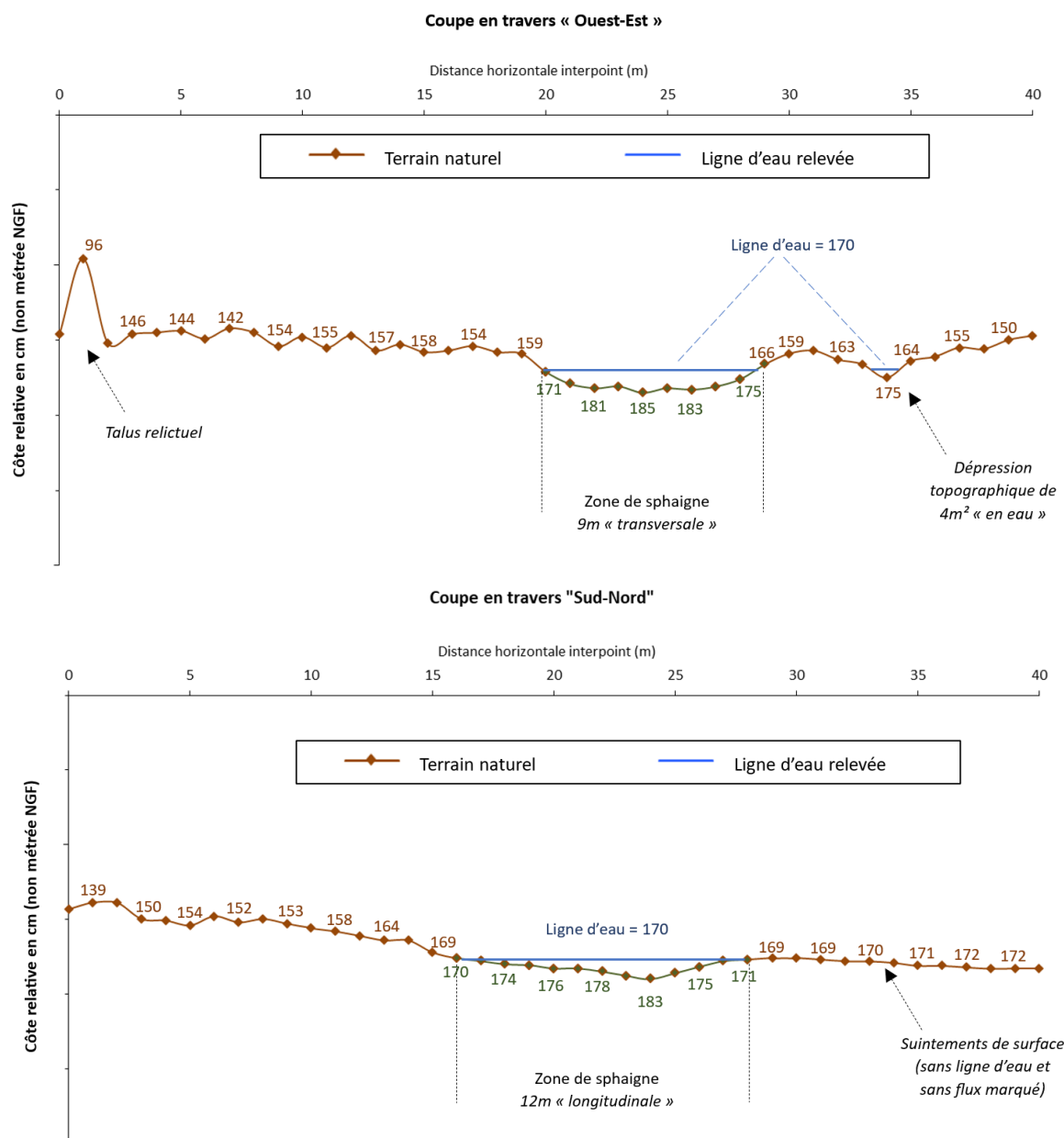


Figure n°13 : Coupes en travers au droit de la zone de sphaigne (NB : topographie affichée en cote relative et non en mNGF)

2.3 Analyse bathymétriques des trois surfaces en eau profonde

2.3.1 Méthode d'intervention

La réalisation d'une étude bathymétrique concernant le plan d'eau et les mares principales permettent d'apporter des éléments sur la profondeur et les côtes du fond dur, l'interception (ou non) avec la nappe d'accompagnement, le profil topographique, le niveau d'envasement, le volume d'eau libre et l'impact potentiel sur le fonctionnement hydrologique des habitats humides adjacents.

La bathymétrie a été réalisée depuis une embarcation le 24/03/2025 avec des conditions de prises de données optimales (sans pluie, sans vagues, sans courant et sans variation journalière du niveau d'eau). Les données ont été saisies suivant des transects de points régulièrement répartis, permettant d'obtenir une modélisation cartographique fiable. Pour chaque point, les trois variables suivantes ont été relevées à l'aide d'un fer à béton finement gradué :

- Mesure des hauteurs d'eau libre jusqu'au toit des vases (ou du fond dur le cas échéant) ;
- Mesure des hauteurs de vases (le cas échéant) ;
- Niveau topographique du fond dur.

2.3.2 Résultats bathymétriques

Les résultats graphiques sont représentés sous forme de carte bathymétrique en figure 14, 15 et 16. Le tableau n°4 propose ci-dessous un récapitulatif des principaux résultats :

Typologie	Superficie de la surface en eau (m²)	Volume en eau libre (m³)	Tirant d'eau maximum (m)	Volume des boues humides (m³)	Hauteur de vase maximum (m)	Volume total (m³)	Pourcentage d'envasement
Plan d'eau	4 168	5 284	1.6	656	0,42	5 940	11,04 %
Mare 1 (aval)	333	205	1,75	Nulle	NC	205	NC
Mare 2 (amont)	174	82	1,25	Nulle	NC	82	NC

Tableau n°4 : Synthèse des relevés bathymétriques en date du 24/03/2025

A. Plan d'eau

Ce plan d'eau a été creusé en 1990 par la commune et n'a à ce jour pas d'existence légale. C'est-à-dire qu'il n'a pas fait l'objet d'une demande de régularisation administrative auprès des services de l'Etat. Par conséquent, la commune, en tant que propriétaire, ne possède pas de document stipulant la conformité de ce plan d'eau avec la réglementation actuelle et reconnaissant son « existence légale ».

- Surface en eau

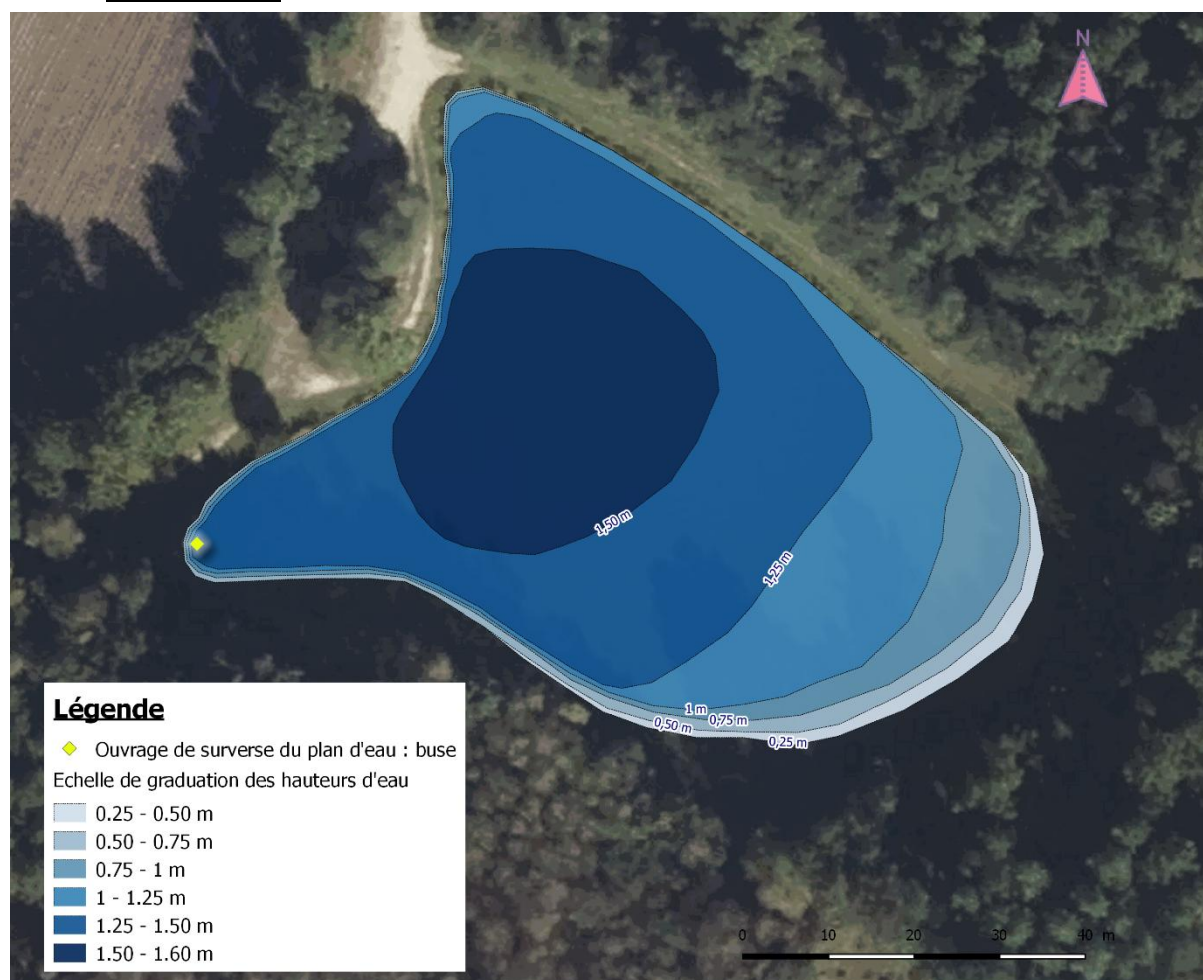


Figure n°14 : Représentation cartographique des tirants d'eau de l'étang

La superficie du plan d'eau est évaluée à 4 168 m², pour un volume d'eau libre d'environ 5284 m³. Cette valeur est considérée comme un remplissage « maximal ». L'observation du profil de berge et de sa végétation semble attester que ce niveau de remplissage est maintenu la majeure partie de l'année. La profondeur moyenne est de 1,28m, et la hauteur d'eau maximale relevée est de 1,60m, à peu près au centre de l'étang.

Le profil du plan d'eau est très homogène, sous forme de cuvette à fond plat ou en pente très douce sur la totalité des transects. Le potentiel en habitats biologiques au sein du plan d'eau est extrêmement faible et limité à l'effet « berges » sur le pourtour de l'étang. En effet, il n'y a aucune structure ligneuse, haut fond, cassure topographique ou blocs éparses. Néanmoins, l'interface « berge-surface en eau » est le seul habitat biologique diversifié. La rive Sud-Est possède des berges en pente douce (pente à 1/5) biologiquement plus attractif que le reste de l'étang (berge abruptes et subverticales). Cet aspect physique est corrélé avec les observations évoquées par Yannick Meneux au sujet de pontes de crapauds et de la présence de larves essentiellement sur cette rive Sud-Est.

- Volume de sédiments

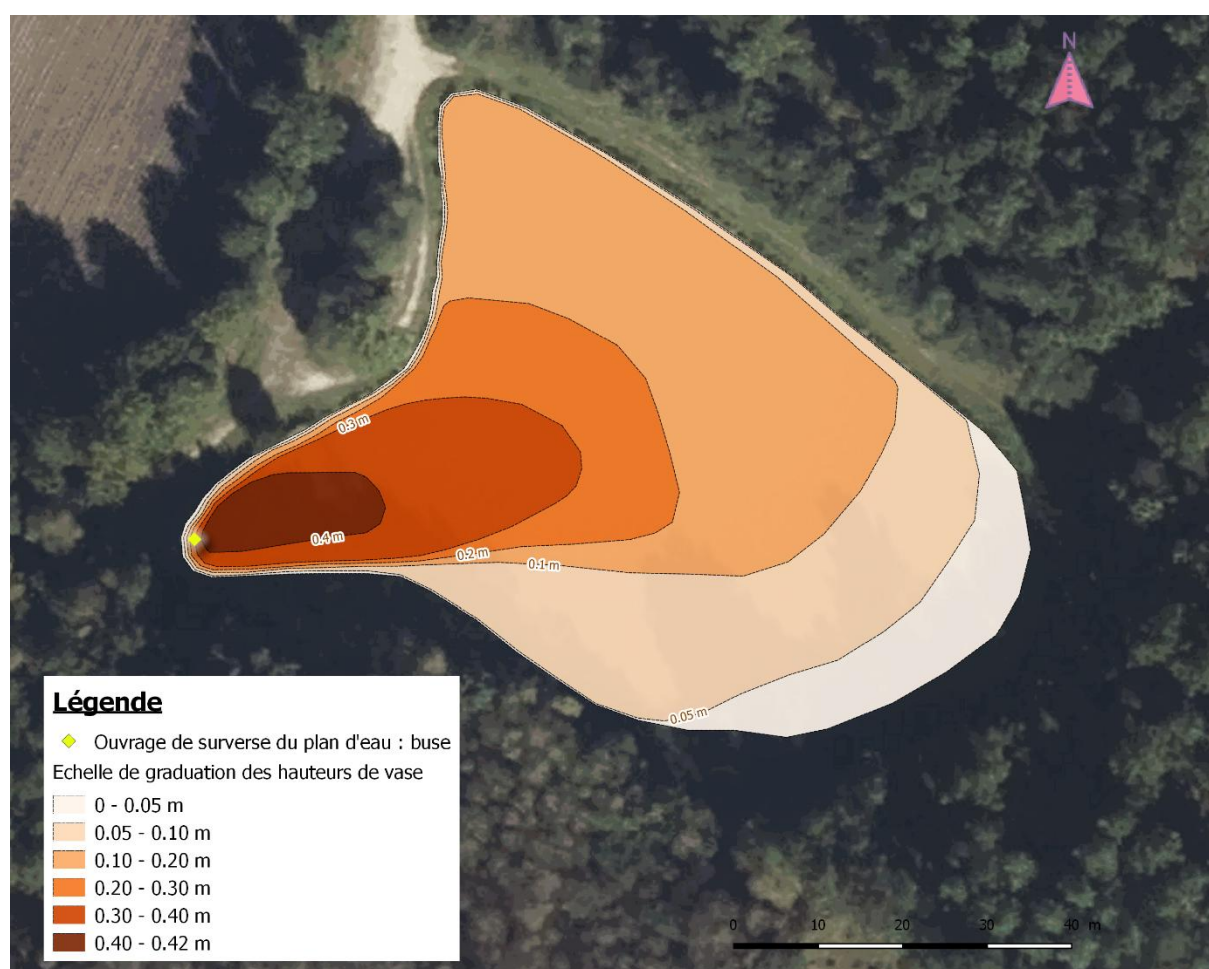


Figure n°15 : Représentation cartographie des hauteurs de sédiments fins

Ce plan d'eau présente une dynamique d'envasement extrêmement faible. Le volume total de vase humide est estimé à 607 m³, soit un pourcentage de comblement de 1,7 %. La quasi-totalité de l'étang ne présente aucun dépôt de vase significativement supérieur à quelques cm de hauteur.

Les vases sont essentiellement présentes en queue d'étang. Le prestataire émet l'hypothèse que cette localisation est régie par l'effet siphon du trop-plein de restitution en eau, enclin à créer un micro-courant ayant tendance à attirer les vases vers l'Ouest de l'étang.

Ce plan d'eau est réceptacle des eaux du fossé redirigeant toutes les eaux de ruissellement du versant Nord-Est (cf. chapitre suivant). Compte-tenu de la faible dynamique d'envasement, le taux de matière en suspension à transiter dans le fossé connecté au plan d'eau doit être très faible.

Sous la couche très superficielle de sédiment fin, le fond dur est constitué de matériaux sableux issu de l'altération de l'arène granitique (roche mère) lorsque le plan d'eau a été creusé. L'étude bathymétrique démontre que les côtes altimétriques du fond dur du plan d'eau sont situées à 120cm sous le niveau du terrain naturel du bas des landes humides. Cette observation permet de confirmer l'interaction avec l'arène granitique et la forte captation de la nappe sous-jacente.

B. Mares

Les deux mares ont des profils différents, notamment en termes de profondeur et de végétation :

- La mare n°1 possède plus d'hétérogénéité dans ses variations altimétriques que la mare n°2. Elle expose plus de superficie d'une profondeur supérieur au mètre, avec une hauteur maximale de 175cm. La mare n°2, quant à elle, ne dépasse pas 125cm de profondeur, avec une surface en eau profonde supérieur au mètre très réduite ;
- La production de végétation aquatiques est accrue au sein de la mare n°2. Elle présente une prolifération d'algues filamenteuses sur toute la surface de la mare. Le développement des plantes hygrophiles est aussi très dense dans l'ensemble de la colonne d'eau. *A contrario*, la mare n°1 révèle un équilibre entre surface en eau libre et expression de la végétation hygrophile, qui tend en faveur des plantes plutôt que des algues.

Aucune accumulation de vases ni de processus de comblement n'a été identifiée au sein des deux mares.

2.3.3 incidences sur la ressource en eau

Les incidences générées par les plans d'eau sur les écosystèmes aquatiques dépendent de plusieurs facteurs, notamment en fonction de l'implantation par rapport au réseau hydrographique, de la surface d'eau libre, de son mode de restitution en eau ou encore de sa gestion pouvant engendrer des perturbations au droit du site et aussi sur le milieu naturel récepteur en aval.

Le tableau n°5 sur la page suivante récapitule les problématiques des plans d'eau potentiellement générées sur les milieux aquatiques. L'état des lieux a permis d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement du site. Ainsi, la liste de ces impacts issue des données bibliographiques existantes sur le sujet est confrontée à l'analyse du site et aux observations de terrain afin de définir les réels impacts de ce plan d'eau sur le milieu.

Se référer à l'analyse du tableau n°5 en page suivante avant de lire les conclusions ci-après

Ce plan d'eau altère le fonctionnement naturel des milieux aquatiques de par la mise à nue de la nappe, son effet drainant sur celle-ci et l'envolement de la zone humide historique. La transformation du site engendrée par le plan d'eau a eu pour conséquence de supprimer, d'une part, les habitats d'intérêts au droit de la surface en eau, et d'autres part, les processus bénéfiques pour la régulation de la qualité et la quantité d'eau dépendants des fonctions naturelles de la zone humide historique.

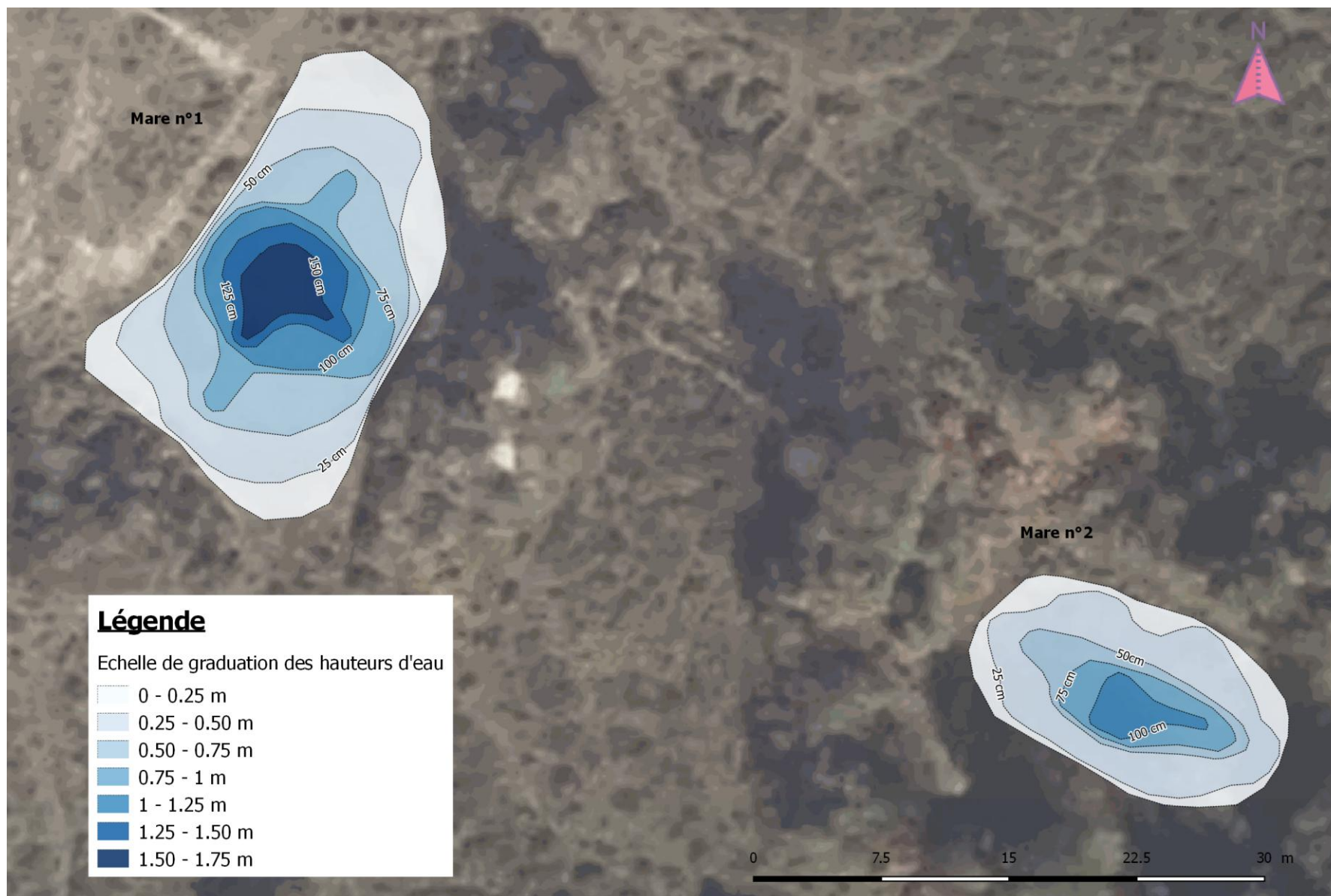


Figure n°16 : Représentation cartographie des tirants d'eau au sein des deux mares

Compartiment touché	Type d'incidences, impacts et références bibliographiques principales	Plan d'eau
Hydromorphologie	Evaporation durant l'été (Boutet-Berry, 2000)	Non évalué
	Perte des zones inondables (Oraison <i>et al.</i> , 2011)	Oui (A)
	Modification des fonctionnalités hydrologiques de la zone humide par ennoisement annuel et suppression des phénomènes d'infiltrations (Le Bihan & Janneau, 2018)	Oui
	Interception du débit des cours d'eau pouvant accentuer la rupture d'écoulement à l'aval en période d'étiage (Boutet-Berry, 2000)	Non
	Modification des débits naturels de ruissellement par interception des flux de surface (Malavoi & Bravard, 2010)	Oui (cf. étude fossé)
	Modification du substrat in situ et en aval (Durlet 2009)	Non
	Mise à nue de la nappe et drainage (Malavoi & Bravard, 2010)	Oui (B)
Qualité physico-chimique	Perte des capacités auto-épuratoire de la zone humide (Oraison <i>et al.</i> , 2011)	Oui
	Modification du régime thermique du cours d'eau (Touchart & Bartout, 2011)	Oui (C)
	Enrichissement excessif du milieu en éléments nutritifs (Gigleux 1992)	Non évalué
	Phénomène d'eutrophisation excessif à l'origine d'une dégradation globale de la qualité des eaux (Billen <i>et al.</i> , 2009)	Non (D)
	Rupture du transit sédimentaire par interception des flux solides (Kondolf, 1997)	Non
	Stockage excessif de sédiments fins (Morris <i>et al.</i> , 2010) et rétention de contaminant (Banas <i>et al.</i> , 2016)	Non
	Libération de substance toxique accumulé dans les sédiments lors des vidanges (Gaillard <i>et al.</i> , 2016)	Non
Biologique	Présence et prolifération d'espèces envahissantes (Gigleux, 1992)	Non
	Développement de cyanobactérie en période estivale (Oraison <i>et al.</i> , 2011)	Oui
	Modification des habitats par ennoisement permanent et perte des communautés végétales et animales inféodés aux zones humides (Pinay <i>et al.</i> , 2017)	Oui
	Risque de mortalité de la faune en période de bloom algal sur le plan d'eau (Personnic <i>et al.</i> , 2006)	Probable
	Discontinuité biologique (Pinay <i>et al.</i> , 2017)	Non
	Dérive biologique du peuplement piscicole en aval (Vigneron, 1999)	Risque
	Présence d'espèces piscicoles incompatible avec le déroulement du cycle biologique des amphibiens et des odonates par prédation (Pérez-Bilbao <i>et al.</i> , 2015 ; Cheylan & Olivier, 2004)	Oui (E)
	Modification de la flore en aval (Le Louarn & Bertru, 1991)	Non
	Conditions de vie peu propices aux espèces naturellement présentes dans les ruisseaux de tête de bassin versant (Gigleux, 1992)	Oui
Usage	Coût de maintien en état (entretien des berges, curage...)	Elevé
	Risque de noyade	Modéré
	Risque sanitaire de mauvaise qualité d'eau (loisir, baignade, loisir nautique, pêche de consommation...) Pinay <i>et al.</i> , 2017	Faible
	Vidanges régulières considérées comme critique pour les écosystèmes aquatiques situés en aval (Gigleux, 1992)	Non
	Conformité réglementaire (Loi sur l'Eau ; APG 09 juin 2021)	Non déclaré

Tableau n°5 : Synthèse des incidences du plan d'eau sur les milieux aquatiques selon la bibliographie existante

(A) : La perte des zones humides inondables est limitée à l'emprise au droit du plan d'eau

(B) : A la date des relevées bathymétriques, le débit de sortie de ce plan d'eau est estimé à environ 1L/s. Cependant, le débit d'entrée visible en amont (alimentation par fossé F14 et suintement de surface) est nettement inférieur au débit de sortie estimé. En outre, les visites de site hors période de hautes-eaux ont avéré que le plan d'eau n'a aucun apport direct d'eau de surface (fossé F14 à sec). Néanmoins, la restitution en eau par le trop-plein est observée la majeure partie de l'année, et ce indépendamment de la période hydrologique. En 2025, le plan d'eau a cessé de s'écouler à partir du début du mois de juin. **Par conséquent, l'interception des eaux souterraines par le plan d'eau, à la fois hivernale et estivale, en mettant à nue la nappe d'accompagnement et son effet drainant en évacuant l'eau vers l'aval est ainsi démontrée.**

© : le plan d'eau restitue l'eau de surface, dont la thermie est impactée par la stagnation de l'eau.

(D) : La turbidité relative de l'eau est probablement dû aux effets cumulatifs de l'action du soleil, du développement de micro-organisme et de l'activité des espèces piscicoles fouisseuses. A noter que la « turbidité » est relativement faible par rapport à d'autres plans d'eau du territoire.

(E) : La présence d'espèces piscicoles au sein du plan d'eau ne permet pas le déroulement du cycle biologique des amphibiens et des odonates (Duguet *et al.*, 2003). En effet, la plupart des poissons blancs (cyprinidés) et des perches prédatent les larves et peuvent consommer facilement la moitié de leur poids en nourriture chaque jour (Bruslé *et al.*, 2013 ; Morand, 2018). Les poissons carnassiers, quant à eux, prédatent les individus adultes.

3. Fonctionnement hydrologique de l'eau de surface

3.1 Principales aires d'alimentation en eau

Les flux de surface estimés à partir des courbes topographiques et des données LIDAR disponibles sont visibles sur la figure 17. Le LIDAR est un système de télédétection par laser, acronyme de l'expression en langue anglaise « *Light Detection And Ranging* » ou « *Laser Imaging Detection And Ranging* ».

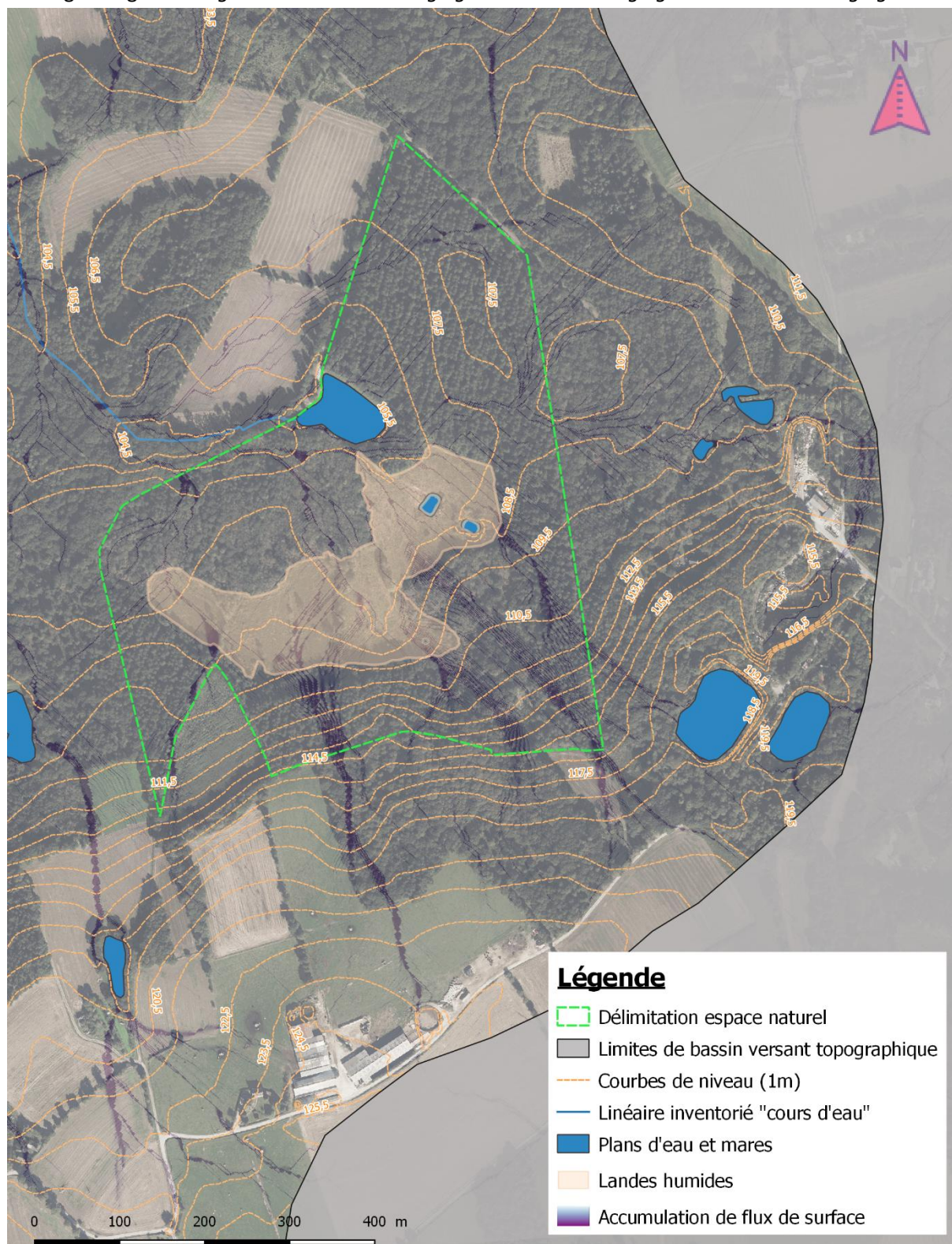


Figure n°17 : Flux de surface et aire d'alimentation en eau du site

La figure ci-avant fait apparaître les courbes de niveaux représentatives des reliefs de l'amont du bassin versant. Ces courbes sont référencées en m NGF et sont espacées d'un mètre. Le point le plus haut du bassin est identifié à 125,5 m NGF en haut de versant Sud du site. Les courbes serrées indiquent des variations altimétriques plus fréquentes et donc une pente de versant plus marquée au Sud du bassin, estimée à 4%. A l'inverse, le versant Est présente des niveaux altimétriques plus faibles et une pente de versant moins marquée d'environ 1%.

Deux aires naturelles d'alimentation en eau de surface distinctes ont été identifiées en amont de la zone ciblée par l'étude, une au Sud et une à l'Est. Ces deux secteurs sont censés jouer un rôle d'approvisionnement en eau de surface du site, et notamment des habitats humides d'intérêt.

De par ses propriétés topographiques, le versant Sud est le principal contributeur naturel en eau de surface des landes humides. Les flux de surface y sont assez marqués, indiquant un ruissellement suivant les micro-talwegs¹ du versant Sud. Cet aspect est conforté avec les observations du terrain identifiant des marqueurs caractéristiques témoins d'un suintement de surface sur le versant Sud. Le contexte de boisement augmente la rugosité de surface et permet de concentrer les ruissellements au sein de zones basses tout en ralentissant les flux et l'érosion du sol.

Les ruissellements existent au sein du versant Est, mais ces derniers sont plus diffus et moins concentrés en une unique voie. La topographie assez plane du versant confère des écoulements à très faible vitesse. Ce faible flux semble propice à l'infiltration de subsurface (ou au ruissellement plus lent). A noter que cette aire d'alimentation secondaire peut être particulièrement impactée par les aménagements anthropiques y figurant (plan d'eau, route départementale et fossé d'accotement). Ces aspects seront étudiés dans le chapitre suivant.

Enfin, à l'intérieur des landes humides, les flux de surface sont peu marqués et beaucoup moins visibles qu'à l'amont au sein du versant Sud. A cette échelle, aucun chemin préférentiel d'écoulement ne peut être identifié au sein des landes humides. **D'où l'importance par la suite d'étudier plus finement les flux d'eau superficiels sur cette zone avec une microtopographie de terrain relevé au cm.**

Cependant, un des biais majeurs de cette modélisation réside dans le fait qu'elle ne permet pas d'estimer l'impact des nombreux fossés présents en surface du terrain. Ces derniers peuvent intercepter des flux de surface, voir modifier le sens des écoulements et avoir un effet drainant. Ce travail a donc été réalisé sur le terrain et est présenté dans le chapitre suivant.

3.2 Impacts du réseau hydraulique annexe

3.2.1 Stratégie d'inventaire

A. Distinction noue et fossé

Il est rappelé ci-dessous les principaux signes distinctifs entre un fossé et une noue :

- **Fossé** : aménagement collectant les eaux de ruissellement (et/ou drainant la partie superficielle du sol le cas échéant) et transférant ces flux vers un exutoire en suivant la pente longitudinale du fossé. Selon ses caractéristiques intrinsèques, un même fossé peut avoir à la fois un effet de mise à nue de la nappe et/ou un effet drainant et/ou un effet de transfert de flux et/ou de modification des sens d'écoulements en cas de positionnement perpendiculaire à la pente naturelle.

¹ Un Talweg est la ligne formée par les points ayant la plus basse altitude au sein d'un fond de vallée

- Noue de rétention : dépression à pente longitudinale nulle et sans exutoire. Par conséquent, la noue n'a pas d'effet drainant ni de transfert de flux. Elle peut favoriser le stockage d'eau et l'infiltration dans le sol s'il est perméable.

Ce chapitre de l'étude hydrologique a pour objectif d'analyser le potentiel impact des fossés sur la ressource en eau à l'échelle du site, en termes de drainage et de modification des flux de surface. Par conséquent, certaines dépressions visibles sur le terrain et considérées en tant que « noue » n'apparaissent pas sur les cartes et ne sont pas pris en compte dans cette étude hydraulique.

B. Méthodologie

Afin d'étudier les impacts du réseau hydraulique annexe sur la ressource en eau, la totalité des fossés présents sur la réserve des Grandes Landes ainsi que ceux en amont du bassin versant a été inventoriée.

L'hétérogénéité de leurs caractères physiques leur confère des propriétés hydrauliques plus ou moins impactantes sur la ressource en eau au sein de cet espace naturel. Dans l'objectif de définir l'impact de ces différents fossés sur l'interception des flux et leur effet drainant, les critères ci-dessous ont été étudiés :

- ✓ Localisation des fossés ;
- ✓ Sens et conditions d'écoulements ;
- ✓ Gabarit ;
- ✓ Rugosité ;
- ✓ Longueur et pente ;
- ✓ Débit en écoulements (moyen et maximum).

En vue de proposer des flux relatifs au drainage superficiel des eaux de surface, le gabarit des fossés sera considéré sans prendre en compte les dimensions des bourrelets de curage (si présents). La hauteur à plein bord du fossé correspondra donc à la différence entre le fond de fossé et la côte du terrain naturel.

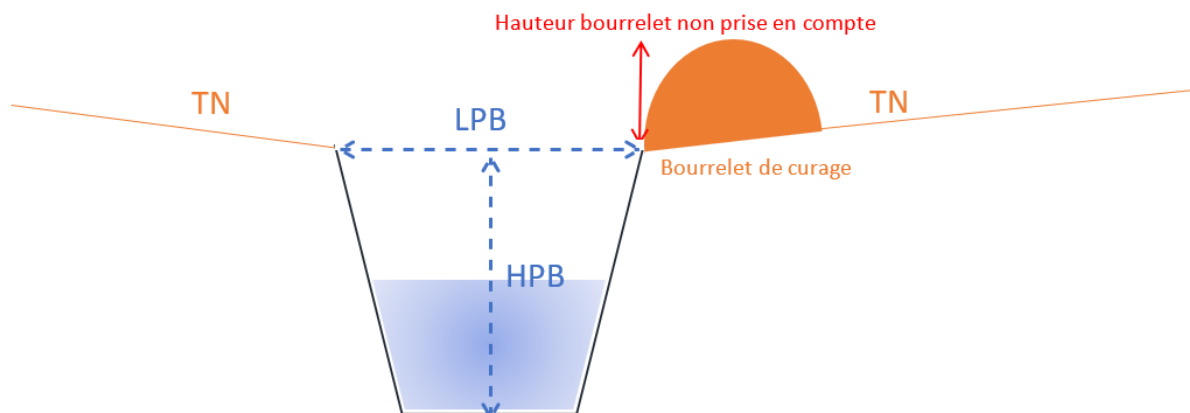


Figure n°18 : Prise de mesure sur les gabarits de fossé

Les flux d'écoulements moyens à mi-remplissage et maximums sont calculés à l'aide de la formule hydraulique à surface libre de Manning Strickler intégrant un coefficient de rugosité, calculé par la méthode de Cowan (1956). Cette dernière permet une estimation relativement simple et assez précise du coefficient de rugosité. Plus la valeur numérique de ce coefficient est faible, plus la rugosité est forte.

Les débits maximums correspondent aux débits évacués par les fossés lorsque ces derniers sont totalement remplis jusqu'à leur hauteur plein bord, juste avant la surverse par débordement en berge. Ces flux maximums sont peu pris en compte dans l'analyse étant donné qu'ils sont très rarement atteints. Les débits à mi-remplissage, quant à eux, correspondent aux débits transitant dans le fossé lorsque celui-ci est rempli à la moitié de sa hauteur plein bord total. Ces flux à mi-remplissage sont les plus représentatifs de l'état de fonctionnement des fossés du site.

3.2.2 Résultats

Cet état des lieux a démontré la présence de 25 fossés, dont 12 directement présents au sein du périmètre de l'espace naturel. Les principaux résultats sont présentés dans le tableau n°6 en page suivante et commentés ci-après (une carte schématique d'aide à la lecture des fossés y est associée).

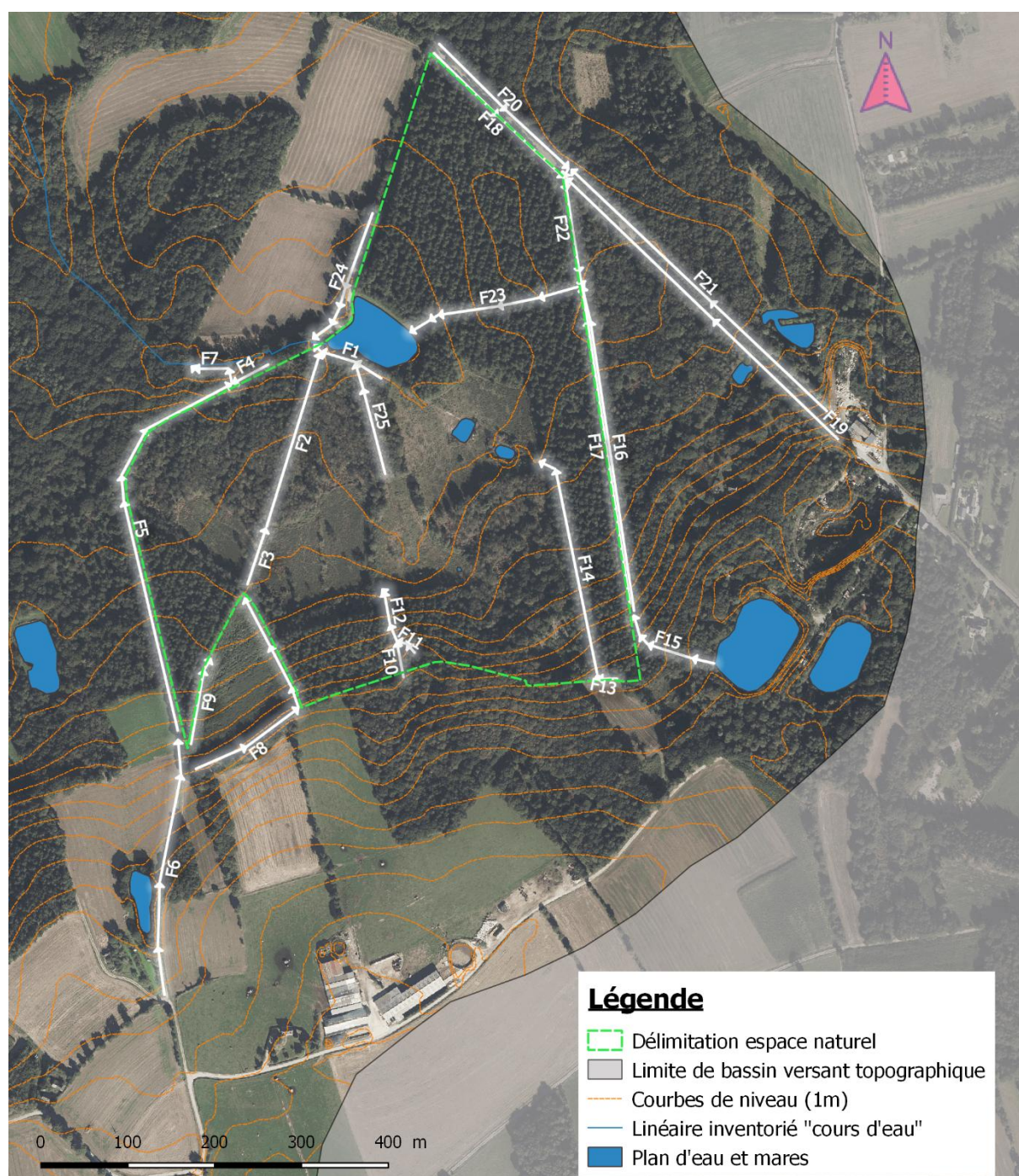


Figure n°19 : Cartographie des fossés identifiés sur le site

Identifiant fossé	Emplacement du fossé	Typologie d'écoulement	Longueur (m)	Pente moyenne (%)	Hauteur Plein Bord moy (m)	Largeur Plein Bord moy (m)	Rugosité	Flux à « mi-remplissage » (m³/s)	Flux max (m³/s)	Commentaires
F1	Intra réserve	Écoulements	82	1.2	0,8	1,6	17	0,050	0,142	Alimenté par la nappe, par les flux de surface bloqués par le bourrelet du plan d'eau et par F1 et F2. L'exutoire du fossé se jette au début du linéaire inventorié « cours d'eau »
F2	Intra réserve	En eau sans écoulements	209	1.1	0,6	1	19	0,029	0,091	Prolongement de F3 en contexte forestier. Un bouchon étanche est présent à l'exutoire du fossé pour ralentir les écoulements.
F3	Intra réserve	Écoulements	68	0.7	0,3	0,6	8	0,005	0,013	Alimenté par F8 et par les ruissellements de surface du champ agricole. Très chargé en nitrate et molécules liées aux MES à cause de l'érosion du champ
F4	Hors réserve	En eau sans écoulements	48	0.6	0,3	0,6	19	0,007	0,019	Bord de chemin, alimenté probablement par les suintements et remontées de nappe
F5	Hors réserve	Écoulements	475	1.2	0,3	0,8	14	0,010	0,024	Alimenté par F6
F6	Hors réserve	Écoulements	300	2.9	0,4	0,4	23	0,026	0,059	Alimenté par le trop-plein d'un plan d'eau en haut de bassin versant et par les ruissellements de surface en bord de chemin agricole.
F7	Hors réserve	Écoulements	63	0.9	0,3	1	11	NC	NC	Alimenté par le cumul de F4, F5 et F6. Puis conflue avec le cours d'eau plus en aval.
F8	Hors réserve	Écoulements	276	2.2	0,7	0,9	23	0,068	0,153	Bord de champ. Alimenté par drainage et interception des flux de surface
F9	Hors réserve	En eau sans écoulements	102	2.4	0,9	0,9	19	NC	NC	Bord de champ. Exutoire par surverse en écoulements diffus dans les résineux. Les côtes de surverses engendrent un reflux d'eau vers l'amont
F10	Intra réserve	Écoulements	42	4.7	0,3	0,5	NC	NC	NC	Collecteur de résurgence forestière. Gabarit variable, segment achenalisé par endroit
F11	Intra réserve	Écoulements	26	5.4	0,3	0,3	NC	NC	NC	Collecteur de résurgence forestière. Gabarit variable, segment achenalisé par endroit
F12	Intra réserve	Écoulements	64	4.1	0,3	0,5	8	0,009	0,020	Alimenté par F10 et 11. Exutoire sous forme d'écoulements diffus en haut de parcelle ciblée par l'étude de la microtopographie
F13	Intra réserve	Sec	21	0.4	0,5	0,8	12	0,008	0,021	Bord de champ, en travers de pente, collecteur de ruissellement
F14	Intra réserve	Écoulements	261	2.3	0,4	0,7	9	0,017	0,041	Alimenté par F13. Exutoire aménagée en bouchon étanche à l'aval pour alimenter la zone à l'amont des mares sous forme d'écoulements diffus en surface
F15	Hors réserve	Écoulements	122	3.9	1,4	1,2	23	0,167	0,315	Alimenté par le trop plein du plan d'eau privé (exutoire principal). Fossé le plus profond de l'inventaire
F16	Hors réserve	Écoulements	377	1.6	0,3	2	NC	NC	NC	Cuvette de transfert des flux issu de F15
F17	Hors réserve	Écoulements	369	1.4	0,5	0,8	7	0,016	0,033	Bord de chemin forestier, pas d'alimentation direct hormis le drainage du sol. Séparé latéralement de F16 par un talus forestier. Double interception des flux sous F16

F18	Hors réserve	Écoulements	202	0.4	0,5	0,9	30	0,034	0,081	Bord de route Sud-Ouest
F19	Hors réserve	En eau sans écoulements	465	2.2	0,6	0,9	30	0,079	0,191	Bord de route Sud-Est
F20	Hors réserve	Écoulements	207	0.5	0,6	1	30	0,037	0,091	Bord de route Nord-Ouest
F21	Hors réserve	Écoulements	387	1.7	0,6	1	30	0,070	0,167	Bord de route Nord-Est_collecte des suintements issus du boisement
F22	Hors réserve	Écoulements	144	0.9	0,4	0,5	7	NC	NC	Alimenté par le cumul des 4 fossés de bord de route, rôle de transfert des flux vers F23
F23	Intra réserve	Écoulements	210	0.9	0,4	1,2	14	NC	NC	Alimenté par le cumul des flux des fossés de F15 à F22. Ecoulements très marqué. Le plan d'eau en aval du site marque l'exutoire de F23 via une buse diamètre 200.
F24	Hors réserve	En eau sans écoulements	164	0.7	0,4	1,1	13	0,013	0,030	Fossé en bord de chemin, l'exutoire se jette au début du linéaire inventorié « cours d'eau »
F25	Hors réserve	Écoulements	132	1	0,4	0,9	12	0,014	0,029	Alimenté par les ruissellements de surface de la parcelle ciblée par la microtopographie et par la nappe. Le bouchon à l'exutoire avant F1 n'est pas étanche.

Tableau n°6 : Synthèse des caractéristiques hydrauliques des fossés présents sur le site

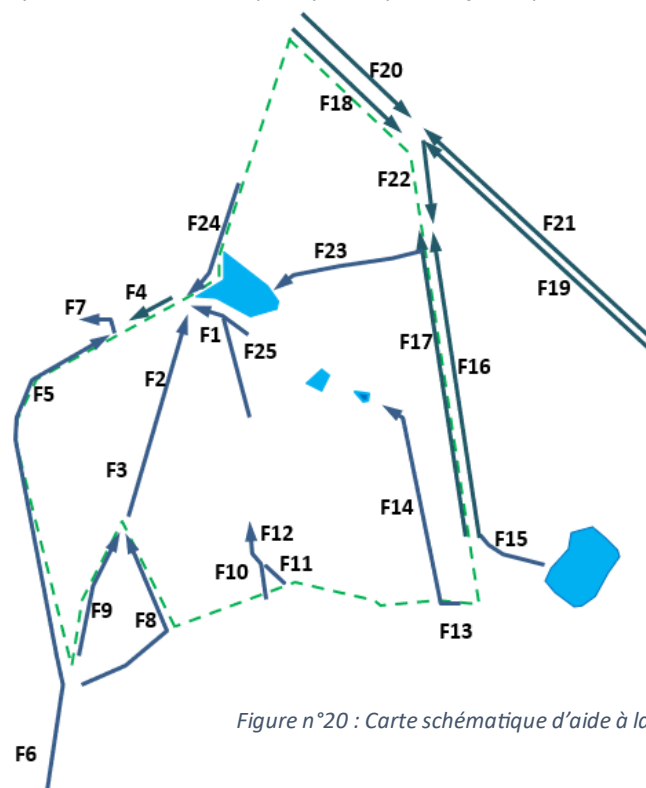


Figure n°20 : Carte schématique d'aide à la lecture des fossés

Description des caractéristiques physiques :

- Le plus petit linéaire développé est de 21m (F13) et le fossé le plus long est de 465m (F19) ;
- Les pentes varient de 0,4% pour les valeurs les plus faibles (F13 et F18) jusqu'à 5,4 % pour la valeur la plus élevée (F11) ;
- Les largeurs à plein bord des fossés sont comprises entre 0,3m et 1,6m, pour une valeur médiane de 0,9m ;
- Les hauteurs à plein bords des fossés sont comprises entre 0,3m et 1,4m, pour une valeur médiane de 0,4m. A noter que seul 4 fossés sont profonds d'au moins 70cm ou plus. Il s'agit des fossés F1, F8, F9 et F15. Ce dernier est le fossé le plus profond ;
- Les fossés présentant la rugosité la plus faible sont les 4 fossés de bord de route (F18, F19, F20 et F21) ;
- Les 3 fossés F10, F11 et F16 n'ont pas l'objet d'une estimation de la rugosité car certains de leurs segments sont achenalisés. Par conséquent, il n'est pas possible d'afficher une valeur de rugosité représentative de leur linéaire ;
- La variation des débits d'écoulements à mi-remplissage entre les fossés est très hétérogène. Les valeurs de débits se situent dans un intervalle allant de 5L/s (F3) à 167L/s (F15). Ces valeurs sont extrêmement dépendantes de la rugosité, de la pente et du gabarit du fossé ;
- F15 est très profond, à forte pente et présente le débit de fuite le plus élevé de la zone. Il constitue l'unique trop plein du plan d'eau amont, alimenté par la nappe. De par sa situation et ses caractéristiques, il exerce un fort pouvoir drainant ;
- Les débits à mi-remplissage n'ont pas été modélisés pour 7 fossés de l'inventaire pour les raisons suivantes :
 - F10, F11 et F16 présentent des segments achenalisés ne permettant pas de calculer un flux moyen de transition ;
 - F7 est alimenté par le cumul des fossés F4, F5 et F6. Par conséquent, les débits au sein de ce fossé sont surtout dépendants du cumul des débits entrant provenant de F4, F5 et F6 ;
 - Les côtes à l'exutoire de F9 engendrent une surverse des débits en direction des résineux (sous formes d'écoulements diffus) avec un reflux d'eau au sein du fossé. Ces propriétés altimétriques particulières ne permettent pas de modéliser des débits de manière fiable ;
 - F22 est alimenté par le cumul des 4 fossés de bord de route (dont un système de busage régulant les débits de F20 et F21)
 - F23 est alimenté par le cumul de 8 fossés (de F15 à F22) mais dont le débit d'entrée est régulé (hors surverse) par un busage diamètre 300mm.
 - Par conséquent, les débits au sein de ces deux derniers fossés sont trop dépendants de facteurs extérieurs non intrinsèque aux caractéristiques physiques de F22 et F23 pour être modélisés.

3.2.3 Analyse

Cas particuliers de certains fossés :

- Bretagne vivante a déjà agi sur les fossés F2, F14 et F25 en créant des bouchons à l'aval de manière à limiter leur effet drainant et le transfert des flux. Le résultat est assez probant pour

le fossé F14, au voisinage des mares et des landes humides. Néanmoins, les deux bouchons réalisés à l'aval de F2 et de F25 n'ont pas l'effet escompté :

- L'unique bouchon réalisé à l'exutoire de F2 ne peut pas à lui seul bloquer l'effet drainant du fossé, accentuer par la forte pente, la longueur et la faible rugosité au sein de celui-ci ;
 - Le bouchon en F25 n'est pas étanche et reste complètement perméable aux écoulements
- Les fossés de bord de route F18, F19, F20 et F21 ont un fort pouvoir drainant et collectent la totalité des ruissellements de surface issus du Nord du bassin versant ;
 - Les fossés F16, F17, F18, F19, F20, F21 et F22 sont situés en travers de la pente du terrain naturel. Ils interceptent tous les écoulements superficiels du versant Nord et Est et les réorientent vers le fossé F23 qui évacue les débits en dehors des zones topographiques de ruissellement naturelle, normalement dirigée vers les habitats humides d'intérêt. Par conséquent, l'action cumulée de ces fossés prive les habitats humides d'une grosse partie de leur alimentation potentiel en eau de surface émanant des aires naturelles d'alimentation ;
 - Le plan d'eau en aval du site d'étude est le réceptacle de la totalité des écoulements en transition dans F23. Ce fossé F23 participe donc directement au court-circuitement de l'alimentation en eau de surface des habitats humides d'intérêt ;
 - De nombreuses algues filamenteuses se développent dans les zones stagnantes des fossés de bord de champ F8 et F9. Cela témoigne d'une très forte concentration en éléments nutritifs, probablement en nitrates. Ces fossés sont directement connectés au fossé F3, ce dernier modifie les sens d'écoulements naturel des ruissellements en les interceptant avant qu'ils ne rejoignent l'extrémité Ouest de la lande humide. De plus, ce fossé F3 récolte aussi les ruissellements provenant du champ agricole, dont la pente marquée et les pratiques douteuses (maïs en zone humide, culture dans le sens de la pente, absence de couvert hivernale de type CIPAN) accentue l'érosion et les transferts direct de flux. Cela a pour conséquence d'enrichir le milieu et de transférer des concentrations très élevées en nitrates diffus vers la zone de landes humides. En 2000, une analyse des eaux circulant sur le site a montré que les eaux provenant de ces parcelles cultivées étaient chargées en nitrate (26,2 mg/litre) ce qui n'est pas compatible avec le maintien de ces landes humides, devant rester un milieu « pauvre ». Au vu des observations réalisées sur le terrain, la situation n'a probablement pas évolué en 2025 ;
 - Les localisations, orientations et caractéristiques des fossés F4, F5, F6 et F7 n'ont pas d'impact avéré sur la ressource en eau liée aux habitats humides d'intérêts de la réserve. Néanmoins, ils sont directement connectés au cours d'eau. Le prestataire rappelle que le transfert direct de flux de drainage d'origine agricole vers le cours d'eau a forcément des impacts négatifs sur la qualité d'eau du ruisseau et sa biodiversité.

3.2.4 Conclusion

Les résultats du tableau n°6 cumulés aux observations précédentes permettent de dresser une priorisation des fossés les plus impactant sur le site des Grandes Landes vis-à-vis de la ressource en eau et des habitats d'intérêts.

Une note (0 = nul ou faible ; 1 = modéré ; 2 = fort) est assignée concernant les critères suivants :

- Les fossés les plus drainant sont définis comme ceux les plus profonds, à forte pente, présentant des débits de fuite élevés et situés au voisinage de zone présentant des flux souterrains avérés. La nappe étant affleurante (à moins de 30-40cm du terrain naturel) la majeure partie de l'année, chaque fossé présentant des profondeurs supérieures ou égales à 40cm peut être considéré comme ayant un effet drainant sur la nappe sous-jacente.
- Les fossés les plus impactants sur les flux de surface sont ceux situés en travers des zones préférentielles de ruissellement, et dont le sens d'écoulements a tendance à évacuer les débits en dehors de la zone à alimenter, déterminée par la topographie du versant.

Les notes sont ensuite additionnées pour dresser la priorisation. La note maximale la plus élevée définit le fossé comme le plus impactant sur la ressource en eau à l'échelle du site. A l'inverse, une note proche de 0 traduit une absence de conséquences sur la ressource. Le tableau n°7 associé à la cartographie figure n°21 ci-après expose le niveau d'impacts de chaque fossé.

Identifiant fossé	Aspect drainant	Impacts flux de surface		Total
		Interception des ruissellements de surface	Modification des sens d'écoulements	
F1	Fort (= 2)	Modéré (= 1)	Nul ou faible (= 0)	3
F2	Modéré	Modéré	Fort	4
F3	Nul ou faible	Fort	Fort	4
F4	Nul ou faible	Modéré	Nul ou faible	1
F5	Nul ou faible	Nul ou faible	Modéré	1
F6	Modéré	Nul ou faible	Modéré	2
F7	Nul ou faible	Nul ou faible	Modéré	1
F8	Fort	Fort	Modéré	5
F9	Modéré	Nul ou faible	Modéré	2
F10	Nul ou faible	Modéré	Nul ou faible	1
F11	Nul ou faible	Modéré	Nul ou faible	1
F12	Nul ou faible	Modéré	Nul ou faible	1
F13	Modéré	Modéré	Nul ou faible	2
F14	Nul ou faible	Modéré	Modéré	2
F15	Fort	Modéré	Nul ou faible	3
F16	Nul ou faible	Fort	Fort	4
F17	Modéré	Fort	Fort	5
F18	Fort	Modéré	Fort	5
F19	Fort	Modéré	Fort	5
F20	Fort	Fort	Fort	6
F21	Fort	Fort	Fort	6
F22	Modéré	Fort	Fort	5
F23	Modéré	Fort	Fort	5
F24	Modéré	Nul ou faible	Nul ou faible	1
F25	Modéré	Nul ou faible	Modéré	2

Tableau n°7 : Niveau d'impacts des fossés sur la ressource en eau

Il a été choisi de détailler l'approche entre « effet drainant » et « modification des flux de surface » pour chaque fossé. En effet, un fossé peut fortement modifier les flux de surface à l'échelle du site en court-circuitant l'alimentation naturelle sans avoir un réel impact sur le drainage de la nappe. A l'inverse, un fossé peut drainer fortement la nappe sous-jacente sans modifier les ruissellements de surface en étant parallèle au sens de la pente du terrain.

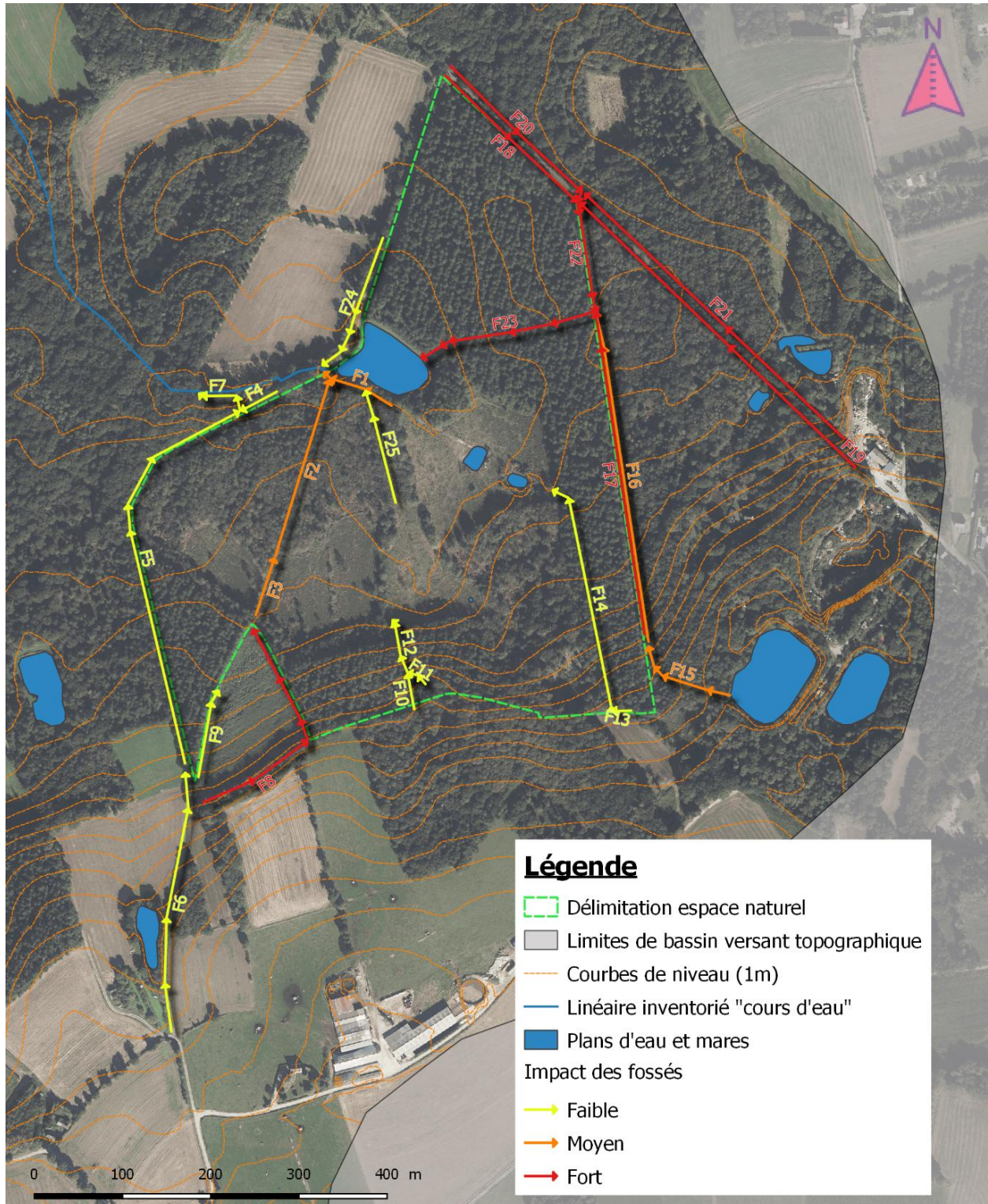


Figure n°21 : Cartographie des fossés en fonction de leur niveau d'impact sur la ressource en eau

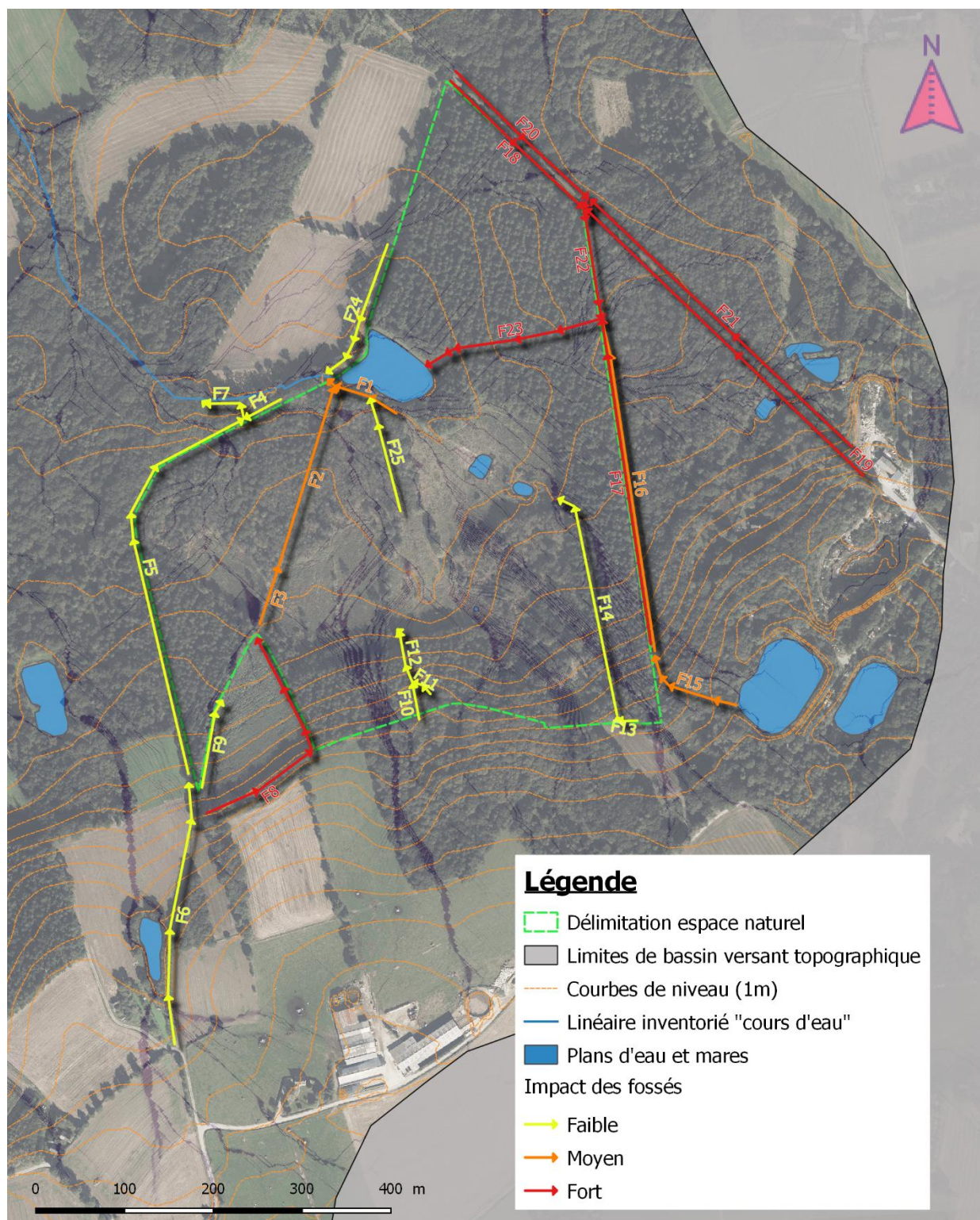


Figure n°22 : Cartographie des fossés en fonction de leur niveau d'impact sur la ressource en eau (en complément de la figure n°21, le fond de carte intègre les flux de surface déterminés à partir du LIDAR)

En conclusion, les fossés F1, F2, F3, F8, F17, F18, F19, F20, F21, F22 et F23 sont les plus impactants sur la ressource en eau à l'échelle du site, notamment vis-à-vis des habitats humides d'intérêts, pour les raisons précédemment expliquées.

3.3 Etude de la microtopographie des parcelles de landes humides atlantiques à bruyères

3.3.1 Principe de l'étude hydraulique de ruissellement

A. Levés de terrain

L'étude des ruissellements de surface au niveau des landes humides atlantiques a été approfondie à une échelle beaucoup plus fine par la mise en œuvre de levés microtopographiques. L'approche précise de ce paramètre semble essentielle pour une meilleure compréhension des phénomènes de flux d'eau de surface au sein des habitats humides d'intérêts.

Un maillage de relevé par point a été établi de sorte à identifier tout élément topographique pouvant influencer le chemin de l'eau sur site. Pour se faire, le terrain a été découpé en cellule de 1m² (1m par 1m), représentant un maillage assez étroit pour limiter la perte de données. Une prise de mesure a été effectuée au point le plus bas de chaque « cellule », correspondant au chemin potentiel de ruissellement. Ces levés sont réalisés avec une précision altimétrique de l'ordre du cm de dénivelé à l'aide d'une station GNSS et d'un laser topographique de chantier.

Ensuite, ces données de terrain sont intégrées au MNT existant pour déterminer finement l'accumulation de flux au sein des landes humides.

NB : Ce travail n'a pas été réalisé sur la section D de la lande humide pour les raisons suivantes :

- *Les flux de surface entrants sur la section sont trop modifiés en étant directement captés par les fossés F8 et F3 et sont quasi nulle ;*
- *La végétation au sein de cette section ne permettait pas une prise de mesure fiable et cohérente.*

Par conséquent, les données de la parcelle D manquent de robustesses et ne sont pas assez représentatives pour être intégrée à l'étude.

B. Intégration des données au modèle hydraulique

Après avoir réalisé un travail de traitement informatique pour remplacer les données du MNT par les valeurs de terrain issues de la microtopographie, une accumulation de flux est créée en calculant la direction des écoulements. Pour chaque cellule, l'accumulation de flux est déterminée par le nombre de cellules en amont qui traversent cette cellule en pente descendante. Pour rappel, dans cette étude, une cellule représente un maillage de 1m par 1m sur le terrain. Le processus depuis le calcul de la direction du flux jusqu'à l'accumulation du flux ressemble aux étapes ci-dessous :

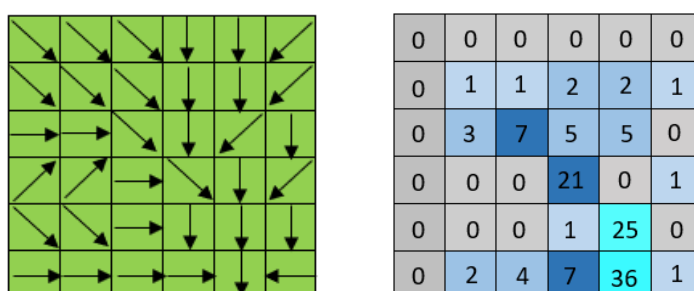


Figure n°23 : Méthodologie de calcul de l'accumulation de flux de surface par cellule

Une cellule ayant une plus grande valeur (et donc une couleur plus intense) signifie qu'elle reçoit les préférentiellement les écoulements issus des cellules amont. Elle sera alors identifiée comme un chemin d'écoulements de surface. A l'inverse, une valeur nulle (ou très faible) indique que la topographie de la cellule est à une altitude plus élevée, ne recevant pas (ou très peu) d'écoulements. Elle sera alors identifiée comme étant une zone peu assujettie aux ruissellements.

En résumé, cette méthode permet de déterminer les chemins préférentiels d'écoulements et les zones d'accumulation (cf. figure n°24 et 25).

3.3.2 Détermination des chemins préférentiels d'écoulements

Globalement, il est difficile de localiser avec certitude des zones préférentielles d'écoulements de surface. En effet, l'étude de la microtopographie met en évidence une planimétrie très homogène sur la quasi-totalité de la surface de lande humide étudiée, dépourvue de variation intrinsèque.

Les lignes sporadiques représentent des micro-talweg de quelques cm de dénivelé suffisants pour récolter et concentrer des écoulements de surface aux vues de la topographie très plane sur le reste de la parcelle. Episodiquement, l'intensité des lignes s'estompe. Cela signifie que l'altitude du terrain remonte, stoppant les flux potentiels. Ces micro-talweg peuvent donc être assimilés à des fonctionnements de type « noue » très peu marquée sur le terrain, collecteur de certains écoulements mais sans exutoire. Ces secteurs semblent propices à l'infiltration.

Au regard des observations de terrain cumulées aux très faibles différences altimétriques relevées lors de la microtopographie, il semble compliqué de déterminer avec certitude des voies préférentielles d'écoulements sur la parcelle C. Il n'y a aucun élément topographique ni élément visuel sur le terrain marquant un chemin préférentiel d'écoulement à ce niveau.

Néanmoins, 4 chemins préférentiel d'écoulements se distinguent nettement des autres flux de surface sur le terrain. Ils sont numérotés sur la carte et décrit ci-après :

- **Chemin n°1 : Nord parcelle A**

Une partie des écoulements rejoint la dépression topographique d'environ 100m² précédemment identifiée au Nord-Ouest de la parcelle A pour alimenter cette zone en eau de surface. Néanmoins, il y a peu de facteurs explicatifs marqué du ruissellement sur le terrain, hormis un tracé relatif à un passage d'animaux créant un mini-talweg et orientant les écoulements vers cette zone de rétention en contre bas de la lande.

Le prestataire considère que ce courant renforce l'alimentation en eau mais n'est pas le premier facteur explicatif de la rétention en eau marquée de la zone. En effet, étant donné qu'il y a peu de circulation d'eau à cet endroit, le prestataire indique la forte probabilité que cette zone de dépression a une part d'alimentation par eau souterraine (résurgence) nettement supérieure que par eau de surface.

A noter qu'il n'est pas observé ni de variation topographique ni de chemin préférentiel d'écoulement de surface au droit de l'ancien fossé bouché au centre de la parcelle A. L'action de comblement de ce fossé par Bretagne vivante est donc totalement efficace à ce niveau.

- **Chemin n°2 : Secteur médian parcelle B**

Quelques faibles chemins d'écoulements sont identifiables dans le secteur médian de la parcelle B, convergeant vers le centre de la parcelle pour former une zone d'accumulation de quelques m². Ces

écoulements de surface sont bloqués par une légère réhausse du terrain naturel en aval. Cette zone est ainsi propice à l'infiltration lente.

Il semble important de mentionner que la genèse de ces tracés est probablement issue d'une partie des écoulements du fossé F12. En effet, ce fossé se termine en écoulements diffus à l'amont immédiat de la parcelle B, permettant aux ruissellements y transitant de basculer par gravité au sein de cette parcelle B. A son exutoire, la planimétrie du terrain et la présence d'une strate herbacée dense favorise l'étalement de la lame d'eau. Ainsi, une partie de l'eau de surface peut s'y infiltrer, tandis qu'une autre partie peut suinter lentement avant de converger une quarantaine de mètres plus en aval pour former le chemin identifié.

- **Chemin n°3 : Secteur aval parcelle B**

Dans le secteur aval de la parcelle B, certains suintements de nappe convergent en un même tracé, au sein duquel il est possible de visualiser un écoulement de surface avec un débit significatif. Ce débit d'écoulement est non négligeable (quelques cl/s) malgré l'absence de pluviométrie depuis plus d'une semaine le jour des observations de terrain. Par ailleurs, cet écoulement de surface est présent uniquement en période de très hautes-eaux et disparaît dès le début de la vidange de la nappe.

Ces ruissellements sont acculés sur une largeur restreinte d'une cinquantaine de cm, située à quelques mètres de l'accotement du talus en bord de champ. Ce chemin présente des côtes altimétriques plus basse d'environ 10 à 15 cm en son centre que sur les accotements.

En outre, il n'y a aucune connexion entre les écoulements de surface de la parcelle (B) et celle de la parcelle (A) et ce malgré l'ouverture du talus pour le passage entre les 2 champs en bas de parcelle. En effet, la microtopographie révèle un rehaussement de quelques cm du terrain au droit du passage entre les deux parcelles. Cet exhaussement topographique d'environ 10 à 25 cm suffit pour isoler les deux parcelles en termes de flux de surface.

A la limite aval de la parcelle B, la totalité des débits de surface issu du ruissellement précédemment décrit vient alimenter une zone de forte rétention en eau à l'entrée de la boulaie.

- **Chemin n°4 : Au sein de la boulaie dense**

Puis, ce chemin préférentiel continue de s'écouler en surface au sein de la boulaie dense, avant de confluer avec le fossé en bordure de plan d'eau. Le débit de surface cumulé au sein de la boulaie dense atteint plus de 1L/s en février 2025 (malgré l'absence notable de pluie les jours précédents cette observation) en collectant de nombreux suintements de surface. De plus, cette voie préférentielle d'écoulement est marquée par des traces d'érosion sur le sol. Il faut noter que ces écoulements ne sont pas interceptés par le fossé F25, situé quelques mètres plus à l'Ouest.

Ces indications témoignent de la puissance potentiel du flux liquide lors d'événements pluviométriques intenses, et de la fuite permanente des résurgences de nappes en hautes eaux vers la boulaie dense. Ce chemin préférentiel d'écoulement de surface est le plus prononcé de la lande humide.

Au vu du contexte de saturation marqué du sol, même en présentant peu de flux de surface, une pluviométrie intense fait que l'eau s'infiltré très lentement et peut renforcer le caractère humide en surface de la parcelle.

En outre, il faut noter que la plupart des zones remontées de nappes identifiées au chapitre 2.1 ne sont pas spécialement situées au droit de zones de flux potentiels identifiés par la microtopographie.

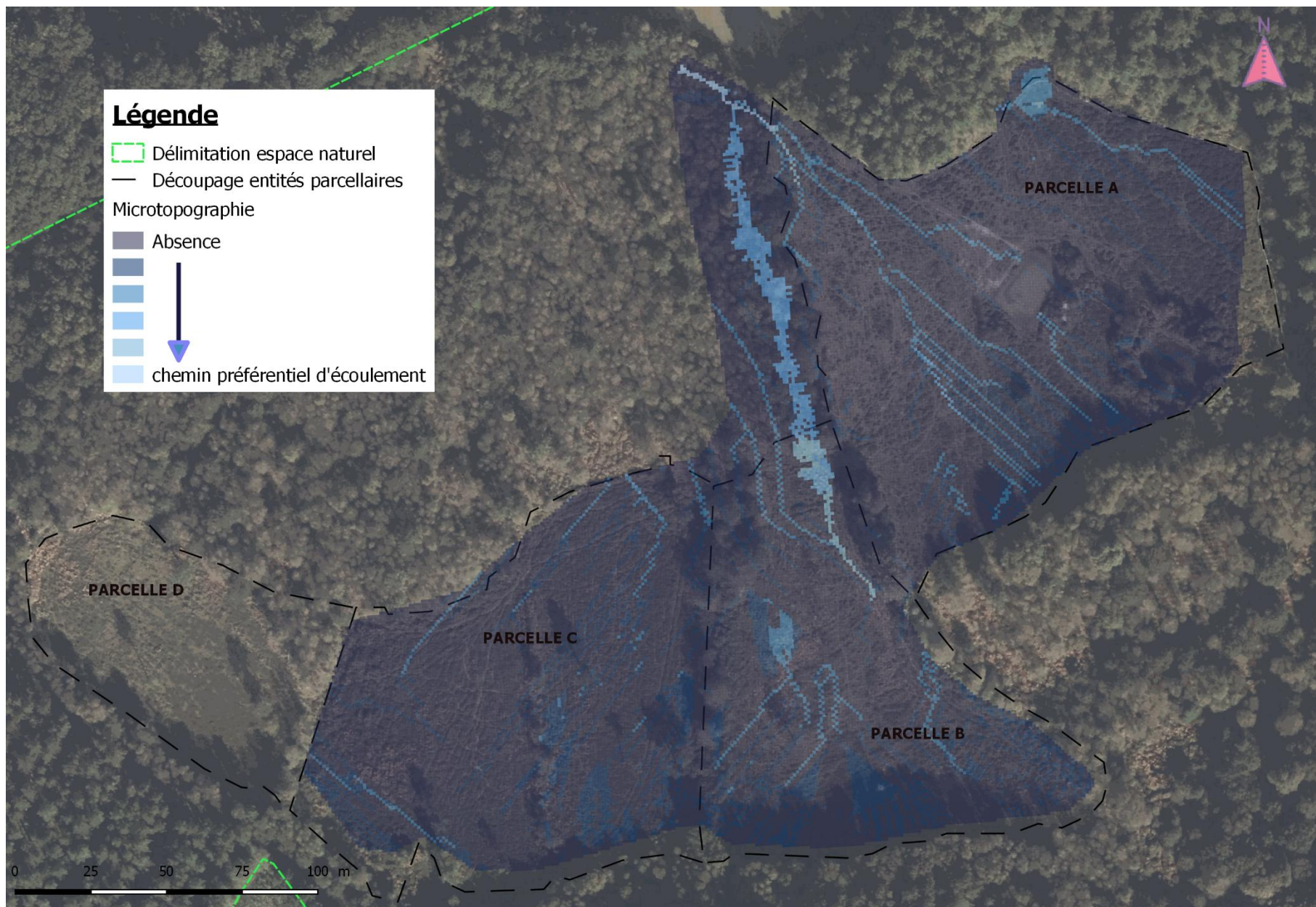


Figure n°24 : Cartographie des chemins préférentiels d'écoulements au sein des landes humides

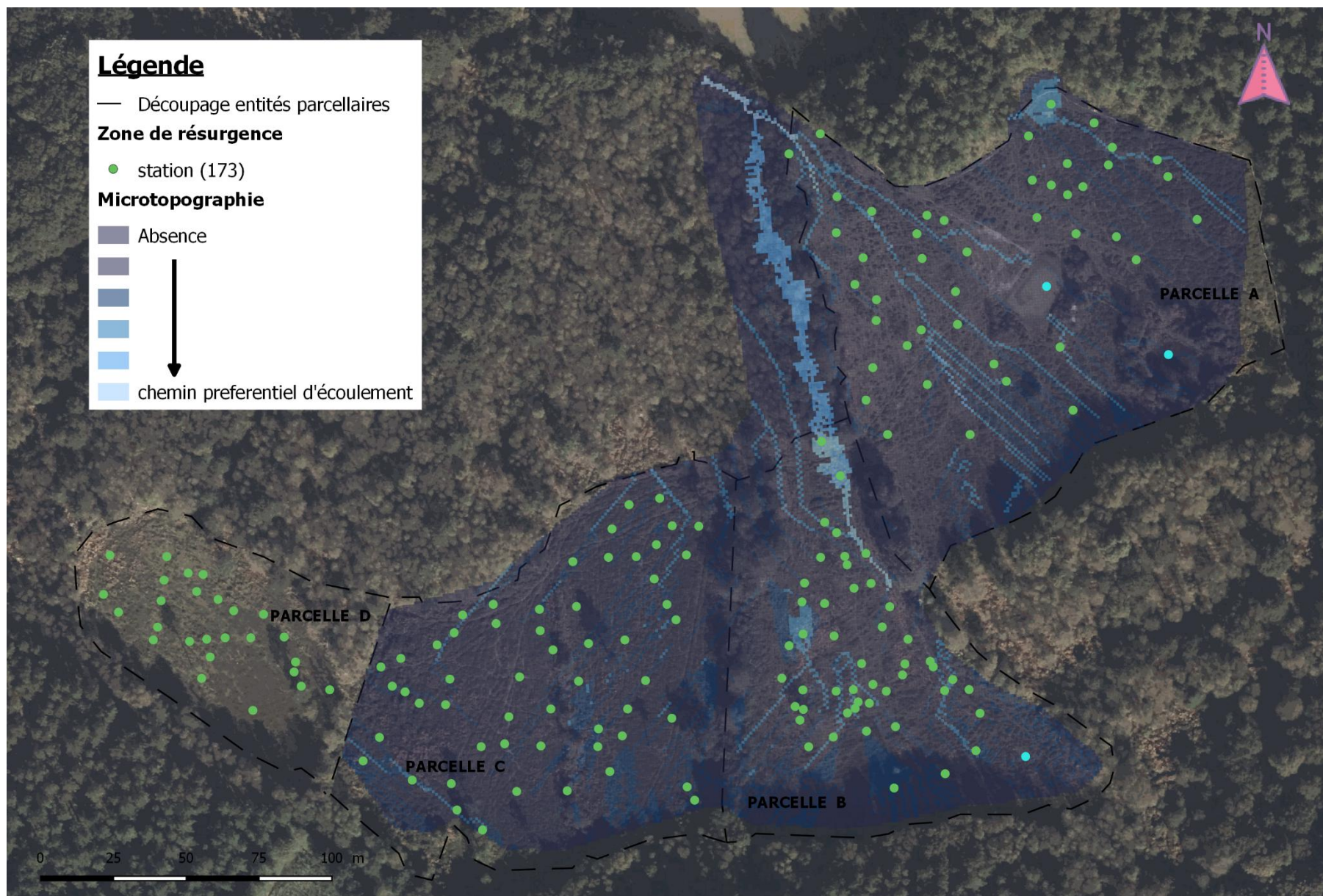


Figure n°25 : Cartographie des chemins préférentiels d'écoulements recoupés avec les points de résurgences identifiés au sein des landes humides

3.3.3 Conclusion (mélange de 2.1 et 3.3)

En conclusion, les modes d'alimentation en eau de l'espace naturel des Grandes Landes émanent essentiellement des eaux souterraines. Il existe une très forte puissance de nappe au droit du site, en témoigne le toit de la nappe extrêmement proche de la surface du terrain naturel en toutes conditions hydrologiques. L'alimentation en eau de surface par ruissellement, quant à elle, est peu présente à l'échelle du site par rapport à la part des eaux souterraines.

Les patches de rétention en eau au sein de la lande humide sont essentiellement alimentés par les eaux souterraines, grâce à l'interception du toit de la nappe. Certaines zones de rétention identifiées peuvent aussi faire l'objet d'une part d'alimentation en eau de surface lorsqu'elles sont situées sur des chemins préférentiels d'écoulement. Néanmoins, il n'a pas été trouvé de corrélation entre la durée de rétention en eau et la localisation sur un chemin préférentiel d'écoulement. **Ainsi, les habitats de type « landes humides » sont principalement alimentés par la nappe.** Le processus de variation de hauteur du toit de nappe régit la présence d'eau stagnante au sein des zones de dépression topographique. De plus, **le peu d'existence des flux de surface et l'absence « d'exploitation » des parcelles joue sur la dynamique d'évolution paysagère en faveur du développement accru des ligneux**, notamment observé dans certains secteurs de la lande humide. **Le cumul de ces deux phénomènes met en péril la pérennité des landes humides.**

En dehors des habitats de type « lande humide », il y a aussi de nombreux secteurs de résurgences (zone de sphaigne, zones au sein des boulaies denses en amont et en aval du site) témoignant de la forte interconnexion avec la nappe.

En outre, malgré le fait que la plupart de la surface du site soit avant tout alimentée par les eaux souterraines, **il ne faut pas sous-estimer l'impact du réseau de fossé présent. Ce réseau hydraulique annexe contribue à accentuer la faible part d'alimentation en eau de surface du site, notamment à la fois en termes de modification des flux et aussi de drainage pour certains fossés ciblés.**

Enfin, toutes les surfaces en eau profonde de type « mares » sont uniquement alimentées par la nappe. Cependant, le plan d'eau est à la fois alimenté par la nappe et aussi par les eaux de surface en étant réceptacle des eaux du fossé F23 redirigeant toutes les eaux de ruissellement des versants Nord et Est. Ce plan d'eau déverse de l'eau en continue par son exutoire au Sud-Ouest pendant toute la saison humide même lorsqu'il n'a aucun apport direct d'eau de surface (fossé sensé l'alimenter en assec).

Ce plan d'eau, de par ses caractéristiques surfaciques, de restitution d'un débit continue, de profondeur, etc... a un rôle avéré de captation de nappe et d'effet drainant sur celle-ci, avec une modification des habitats humides potentiel en surface. Son impact « quantitatif » sur la ressource en eau est largement démontré. Son impact sur la qualité d'eau, quant à lui, est très probable mais non avéré.

PROPOSITION D' ACTIONS NECESSAIRES A LA PERENNITE ET A LA RESTAURATION DES HABITATS HUMIDES

4. Préconisations d'actions

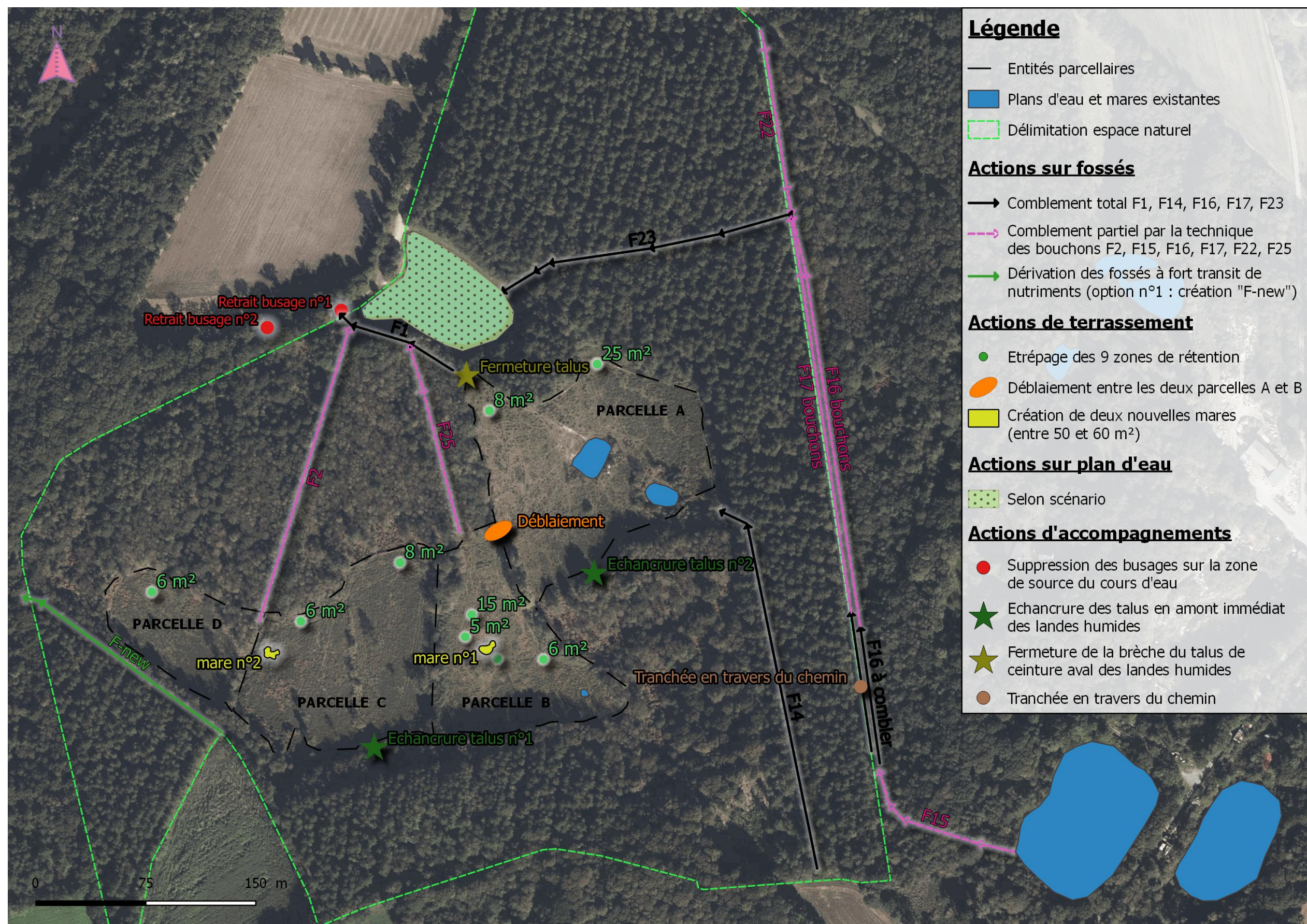
4.1 Description

Les préconisations d'actions en lien avec le fonctionnement hydrologique sont de nature à préserver et restaurer les habitats humides, favorables à l'expression d'un écosystème naturel et d'une biodiversité inféodée à ces milieux. Ces opérations permettent de renforcer l'alimentation en eau du site, en tendant vers des mesures plus naturelles de rétention et d'infiltration des eaux, dans l'objectif de rétablir des conditions hydriques propices au bon fonctionnement des milieux oligotrophes. En outre, elles ont un effet bénéfique sur la ressource en eau du territoire, en améliorant la quantité et la qualité d'eau sur le site.

Le tableau n°8 ci-après répertorie l'ensemble des actions préconisées. La localisation des travaux est présentée dans la cartographie suivante (cf. figure 26). A noter que chaque typologie d'action présentera une déclinaison cartographique plus fine à une échelle précise.

Typologie	Travaux envisagés
Actions sur les fossés	- Comblement total des fossés F1, F14, F16, F17 et F23 ; - Comblement partiel par la technique des bouchons des fossés F2, F15, F16, F17, F22 et F25 ; - Cas particulier des fossés à fort transit de nutriments issus de la zone agricole (option 1 : création d'un nouveau fossé « F-new ») ; - Mesures d'entretiens : Adopter les bonnes pratiques d'entretien des fossés respectueuses des milieux ;
Actions de terrassement	- Etrépage ciblant 9 zones de rétention en eau ; - Déblaiement entre les deux parcelles A et B ; - Création de deux nouvelles mares (et pratiques d'entretien) ;
Actions sur le plan d'eau	- Scénario 1 : Suppression totale et remplacement par un complexe d'habitats humides ▪ Vidange sans remise en eau ▪ Terrassement ▪ Reconstitution des horizons pédologiques ▪ Création d'un complexe de mosaïques d'habitats (mares, gîtes terrestres, etc....) - Scénario 2 : Aménagement du plan d'eau au sein de son emprise existante ▪ Abaissement ponctuel de la ligne d'eau ▪ Modification de l'exutoire ▪ Remodelage du profil par remblais ▪ Végétalisation de la queue d'étang ▪ Diversification des habitats aquatiques
Actions ponctuelles d'accompagnements	- Suppression des deux busages sur la source du cours d'eau ; - Echancrure des talus en amont immédiat des landes humides ; - Fermeture de la brèche du talus de ceinture en aval des landes humides ; - Création d'une rigole en travers du chemin par décapage de surface ;

Tableau n°8 : Actions proposées pour lever les dysfonctionnements observés



4.2 Conformité avec les documents d'orientations existants

Le prestataire s'est assuré que l'ensemble des actions présentées dans cette étude est en adéquation avec les enjeux majeurs, les stratégies à long terme et les objectifs opérationnels dressés dans le plan de gestion 2024-2033 du site. De même, ces actions ont pour vocation de compléter certaines opérations (cf. IP 1), ou bien de remplacer certaines opérations déjà incluses dans le plan de gestion (cf. IP 2 et IP 3).

ENJEUX MAJEURS	CIBLE	STRATEGIE A LONG TERME	Objectifs opérationnels	Exemples d'actions du PDG
Enjeu de connaissance du patrimoine	Lieu d'étude et de production de connaissance	Poursuivre l'acquisition de connaissances, l'analyse et la valorisation des données recueillies	<u>EI 1 - Etude du fonctionnement hydrologique du site</u> Identifier les facteurs extérieurs influant le fonctionnement hydrologique du site <u>Partie 1 de cette étude</u>	- Quel est le fonctionnement hydrologique actuel du site ? Quelles sont les caractéristiques de la zone humide ? Quelle est l'amplitude du battement de la nappe d'eau ? - Quels dysfonctionnements sont observés et quelles sont les pressions à l'origine de dégradations ? - Quels peuvent être les aménagements à réaliser pour réduire les dysfonctionnements ?
Enjeu de conservation	Landes humides et espèces patrimoniales associés	Améliorer l'état de conservation des landes humides, habitats d'intérêt communautaire	<u>IP 1 Gestion des landes humides</u> Restaurer les landes humides dégradées et entretenir celles qui sont encore en bon état de conservation	- Programme de fauche et exportations - Mise en pâture - Arrachage des pins <u>- Actions terrassements (étude)</u> <u>- Actions sur plan d'eau (étude)</u> <u>- Actions sur fossés (étude)</u>
	Mares, ZH et espèces patrimoniales associées	Rétablir les conditions hydriques propices au bon fonctionnement des milieux oligotrophes et habitats recensés sur le site	<u>IP 2 Gestion des mares</u> Limiter la fermeture et le comblement des mares.	- Veille/surveillance - Curage ponctuel si besoin - Eclaircie régulière de la végétation en bordure de mare <u>- Entretien préconisé (étude)</u>
	Boulaies tourbeuses, lisières forestières et espèces patrimoniales associées	Maintenir la naturalité de la boulaie	<u>IP3 Gestion des ZH</u> Préserver les fonctions des zones humides	- Installation de fascines <u>- Actions sur fossés (étude)</u> <u>- Actions sur plan d'eau (étude)</u> <u>- Actions de terrassement (étude)</u>
			<u>IP4 Gestion de la boulaie paratourbeuse dense</u> Protéger le processus évolutif des écosystèmes de la zone	- Indice de biodiversité potentielle - Observatoire photographique avec prises de vue régulière - Gestion des ligneux tombés à proximité de la clôture <u>- Actions sur fossés (étude)</u>
			<u>IP5 : Gestion de la boulaie claire</u> Contenir l'évolution boisée	- Coupe régulière des bouleaux et autres ligneux afin de maintenir des zones ouvertes - Bâtonnage de la fougère aigle

Tableau n°9 : Extrait de l'arborescence des enjeux/actions envisagées dans le plan de gestion 2024-2033 des Grandes Landes

De plus, la nature du projet et les éléments techniques développés ci-après sont conformes à la politique ambitieuse de restauration des milieux aquatiques de Dinan Agglomération (structure possédant la compétence GEMAPI sur le territoire). En outre, ils sont en cohérence avec les objectifs identifiés au sein des documents d'orientations existants sur le territoire, à savoir la DCE, le SDAGE Loire Bretagne et le SAGE Arguenon.

5. Recommandations techniques spécifiques

Chaque préconisation d'action est associée à des éléments spécifiques de manière à détailler les modalités techniques de travaux garantissant leur efficacité. Cela permet aussi d'anticiper les conditions de mises en œuvre et les moyens nécessaires à la bonne réalisation de ces travaux.

5.1 Actions sur les fossés

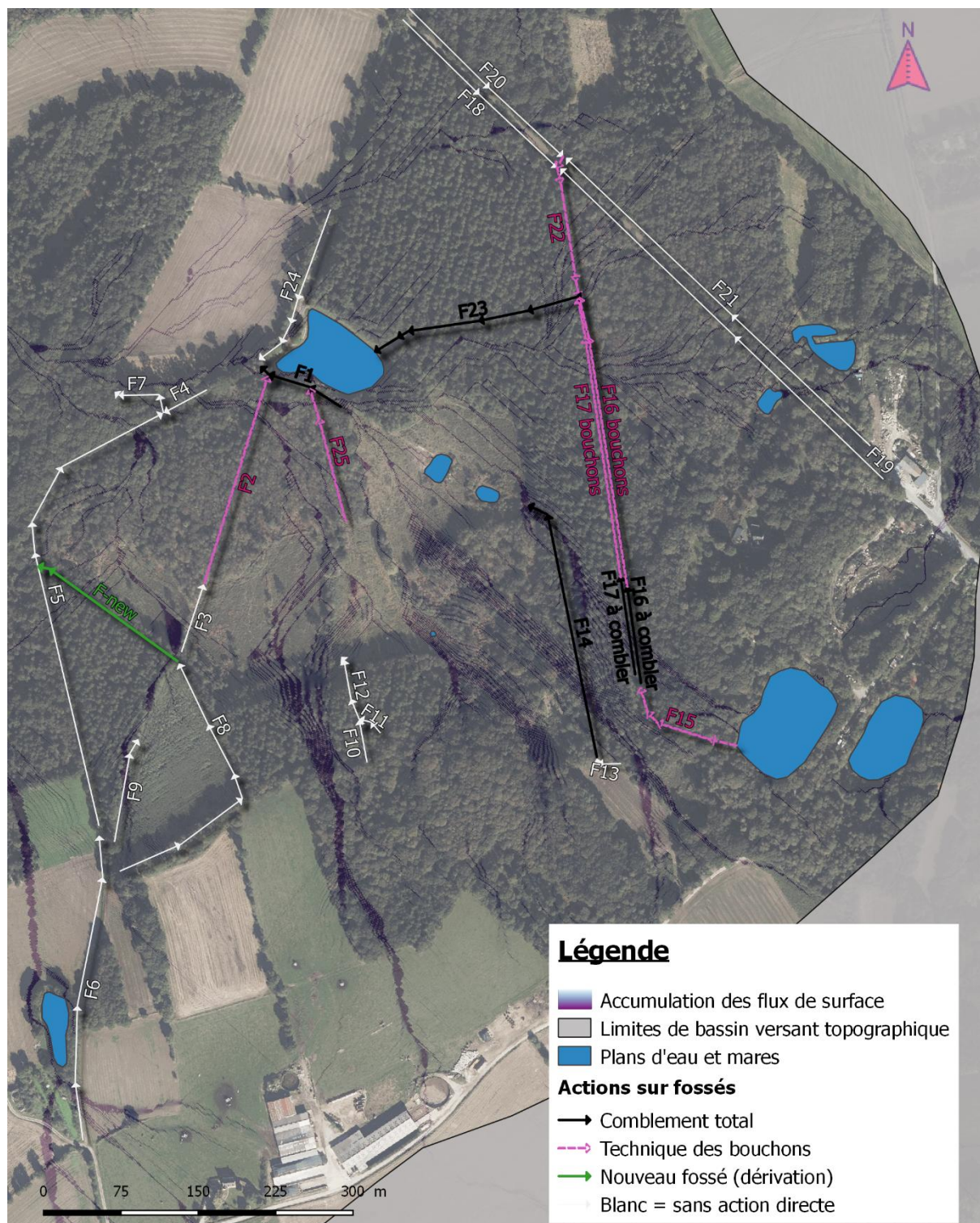


Figure n°27 : Cartographie des actions sur les fossés

Il a été démontré dans l'état des lieux que certains fossés modifient fortement les flux de surface à l'échelle du site en court-circuitant l'alimentation naturelle des habitats humides d'intérêts. En outre, certains fossés ont aussi un fort effet drainant sur la nappe sous-jacente. L'objectif est donc d'agir sur ces fossés en adaptant la nature de l'intervention en fonction de l'impact de celui-ci sur le fonctionnement hydrologique du site. Le cas particulier des fossés de bord de route dont l'enjeu principal est lié à la sécurité des biens et des personnes sera traité à part.

5.1.1 Comblement total des fossés F1, F14, F16, F17 et F23

A. Linéaire et volume à combler

Ces 5 fossés ont été identifiés comme des éléments très impactants sur la ressource en eau vis-à-vis des habitats humides du site. De plus, ils modifient les apports superficiels en eau de surface émanant de la zone sud-est, court-circuitant l'alimentation naturelle des landes humides. En outre, ces fossés présentent un potentiel d'intervention aisé, limitant les perturbations sur le milieu.

Pour supprimer totalement l'effet drainant de ces fossés et restaurer les flux naturels d'alimentation en eau de surface, la méthode idéale consiste à les combler intégralement avec des matériaux de type argileux à faible perméabilité. Le tableau ci-après résume les longueurs idéales à combler ainsi que les volumes de matériaux argileux nécessaires pour combler ces linéaires en totalité.

NB : Idéalement, F16 et F17 doivent être totalement comblés. Néanmoins, compte-tenu des moyens (humains/financiers) nécessaires pour le faire, le comblement « en plein » de ces fossés peut se limiter aux 100 premiers mètres en amont sur les secteurs en travers de flux de ruissellement préférentiels. Le reste du fossé sera traité par la technique des bouchons (cf. chapitre suivant).

Fossé	Linéaire total du fossé (m)	Linéaire minimale à combler (m)	Hauteur moyenne à combler (m)	Largeur moyenne à combler (m)	Volume de matériaux (m ³)
F1	82	82	0,8	1,1	72 m ³
F14	261	261	0,4	0,5	52 m ³
F16	377	100 (amont)	0,3	1,5	45 m ³
F17	369	100 (amont)	0,5	0,6	30 m ³
F23	210	210	0,4	0,8	67 m ³
TOTAL	-	753 ml	-	-	266 m³

Tableau n°10 : Synthèse des volumes à combler par fossé

Certains de ces fossés à combler en plein possèdent des bourrelets de curage très végétalisés avec la présence de grands ligneux. De par les enjeux liés à la conservation de la végétation installée, ces merlons ne sont pas pris en compte dans le volume nécessaire pour le remblaiement total.

Au vu des linéaires, des volumes et de la portance du milieu, l'intervention à l'aide d'une minipelle mécanique est très fortement conseillée afin de garantir la pérennité de l'aménagement.

B. Méthodologie

Le travail est à réaliser en période sèche dans des conditions de fossé en assec. Si un fossé est encore en eau, le travail est à réaliser après l'installation provisoire d'un batardeau (voir le pompage de l'excès d'eau si besoin), de façon à assécher le tronçon à combler.

En phase préparatoire du chantier, il sera indispensable de curer le fossé pour évacuer l'horizon végétal superficiel et la fraction de sédiments fins accumulés au fond. Cette étape est primordiale pour garantir

l'étanchéité du système, sans quoi les matériaux comblant le fossé ne pourront pas bien adhérer aux parois de ce dernier. La couche superficielle extraite sera conservée à proximité immédiate du site pour achever le comblement du fossé et assurer la végétalisation post-comblement.

Ensuite, les matériaux argileux (ou autre à faible perméabilité) seront introduits par couches successives dans le fossé. Ils devront être correctement et régulièrement tassés. Afin de prendre en compte le phénomène de foisonnement, un excédent de matériaux est prévu au droit de l'emprise du fossé, une fois celui-ci comblé. Ainsi, sur les 20 derniers cm permettant de rattraper la cote du terrain naturel (voir TN + 5/10 cm) des matériaux plus favorables à l'installation d'un couvert herbacé seront régaliées, de type limons ou terre végétale. La reprise végétale limitera alors l'érosion sur les terres fraîchement terrassées ainsi que la formation éventuelle d'une zone d'écoulement préférentiel.

La finalisation du chantier se fait par le renappage des matériaux superficiels prélevés dans le fossé.

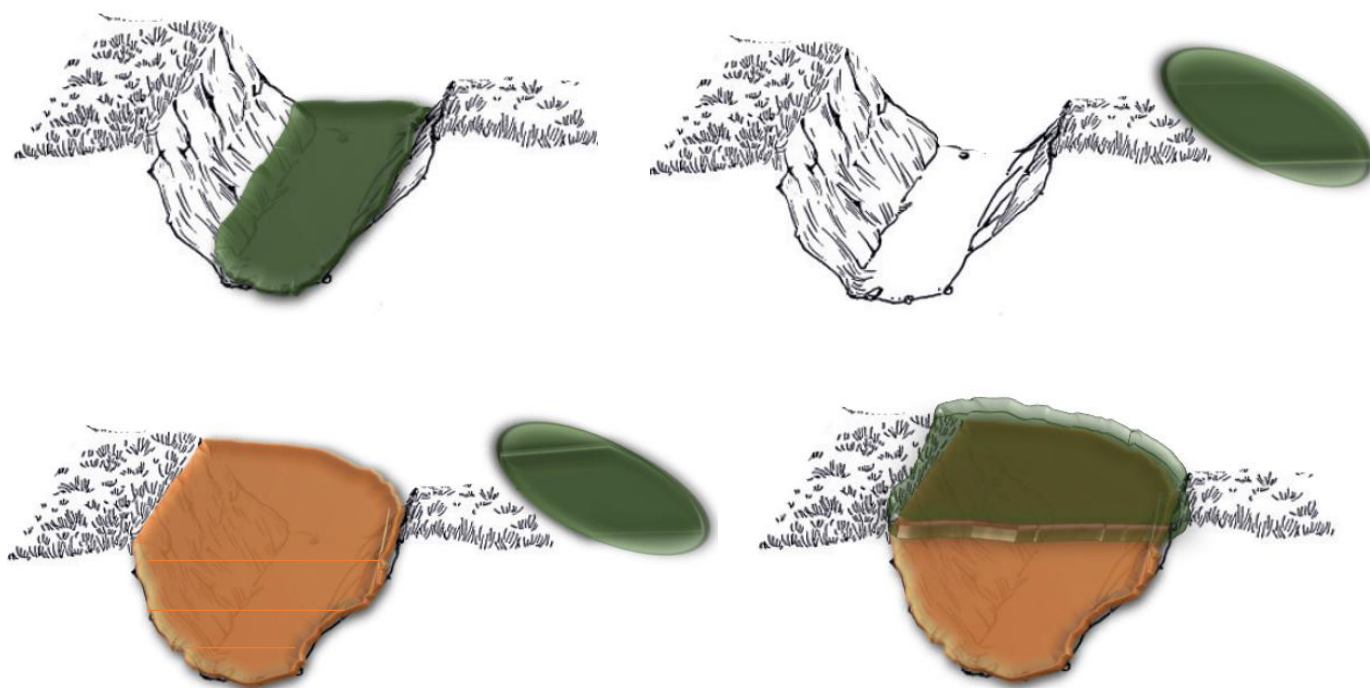


Figure 28 : Schéma des étapes de comblement en plein d'un fossé

5.1.2 Comblement partiel par la technique des bouchons des fossés F2, F15, F16, F17, F22 et F25

A. Description

Le caractère drainant de nombreux fossés a été constaté dans la phase de diagnostic, notamment pour F2, F15, F22 et F25.

Le comblement partiel des fossés par la technique des bouchons permet de réduire l'écoulement de l'eau au sein des linéaires et de réduire leurs effets drainants, de manière à favoriser l'infiltration à la parcelle. Cette technique a un effet immédiat sensible sur le rehaussement local de la nappe à proximité des bouchons. A terme, les phénomènes de sédimentation et d'envasement peuvent aboutir à un rehaussement partiel du fond du fossé, voir à son comblement total.

De plus, cette méthode dite « des bouchons » est plus douce et moins traumatisante que le comblement « en plein » pour les potentielles espèces vivantes au sein du fossé. Indirectement, elle crée de nouveaux milieux aquatiques lenticques pouvant constituer des habitats intéressants.

L'efficacité de ces bouchons est fonction de la fréquence de positionnement, de la perméabilité des matériaux utilisés et du bon ancrage en berge.

B. Positionnement

Les positions respectives de chaque bouchon et leur espacement au sein du même fossé sont définis en fonction de la pente et de la configuration globale du site. Leur implantation doit respecter le principe expliqué dans la figure n°29 suivante.

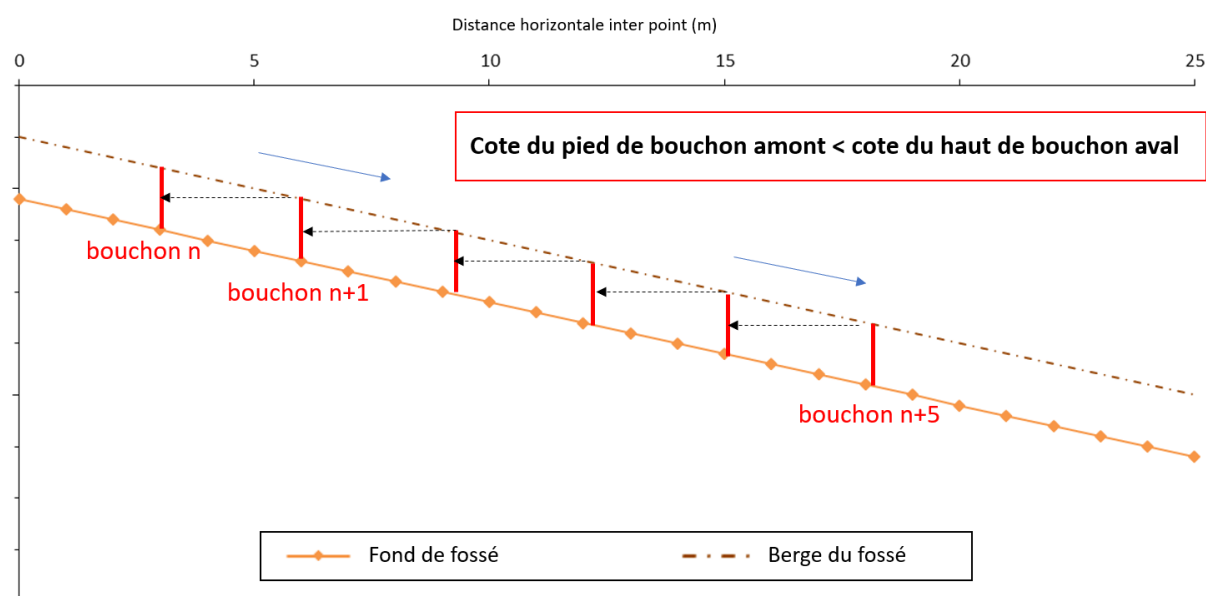


Figure 29 : Profil en long théorique de l'implantation des bouchons anti drainant sur un fossé

Idéalement, pour limiter l'effet drainant, la côte haute du bouchon en aval doit *a minima* être égale à la côte de mi-hauteur du bouchon situé en amont. En suivant ce principe, le tableau n°11 ci-dessous expose le nombre minimum de bouchon (et leur écart minimum associé) à réaliser par fossé dans l'objectif de limiter leur effet drainant.

Fossé	Pente (%)	Longueur (m)	Hauteur fossé (m)	Nombre de bouchon	Ecart entre 2 bouchons (m)	Disponibilité du bourrelet de curage
F2	1,1 %	209	0,6	8 unités	26 m	Rive gauche, boisé par intermittence
F15	3,9 %	122	1,4	7 unités	17 m	Rive droite, gros volume disponible, boisé par intermittence
F22	0,9 %	144	0,4	6 unités	24 m	Absent – import de 6 m ³
F25	1 %	132	0,4	7 unités	19 m	Absent - import de 7 m ³
F16	1,6 %	277	0,3	29 unités	9 m	Rive droite, boisé par intermittence
F17	1,4 %	269	0,5	15 unités	18 m	Rive gauche, boisé par intermittence

Tableau 11 : Détail technique des bouchons à implanter

A noter que les bouchons des fossés F2, F15, F16 et 17 peuvent être réalisés en décapant ponctuellement les bourrelets de curage au droit des zones qui ne présentent pas de végétation

ligneuse. Cela permet de remployer partiellement le volume des merlons pour importer moins de matériaux de remblais.

C. Ancrage et imperméabilité

La mise en œuvre des bouchons exige un ancrage solide en berge. La solidité et la pérennité de chaque bouchon impliquent que la structure implantée s'étende au-delà de la seule section du fossé. Il faudra donc réaliser des encoches à la fois en profondeur et sur chacune des deux berges du fossé pour permettre l'insertion des planches. Idéalement, les planches seront jointives et dressées jusqu'à la hauteur du terrain naturel.

Une fois la structure installée, des matériaux naturels imperméables (argile de préférence) seront positionnés au sein du fossé de part et d'autre de l'ouvrage. Une attention particulière sera apportée au colmatage des interstices avec de l'argile, notamment au niveau des encoches en berge et entre les planches.

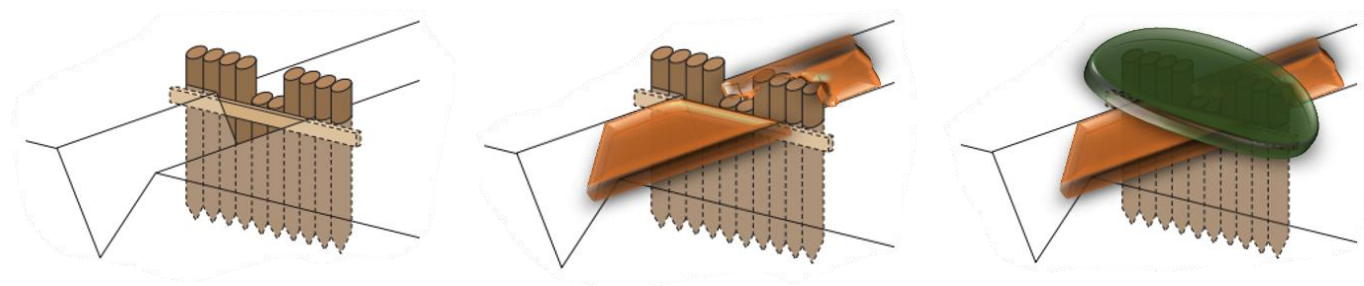


Figure 30 : Schéma des étapes de réalisation d'un bouchon étanche

5.1.3 Cas particulier des fossés à fort transit de nutriments issus de la zone agricole

Les fossés F3, F6, F8 et F9 transportent des éléments nutritifs en forte concentration provenant des champs agricoles adjacents (maïs en zone humide, culture dans le sens de la pente, absence de couvert hivernale de type CIPAN). **Malgré le fait que ces derniers modifient les sens d'écoulements naturels des ruissellements en les interceptant avant qu'ils ne rejoignent l'extrémité Ouest de la lande humide, il n'est pas prévu de restaurer les flux naturels de ruissellements, au risque d'accentuer les transferts directs de nutriments en forte concentration vers la lande humide.** Cela aurait pour conséquence d'enrichir le milieu, phénomène incompatible avec le maintien dans le temps de ces milieux « pauvres en nutriments ».

Il est ici proposé deux options pour traiter ces fossés au caractère particulier :

- **Option n°1 : Déviation du linéaire de fossé existant de manière à isoler définitivement les landes humides vis-à-vis des flux à forts concentrations de nutriments émanant de F8 et F9.**

Le prestataire suggère de créer un nouveau fossé « F-new » déviant les écoulements issus des champs agricoles totalement en dehors des landes humides. Pour se faire, le fossé « F-new » sera positionné en bordure du chemin (côté opposé à la nouvelle clôture) et suivra la pente naturelle de l'axe « Est-Ouest ». Les éléments techniques de « F-new » sont décrits ci-après :

- La topographie du terrain au droit du projet est compatible avec la création d'un nouveau fossé avec écoulement dans l'axe « Est-Ouest » avec 0,8% de pente (cf. profil en long) ;
- Sa création sera facilitée par la suppression d'une douzaine de pins jouxtant le chemin ;
- Sa profondeur varie de 20 à 40cm selon les côtes du terrain de manière à limiter tant que possible l'enfoncement du fossé pour éviter un potentiel impact drainant, tout en assurant une pente longitudinale garantissant l'écoulement jusqu'à la confluence avec le fossé F5 existant ;
- Le volume de déblais issu du terrassement du fossé est estimé à 20 m³ ;
- Retrait de la buse de diamètre 300 mm servant d'interface entre F8 et F3 ;
- Implantation de la buse retirée sous le chemin au niveau de la connexion aval avec F5 pour garantir le passage à pied sec sur la voie d'accès.

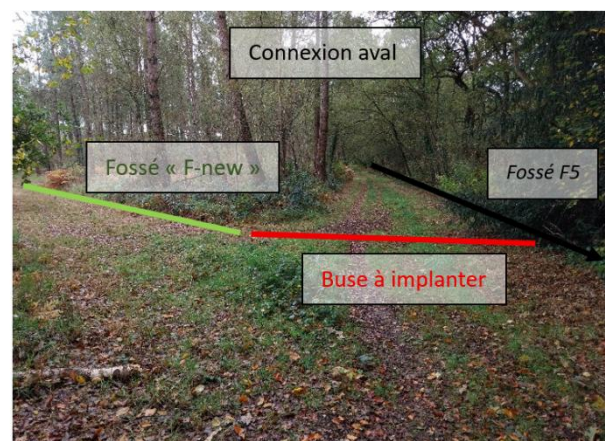
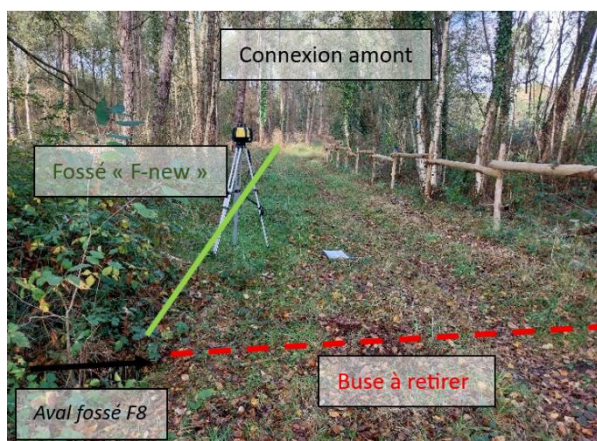
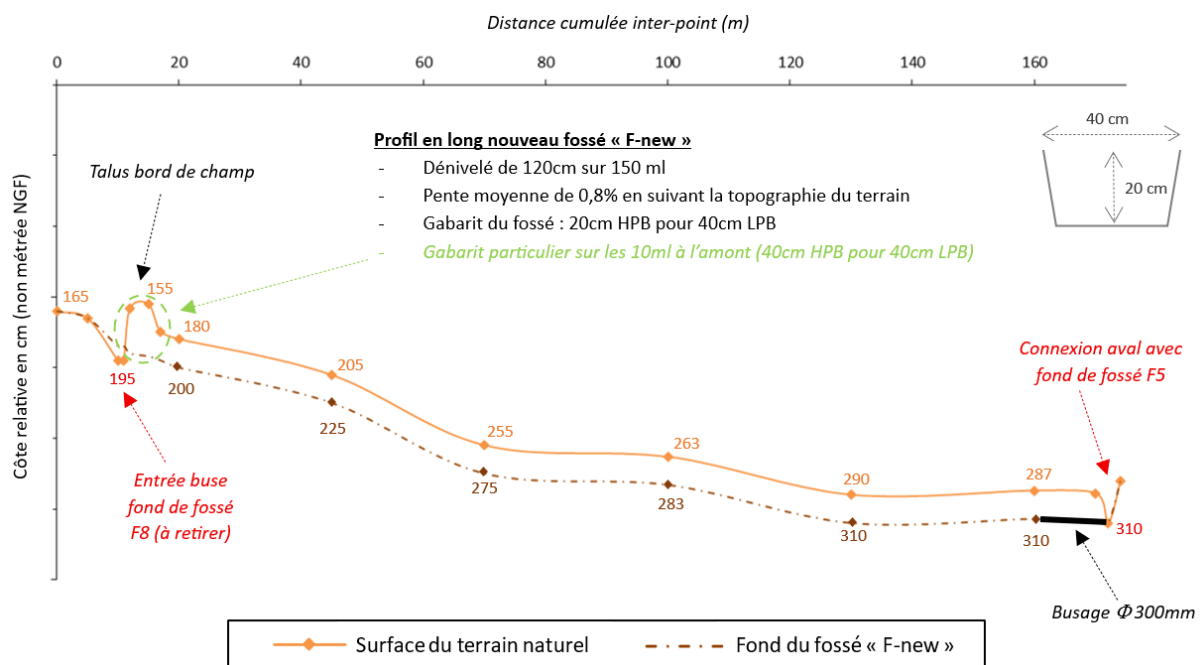


Figure 31 : Profil en long projeté du fossé « F-new » avec photographies associées (NB : topographie affichée en cote relative et non en mNGF)

- **Option n°2** : Il n'est pas prévu d'actions ambitieuses sur ce réseau de fossé tant que les pratiques agricoles ne changeront pas. Il est donc préférable de maintenir la situation du réseau hydraulique annexe « en l'état », c'est-à-dire que l'ensemble des flux reste uniquement concentré dans les fossés traversant les landes humides par l'intermédiaire de F3 puis de F2, mais sans participer à l'alimentation en eau de surface des habitats.

5.1.4 Adopter les bonnes pratiques d'entretien des fossés respectueuses des milieux

Un arrêt du curage doit être envisagé sur tous les fossés au sein du site naturel. Idéalement, les fossés situés hors réserve sur le bassin versant sont aussi ciblés par cet arrêt de curage.

Une surveillance de ces tronçons non curés y sera associée afin d'écartier tout risques pour la sécurité des biens et des personnes.

- **Cas particuliers des fossés de bord de route F18, F19, F20, F21 :**

Les fossés (F18, 19, 20 et 21) correspondants aux bas cotés routiers font partie intégrante du système hydrologique du site. **Leurs fonctions premières consistent à favoriser l'écoulement de l'eau pour assainir le corps de la chaussée et éviter les débordements sur la chaussée. Il paraît donc difficilement envisageable de combler ces fossés au risque de compromettre la sécurité des biens et des personnes.** Leur entretien est traditionnellement réalisé en vue d'optimiser la fonction d'écoulement des eaux. Or, il convient désormais de concilier ces fonctions avec les impacts que cet entretien des fossés peut générer sur la ressource en eau et sur l'environnement global du site.

Dans le cas où l'arrêt du curage n'est pas possible sur ce réseau de fossé, il serait pertinent, ***a minima***, **d'adapter les techniques de curage afin de limiter les impacts sur le milieu.** Une synthèse des bonnes pratiques à adopter est consultable sur le guide technique « Entretien des fossés et des bas-côtés routiers » de **Morin & Bizet, 2020** édité par le Conseil Départemental des Côtes d'Armor. Ce document permettra aux gestionnaires de l'assainissement routier de concilier sécurité des usagers, bonne gestion du patrimoine et préoccupations environnementales.

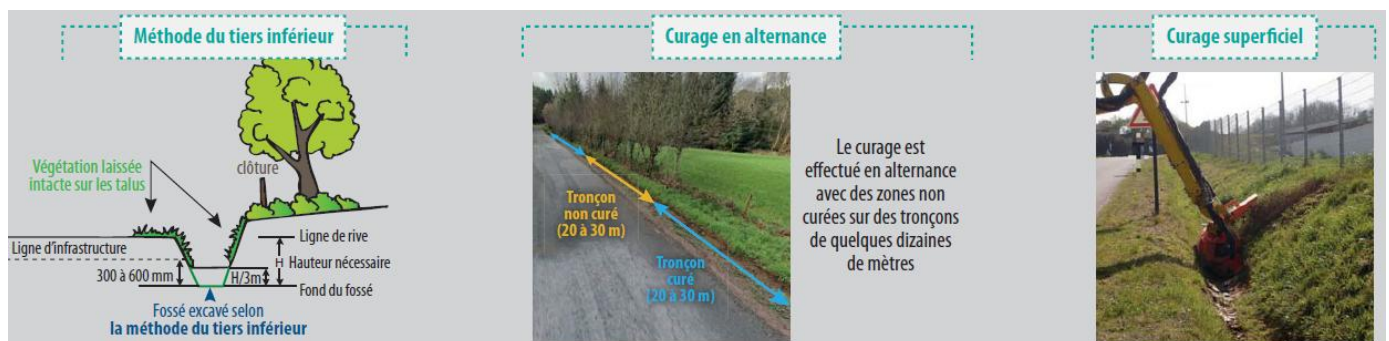


Figure 32 : Méthodes alternatives au curage traditionnel (fiche technique SAGE Golf du Morbihan et Ria d'Étel)

Ce guide présente les différentes méthodes d'entretien des fossés et des bas cotés routiers puis met l'accent sur l'entretien et leur gestion différenciée par des méthodes alternatives. Le principal avantage de ces méthodes alternatives est de limiter les apports/transferts de matières en suspension et les à-coups hydrauliques. En outre, les méthodes d'entretiens de ces fossés devront idéalement se dérouler en octobre ou novembre, période avec peu d'enjeux pour la biodiversité.

5.2 Actions de terrassement

De manière complémentaire aux interventions sur les fossés, certaines actions dites « de terrassement » permettent de renforcer le caractère hydrique des habitats humides du site. Elles sont détaillées ci-après.

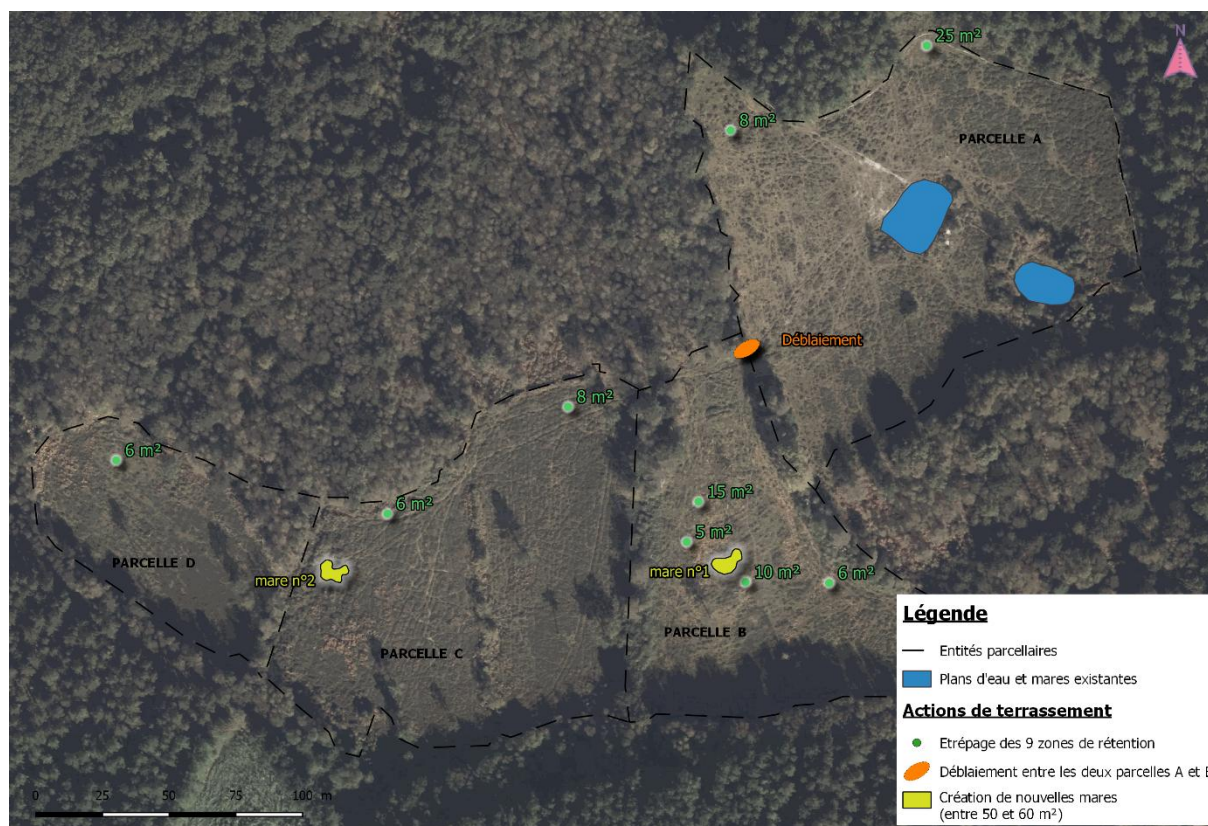


Figure 33 : Cartographie des actions de terrassement

5.2.1 Etrépage ciblant 9 zones de rétention en eau

A. Nature de l'intervention

L'état des lieux montre que de très nombreuses zones de résurgences identifiées au sein des landes humides en 2025 se déconnectent rapidement de la nappe et ne retiennent pas l'eau suffisamment longtemps dans la saison, notamment pour le bon déroulement du cycle des vie des amphibiens.

Par conséquent, il est proposé de réaliser un étrépage ces zones de rétention par creusement du fond d'une trentaine de cm maximum par rapport à la surface actuelle du terrain naturel.

L'effet cumulé de cet abaissement artificiel du niveau topographique et de la présence du toit de nappe à moins de 40cm sous la surface du sol sur toute la saison hydrologique favorise l'interception de la nappe au droit des zones surcreusées sur une durée compatible avec le cycle de vie des amphibiens.

B. Critères de sélection

Les zones de rétention en eau ciblées par cette action d'abaissement artificiel du niveau topographique ont été choisis en fonction des critères suivants :

- Localisées où la nappe présente un fort potentiel d'affleurement jusqu'à la période de basses-eaux. Pour ce critère, le prestataire retient un assèchement entre le 12 et le 26 mai 2025, c'est-à-dire que l'interception du toit de nappe par la surface du terrain naturel de la zone ciblée disparaît pendant cette période (voir chapitre « 2.1.2 ») ;
- Principalement regroupées sur les secteurs où l'enjeu de reproduction des amphibiens est fort ;
- Situées sur les flux d'écoulements microtopographiques identifiés au chapitre « 3.3 » de manière à renforcer la pérennité de la lame d'eau par la possibilité d'apport en eau de surface ;
- Les zones de résurgences conservant l'eau au 26 mai 2025 ne sont pas ciblées, considérées comme déjà fonctionnelles pour la reproduction des amphibiens avec un équilibre hydraulique et végétale à ne pas perturber ;

Au total, ce sont 9 zones de rétention en eau qui feront l'objet d'un étrépage, dont 4 sur la parcelle B, 2 sur les parcelles A et C et une seule sur la parcelle D.

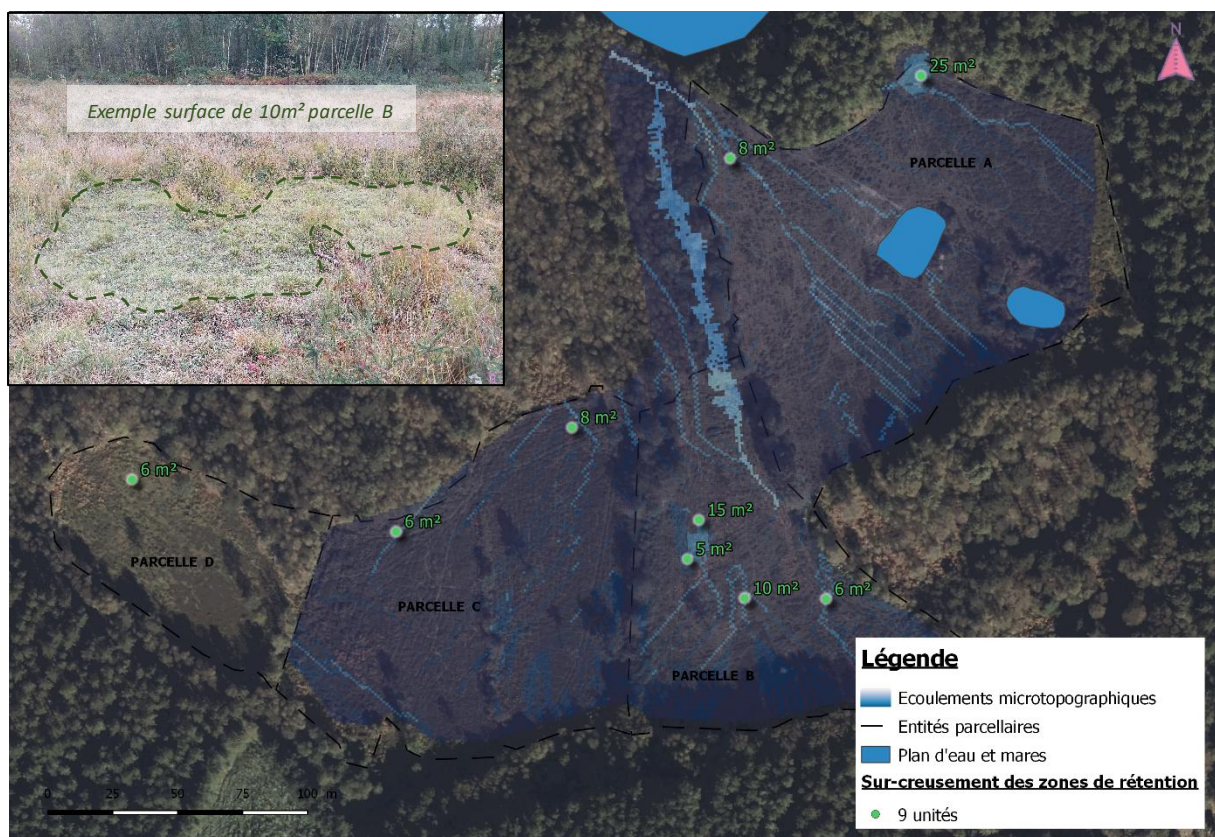


Figure 34 : Cartographie des 9 zones de rétentions en eau à terrasser

C. Méthodologie d'intervention

Pour se faire, un premier passage à la pelle mécanique a lieu pour récupérer la couche de terre végétale superficielle avec la banque de graine. En effet, le sol au droit des sites prédéfinis présente déjà une végétation naturelle et adaptée à une immersion prolongée. Cet horizon para tourbeux sera conservé à proximité immédiate de la zone.

Ensuite, chaque zone de résurgence identifiée sera terrassée de manière homogène en abaissant la côte du fond de 30cm par rapport au terrain naturel. La surface à terrasser (emprise au sol) est précisée sur la cartographie pour chaque point. **La surface totale à terrasser pour ces 9 interventions est de**

89m² pour un volume de déblais extrait estimé à 40m³ (foisonnement compris). Les déblais issus de l'horizon argileux pourront être réemployé sur site pour mettre en œuvre les bouchons des fossés F22 et F25 (par exemple).

Enfin, la couche de terre préalablement décapée sera renappé par-dessus la couche argileuse de fond mise à nue par le déblai.

5.2.2 Déblaiement entre les deux parcelles A et B

Actuellement, la boulaie est essentiellement alimentée par eau de nappe, mais aussi par un apport d'eau superficielle en étant située à l'aval d'un chemin préférentiel de ruissellement identifié dans le chapitre « 3.3 » de la microtopographie. Ces écoulements de surface issus de la parcelle B alimentent uniquement la boulaie, il n'y a aucune interaction avec les habitats humides de la parcelle A.

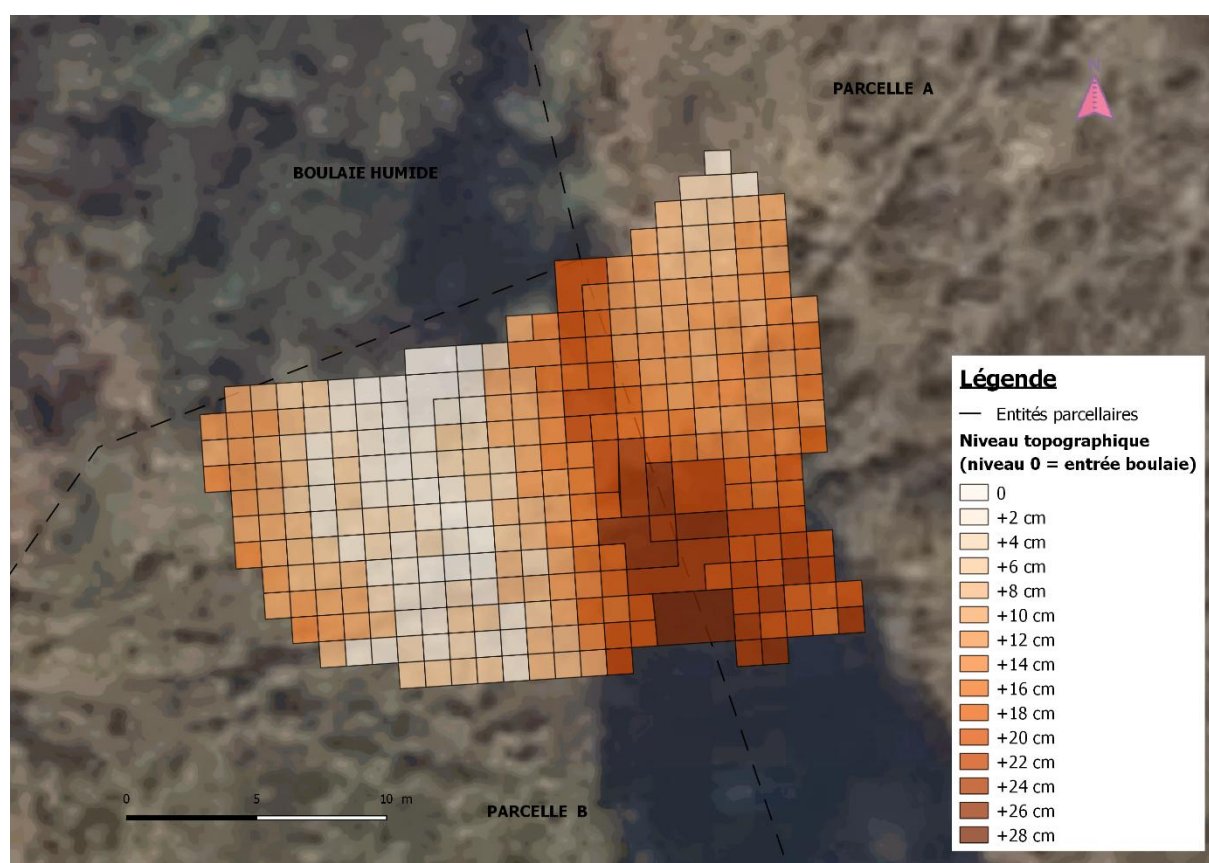


Figure 35 : Cartographie des niveaux topographiques à l'interface des parcelles A et B des landes humides

Or, il serait intéressant d'établir une connectivité hydraulique entre ces deux parcelles. Cela pourrait accentuer l'humidité de surface de la parcelle A, sans pour autant mettre en péril l'alimentation en eau de la boulaie. A noter que cette action aura un intérêt limité à la saisonnalité hivernale lorsque les suintements ont lieu. Néanmoins, à cette période, les apports sont non négligeables vu le débit d'écoulement observé en période de hautes eaux ou lors de fortes pluies.

Les travaux consistent à terrasser la zone servant d'interface entre les 2 landes humides A et B de manière à abaisser le niveau topographique permettant par la suite la répartition des écoulements de surface à la fois vers la lande humide A et vers la boulaie.

L'emprise de terrassement ainsi que les hauteurs à décaper sont visibles dans la figure ci-après.

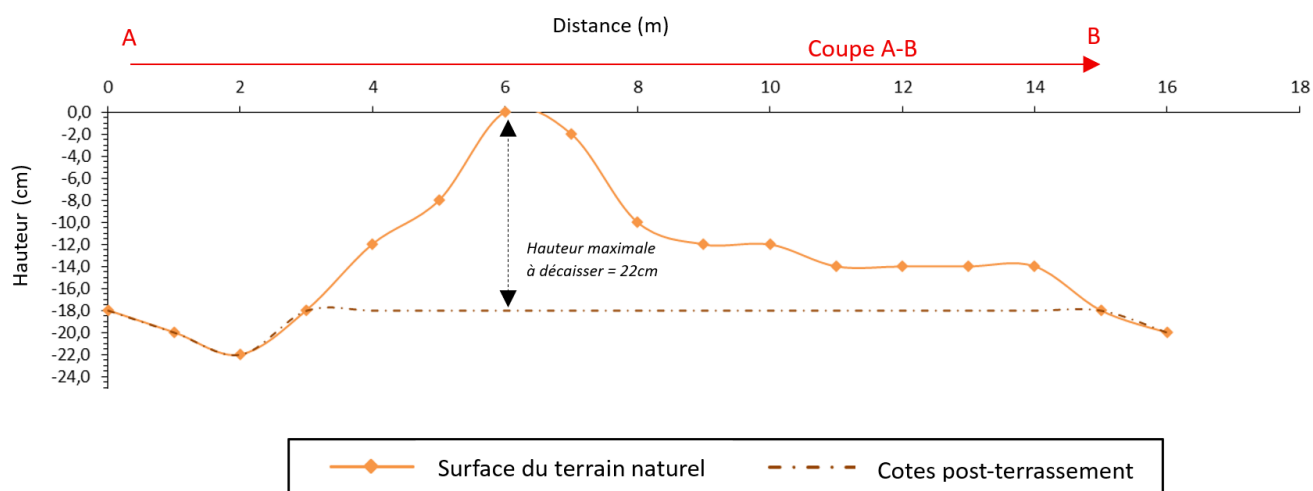
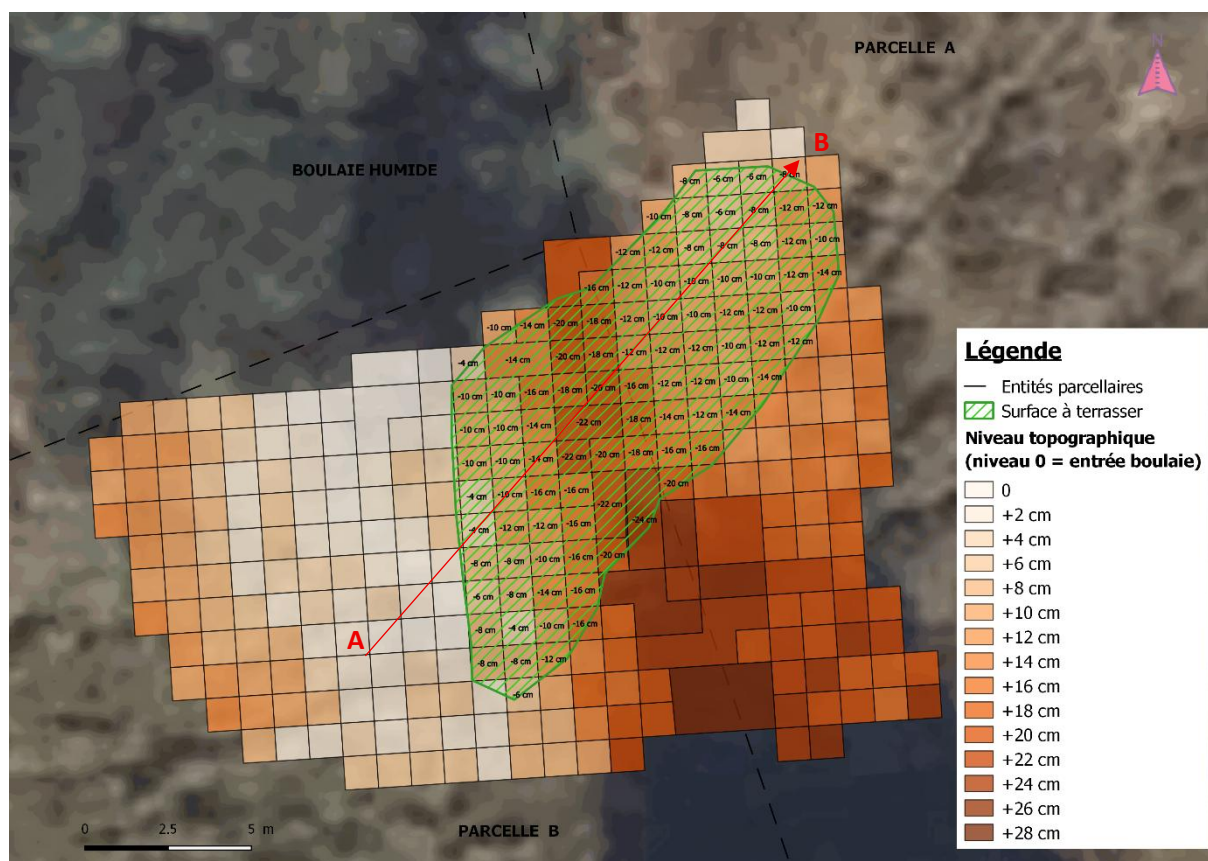


Figure 36 : Vues en plan (au-dessus) et en coupe (en dessous) des travaux de décaissement à réaliser

La superficie totale à terrasser est de 100 m² pour un volume de déblais estimé à 30m³. La méthodologie d'intervention concernant la gestion des horizons est la même que celle expliquée précédemment.

La nouvelle topographie conférée par le terrassement permettra le basculement d'une partie des écoulements vers la parcelle A par gravité. Puis, ces derniers diffuseront en suivant la microtopographie de surface dans la parcelle A.

5.2.3 Création de nouvelles mares

A. Principe

Actuellement, la lande humide accueille 2 mares très fonctionnelles au sein de la parcelle A, restaurées il y a quelques années par l'association Bretagne Vivante. En période d'étiage, ces mares sont les seuls points d'eau de surface subsistants au sein des landes et recensent une très forte concentration d'individus d'amphibiens (tous types d'espèces). Or, les parcelles adjacentes possèdent des caractéristiques qui semblent compatibles avec la création d'autres mares de petites dimensions.

Il est possible d'envisager 2 nouvelles mares avec différentes typologies favorables à la structuration d'un gradient d'humidité permettant la colonisation de différents amphibiens, reptiles et micromammifères. De plus, la présence dans un périmètre proche et facilement accessible de zones boisées constitue un espace refuge au sein duquel les amphibiens trouveront un habitat lors de leur phase terrestre. En outre, ces nouvelles mares devraient présenter une forte attractivité pour la biodiversité avec une colonisation rapide des individus grâce à la connectivité des habitats de proximités.

Pour ces raisons, et dans l'objectif d'offrir des habitats supplémentaires à la biodiversité et d'augmenter la densité d'individus sur site, il est proposé de recréer **2 mares sur les landes humides (parcelles B et C)**. Les zones prévues sont de nature à maintenir un volume d'eau suffisant à la reproduction des amphibiens pendant la période de décembre à mai de par l'affleurement de nappe.

B. Caractéristiques techniques

Afin de tendre vers une fonctionnalité hydromorphologique optimale et présenter des caractéristiques physiques propices à l'accueil des amphibiens et odonates, les mares respecteront les prescriptions techniques suivantes (comm_perso Volpato, OFB & Biosferenn) :

- **La superficie fonctionnelle de la mare n°1 en parcelle B et de la mare n°2 en parcelle C est respectivement estimée à 60 et 50 m²**, de forme sinueuse permettant d'augmenter le linéaire de berge et offrant plus d'habitats aux amphibiens ;
- Au moins une partie de la mare doit être réalisée en pente douce (*inférieur à 15 degrés = pente 25% = 4 pour 1*) de préférence sur les berges exposées au Sud de manière à faciliter l'accès des amphibiens et permettre l'installation de ceintures végétales de type « héliophytes » et « hydrophytes » selon le gradient d'humidité, qui seront des supports de pontes ;
- Des paliers successifs de profondeurs différentes peuvent être créés sur ces berges en pente douces afin de reconstituer des micro-habitats et une hétérogénéité au sein de la mare. De plus, une berge plus abrupte avec une zone profonde d'au moins 70cm peut être prévue. Cette zone évitera, ou à défaut retardera, l'assèchement complet de la mare. Elle peut aussi servir de refuge aux amphibiens contre les prédateurs ou en cas d'évènement climatique extrême (maintien d'une faible colonne d'eau en été et d'une zone d'eau libre non gelée en hiver) ;
- Il sera important, lors des terrassements, de ne pas créer un merlon en bordure de la mare qui pourrait bloquer les eaux de ruissellement ;
- Au moins 2/3 de la surface de la mare doit être exposée à l'ensoleillement (Decotte *et al.*, 2024). Une ouverture de la végétation sur la berge exposée au sud permettra le

développement de la végétation aquatique, le réchauffement de l'eau et la croissance des têtards. Des zones ombragées peuvent être conservées pour créer d'autres conditions dans la mare (garantir des secteurs plus frais, ralentir le développement massif d'algues filamenteuses...) ;

- **Le volume de déblais issu de la création des deux mares est estimé à 70m³ (foisonnement compris) et pourra être réemployé pour le comblement total des fossés ;**
- Le profil type d'une mare est repris dans les schémas suivants (cf. figure 37 et 38).

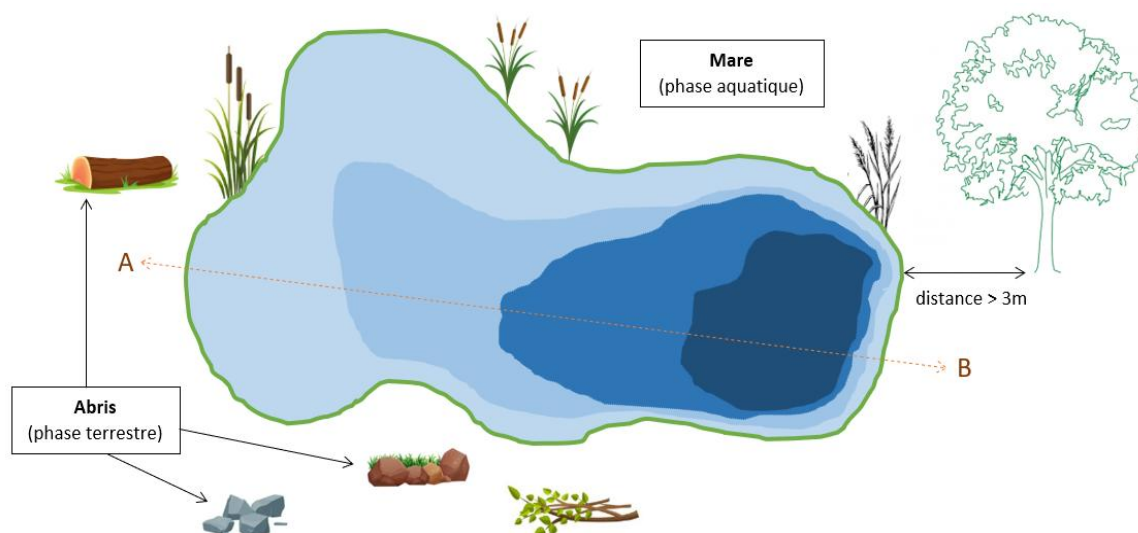


Figure 37 : Vue en plan du profil type d'une mare (tiré de ICEO/Biosferenn, adapté par Péchard)

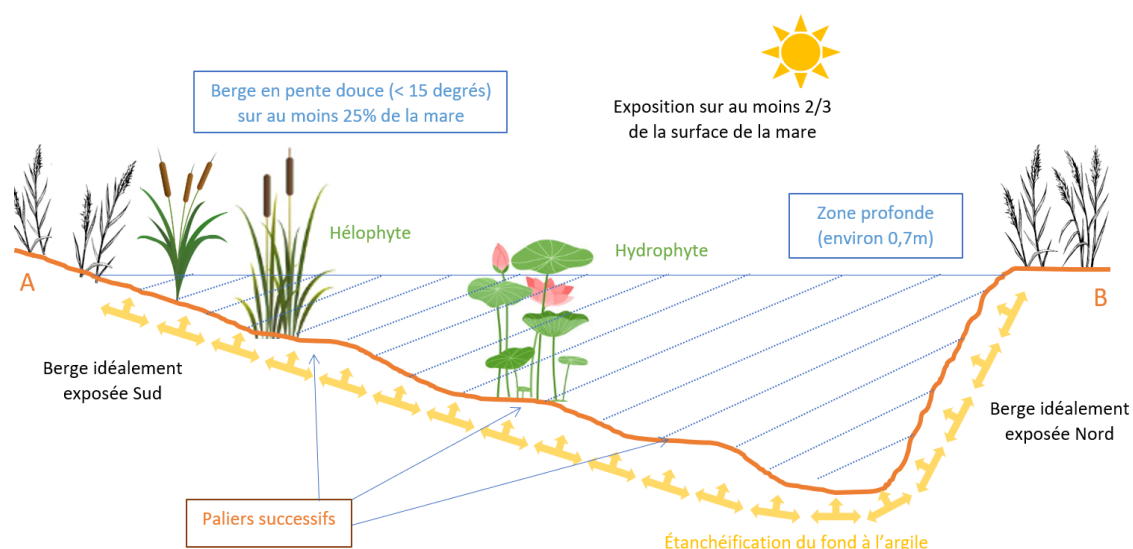


Figure 38 : Vue en coupe du profil type d'une mare (tiré de ICEO/Biosferenn, adapté par Péchard)

C. Préconisation de gestion (valable à la fois pour les nouvelles mares et celles déjà existantes)

La mare est un milieu vivant complexe avec une dynamique assez rapide et, si l'objectif est de préserver certains groupes taxonomiques en particulier (amphibiens ou odonates par exemple), il sera nécessaire de prévoir un suivi et un entretien de la mare sur le long terme. Si la mare créée est laissée en libre évolution, son intérêt écologique évoluera au fil des années. Le schéma page suivante résume les

principaux stades de développement des mares. Les stades 2 et 3 sont majoritairement les plus pertinents pour l'accueil des amphibiens et des odonates (Decotte *et al.*, 2024).



Figure 39 : Stades d'évolution d'une mare (source : PRAM Normandie)

Pour que les mares restent fonctionnelles, les opérations consistent principalement à :

- Retirer les végétaux morts (branches, feuilles...) ;
- Eclaircir les plantes trop envahissantes et tailler les arbres à proximité immédiate afin de favoriser l'ensoleillement ;
- Préserver la surface en eau : les mares s'ensavent naturellement, et quand cela devient nécessaire, un curage peut être envisagé pour éviter les phénomènes de comblement et d'assèchement (à titre indicatif, d'après le Groupe Mares animé par le Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France, le curage n'est nécessaire que tous les 25 ans pour une mare d'1 mètre de profondeur). Si le besoin de curer est avéré, il convient de répartir l'opération sur 2 ou 3 ans, en curant 1/2 ou 1/3 de la surface de la mare chaque année, et de laisser les vases retirés durant quelques jours à proximité de la mare pour que les éventuels individus capturés involontairement puissent rejoindre l'eau.

Un **suivi visuel** annuel est nécessaire pour déterminer de la nécessité de l'entretien. Auquel cas, il sera réalisé en octobre/novembre pour limiter l'impact sur le cycle biologique des amphibiens et odonates. Ce calendrier est également valable pour les interventions sur les fossés accueillants la Salamandre.

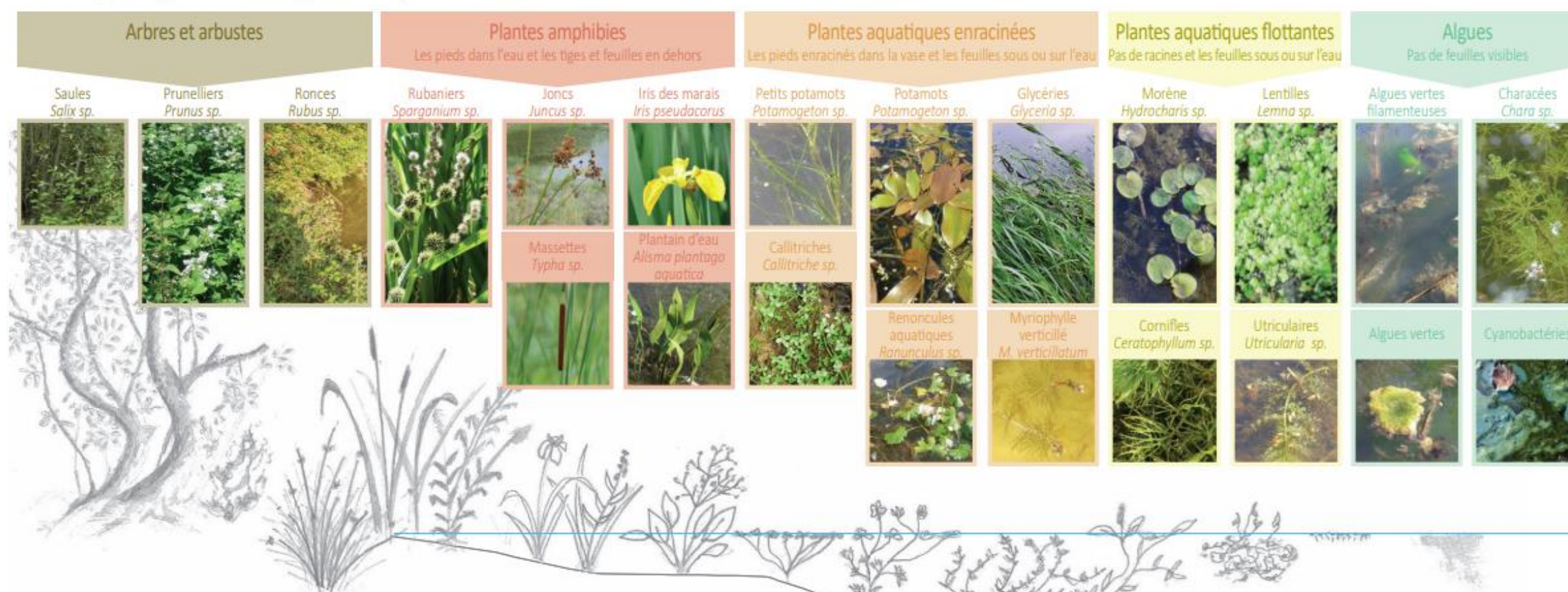
Lorsque l'équilibre biologique de la mare n'est pas encore atteint (mare trop jeune ou perturbation exogène), certaines espèces peuvent proliférer et demander un entretien curatif. La figure n°40 en page suivante, issue du travail du PRAM Normandie, expose les végétations et les facteurs sur lesquels intervenir pour maintenir l'équilibre des mares.

5.2.4 Bilan des volumes de déblais disponibles

A l'issue de la réalisation de ces trois typologies d'actions de terrassement, le volume de déblais disponible est estimé à 140 m³ (étrépage = 40 m³ ; mares = 70 m³ ; déblaiement entre A et B = 30 m³). Or, le volume nécessaire à importer pour la gestion des fossés a été estimé à 279 m³ (comblement total = 266 m³ à importer ; comblement partiel par bouchon = 13 m³ à importer).

Par conséquent, la réalisation complète de ces trois actions de terrassement permettrait de réduire l'apport en matériaux argileux sur site pour la gestion des fossés à 126 m³.

Quels groupes de végétaux peut-on observer dans une mare ?



Sur quels facteurs intervenir pour maintenir l'équilibre ?

Les cas de figure présentés ici sont d'ordre général et nécessitent d'être adaptés au cas par cas en fonction des caractéristiques et du contexte de la mare. La présence d'espèces protégées et/ou menacées devra notamment être prise en compte dans les choix de gestion.

La mare est envahie de saules

Même si les arbres et arbustes ont un intérêt certain pour la faune, ils témoignent d'une **mare en fin de vie** lorsqu'ils colonisent la totalité des berges et la zone en eau. L'ombrage permanent empêche le développement de la végétation aquatique, indispensable pour de nombreux animaux. Une quantité de feuilles trop importante dans la mare **accélère la formation de vase** et nécessite des curages plus réguliers.



Faut-il intervenir ?

Il convient d'agir, idéalement de septembre à décembre, si les arbres et arbustes sont présents tout autour et dans la mare. Des travaux d'abattage, de recépage, d'arrachage des souches, ainsi que de curage permettent de remettre en lumière la mare. Il est néanmoins conseillé de conserver quelques arbres pour la faune.

La mare est colonisée par des roseaux

Les plantes amphibies sont normalement cantonnées sur les **zones peu profondes** de la mare. Elles sont indispensables pour les libellules et certains amphibiens qui pondent leurs oeufs dessus. Contrôler la dynamique de cette végétation permet d'éviter l'envahissement de la mare et son comblement progressif. Si elle colonise l'ensemble de la mare, cela indique que le niveau d'eau est faible, même au centre.



Faut-il intervenir ?

Généralement, deux cas peuvent se présenter :

- Le niveau de vase est très important : un curage avec extraction des roseaux et de leurs rhizomes est à prévoir.
- La mare est peu envahie, le faible niveau d'eau est dû à un manque de précipitations : aucune intervention n'est nécessaire, les roseaux disparaîtront avec la montée du niveau d'eau. L'arrachage manuel ou le faucardage de ces végétaux reste possible, mais cela reste une opération fastidieuse et à réaliser régulièrement.

La mare est remplie de plantes aquatiques enracinées

Les plantes qui sont enracinées dans le fond de la mare sont très souvent indicatrices d'un **bon état écologique** du milieu. Le **fond en pente douce** est favorable à leur développement. Ce sont des zones de reproduction, d'alimentation et de refuge pour les amphibiens, les larves de libellules et de nombreux autres invertébrés.



Faut-il intervenir ?

La présence de plantes aquatiques dans la mare n'est pas problématique. Toutefois s'il s'agit d'une espèce exotique envahissante, l'arrachage selon un protocole particulier est nécessaire pour limiter sa propagation à d'autres milieux aquatiques.

La mare est recouverte de plantes flottantes

Les plantes aquatiques non enracinées sont présentes en quantité dans certaines mares. Elles peuvent être rares ou indicatrices d'une **bonne qualité d'eau**, d'autres sont plutôt liées à une eau **très riche en nutriments**. Pour savoir quelles espèces sont présentes, il est nécessaire de réaliser un examen minutieux ou de faire appel à un botaniste.



Faut-il intervenir ?

Ces plantes peuvent empêcher le développement d'autres espèces aquatiques, en faisant obstacle au rayonnement solaire. Il est alors possible d'en enlever à l'aide d'un filet : c'est l'écrémage. Cette opération nécessite néanmoins d'être renouvelée régulièrement.

La mare est remplie d'algues

Les algues sont à la base de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques. Ce sont souvent elles qui colorent l'eau de la mare. Il existe de **nombreuses espèces d'algues**. Certaines, notamment les characées, ne sont présentes que si l'eau n'est pas polluée. D'autres sont indicatrices d'une eau riche en nutriments, ce qui peut conduire à leur prolifération et entraîner la disparition des plantes aquatiques et de certains animaux.



Faut-il intervenir ?

Si les algues (hors characées) sont visibles dans la totalité de la masse d'eau, le problème peut venir d'une pollution qui s'écoule dans la mare, provenant des terrains alentours (intrants agricoles, eaux domestiques, voirie...). Une analyse chimique de l'eau est utile pour identifier le type et l'origine de la pollution.

Figure 40 : Végétation caractéristique et mesures d'entretien à mettre en place pour conserver l'équilibre d'une mare (source : PRAM Normandie)

5.3 Actions sur le plan d'eau

La phase de diagnostic a permis de constater que ce plan d'eau engendre des altérations durables sur le fonctionnement écologique de cet écosystème humide sensible. De par ses caractéristiques surfaciques, de restitution d'un débit continu, de profondeur, etc... ce plan d'eau a un rôle avéré de captation de nappe et d'effet drainant sur celle-ci, avec une modification des habitats humides potentiels en surface. Son impact « quantitatif » sur la ressource en eau est largement démontré. Son impact sur la qualité d'eau, quant à lui, est très probable mais non avéré. En outre, la conformité réglementaire du plan d'eau n'est pas attestée auprès des services de l'Etat.

Néanmoins, il est ici rappelé le fort intérêt sociétal du plan d'eau pour les habitants de la commune et les promeneurs du territoire. Par conséquent, le prestataire propose deux scénarios à ambitions différentes pour supprimer ou à défaut réduire les impacts de ce plan d'eau sur le milieu.

5.3.1 Scénario 1 : Suppression totale et remplacement par un complexe d'habitats humides

A. Définition

L'opération de suppression du plan d'eau semble être l'action la plus pertinente afin de restaurer le fonctionnement écologique de la zone humide, de permettre l'expression des services écosystémiques et d'une biodiversité remarquable à ces milieux humides. Ce scénario correspond au niveau d'ambition le plus élevé et permet de se soustraire à la problématique de non-conformité du plan d'eau.

La nature des actions proposées dans ce scénario et les éléments techniques présentés sont en adéquation avec la politique ambitieuse de restauration des milieux aquatiques de Dinan Agglomération et en cohérence avec les documents d'orientations existants sur le territoire (DCE, SDAGE et SAGE Arguenon). Ainsi, le prestataire conseille vivement au maître d'ouvrage de se rapprocher de Dinan Agglomération avec ce document à l'appui. Il pourrait y avoir une complémentarité (*technique et/ou financière – sans engagement à ce stade*) avec cette structure possédant la compétence GEMAPI sur le territoire.

B. Vidange sans remise en eau

Préalablement aux travaux de restauration, la vidange du plan d'eau est indispensable pour travailler « hors d'eau » dans de bonnes conditions. Il convient de se conformer aux modalités prescrites par l'APG du 09 juin 2021 afin d'éviter tout impact sur le milieu naturel. Ces prescriptions sont applicables à tout ouvrage ou installation soumis à la rubrique 3.2.3.0 de la nomenclature « eau » relative aux plans d'eau, y compris en ce qui concerne les modalités de vidange. Les modalités de vidange sont définies ci-après :

- Le ruisseau à l'exutoire du plan d'eau étant classé en première catégorie piscicole, **la vidange est interdite pendant la période du 1er novembre au 31 mars** (article 17 APG) ;
- Si la vidange se déroule pendant la période du 15 juin au 15 octobre, la différence de qualité et de température entre, d'une part, les eaux du cours d'eau à l'amont du point de rejet et, d'autre part, les eaux du cours d'eau à l'aval du point de rejet ne peut excéder 1 °C pour la température et 1 mg/l pour la quantité d'oxygène dissous (article 9 APG) ;

- Durant la vidange, les eaux rejetées dans le cours d'eau respectent les valeurs suivantes en moyenne sur deux heures :
 - o Matières en suspension (MES) : inférieure à 1 gramme par litre ;
 - o Ammonium (NH₄) : inférieure à 2 milligrammes par litre ;
 - o Teneur en oxygène dissous (O₂) : supérieure à 3 milligrammes par litre.

La surface du plan d'eau de 4168 m² étant compris dans le seuil de déclaration (rubrique 3.2.3.0 de la nomenclature annexée à [l'article R. 214-1 du code de l'environnement](#)), **les valeurs de qualité fixées ci-dessus sont réputées respectées dès lors que la vitesse maximale d'abaissement de la ligne d'eau ne conduit pas à dépasser le débit de plein bord du cours d'eau et que la procédure dispose d'un système de décantation avant remise des eaux au cours d'eau** (Article 19 APG) ;

- Le débit de plein bord du cours d'eau (réceptacle) en condition de bon fonctionnement naturel est estimé à 30 L/s. Ainsi, le débit de vidange ne dépassera pas cette valeur seuil ;
- La vidange sera assurée par pompage en surface. Elle doit être lente et progressive afin de limiter au strict minimum le départ des sédiments (article 10 APG) ;
- **La pompe sera installée de manière à récupérer les eaux en surface et à les relarguer dans le fossé F1 ou F24 à proximité du plan d'eau ;**
- **Pompage des eaux de surface avec un débit de 30 L/s (48h de vidange en continue pour vider les 5284 m³ d'eau, soit une vitesse d'abaissement d'environ 3,5cm/h) ;**
- Le débit de vidange sera régulièrement surveillé pour réduire le risque de mobilisation et l'entraînement de sédiment en dehors du plan d'eau (article 18 APG) ;
- Les eaux de vidanges ne seront pas directement rejetées dans le cours d'eau mais au sein du fossé F1 ou F24. Des systèmes de filtration seront disposés au fond de ce fossé afin d'assurer un mode de fonctionnement de type « noue » permettant la décantation des sédiments en suspension et l'infiltration progressive de l'eau (article 10 APG) ([Mac Donald et al., 2018](#)) ;
- Ces dispositifs seront régulièrement surveillés (article 18 APG) et particulièrement dans les dernières heures de la vidange où le risque de transport des sédiments de fond est le plus fort (article 19 APG) ;
- La phase ultime de la vidange (découverte des sédiments) nécessite une attention particulière et doit être adaptée en fonction de l'évolution des conditions météorologiques. En effet, lorsque la majeure partie des sédiments est exondée, ceux-ci seront fortement exposés à l'érosion en cas de pluies intenses (effet de ressuyage). Ainsi, si un épisode pluvieux majeur survient lors de cette phase, la vidange sera momentanément mise à l'arrêt.



Figure 41 : Photographie d'un dispositif filtrant à paille (gauche) ou à gabion (droite) en aval d'un chantier

NB : une pêche de sauvetage des poissons du plan d'eau devra être réalisée par un organisme habilité et compétent avant ou pendant la phase de vidange.

C. Terrassement

L'étude bathymétrique permet de déduire que ce plan d'eau a été surcreusé (effet cuvette profonde). En effet, les côtes du fond dur actuel du plan d'eau sont situées sous le niveau estimé du terrain naturel évalué grâce aux zones humides adjacentes. Ainsi, selon le profil topographique du plan d'eau, un remblaiement partiel de cette surface est indispensable pour éviter une remise en eau non souhaitée. Ainsi, un apport de matériaux au centre du plan d'eau est à envisager. Cela permettra de retrouver un niveau de terrain naturel qui puisse être temporairement saturé en eau, et de restaurer les fonctionnalités écosystémiques de la zone humide.

Suite aux estimations et aux comparaisons avec les côtes de fond du plan d'eau, le volume de remblais à disposer sera **d'environ 3500 m³**. Après vidange, les travaux prévus consistent à importer ce volume de remblais en matériaux argilo-terreux et à les disposer en fond de plan d'eau, sur la totalité de la surface existante. Les berges abruptes seront adoucies sur tout le pourtour du plan d'eau par remblaiement en pente douce jusqu'en haut de l'arrête actuelle (à 25 %, soit une pente de 1/4). Ce remodelage des berges permet une meilleure intégration paysagère, de restaurer l'alimentation naturelle en eau de la zone et de pallier à toute érosion en haut de berge.

Le profil en long (cf. figure 42) témoigne que les déblais issus du creusement du plan d'eau sont probablement restés sur site, notamment sous la zone de conifères séparant le plan d'eau des landes humides. Par conséquent, une des options possibles pour le remblaiement total du plan d'eau serait de supprimer cette zone de conifères en la terrassant aux côtes envisagées dans la figure 39 et replacer les volumes extraits au sein du plan d'eau. Cette action nécessite l'abattage préalable de la cinquantaine de pins présents dans l'emprise déterminée. En suivant cette méthodologie de déblais/remblais, le gain en surface de zone humide restaurée est estimé à plus de 6400 m² (plan d'eau et conifère additionnés).

Seuls les matériaux naturels de type argileux ou terre végétale seront employés sur site de manière à être rapidement colonisés par la végétation. **Le volume d'import est à respecter strictement, un apport excessif de matériaux est à proscrire puisqu'il génère une perte de fonctionnalité des zones humides au sein de l'ancienne emprise du plan.**

D. Reconstitution des horizons pédologiques

Au vu du contexte très argileux du site et ses propriétés de compactage, il semble indispensable de restaurer un profil de sol adapté afin de limiter l'imperméabilisation artificielle et de favoriser les échanges entre « eaux de surfaces » et « eaux souterraines ». De plus, la reconstitution des horizons pédologiques en lieu et place de l'ancien plan d'eau permettra la re-végétalisation naturelle du site et sera favorable au retour d'une biodiversité inféodée à ces milieux humides.

Il sera nécessaire de décompacter la partie superficielle des matériaux argileux une fois la côte projet atteinte lors du terrassement. Cette étape se fait à l'aide des griffes du godet en phase chantier, après avoir atteint les côtes projets. Puis, quelques cm de hauteur de terre végétale seront régalez sous forme de couche superficielle à la fin des travaux de terrassement sur les zones remblayées.

Enfin, il est possible d'accompagner la re-végétalisation du site par un couvert herbacé adapté afin de ne pas laisser s'installer des espèces rudérales, selon le choix du maître d'ouvrage. Cette étape est conseillée sur des terrains très remaniés avec des terres assez pauvres. Ce couvert herbacé peut être mis en place par semis, transfert de foin ou étrépage d'une zone proche (par exemple issu du de l'action de décaissement à l'interface des parcelles A et B des landes humides).

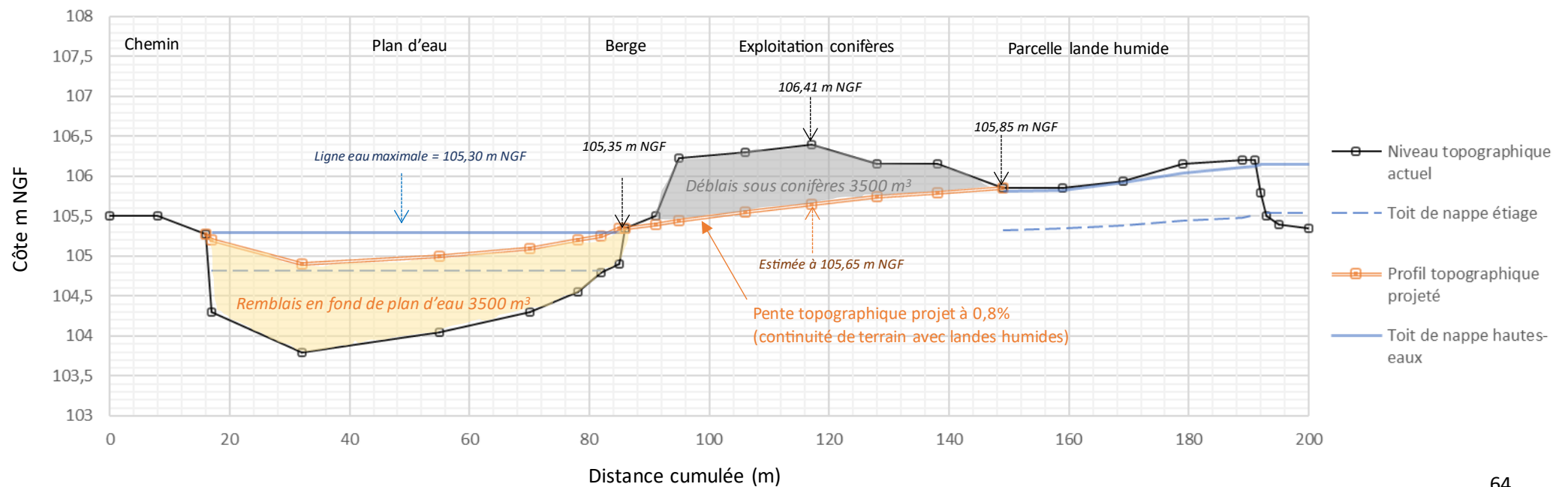
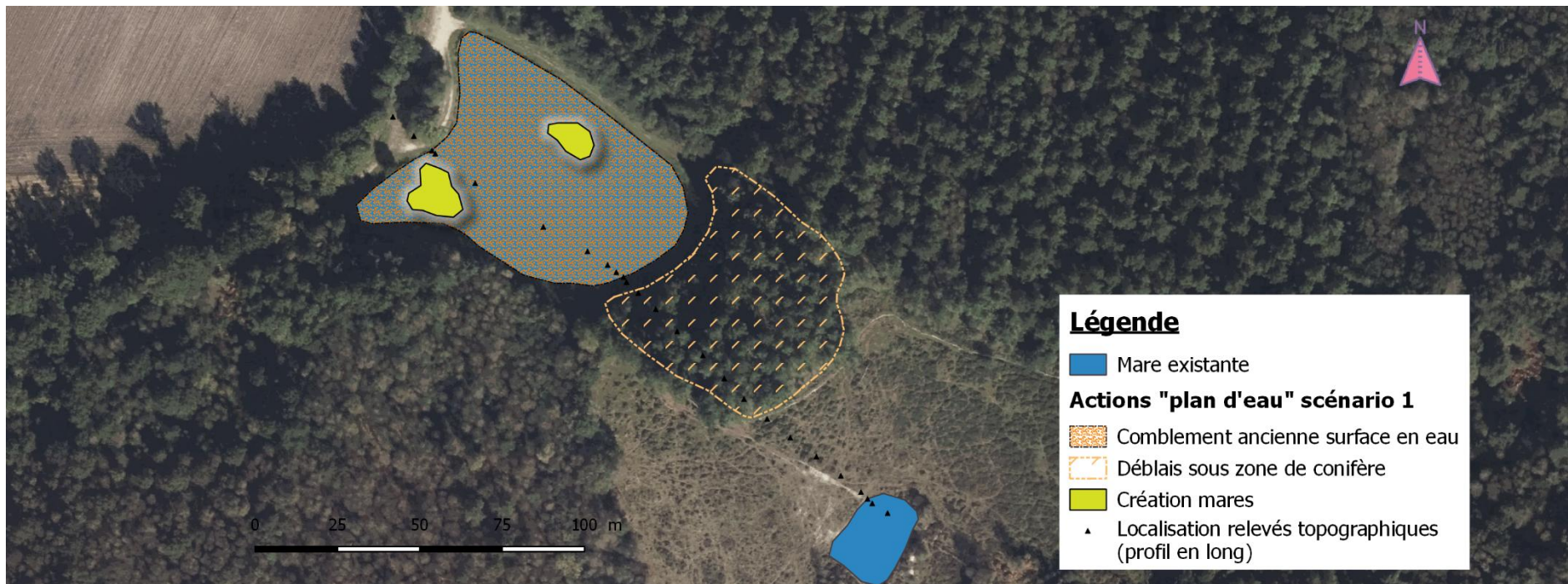


Figure 42 : Vues en plans (au-dessus) et en coupe (en dessous) des travaux de suppression du plan d'eau : scénario 1

E. Création d'un complexe de mosaïques d'habitats (mares, gîtes terrestres etc....)

Ces aménagements ont pour objectif de créer des zones de reproduction et/ou d'habitat favorables à la biodiversité aux abords du plan d'eau à supprimer.

- Mares :

Il est possible de reconstituer des mares de petites dimensions (quelques dizaines de m²) au sein de l'ancien plan d'eau. Afin de tendre vers une fonctionnalité hydromorphologique optimale et présenter des caractéristiques physiques propices à l'accueil des amphibiens, odonates, etc., les mares respecteront les prescriptions techniques déjà abordées au chapitre « 5.2.3 ».

- Gîtes terrestres :

Les gîtes terrestres sont un ensemble de micro-habitats composés d'amoncellement de matériaux minéraux et/ou biodégradables. Ils peuvent être secs, humides ou les deux. Ces aménagements, appelés hibernacula, remplissent des fonctions pouvant aller de l'accueil temporaire pour abriter la petite faune jusqu'à l'accueil pour la reproduction, l'estivation ou l'hibernation (micromammifères, reptiles, amphibiens...). D'après *Decotte et al. (2024)*, leur réalisation repose sur l'alternance entre des matériaux d'un volume important et entre d'autres ayant un volume plus faible. Cette stratification permet aux individus de disposer de cavités pour s'y loger. Par exemple, pour les hibernacula constitués de pierres, des blocs ayant une taille entre 15 et 100 cm sont les plus adaptés. Les structures ont des dimensions, des formes et des expositions variables. Plus elles sont nombreuses, plus le site est susceptible de devenir attractif pour la faune. L'hibernacula peut présenter une section semi-enterrée garantissant une partie stable thermiquement. La surface idéale de ce type de gîte est comprise entre 5 et 20 m² avec 30 à 50 cm dans le sol (hors zone humide) et 30 cm à 1 m hors sol. Un ourlet herbacé peut être conservé au plus près de chaque hibernaculum (non fauché ou tardive en septembre).

Les illustrations suivantes montrent des exemples de réalisations :

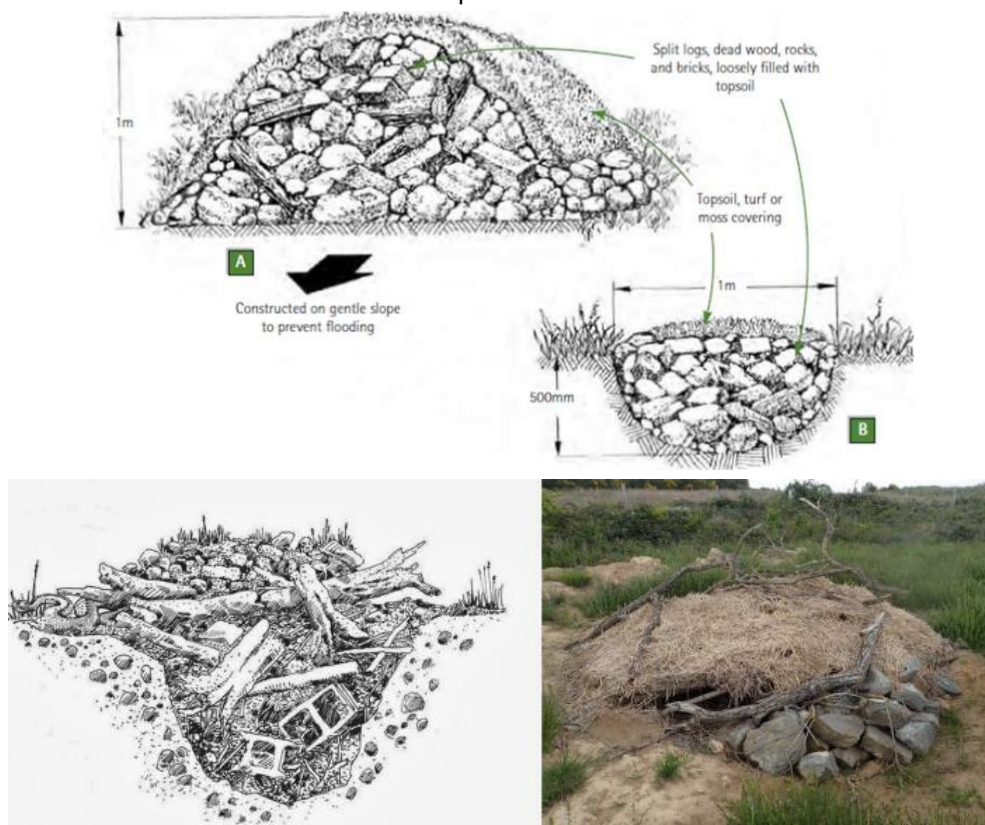


Figure 43 : Schéma de principe et exemple de réalisation de différents hibernaculum (CREXECO ; Beckett & Foster, 2001)

5.3.2 Scénario 2 : Aménagement du plan d'eau au sein de son emprise existante

A. Définition

L'opération de réaménagement du plan d'eau au sein de son emprise consiste à modifier les caractéristiques physiques du plan d'eau de manière à réduire ses impacts sur le milieu et à proposer des conditions plus favorables à la biodiversité. Il ne remet pas en cause l'existence du plan d'eau. Ce scénario correspond à un niveau d'ambition plus faible que le précédent, mais permet de trouver un compromis entre la réduction des impacts sur le milieu et l'enjeu sociétal lié à sa conservation.

Les actions envisagées concernent essentiellement le rétablissement d'un marnage « naturel », la réduction de la surface en eau libre par remblais, le remodelage/re végétalisation des berges et l'augmentation de la mosaïque d'habitats.

B. Rétablissement d'un marnage « naturel »

Le marnage « naturel » du plan d'eau rétablie l'amplitude de variation de la ligne d'eau selon l'évolution des hauteurs de la nappe captée et mise à nue par le plan d'eau (Montuelle & Clémens, 2015). L'action permettant le rétablissement de ce marnage proche du naturel consiste à agir sur l'ouvrage de restitution de l'eau à l'aval.

- Abaissement ponctuel du plan d'eau :

Préalablement aux différentes opérations de réaménagement du plan d'eau, il sera nécessaire de procéder à un abaissement ponctuel de la ligne d'eau (et non une vidange totale du plan d'eau) pour travailler dans de bonnes conditions. La méthodologie est similaire aux points exposés au paragraphe « 5.3.1.b _ vidange » avec quelques ajustements :

- Abaissement de la ligne d'eau de – 100 cm de manière à travailler dans la queue d'étang ;
- Pompage des eaux de surface avec un débit de 30 L/s (28h de vidange en continue pour abaisser la ligne d'eau de 1m, soit une vitesse d'abaissement d'environ 3,5cm/h) ;

- Modification de l'exutoire du plan d'eau :

La mise en place d'un ouvrage de restitution de type « moine hydraulique » ne semble pas nécessaire ici de par l'absence de stratification thermique dans le plan d'eau (faible profondeur) et l'absence de besoin de gestion, notamment de vidanges régulières.

L'action envisagée consiste à supprimer l'exutoire du plan d'eau en retirant la buse de surverse de manière à l'isoler totalement du réseau hydrographique et à restaurer un marnage naturel de la ligne d'eau en fonction de l'évolution du toit de la nappe intercepté par le plan d'eau.

Cette opération atténue les impacts du plan d'eau sur la nappe, notamment son drainage excessif. Par ailleurs, un marnage saisonnier favorise la mosaïque d'habitat en queue d'étang par la minéralisation des sédiments exondés (Navarro & Stroffek, 2015).

Attention, cette opération doit être réalisée uniquement après le comblement total du fossé F23 alimentant l'étang en eau de surface !

C. Remodelage du profil par remblais

Le reprofilage des berges par apport de matériaux au sein du plan d'eau est une action conséquente qui consiste à modifier la pente et la forme du talus pour obtenir un profil en pente très douce

(Siaebvelg, 2007 ; Jeudy *et al.*, 2012a). Cette action sera par la suite accompagnée de la re végétalisation des berges.

Pour se faire, la surface en eau du plan d'eau sera réduite sur la rive Sud-Est en injectant des matériaux de remblais dans le fond jusqu'en haut de berge. L'entreprise pourra se créer une rampe d'accès pour que les engins travaillent à pied sec par-dessus la couche de sédiments fins après l'abaissement de la ligne d'eau. La nouvelle queue d'étang terrassée présentera les caractéristiques suivantes :

- Surface à remblayer : 830 m²
- Hauteur moyenne de remblaiement : 0,6m
- Volume total nécessaire : 500 m³ à récupérer sous l'exploitation conifère (cf. scénario 1)
- Pente de la queue d'étang : 3% sur 30ml (dont 17m estimé hors d'eau à l'étiage)

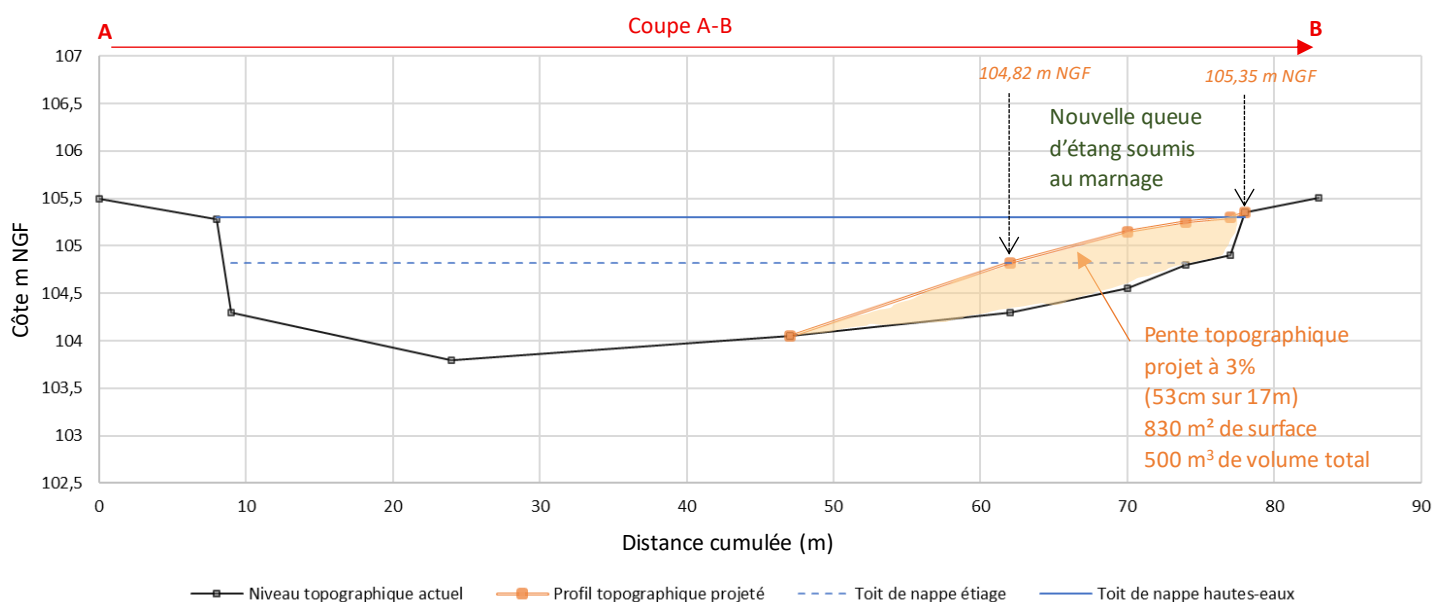


Figure 44 : Vues en plans (au-dessus) et en coupe (en dessous) des travaux d'aménagement du plan d'eau : scénario 2

Cette opération permet de restaurer une queue d'étang soumise au marnage sur une distance de près d'une vingtaine de mètres et avec un gradient d'humidité propice à l'implantation d'une ceinture végétale hygrophile.

De même que pour le scénario 1, les matériaux de remblais peuvent être soit prélevés sur site (sous la parcelle de conifère) soit importés. Seuls les matériaux naturels de type argileux ou terre végétale seront employés dans la nouvelle queue d'étang de manière à ce que cet aménagement soit aisément colonisé par la végétation aquatique et donner un regain d'intérêt à l'étang en termes de biodiversité.

D. Végétalisation de la queue d'étang

La végétalisation favorise la diversité en habitats (reproduction, refuge, alimentation...). Par ailleurs, elle permet de lutter contre les risques d'eutrophisation et enrayer l'érosion des berges (l'action mécanique des vagues est limitée par la présence des hélophytes). Enfin, d'un point de vue socio-économique, elle peut augmenter l'attrait touristique pour le plan d'eau (Trintignac & Kerleo, 2004).

A la suite de l'opération de remodelage des berges en pente douce en rive Est par terrassement, il est donc intéressant d'accompagner la relance de la dynamique de la végétation sur cette nouvelle zone de marnage. L'idée étant de restaurer la diversité en espèces pour obtenir une ceinture végétale selon le gradient d'humidité (haut de berge = espèces supportant de courtes périodes d'immersion ; bas de berge = espèces adaptées à l'immersion longue).

Le prestataire se base sur plusieurs retours d'expériences pour proposer d'implanter les espèces suivantes (Blanchard *et al.*, 2007 ; Navarro & Stroffek, 2015) : *Eleocharis palustris* (L.) (Scirpe des marais), *Phalaris arundinacea* (L.) (Baldingère faux-roseau), *Deschamsia cespitosa* (L.) (Canche cespiteuse), *Carex hirta* (L.) (Laiche hérissée), *Mentha pulegium* (L.) (Menthe pouliot), *Rorippa sylvestris* (L.) (Cresson des bois), *Lysimachia vulgaris* (L.) (Grande Lysimaque), *Lythrum salicaria* (L.) (Salicaire commune), *Cyperus eragrostis* (Lam.) (Souchet robuste) et *Scirpus maritimus* (L.) (Scirpe maritime)

Ces espèces possèdent des caractéristiques biologiques communes : une possibilité d'immersion de plus de sept mois grâce à un système racinaire résistant ; une capacité à résister au stress hydrique grâce à la possibilité d'exploiter les réserves en eau du sol via un réseau racinaire s'atrophiant sans mourir ; une tolérance par rapport au substrat ; une adaptabilité du cycle phénologique et de reproduction face au régime hydrique saisonnier ; un mode de reproduction/colonisation assez rapide.

NB : Ceci étant une simple « proposition », Bretagne Vivante peut remplacer les espèces mentionnées en fonction de ses propres connaissances de terrain et du milieu ciblé

E. Augmentation de la mosaïque d'habitats aquatiques

En addition des opérations précédemment mentionnées, il est possible d'augmenter la mosaïque d'habitats biologiques au sein du plan d'eau de manière à favoriser l'expression des populations piscicoles. Il existe plusieurs options :

- Ajout de gros bois morts semi-émergés et attenants aux berges constituant un avantage non négligeable pour la faune aquatique en générale, en tant que zone de refuge ou d'alimentation. Ces structures peuvent aussi servir d'abris ou encore de rampes d'accès à de nombreuses espèces semi aquatiques (Navarro & Stroffek, 2015) ;

- Mise en place de radeaux végétalisés composés d'hélophytes sur un support flottant, avec une natte de coco en base permettant l'implantation des végétaux sans problème de développement racinaire (Marchand *et al.*, 2017). Le radeau est relié au fond du plan d'eau par des élingues lestées dont la longueur tient compte des variations du niveau d'eau (Tomson *et al.*, 2010 ; Dumonceau & Gilles, 2012) ;
- Ajout de récifs artificiels immergés constitués de structures ligneuses (Yotte, 2016) ou de gros blocs de diamètre 500/600 mm (Yamamoto *et al.*, 2014).



Figure 45 : photographies d'exemples d'habitats aquatiques (radeau flottant à gauche et structure ligneuses à droite)

5.4 Autres actions ponctuelles d'accompagnements

La cartographie ci-après recense les petites actions ponctuelles d'accompagnements pouvant être appliquées de manière à renforcer l'efficacité des interventions lourdes précédemment expliquées.

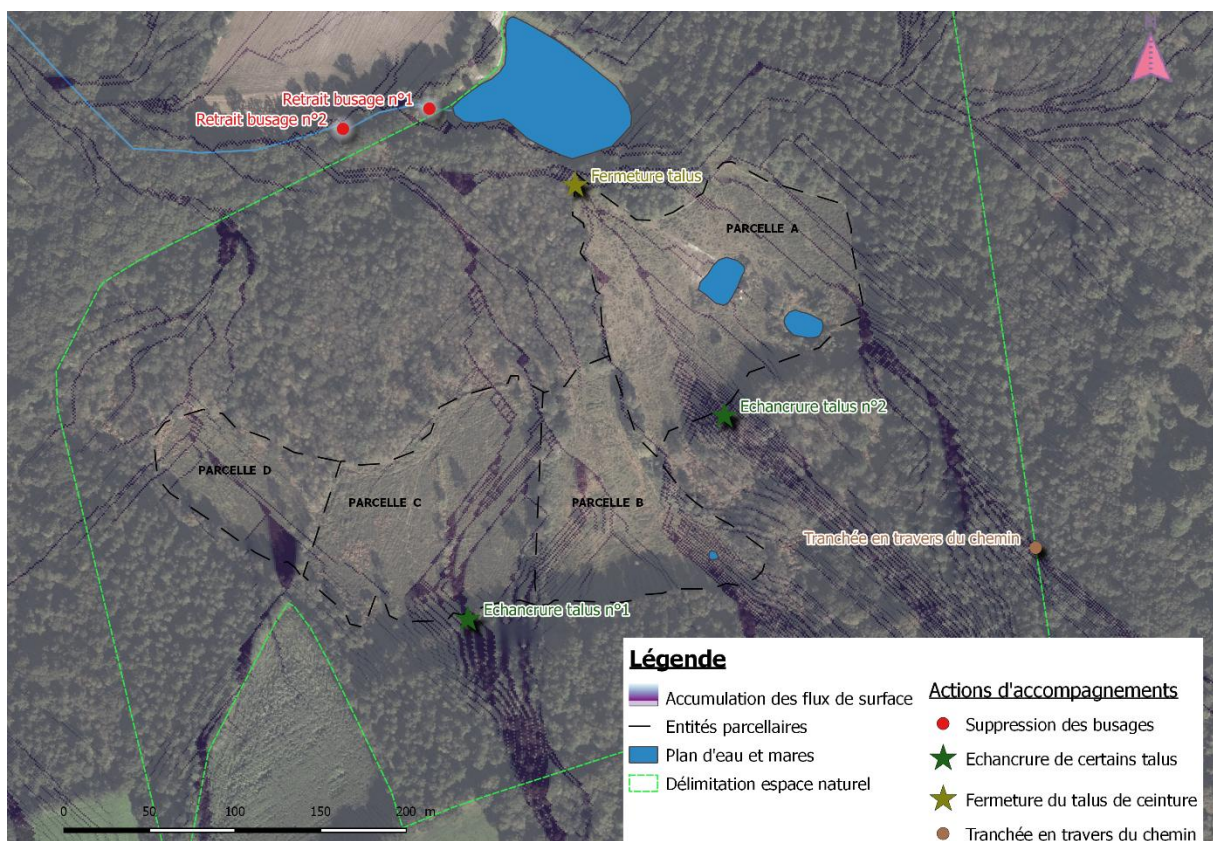


Figure 46 : Cartographie des actions ponctuelles d'accompagnements

5.4.1 Suppression des busages sur la source du cours d'eau

En aval de l'étang, sur le linéaire inventorié « cours d'eau » au titre de la Police de l'eau, il est recensé deux busages respectivement sur 5 (buse n°1) et 4 (buse n°2) mètres linéaires qui n'ont aucun usage avéré. Or, plus le cours d'eau est à ciel ouvert avec un substrat naturel, plus ses fonctionnalités hydromorphologiques s'exprimeront pleinement.

Il s'agit donc ici de retirer les deux buses en place. Cette action ne représente pas de gros enjeux, mais si une pelle se déplace sur site dans le cadre des autres travaux envisagés, autant profiter de sa présence pour retirer ces busages.

5.4.2 Echancrure des talus en amont immédiat des landes humides

La préservation des talus sur l'amont du site est très importante pour ralentir le ruissellement et favoriser l'infiltration de l'eau dans la nappe, qui alimente par la suite les habitats d'intérêts en eau souterraine. Néanmoins, au voisinage amont direct des landes humides, il peut être intéressant d'ouvrir les talus qui en l'état empêchent les écoulements de surface de rejoindre les parcelles de landes humides, notamment dans les points bas des axes de ruissellement préférentiels.

- **Echancrure n° 1 :** En amont de la parcelle C, il existe une zone avec beaucoup de suintements hivernaux et de flux d'écoulements marqués qui se retrouvent bloqués en amont de la parcelle C par un talus sans pouvoir rentrer dans la lande humide. Il est donc intéressant de créer une brèche dans le talus pour augmenter l'apport en eau de surface sur le haut de cette parcelle. La localisation de l'ouverture du talus est indiquée sur la figure n° 43. Il est préconisé de créer une brèche d'environ 2m de largeur en base et 4m de largeur en gueule. Les accotements seront talutés en pente 1/1 pour assurer leur stabilité.
- **Echancrure n°2 :** De la même manière, il est possible renforcer l'alimentation en eau de la parcelle A en réalisant une encoche dans le talus en bordure de lande humide afin que les écoulements superficiels se déversent vers la parcelle A par ruissellement de surface en suivant la gravité. La brèche présentera les mêmes caractéristiques que l'échancrure n°1 (cf. figure 47).

Les ouvertures de talus au droit des points GPS indiqués sont optimales pour les raisons suivantes :

- Situés dans les axes de flux de ruissellement de surface hivernaux ;
- Points les plus bas des talus au voisinage de ces flux afin de collecter le maximum d'écoulements ;
- Absence de ligneux d'intérêts sur les talus ;
- Ne remet pas en cause la pérennité des clôtures fraîchement installées.

Le déblai à l'issue de l'ouverture des talus est estimé à 15m³, foisonnement compris.

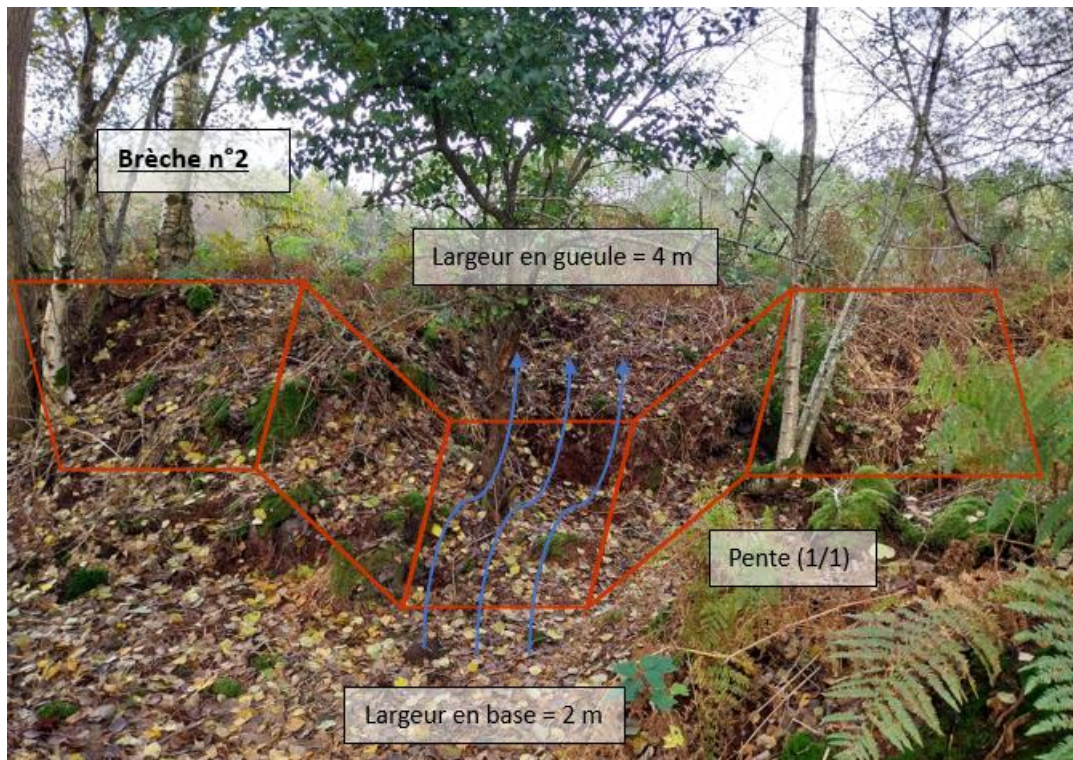


Figure 47 : Schéma de principe de l'échancrure dans le talus en amont de la parcelle A

5.4.3 Fermeture de la brèche du talus de ceinture en aval des landes humides

Ce petit talus de ceinture en aval de la lande humide (Nord-Ouest de la parcelle A), quant à lui, pourrait être en capacité de freiner les ruissellements et de favoriser la rétention au sein de la parcelle. Cependant, ce talus a été ouvert en son centre et abaissé au niveau altimétrique le plus bas. Cette percée favorise la sortie des flux de surface issus de l'habitat d'intérêt en direction du fossé F1.

Il serait donc judicieux de combler cet exutoire en réalisant un bouchon d'une cinquantaine de cm de hauteur en lieu et place de la brèche existante. La méthodologie d'intervention est similaire à celle expliquée dans les paragraphes 5.1.1 et 5.1.2 relatifs aux interventions sur les fossés.

Dans ce contexte paratourbeux, il est d'autant plus important de bien décaper la totalité de la matière organique présente en surface avant d'implanter le bouchon afin de garantir l'étanchéité de l'aménagement.

5.4.4 Créer une rigole en travers du chemin par décapage de surface

Cette action s'envisage en complémentarité du comblement de la section amont des fossés F16 et F17.

Dans l'objectif de renforcer l'alimentation en eau de surface vers les habitats humides, un léger décapage de surface de type « sillon » en travers du chemin est à envisager. En effet, cet aménagement est situé dans le prolongement d'une brèche déjà réalisée au sein d'un talus positionné dans un axe de ruissellement préférentiel. La zone présente une double pente dans les axes « Sud-Est / Nord-Ouest » et « Sud / Nord ». En l'état, la topographie légèrement surélevée du chemin peut réorienter les écoulements de surface vers l'axe « Sud/Nord » dont l'orientation est moins propice à l'alimentation en eau des habitats humides.

Pour se faire, une tranchée dans l'axe « Sud-Est / Nord-Ouest » perpendiculaire au chemin peut être creusée de la sorte à capter les écoulements issus de l'amont et à assurer leur direction vers l'axe de ruissellement « Sud-Est / Nord-Ouest » favorisant l'alimentation en eau des habitats humides. Il est aussi envisageable d'installer des rigoles « en dur » (acier ou autre) pour remplacer les tranchées.



Figure 48 : Schéma de principe du basculement des écoulements en travers du chemin

L'emplacement de cet aménagement est crucial afin de bien capter les écoulements issus de l'amont. A noter que les flux en provenance du secteur forestier peuvent charrier de la matière organique. Dès lors, un entretien régulier dans le temps peut être prévu pour ralentir son comblement et maintenir son efficacité. Cet entretien peut se faire manuellement à l'aide d'une bêche.

5.5 Conclusion

Ces actions contribuent à la préservation au long terme de la ressource en eau, tant en qualité que quantité, des écosystèmes humides et des habitats naturels connectés (landes, boulaies, mares, résurgences...) dont dépendent directement de nombreuses espèces.

Ces opérations basées sur des solutions fondées sur la nature permettront notamment d'améliorer les phénomènes d'alimentation et de rétention en eau de surface vers les habitats humides (par modification des ruissellements ou rétablissement des flux naturels). A noter qu'il est difficilement concevable d'agir directement sur la nappe en tant que tel, mais les actions envisagées ont pour objet de conserver l'alimentation en eau des habitats par interaction avec la nappe le plus longtemps possible et donc de pérenniser le caractère humide des habitats.

Par ailleurs, il ne faut pas sous-estimer l'importance de chaque « petite » action réalisée. Le cumul des bénéfices de chaque action aura vraiment des effets positifs sur l'alimentation en eau du site.

In fine, la mise en œuvre de ces actions a pour objectif commun d'atteindre ou de maintenir un bon état de conservation de ce patrimoine biologique. Néanmoins, l'avenir du caractère de « zone humide » de la réserve et de sa biodiversité inféodée est bien sûr lié au changement climatique en cours.

6. Démarches règlementaires

6.1 Conformité à la nomenclature eau – article R214-1

Le tableau n°12 ci-dessous recense les rubriques ciblées par les travaux envisagés et détermine la nature du dossier règlementaire à déposer à l'autorité administrative selon le régime applicable aux travaux. **Les actions envisagées (hormis sur le plan d'eau) contribuant à l'amélioration de la ressource en eau et au maintien des espèces ne sont soumises à aucune procédure administrative loi sur l'eau** car elles n'atteignent pas les seuils rendant applicables les rubriques de la nomenclature. **Néanmoins, les interventions sur le plan d'eau sont soumises à une procédure administrative conformément au Code de l'Environnement (article L214-1).**

TITRE III : IMPACTS SUR LE MILIEU AQUATIQUE OU SUR LA SÉCURITÉ PUBLIQUE	
3.1.3.0	Installations ou ouvrages ayant un impact sensible sur la luminosité nécessaire au maintien de la vie et de la circulation aquatique dans un cours d'eau sur une longueur : 1° Supérieure ou égale à 100m (A) 2° Supérieure ou égale à 10m mais inférieure à 100m (D)
3.2.3.0	Actions sur les plans d'eau, permanents ou non (y compris vidange) 1° Dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha (A) 2° Dont la superficie est supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 3 ha (D)
3.3.1.0	Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides ou de marais, la zone asséchée ou mise en eau étant : 1° Supérieure ou égale à 1 hectare (A) 2° Supérieure à 0,1 hectare mais inférieure à 1 hectare (D)
3.3.5.0	Travaux mentionnés ci-après ayant uniquement pour objet la restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques, y compris les ouvrages nécessaires à la réalisation de cet objectif (D) : 1° Arasement ou dérasement d'ouvrages relevant de la présente nomenclature, notamment de son titre III, lorsque : a) Ils sont implantés dans le lit mineur des cours d'eau, sauf s'il s'agit de barrages classés en application de l'article R. 214-112 ; b) Il s'agit d'ouvrages latéraux aux cours d'eau, sauf s'ils sont intégrés à un système d'endiguement, au sens de l'article R. 562-13, destiné à la protection d'une zone exposée au risque d'inondation et de submersion marine ; c) Il s'agit d'ouvrages ayant un impact sur l'écoulement de l'eau ou les milieux aquatiques autres que ceux mentionnés aux a et b, sauf s'ils sont intégrés à des aménagements hydrauliques, au sens de l'article R. 562-18, ayant pour vocation la diminution de l'exposition aux risques d'inondation et de submersion marine ; 2° Autres travaux : a) Déplacement du lit mineur pour améliorer la fonctionnalité du cours d'eau ou rétablissement de celui-ci dans son talweg ; b) Restauration de zones humides ou de marais ; c) Mise en dérivation ou suppression d'étangs ; d) Re-végétalisation des berges ou reprofilage améliorant leurs fonctionnalités naturelles ; e) Reméandrage ou restauration d'une géométrie plus fonctionnelle du lit du cours d'eau ; f) Reconstitution du matelas alluvial du lit mineur du cours d'eau ; g) Remise à ciel ouvert de cours d'eau artificiellement couverts ; h) Restauration de zones naturelles d'expansion des crues. La présente rubrique s'applique sans préjudice des obligations relatives à la remise en état du site et, s'il s'agit d'ouvrages de prévention des inondations et des submersions marines, à leur neutralisation, qui sont prévues par les articles L. 181-23, L. 214-3-1 et L. 562-8-1, ainsi que des prescriptions susceptibles d'être édictées pour leur application par l'autorité compétente. Ne sont pas soumis à cette rubrique les travaux mentionnés ci-dessus n'atteignant pas les seuils rendant applicables les autres rubriques de la nomenclature.

Tableau n°12 : Nomenclature « Loi sur l'Eau » ciblée par les actions envisagées

Conformément aux rubriques 3.2.3.0 et 3.3.5.0 de la nomenclature Eau, **un dossier de déclaration de vidange et d'aménagement du plan d'eau sera préalablement nécessaire aux opérations, et ce peu importe le scénario envisagé.** Il conviendra alors de se conformer aux modalités de vidange énumérées par l'arrêté du 09 juin 2021 de prescriptions générales sur les plans d'eau (détaillés dans ce rapport).

Cette dernière rubrique 3.3.5.0 est en vigueur depuis le décret du 30 septembre 2023 et directement applicable. Elle permet d'exonérer de procédure d'autorisation « Loi et sur l'Eau » en assurant le régime « déclaratif » aux travaux de restauration ayant pour objet la restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques. Les travaux pouvant engendrer un danger pour la sécurité publique ou accroître notablement le risque d'inondation sont exclus de cette rubrique.

La liste des pièces composant le dossier réglementaire de déclaration « loi sur l'eau » est détaillée à l'article R214-32 du Code de l'Environnement et accessible au lien suivant : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000046017018

La nature des aménagements et les éléments techniques présentés sont en adéquation avec la politique ambitieuse de restauration des milieux aquatiques de Dinan Agglomération et en cohérence avec les documents d'orientations existants. Le prestataire conseille donc vivement au maître d'ouvrage de se rapprocher de Dinan Agglomération avant d'engager toute demande réglementaire.

6.2 Espèces protégées et intervention en zone humide

Le site des Grandes Landes possède un certain nombre d'enjeux floristiques et faunistiques à prendre en considération lors des travaux. Les éléments ci-dessous devront être respectés :

- Afin de concilier les intérêts mentionnés aux articles L181-3 et -4 du Code de l'Environnement, la période de réalisation des travaux se fera dans le respect des cycles biologiques des espèces animales et végétales présentes sur site ;
- Ne pas réaliser d'intervention sur les ripisylves et les milieux avec arbres et arbustes entre le mois de mars et d'août inclus. Les travaux préparatoires veilleront à limiter la coupe/l'abattage d'un minimum de sujets ligneux ;
- Les zones présentant de forts enjeux environnementaux seront délimitées sur le terrain préalablement aux opérations par la mise en place d'un balisage les préservant contre toute circulation d'engin, dépôt de matériels/matériaux ;
- Le compactage et la déstructuration du sol par le passage répété d'engins sera évité en définissant une unique voie de circulation et en travaillant à l'aide d'un engin léger adapté ayant une faible pression au sol (pelles sur chenilles, pneus basse-pression ...) ;
- Dans le cas de la suppression du plan d'eau, des mesures visant la conservation et la capacité de maintien des amphibiens sur le site post-restauration ont été anticipées. Ainsi, la perte d'un habitat type « plan d'eau » fera l'objet d'un accompagnement avec l'implantation de plusieurs mares afin de multiplier les dispositifs d'accueil des amphibiens en période de reproduction.

Les travaux visant à améliorer l'alimentation en eau des habitats d'intérêts et à restaurer d'anciens habitats humides devraient avoir un effet positif sur les communautés inféodées aux milieux ciblés par la renaturation. Les conditions post-travaux seront plus favorables à l'expression de ces communautés.

Au vu de la nature des actions envisagées et de leur faible risque d'impact, un dossier de dérogation relative aux espèces protégées ne semble pas nécessaire. Ce point sera cependant à confirmer avec l'administration. Sur la base des connaissances du site de Bretagne Vivante, une étude complémentaire prenant la forme d'un dossier d'incidences sur les espèces protégées pourrait être demandé par la DDTM22. L'objectif étant de prouver l'absence d'impact significatif des travaux sur les espèces/habitats protégés du site et éventuellement décrire les précautions particulières prises en phase chantier.

7. Estimation financière

Le chiffrage des travaux comprend une estimation du coût prévisionnel de chaque action préconisée. Cette estimation financière est effectuée en partenariat avec l'entreprise « Nature et Paysage », spécialisée dans la restauration des milieux aquatiques et étant déjà intervenue sur site pour la mise en place des clôtures. Le prestataire a organisé une visite sur site avec le responsable technique de l'entreprise, de manière à fournir un chiffrage cohérent avec la réalité du terrain (Hugues MARIZY _ 06 08 46 17 94 _ Hugues.marizy@orange.fr).

DESIGNATION DES TRAVAUX _ BPU / DQE	Unité	Prix unitaire € HT	Quantité	Prix total € HT
1- Travaux préparatoires				
Zone de chantier : installation et repli de chantier, y compris remise en état <i>Comprend la reconnaissance du chantier et la préparation des accès le cas échéant. Comprend également l'amenée et le repli des engins, équipements et matériels. Le nettoyage du site ainsi que toutes sujétions liées à la remise en état sont également inclus.</i>	Forfait	250	1	250
Gestion de la ripisylve <i>Rémunère les actions douces liées à la gestion de la ripisylve pour les accès (élagage raisonnée, débroussaillage ...).</i>	Forfait	1800	1	1800
Sous total – Travaux préparatoires				2050
2- Actions sur fossés				
Comblement total des fossés <i>Rémunère le remblai total des fossés à l'aide d'une pelle mécanique adapté conformément aux préconisations techniques. 5 fossés pour 753 ml pour 266 m³</i>	m³	24,5	266	6517
Comblement partiel des fossés par la technique des bouchons <i>Rémunère la mise en place de bouchons sur les fossés conformément aux préconisations techniques avec des matériaux prélevé sur site. 6 fossés pour 72 bouchons</i>	m³	42	72	3024
Fourniture et transport d'argile sur site <i>Ce prix rémunère la fourniture et le transport de terre argileuse aux propriétés imperméables (glaise, argile bleue) pour le comblement en plein des fossés (seulement en cas d'absence de solutions sur site de travaux) et réaliser des bouchons étanches.</i>	m³	40	126	5040
Création d'un nouveau fossé <i>Rémunère le terrassement d'un nouveau fossé à l'aide d'une pelle mécanique adapté conformément aux préconisations techniques. 1 fossé de 150 ml de gabarit 0,2m*0,4m pour 20m³</i>	m³	80	20	1600
Extraction et remplacement d'un busage <i>Rémunère le retrait d'une buse et son remplacement sur site, conformément aux préconisations techniques, en incluant le terrassement et la remise en état du chemin</i>	Forfait	650	1	650
Mise en place d'une buse PVC CR-8 diamètre 300mm <i>Ce prix inclut la fourniture et la pose de 6m de buse de diamètre 300mm à l'aide du matériel adapté</i>	Forfait	450	-	-
Sous total – actions sur fossés				16831
3- Actions de terrassement				
Déblais/remblais de matériaux naturels par terrassement <i>Rémunère les travaux de déblais et de retalutage du terrain à l'aide d'une mini pelle mécanique. Comprend les 9 interventions d'étrépage et le décaissement entre les deux parcelles A et B.</i>	m³	44	70	3080
Création de mares <i>Ce prix rémunère la création d'une mare en suivant les modalités de terrassement exposées par le maître d'ouvrage.</i>	Forfait	850	2	1700
Journée de mini-pelle à chenilles avec chauffeur (2,5T) <i>Ce prix rémunère la mise à disposition d'une pelle 2,5 tonnes avec chauffeur sur une journée</i>	Journée	850	-	-
Sous total – actions de terrassement				4780

4- Actions ponctuelles d'accompagnements				
Suppression et export des anciens busage <i>Ce prix rémunère l'extraction des buses béton présente et inclus leur export hors site</i>	Forfait	450	2	900
Journée de pelle à chenilles avec chauffeur (8T) <i>Ce prix inclut la mise à disposition à la journée d'une pelleteuse 8T avec chauffeur pour les petits travaux ponctuels. Toutes sujétions incluses. Comprend les ouvertures et fermeture de talus.</i>	Journée	850	0,5	425
Sous total – actions ponctuelles d'accompagnements				1325
5- Actions de suppression du plan d'eau : scénario 1				
Vidange par pompage <i>Ce prix rémunère l'installation et la surveillance d'une pompe de vidange avec un débit de 30 L/s.</i>	Heure	15	48	720
Mise en place d'un système de filtres à particules <i>Rémunère l'installation d'un système de filtres afin de limiter le départ des matières en suspension</i>	Forfait	750	1	750
Pêche de sauvetage <i>Rémunère l'intervention, le déplacement des espèces et l'installation du dispositif anti-dévalaison</i>	Forfait	2500	1	2500
Abatage des conifères et réalisation de copeaux (ou autre traitement sur place)	Unité	100	50	5000
Déblais/remblais sur site <i>Ce prix rémunère les travaux de déblais/remblais sur site réalisés conformément aux préconisations techniques. Ce prix inclut la mise à disposition à la journée d'une pelleteuse avec chauffeur.</i>	m³	6,5	3500	22750
Action d'accompagnements : Création de mares et gîtes terrestres <i>Ce prix rémunère la création de 2 mars et 2 gîtes terrestres en suivant les modalités exposées par le maître d'ouvrage</i>	Forfait	2800	1	2800
Sous total – actions de suppression du plan d'eau : scénario 1				34520
5- Actions de réaménagement du plan d'eau : scénario 2				
Abaissement par pompage <i>Ce prix rémunère l'installation et la surveillance d'une pompe de vidange avec un débit de 30 L/s.</i>	Heure	15	28	420
Mise en place d'un système de filtres à particules <i>Rémunère l'installation d'un système de filtres afin de limiter le départ des matières en suspension</i>	Forfait	750	1	750
Fourniture et transport d'argile sur site <i>Ce prix rémunère la fourniture et le transport de terre argileuse pour réaliser le remblaiement du plan d'eau (seulement en cas d'absence de solutions sur site de travaux).</i>	m³	25	500	12500
Remblais de matériaux naturels en queue d'étang par terrassement <i>Rémunère les travaux de remblaiement de la queue d'étang à l'aide d'une pelle mécanique</i>	m³	8,5	500	4250
Plantation d'hélophyte <i>Ce prix rémunère la fourniture d'essences adaptés et leur plantation</i>	Forfait	2900	1	2900
Action d'accompagnements : création d'habitats aquatiques <i>Ce prix rémunère l'ajout de gros bois morts semi immergé et d'une vingtaine de blocs 500/600 mm</i>	Forfait	2800	1	2800
Action d'accompagnements : radeaux végétalisés <i>-Ce prix inclut la mise en place de radeaux végétalisés composés d'hélophytes sur un support flottant, avec une natte de coco en base, y compris les élingues lestées pour le maintien du radeau</i>	Forfait	1200	3	3600
Sous total - actions de réaménagement du plan d'eau : scénario 2				27220

Références bibliographiques

- ALEXANDER R.B., BOYER E.W., SMITH R.A., SCHWARZ G.E. & MOORE R.B., 2007, The role of headwater streams in downstream water quality, *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, 43(1), 41-59.
- AMOROS, C., & BORNETTE, G. (2002). Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *Freshwater biology*, 47(4), 761-776.
- BARNAUD, G., FUSTEC, E. (2007). *Conserver les milieux humides: pourquoi? comment?* Dijon; Versailles: Educagri éditions ; ÉditionsQuae.
- BENSETTITI F., GAUDILLAT V. & HAURY J. (2002) « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides. MATE/MAP/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 457 p. + cd-rom
- BERNARD-JANNIN, L., SUN, X., TEISSIER, S., SAUVAGE, S., SANCHEZ-PEREZ, J-M. (2017). « Spatio-Temporal Analysis of Factors Controlling Nitrate Dynamics and Potential Denitrification Hot Spots and Hot Moments in Groundwater of an Alluvial Floodplain ». *Ecological Engineering* 103 (juin): 372-84.
- BLANCHARD, F., CAZE, G., CORRIOL, G., LAVAUPOT, N. (2007). Zones humides du bassin Adour-Garonne. Manuel d'identification de la végétation humide. Agence de l'Eau. 128p.
- BOURNERIAS, M., SAJALOLI, B., SIMON, L., GREGOIRE, F., ARNOULD, P., & WICHEREK, S. (1997). 25 ans d'études mésologiques dans une vallée tourbeuse : l'exemple des marais de Cessières-Montbavin (Aisne, France): de la connaissance à la gestion. *Écologie*, 28(1), 61.
- BOURNERIAS, M. « TOURBIÈRES », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 11 juillet 2023.
- BOUTET-BERRY, L. (2000). La problématique du plan d'eau. *CSP Délégation régionale Centre-Pays de la Loire, Poitou-Charentes (Ed.)*, Poitiers (France).
- BOUZILLE, J. (2014). *Écologie des zones humides: concepts, méthodes, démarches*. Paris: Tec & doc-Lavoisier.
- BRUSLE, J., QUIGNARD, J. P., & ARRIGNON, J. (2013). *Biologie des poissons d'eau douce européens*. Tec & doc.
- BULLOCK, A., ACREMAN, M. (2003). « The Role of Wetlands in the Hydrological Cycle ». *Hydrology and Earth System Sciences* 7 (3): 358-89. <https://doi.org/10.5194/hess-7-358-2003>.
- CHAPMAN, S., BUTTLER, A., FRANCEZ, A. J., LAGGOUN-DEFARGE, F., VASANDER, H., SCHLOTER, M., & MITCHELL, E. (2003). Exploitation of northern peatlands and biodiversity maintenance: a conflict between economy and ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(10), 525-532.
- CASTALDELLI, G., ASCHONITIS, V., VINCENZI, F., FANO, E., SOANA, E. (2018). « The Effect of Water Velocity on Nitrate Removal in Vegetated Waterways ». *Journal of Environmental Management* 215 (juin): 230-38.
- CHEN, Q., NIU, B., HU, Y., LUO, T., ZHANG, G. (2020). Warming and increased precipitation indirectly affect the composition and turnover of labile-fraction soil organic matter by directly affecting vegetation and microorganisms. *Science of The Total Environment*, 714, 136787.
- CHEYLAN, M., & OLIVIER, A. (2004). Les amphibiens.
- COUVERT, P. LEFORT, J.-L. PEIRY, P. BELLEUDY (1999). La gestion des rivières, transports solides et atterrissements - Les études de l'Agence de l'eau n°65, ISSN 11610425, 97p.
- CURIE, F. (2006). « Rétention de nitrates dans les zones humides riveraines : Rôle des facteurs hydrologiques, géomorphologiques et biogéochimiques. Approche multi échelle dans le bassin de la Seine. » Thèse de doctorat, Paris : Paris VI - Pierre et Marie Curie.
- CURIE, F., DUCHARNE, A., BENDJOUDI, H., GAILLARD, S., & SEBILLO, M. (2003). Classification et typologie fonctionnelle des zones humides riveraines à l'échelle du bassin de la Seine: élimination et rétention des nitrates. In *Colloque PIREN-Seine*.
- DAUSSE A., AUGIER A., MAGUEUR A., GROUHAN L., BURGUIN E. & JUNGAS E. (2020). Les zones humides de Bretagne, Etat des lieux des altérations, Enjeux de la restauration. Rapport du FMA. 108 pages
- DAVIDSON, E. A., JANSSENS, I. A. (2006). Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature*, 440(7081), 165-173.
- DECOTTE JB., (2024). Notice de création d'une mare, préserver la biodiversité des milieux humides. LPO AuRA. 60p.

DUGUET, R., MELKI, F., & ACEMAV ASSOCIATION. (2003). *Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg*. Biotope.

DUMONCEAU, F., GILLES, J., (2012). Projet d'optimisation de l'efficience des frayères artificielles flottantes et mise en place d'actions complémentaires visant à assurer le recrutement des poissons phytophiles dans les lacs de l'Eau d'Heure - Rapport final. Wallonie ; Maison wallonne de la pêche, p. 140.

DURFORT, J. (2007). Les tourbières de Bretagne – Les Cahiers naturalistes de Bretagne, réalisé par la Région Bretagne, chapitre 2 : Origines, classifications, inventaires et répartition, *page 19*.

EUNIS (2018) ; Guide de détermination des habitats terrestres et marins de la typologie EUNIS - Version 1.0 - Novembre 2018

FRANKLIN, P.A. (2014). Dissolved oxygen criteria for freshwater fish in New Zealand: a revised approach. *N. Z. J. Mar. Freshw. Res.* 48, 112–126.

GAYET, G., BAPTIST, F., BARAILLE, L., CAESSTEKER, P., CLEMENT, J.-C., GAILLARD J., GAUCHERAND, S., ISSELIN-NONDEDEU, F., POINSOT C., QUETIER, F., TOUROULT, J., BARNAUD, G. (2016). Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. ONEMA. 186p.

GIGLEUX, M. (1992). Le développement phytoplanctonique dans la Moselle en aval de Metz et dans la Seille: mesure de la production primaire (Doctoral dissertation, Université Paul Verlaine-Metz).

GOECKI, K., RASTOGI, A., STROZECKI, M., GABKA, M., LAMENTOWICZ, M., ŁUCOW, D., JUSZCZAK, R. (2021). Water table depth, experimental warming, and reduced precipitation impact on litter decomposition in a temperate Sphagnum-peatland. *Science of the Total Environment*, 771, 145452.

GRIMM, N.B., FAETH, S.H., GOLUBIEWSKI, N.E., REDMAN, C.L., WU, J.G., BAI, X.M., BRIGGS, J.M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science* 319, 756–760.

GROSPRETRE, L., SCHMITT, L. (2008) « Etude hydro-géomorphologique de l'Yzeron et définition d'indicateurs de suivi. Partie 1 : Diagnostic hydro-géomorphologique des affluents et sous-affluents de l'Yzeron et des branches principales du réseau hydrographique et mesures de réhabilitation. », SAGYRC, Grand Lyon, 130 p.

HE, Y., WIDNEY, S., RUAN, M., HERBERT, E., LI, X., CRAFT, C. (2016). « Accumulation of Soil Carbon Drives Denitrification Potential and Lab-Incubated Gas Production along a Chronosequence of Salt Marsh Development ». *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 172 (avril): 72-80.

HEFTING, F., MARIET M., BIENKOWSKI, P., DOWRICK, D., GUENAT, C., BUTTURINI, A., TOPA, S., PINAY, G., VERHOEVEN, J-T-A. (2005). « The Role of Vegetation and Litter in the Nitrogen Dynamics of Riparian Buffer Zones in Europe ». *Ecological Engineering* 24 (5): 465-82.

HINSHAW, E., TATARIW, C., FLOURNOY, N., KLEINHUIZEN, A., TAYLOR, C., SOBECKY, P., MORTAZAVI, B. (2017). « Vegetation Loss Decreases Salt Marsh Denitrification Capacity: Implications for Marsh Erosion ». *Environmental Science & Technology* 51 (15): 8245-53.

JANISCH J.E., FOSTER A.D., EHINGER W.J. (2011) Characteristics of small headwater wetlands in second-growth forests of Washington, USA, *Forest Ecology and Management*, 261, 1265-1274.

JEANNEAU & LE BIHAN, (2018). Retour d'expériences sur les opérations de suppressions de plans d'eau à l'échelle du territoire Bretagne, Pays de la Loire. Rapport de l'Agence Française pour la Biodiversité, Direction Interrégionale Bretagne, Pays de la Loire

JEUDY, C., KRITHARI, L., MEISTERMANN, S., PERICAT, A., (2012). Synthèse des retours d'expériences des projets de restauration mis en oeuvre sur les plans d'eau des bassins Rhône Méditerranée et Corse - Rapport final (phase 3) Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse - AERMC ; Sciences et Techniques de l'Environnement - S.T.E., p. 152.

KOENIG, I., CHRISTINAT, K., D'INVERNO, M., MITCHELL, E. A. (2018). Impact of two hot and dry summers on the community structure and functional diversity of testate amoebae in an artificial bog, illustrating their use as bioindicators of peatland health. *Mires and Peat*, 21, 1-24.

KONDOLF, G. M. (1997). PROFILE: hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental management*, 21(4), 533-551.

KREUTZWEIZER D.P., CAPELL S.S., HOLMES S.B. (2009) Stream temperature responses to partial-harvest logging in riparian buffers of boreal mixedwood forest watersheds, *Can. J. For. Res.*, 39, 497-506.

LE BIHAN, M. (2012) Réunion d'information sur les têtes de bassin versant : connaissance, méthodes, outils et perspectives, Support de présentation, 185 pages.

LOWE, W. H., LIKENS, G. E. (2005). Moving headwater streams to the head of the class. *AIBS Bulletin*, 55(3), 196-197.

LURGI, M., LOPEZ, B. C., MONTOYA, J. M. (2012). Novel communities from climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1605), 2913-2922.

MALAVOI, J. R., ADAMS P. (2007). Les interventions humaines et leurs impacts hydromorphologiques sur les cours d'eau. *Ingénieries*, 50 : 35-48.

MARCHAND, C., J. DUBLON, SAMUEL WESTRELIN, J. M. BAUDOIN, J. C. RAYMOND (2017). Techniques de restauration hydromorphologique des plans d'eau et méthodes de suivi. Synthèse bibliographique et Création d'un réseau de sites pilotes. Rapport intermédiaire. [Rapport de recherche] irstea. pp.72.

MAZAGOL, P. O., MARTIN, R., PORTERET, J., THYRIOT, C., & ETLICHER, B. (2008). Pré-détermination de zones humides sur le bassin Loire-Bretagne. In *SIG 2008: Conférence francophone ESRI*.

MCCARTNEY, M. P., NEAL, C., NEAL, M. (1998). Use of deuterium to understand runoff generation in a headwater catchment containing a dambo. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2(1), 65-76.

MILLER, S. W. WOOSTER, D., LI, J. (2007). Resistance and resilience of macroinvertebrates to irrigation water withdrawals. *Freshw. Biol.* 52, 2494–2510.

MITSCH, W. J., & GOSSELINK, J. G. (2000). The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecological economics*, 35(1), 25-33.

MONTUELLE, B., CLEMENS, A., (2015). Le tour des grands lacs alpins naturels en 80 questions. In: *l'Eau, Observatoire des lacs alpins - OLA, ZABR - Zone Atelier Bassin du Rhône*, p. 201.

MORAND, A. (2018). *Les amphibiens à la loupe: 60 clés pour comprendre*. Quae.

MORIN, F., BIZET, V. (2020). Entretien des fossés et des bas côtés routiers, Guide technique départemental. Conseil Départemental des Côtes-d'Armor. 48 pages.

NAVARRO, L., STROFFEK, S., (2015). Restaurer le bon état des plans d'eau - Bilan de l'efficacité des actions engagées et recommandations. SDAGE Rhône Méditerranée, p. 33

ORAISON, F., SOUCHON, Y., & VAN LOOY, K. (2011). Restaurer l'hydromorphologie des cours d'eau et mieux maîtriser les nutriments : une voie commune ? *Pô Hydroécologie Cours Eau Onema-Irstea Lyon MAEPLHQ* 42p.

PEREZ-BILBAO, A., BENETTI, C. J., & GARRIDO, J. (2015). Biodiversity and conservation of temporary ponds—Assessment of the conservation status of “Veiga de Ponteliñares”, NW Spain (Natura 2000 Network), using freshwater invertebrates. *Biodiversity in ecosystems—linking structure and function. InTech, Rijeka*, 241-270.

PERSONNIC, S., DUHAMEL, S., BETTAREL, Y., SIME-NGANDO, T., & JACQUET, S. (2006). Les virus planctoniques: un compartiment biologique clé des milieux aquatiques. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 53(53), 19-34.

PINAY, G., CLEMENT, J.-C., NAIMAN, R.-J. (2002). « Basic Principles and Ecological Consequences of Changing Water Regimes on Nitrogen Cycling in Fluvial Systems ». *Environmental Management* 30 (4): 481-91.

RAPIN A., FONTANEL F., CHAMBAUD F., (2021). Fonctions hydrologiques, biogéochimiques et biologiques des zones humides. Eléments de connaissance. Collection « eau & connaissances ». Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 198 pages + annexes

RECZUGA, M. K., LAMENTOWICZ, M., MULOT, M., MITCHELL, E. A., BUTTLER, A., CHOJNICKI, B., & JASSEY, V. E. (2018). Predator–prey mass ratio drives microbial activity under dry conditions in Sphagnum peatlands. *Ecology and Evolution*, 8(11), 5752-5764.

SAUVADET, M., CHAUVAT, M., CLUZEAU, D., MARON, P. A., VILLENAVE, C., & BERTRAND, I. (2016). The dynamics of soil micro-food web structure and functions vary according to litter quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 95, 262-274.

SIAEBVELG, (2007). Etude préalable à l'entretien du réseau hydrographique des Lacs Médocains - phase 2. SIAEBVELG, p. 42.

SMITH, D. R., NOBLE, C. V., BERKOWITZ J. F. (2013). « Hydrogeomorphic (HGM) Approach to Assessing Wetland Functions: Guidelines for Developing Guidebooks (Version 2) ». Wetlands Regulatory Assistance Program. Environmental Laboratory U.S. Army Engineer Research and Development Center.

- STRAYER, D.L., DUDGEON, D. (2010).** Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *J. North Am. Benthol. Soc.* 29:344–358. <http://dx.doi.org/10.1899/08-171.1>.
- TOCKNER, K., & STANFORD, J. A. (2002).** Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental conservation*, 29(3), 308-330.
- TOMSON, T., CALONNIER, E., DUMONCEAU, F., (2010).** Projet d'optimisation de l'efficience des frayères artificielles flottantes et mise en place d'actions complémentaires visant à assurer le recrutement des poissons phytophiles dans les lacs de l'Eau d'Heure. Service public de Wallonie ; Maison wallonne de la pêche p. 156.
- TOUCHART, L., & BARTOUT, P. (2011).** La gestion du risque thermique en étang: le cas de la dérivation. *Risques catastrophes*, 9, 149-161
- TRINTIGNAC P. & KERLEO V. (2004)** Impacts des étangs à gestion piscicole sur l'environnement. Nantes, Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche en Pays de Loire, 69 p
- VERNOUX, J. F., LIONS, J., PETELET-GIRAUD, E., SEGUIN, J. J., STOLLSTEINER, P., LALOT, E. (2010).** Contribution à la caractérisation des relations entre eau souterraine, eau de surface et écosystèmes terrestres associés en lien avec la DCE. *Rapport nBRGM/RP-57044-FR, BRGM, ONEMA*.
- WARD, J. V., TOCKNER, K., & SCHIEMER, F. (1999).** Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity1. *Regulated rivers: research & management*, 15(1-3), 125-139.
- WILSON, E. O., MACARTHUR, R. H. (2016).** *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.
- XIE, S., LIU, H., GU, Y., GE, J., YU, Z., XU, X., ZHANG, Z. (2022).** The response of the Dajihu Peatland ecosystem to hydrological variations: Implications for carbon sequestration and peatlands conservation. *Journal of Hydrology*, 612, 128307.
- YAMAMOTO, K.C., FREITAS, C.E.D.C., ZUANON, J., HURD, L.E. (2014).** Fish diversity and species composition in small-scale artificial reefs in Amazonian floodplain lakes: Refugia for rare species. *Ecological Engineering* 65-170.
- YOTTE, A., (2016).** Note de présentation du projet de diversification des habitats - Retenue de Filheit (09). Fédération départementale Pêche 09, p. 12.
- ZHOU, N., SHAN Z., XINPING S. (2014).** « Nitrogen Cycle in the Hyporheic Zone of Natural Wetlands ». *Chinese Science Bulletin* 59 (24): 2945-56

Liste des figures

Figure 1 : Masse d'eau concernée par l'aire d'étude.....	1
Figure 2 : Contexte topographique local.....	3
Figure 3 : Zonage au sein du site d'étude	4
Figure 4 : Localisation des principales zones de résurgences au sein de la lande humide _ 05/02	10
Figure 5 : Localisation des principales zones de résurgences au sein de la lande humide _ mars	11
Figure 6 : Localisation des principales zones de résurgences au sein de la lande humide _ 28/04	11
Figure 7 : Localisation des principales zones de résurgences au sein de la lande humide _ 12/05	12
Figure 8 : Localisation des principales zones de résurgences au sein de la lande humide _ 26/05	12
Figure 9 : Localisation des principales zones de résurgences au sein de la lande humide _ 01/07	13
Figure 10 : Localisation des transect piézométriques	15
Figure 11 : Profils altimétriques du toit de nappe selon les parcelles étudiées.....	16
Figure 12 : Schéma pédagogique résumant les fluctuations de nappe sur site.....	18
Figure 13 : Coupes en travers au droit de la zone de sphaigne.....	19
Figure 14 : Représentation cartographique des tirants d'eau du plan d'eau.....	20
Figure 15 : Représentation cartographique des hauteurs de sédiments fins du plan d'eau	21

Figure 16 : Représentation cartographique des tirants d'eau au sein des deux mares	23
Figure 17 : Flux de surface et aire d'alimentation en eau du site	26
Figure 18 : Prise de mesure sur les gabarits de fossé.....	28
Figure 19 : Cartographie des fossés identifiés sur le site.....	29
Figure 20 : Carte schématique d'aide à la lecture des fossés.....	31
Figure 21 : Cartographie des fossés en fonction de leur niveau d'impact sur la ressource en eau.....	35
Figure 22 : Cartographie des fossés en fonction de leur niveau d'impact sur la ressource en eau (en complément de la figure n°21, le fond de carte intègre les flux de surface déterminés à partir du LIDAR)	36
Figure 23 : Méthodologie de calcul de l'accumulation de flux de surface par cellule.....	37
Figure 24 : Cartographie des chemins préférentiels d'écoulements au sein des landes humides	40
Figure 25 : Cartographie des chemins préférentiels d'écoulements recoupés avec les points de résurgences identifiés au sein des landes humides.....	41
Figure 26 : Synthèse cartographique des travaux proposés.....	44
Figure 27 : Cartographie des actions sur les fossés.....	46
Figure 28 : Schéma des étapes de comblement en plein d'un fossé	48
Figure 29 : Profil en long théorique de l'implantation des bouchons anti drainant sur un fossé.....	49
Figure 30 : Schéma des étapes de réalisation d'un bouchon étanche.....	50
Figure 31 : Profil en long projeté du fossé « F-new » avec photographies associées.....	51
Figure 32 : Méthodes alternatives au curage traditionnel (fiche technique SAGE Golf du Morbihan et Ria d'Étel)	52
Figure 33 : Cartographie des actions de terrassement	53
Figure 34 : Cartographie des 9 zones de rétention en eau à terrasser	54
Figure 35 : Cartographie des niveaux topographiques à l'interface entre les landes A et B.....	55
Figure 36 : Vues en plan (au-dessus) et en coupe (en dessous) des travaux de décaissement à réaliser	56
Figure 37 : Vue en plan du profil type d'une mare (tiré de ICEO/Biosferenn, adapté par PECHARD).....	58
Figure 38 : Vue en coupe du profil type d'une mare (tiré de ICEO/Biosferenn, adapté par PECHARD).....	58
Figure 39 : Stade d'évolution d'une mare (source : PRAM Normandie).....	59
Figure 40 : Végétation caractéristique et mesures d'entretien à mettre en place pour conserver l'équilibre d'une mare (source : PRAM Normandie).....	60
Figure 41 : Photographie d'un dispositif filtrant à paille (gauche) ou à gabion (droite) en aval d'un chantier	62
Figure 42 : Vues en plans (au-dessus) et en coupe (en dessous) des travaux de suppression du plan d'eau : scénario 1	64
Figure 43 : Schéma de principe et exemple de réalisation de différents hibernaculum	65
Figure 44 : Vues en plans (au-dessus) et en coupe (en dessous) des travaux de réaménagement du plan d'eau : scénario 2	67
Figure 45 : Photographies d'exemples d'habitats aquatiques	69
Figure 46 : Cartographie des actions ponctuelles d'accompagnements	69
Figure 47 : Schéma de principe de l'échancrure dans le talus en amont de la parcelle A	71
Figure 48 : Schéma de principe du basculement des écoulements en travers du chemin	72

Liste des tableaux

Tableau n°1 : Indicateurs établis lors du dernier état des lieux de la masse d'eau en 2019	1
Tableau n°2 : Pressions identifiées par l'AELB sur la masse d'eau ciblée	2
Tableau n°3 : Date de relevés de terrain en fonction des régimes hydrologiques	9
Tableau n°4 : Synthèse des relevés bathymétriques en date du 24/03/2025	20
Tableau n°5 : Synthèse des incidences du plan d'eau sur les milieux aquatiques selon la bibliographie existante	24
Tableau n°6 : Synthèse des caractéristiques des fossés présents sur le site.....	30-31
Tableau n°7 : Niveau d'impacts des fossés sur la ressource en eau	34
Tableau n°8 : Actions proposées pour lever les dysfonctionnements observés	43
Tableau n°9 : Extrait de l'arborescence des enjeux/actions envisagées dans le PDG 2024-2033 des Grandes Landes.....	45
Tableau n°10 : Synthèse des volumes à combler par fossé.....	47
Tableau n°11 : Détail technique des bouchons à planter	49
Tableau n°12 : Nomenclature « Loi sur l'Eau » ciblée par les travaux envisagés.....	73