



**PREMIERE PHASE D'AMENAGEMENT DU NŒUD
A4/A35/CONTOURNEMENT OUEST DE STRASBOURG
(A355)
DOSSIER LOI SUR L'EAU
ZONES HUMIDES**



Version corrective : février 2022

TABLE DES MATIÈRES

1	DELIMITATION DES ZONES HUMIDES	4
1.1	RAPPEL DES ELEMENTS TIRES DE LA SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	4
1.2	ANALYSE PÉDOLOGIQUE	7
1.3	ANALYSE DE LA VÉGÉTATION	10
1.4	DELIMITATION DES ZONES HUMIDES ET CONCLUSION	13
2	CARACTÉRISATION DE LA ZONE HUMIDE	16
2.1	CONTEXTE GÉOLOGIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE	16
2.2	CONTEXTE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE	17
2.3	DIAGNOSTIC ÉCOLOGIQUE DE LA ZONE HUMIDE	19
2.3.1	<i>Cartographie des habitats de la zone humide</i>	19
2.3.2	<i>Inventaire du patrimoine floristique de la zone humide</i>	24
3	EVALUATION DES IMPACTS DU PROJET SUR LES ZONES HUMIDES	26
3.1	IMPACTS DIRECTS	26
3.2	IMPACTS INDIRECTS	27
4	LES MESURES	29
4.1	LES MESURES D'ÉVITEMENT	29
4.2	LES MESURES DE RÉDUCTION	29
4.2.1	<i>MR 1 : Mise en Œuvre et suivi d'un système de management environnemental en phase travaux</i>	29
4.2.2	<i>MR 2 : Respect de l'emprise stricte du projet</i>	32
4.2.3	<i>MR 3 : Maintien de l'alimentation en eau de la zone humide enclavée</i>	33
4.2.4	<i>MR 4 : Réduction de l'impact lié aux pistes de chantier en zones humides (impact temporaire) ...</i>	34
5	ANALYSE DES IMPACTS RESIDUELS SUR LES ZONES HUMIDES	39
6	EVALUATION DE LA FONCTIONNALITÉ DES ZONES HUMIDES D'APRÈS LA MÉTHODOLOGIE NATIONALE (AFB, 2016) ET DÉFINITION DES MESURES COMPENSATOIRES	40
6.1	INTRODUCTION	40
6.2	RAPPEL SUR LA NOTION DE « SITE »	40
6.3	RAPPELS SUR LES NOTIONS DE FONCTIONS ET DE SOUS-FONCTIONS	41
6.4	LE SITE IMPACTÉ	43
6.4.1	<i>Description du site impacté avant impact et avec impact envisagé</i>	43
6.4.2	<i>Éléments de contexte et évaluation des enjeux</i>	45
6.4.3	<i>Évaluation des fonctions sur le site impacté</i>	47
6.5	LE SITE DE COMPENSATION	49
6.5.1	<i>Description du site de compensation</i>	49
6.5.2	<i>Éléments de contexte et évaluation des enjeux</i>	57
6.5.3	<i>Évaluation des fonctions sur le site de compensation</i>	57
6.5.4	<i>Mise en œuvre des actions écologiques envisagées et évolution des fonctions</i>	59
6.5.5	<i>Analyse de l'évolution des fonctions</i>	79
6.5.6	<i>Vérification des principes de proximité et d'équivalence</i>	80
6.5.7	<i>Vérification de l'application des principes d'équivalence et d'additionalité écologique</i>	81
7	CONCLUSION	82
8	ANNEXES	83
8.1	EXTRAITS DES TABLEURS EXCEL	83
8.2	PROTOCOLES DE SUIVI	92
8.2.1	<i>Suivi du chantier</i>	92
8.2.2	<i>Suivi piézométrique</i>	93
8.2.3	<i>Suivi floristique « type zone humide »</i>	94
8.2.4	<i>Suivi pédologique</i>	95

8.2.5	<i>Plan de gestion global des sites gérés (mesures de réduction et de compensation)</i>	96
8.2.6	<i>Etat de conservation des habitats naturels reconstitués ou créés</i>	97
8.2.7	<i>Suivis de la faune</i>	98
8.2.8	<i>Livrable</i>	103
CARTE 1	: CARTE ISSUE DE L'ETUDE SUR LES ZONES HUMIDES DE L'ADT, 2010	5
CARTE 2	: ZONES A DOMINANTE HUMIDE D'APRES LA BdZDH2008- CIGAL.....	6
CARTE 3	: LOCALISATION DES SONDAGES PEDOLOGIQUES.....	9
CARTE 4	: DELIMITATION DES ZONES HUMIDES D'APRES LE CRITERE VEGETATION	12
CARTE 5	: DELIMITATION FINALE DES ZONES HUMIDES – CARTE 1 SUR 2.....	14
CARTE 6	: DELIMITATION FINALE DES ZONES HUMIDES – CARTE 2 SUR 2.....	15
CARTE 7	: CARTOGRAPHIE DES HABITATS NATURELS DE LA ZONE HUMIDE – CARTE 1 SUR 3	21
CARTE 8	: CARTOGRAPHIE DES HABITATS NATURELS DE LA ZONE HUMIDE – CARTE 2 SUR 3	22
CARTE 9	: CARTOGRAPHIE DES HABITATS NATURELS DE LA ZONE HUMIDE – CARTE 3 SUR 3	23
CARTE 10	: SURFACE DE ZONE HUMIDE IMPACTEE	28
CARTE 11	: SITE IMPACTE	43
CARTE 12	: LOCALISATION DES SITES COMPENSATOIRES AU TITRE DES ZONES HUMIDES	49
CARTE 13	: CARTOGRAPHIE DES HABITATS SUR LE SITE DU « FORLEN » AVANT ACTION DE RESTAURATION	51
CARTE 14	: CARTOGRAPHIE DES HABITATS SUR LE SITE DU « FER A CHEVAL » AVANT ACTION DE RESTAURATION	53
CARTE 15	: LOCALISATION DES SOLS HYDROMORPHES SUR LE SITE DU « FER A CHEVAL » AVANT ACTION DE RESTAURATION	54
CARTE 16	: CARTOGRAPHIE THEORIQUE DES HABITATS SUR LE SITE DU « FORLEN » APRES ACTION DE RESTAURATION.....	62
CARTE 17	: CARTOGRAPHIE THEORIQUE DES HABITATS APRES RESTAURATION SUR LE SITE "FER A CHEVAL"	72
FIGURE 1	: PROFONDEUR DE LA NAPPE EN SITUATION MOYENNE (SOURCE : APRONA – MAI 2009).....	17
FIGURE 2	: RISQUE DE REMONTEES DE NAPPE (SOURCE : INFOTERRE)	18
FIGURE 3	: PISTES DE CHANTIERS PREVISIONNELLES HORS ET EN ZONES HUMIDES	37
FIGURE 4	: TROIS EXEMPLES FICTIFS DE SITES (A, B, C). LE POLYGONE VERT INDIQUE UN SYSTEME HUMIDE, LES TRAITES NOIRS INDIQUENT UNE DELIMITATION ADMINISTRATIVE QUELCONQUE (PAR EX. UN PARCELLAIRE) ET LE POLYGONE AU CONTOUR ROUGE SANS TRAME DE FOND INDIQUE DES SITES DONT LES CONTOURS SONT FIXES ARBITRAIREMENT PAR L'OBSERVATEUR.	41
FIGURE 5	: EVALUATION DES FONCTIONS DE LA ZONE HUMIDE, ANALYSE DES ENJEUX DANS SON CONTEXTE	46
FIGURE 6	: EVALUATION DES FONCTIONS DU SITE IMPACTE	48
FIGURE 7	: EVALUATION DES FONCTIONS DU SITE COMPENSATOIRE	58
FIGURE 8	: SCHEMA DU REPROFILAGE DU TERRAIN	61
FIGURE 9	: EXPLICATION DE LA DEMARCHE DU "SOL TRONQUE"	68
FIGURE 10	: EVOLUTION DES FONCTIONS REMPLIES PAR LE SITE COMPENSATORIE APRES MISE EN OEUVRE DES ACTIONS ECOLOGIQUES	79
FIGURE 11	: ECHELLE D'ABONDANCE-DOMINANCE UTILISEE POUR LES RELEVES FLORISTIQUES	98

1 DELIMITATION DES ZONES HUMIDES

1.1 RAPPEL DES ELEMENTS TIRES DE LA SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

D'après l'Atelier des Territoires (AdT), « La forêt du Krittwald comporte deux types de sols, la partie Sud possède un profil très profond composé uniquement de sables sans trace d'hydromorphie. Par contre sur la partie Nord, le profil de sol comporte un peu d'argile en profondeur. L'apparition de traces d'hydromorphie s'effectue uniquement entre 50 et 70 cm de profondeur, mais le fond du profil est purement sableux et sans trace d'hydromorphie. »

Ainsi, d'après cette étude, l'ensemble de la forêt du Krittwald est écarté d'une classification en zone humide, du fait du caractère purement sableux, donc très filtrant, de ses sols.

Les zones humides identifiées se situent au sud du boisement.

Comme ceci apparaît sur la carte de la page suivante des zones à dominante humide (BdZDH2008-CIGAL¹), au sein de la zone d'étude, seuls les boisements bordant les ruisseaux qui traversent la forêt de Krittwald sont compris en zone humide. Néanmoins, l'échelle de cette carte, au 1/10 000 ne permet pas d'affirmer que les sols présents en dehors de cette enveloppe sont non hydromorphes.

¹ BdZDH2008-CIGAL : La Base de données des Zones à dominante humide.



La Région Alsace, dans le cadre du partenariat public de Coopération pour l'Information Géographique en Alsace (CIGAL), a élaboré une Base de Données des Zones à Dominante Humide exploitable à l'échelle du 1/10 000e sur les territoires de la Région Alsace et des Parcs Naturels Régionaux des Ballons des Vosges et des Vosges du Nord. Elle est appelée BdZDH2008-CIGAL. Elle est réalisée par l'interprétation d'images satellitaires SPOT5 en date de fin 2007 et début 2008 et de photographies aériennes de l'IGN de 2007. Des données exogènes d'inventaires de terrain réalisés par différents partenaires ont également été mobilisées pour aider la photo-interprétation (y compris les [zones potentiellement humides](#)).

La BdZDH2008-CIGAL a pour objectif de réaliser un relevé le plus exhaustif possible des zones à dominante humide, mais ne constitue en aucun cas ni un inventaire exhaustif des zones humides, ni une donnée réglementaire. Des investigations complémentaires et précises seront nécessaires à l'identification des zones humides.



**AUTOROUTE A4 COS, NOEUD A4/A35 1ère PHASE D'AMENAGEMENT
ETUDE MILIEUX NATURELS**



Sondages pédologiques AdT

-  Sol hydromorphe
-  Sol non hydromorphe

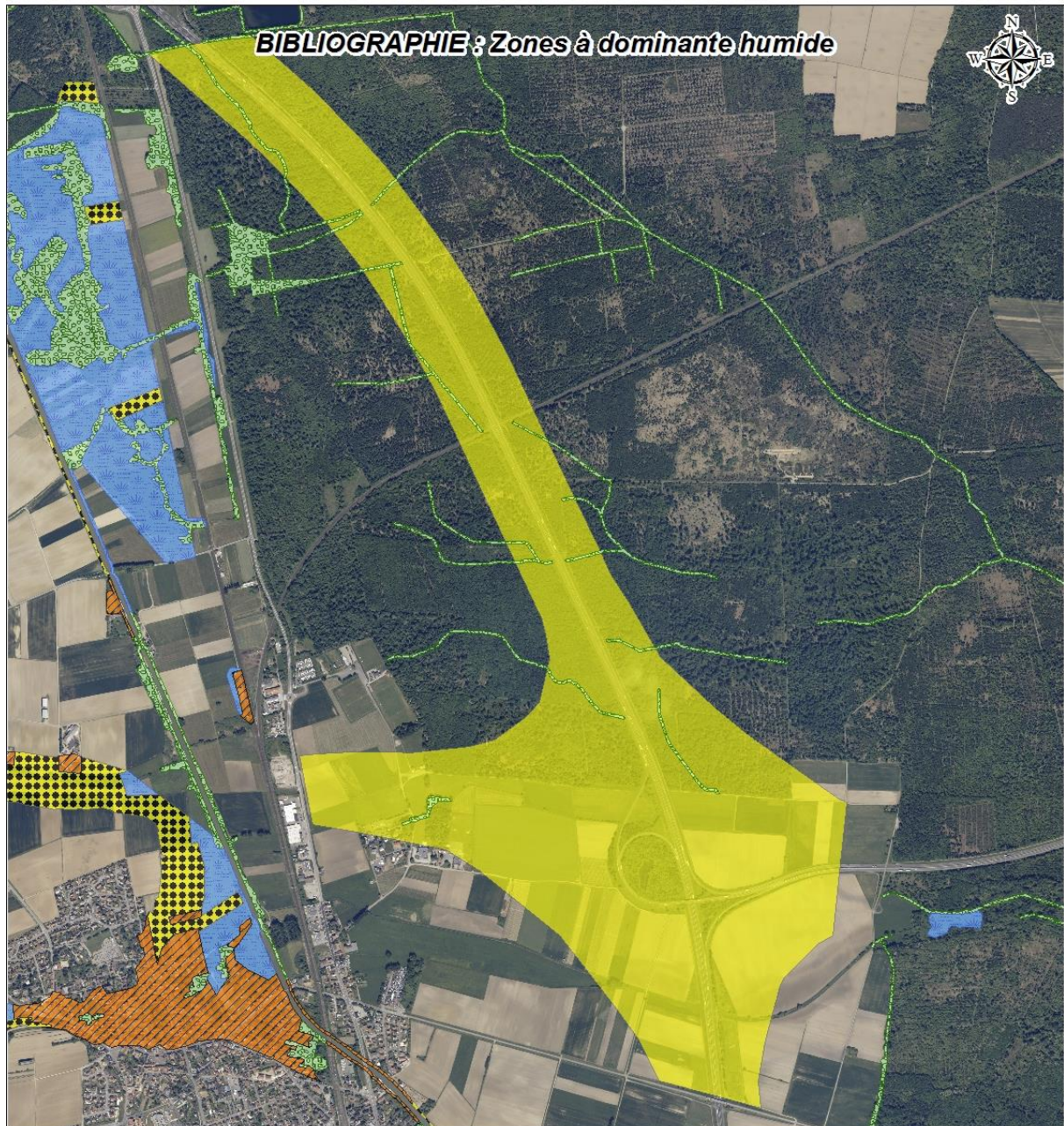
Délimitation des zones humides AdT (2010)



Périmètre d'étude

-  Aire d'étude immédiate
-  Aire d'étude rapprochée

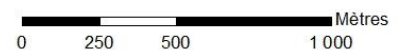
Carte 1 : Carte issue de l'étude sur les zones humides de l'AdT, 2010



**AUTOROUTE A4 COS, NOEUD A4/A35 1^{ère} PHASE D'AMENAGEMENT
ETUDE MILIEUX NATURELS**

Zones à dominante humide (CIGAL) Aire d'étude rapprochée

- Forêts et fourrés humides
- Prairies humides
- Terres arables
- Territoires artificialisés



Carte 2 : Zones à dominante humide d'après La BdZDH2008- CIGAL

1.2 ANALYSE PEDOLOGIQUE

En tout, 11 sondages pédologiques à la tarière ont été répartis sur le site dont 4 sont caractéristiques d'un sol hydromorphe d'après l'arrêté du 24 juin 2008. Ce faible nombre s'explique par la grande difficulté à interpréter les sondages pédologiques résultant du matériau sableux présent sur l'ensemble de la zone d'étude.

En 2016, des sondages complémentaires ont été effectués afin de préciser la délimitation au niveau du PAF. 5 sondages ont été effectués dont 3 caractéristiques de sols hydromorphes, à l'ouest de l'A4.

Les sondages pédologiques font apparaître des sols sableux avec un plafond argileux plus ou moins profond en fonction de la topographie notamment. Ces sols sableux relativement drainants et pauvres en fer rendent la détection des traces d'hydromorphie particulièrement délicate. Cependant, nous pouvons déjà affirmer que certains sols sont des sols hydromorphes, présentant des traces d'oxydo-réduction (pseudogley) à moins de 25 cm de profondeur, s'intensifiant en profondeur. Ces profils se caractérisent par un horizon sableux assez foncé, gris noir, riche en matière organique, avec des traces d'hydromorphie plus ou moins marquées jusqu'à 30 à 45 cm. Cet horizon sableux surmonte un horizon enrichi en argile avec des traces d'hydromorphie marquées, souvent riches en graviers et avec des concrétions ferro-manganiques apparaissant sur certains profils à 60 cm. Au-delà de 70 cm, l'argile est moins présente dans certains profils, laissant place à un horizon sableux de couleur rouille.

Tableau 1 : Détail des sondages pédologiques de sols hydromorphes

N° Profil : 2, 4, 5, 10, 12, 13 et 14							
Situation, occupation du sol : Chênaie-Charmaie avec pas mal de Frênes / 10 = prairie humide rudéralisée				Profondeur totale du profil : 90 à 120			
Observations : Traces d'hydromorphie (g) ou g dès la surface s'intensifiant en profondeur							
Limite des horizons	Hydromorphie	Caractéristiques					
0 - 30	(g) ou g	Sableux gris foncé		Classe hydromorphie GEPPA : Va ou Vb			
20 - 50	g	Sableux à sablo-argileux beige rouille / souvent graviers = 20%					
50 - 70	g	Sablo-argileux beige rouille / parfois concrétions ferro-manganiques					
70 - 100	g	Sableux ou sablo-argileux beige rose rouille		Sol hydromorphe : Ivd			



Horizon sableux clair avec traces d'oxydo-réduction très marquées

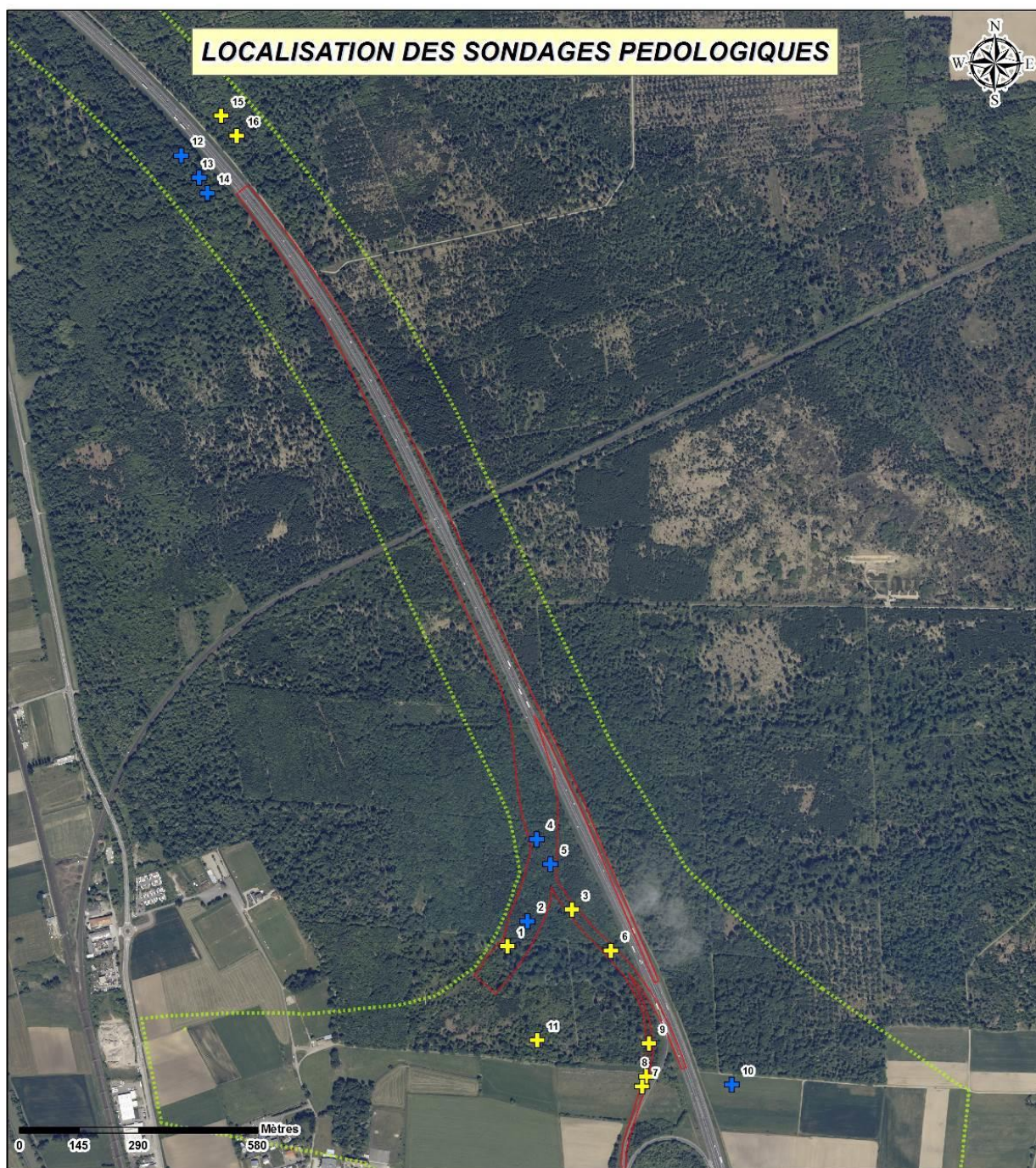
Les sondages pédologiques effectués au niveau du PAF, à l'ouest de l'A4 sont clairement hydromorphes. Cette donnée est corroborée par les observations floristiques. La Chênaie est en effet piquetée d'Aulnes, avec touffes de Jonc diffus et de Laïche espacée, espèces franchement hygrophiles.

Les sondages caractéristiques de sols non hydromorphes présentent un profil sableux souvent relativement homogène, riche en matière organique en surface, d'une couleur gris noir. Cet horizon repose sur des horizons peu différenciés beige rouille à beige clair avec parfois des traces d'oxydo-réduction peu marquées à marquées en profondeur. Bien que ne présentant pas de traces d'hydromorphie en surface bien nette, l'interprétation est très délicate, du fait du profil sableux d'une couleur rouille uniforme.

Tableau 2 : Détail des sondages pédologiques des sols non hydromorphes

N° Profil : 1, 3, 6, 7, 8, 9, 11			
Situation, occupation du sol : 1, 3, 6, 9, 11 dans Chênaie-charmaie // 7, 8 bande enherbée et grande culture			Profondeur totale du profil : 100 à 120
Observations : L'ensemble du profil est sableux, rendant très difficile l'interprétation			
Limite des horizons	Hydromorphie	Caractéristiques	
0 - 20		Sableux noir, riche en MO	Classe hydromorphie GEPPA : IIIb
20 - 45		Sableux beige rouille / présence de graviers variable / parfois (g)	
45 - 80	g	Sable couleur rouille uniforme / limites d'horizons peu marquées	
80 - 120	g	Sable couleur rouille ou clair beige / limites d'horizons peu marquées	Sol hydromorphe : NON

OBSERVATION : Cette analyse pédologique ne suffit pas à définir l'enveloppe des zones humides. Soulignons que le boisement est largement inondé une bonne partie de l'année (B. Toury, comm. pers.) laissant penser à une zone humide bien plus importante que ce que les sondages pédologiques laissent présager. De nombreux sondages partiels (inférieurs à 50 cm) ont été faits au droit d'habitats semblant hygrophiles, ceux-ci n'apparaissant pas sur la carte suivante, mais montrent les limites de l'analyse par le seul axe pédologique. Ainsi, au vu des limites importantes dans l'interprétation des sondages pédologiques, la délimitation s'est, en grande partie, basée sur l'analyse de la végétation.



**AUTOROUTE A4 COS, NOEUD A4/A35 1ère PHASE D'AMENAGEMENT
ETUDE MILIEUX NATURELS**

Sondages à la tarière Périmètre d'étude

- + Sol hydromorphe
- + Sol non hydromorphe
- Aire d'étude immédiate
- Aire d'étude rapprochée

1.3 ANALYSE DE LA VEGETATION

La délimitation des zones humides d'après le critère « végétation » a consisté à reprendre les limites des habitats humides d'après l'arrêté.

Tableau 3 : Caractère hygrophile des habitats observés

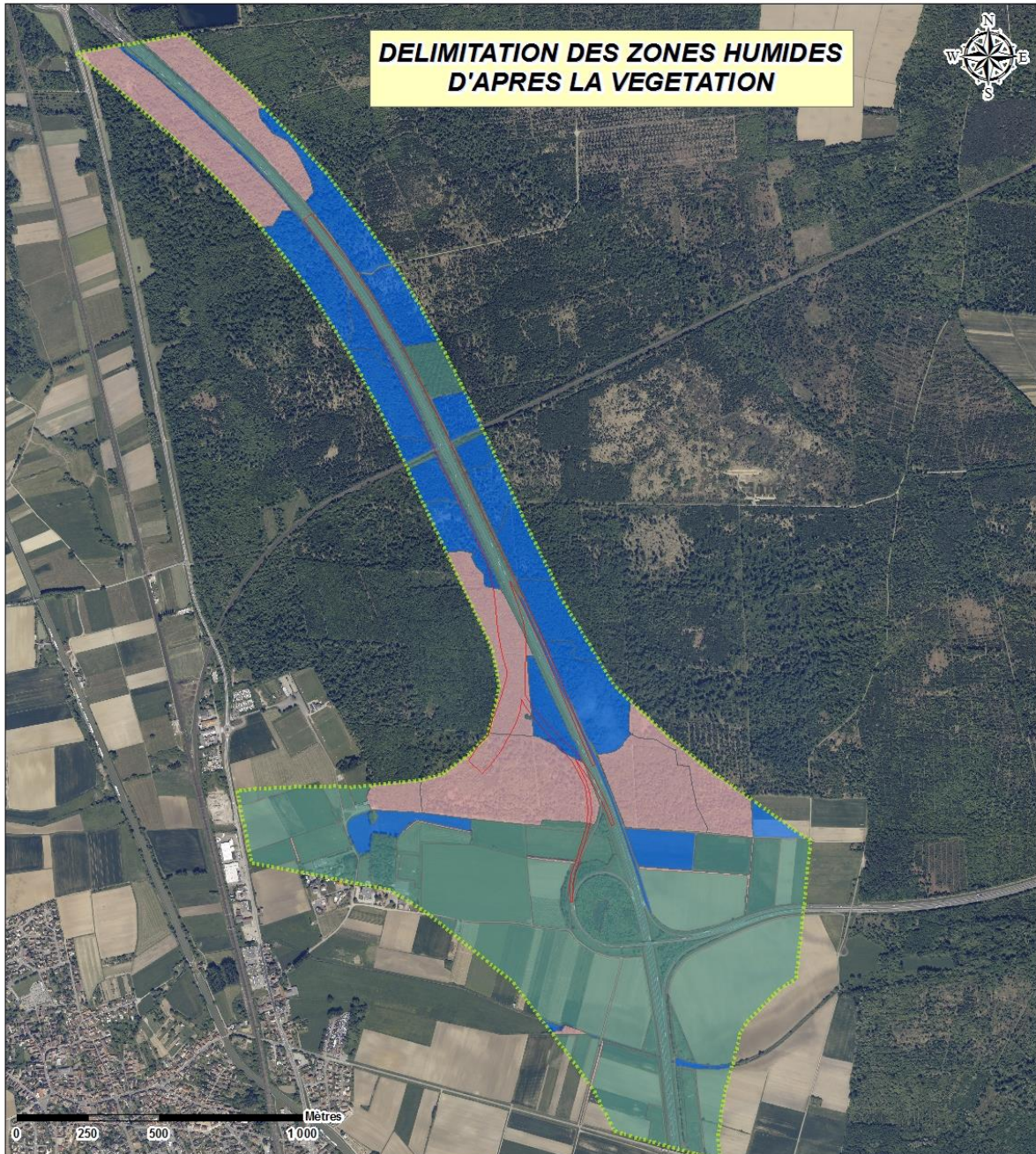
HABITAT	Corine biotopes	Hygrophilie d'après l'Arrêté	Interprétation
Prairie subatlantique semi-naturelle humide de fauche	37.21	H	
Roselière à Phragmites	53.112	H	
Chênaie-Betulaie acidophiles des plaines sableuses du <i>Molinio caeruleae-Quercion roboris</i>	41.51	H	
Aulnaies marécageuses de l' <i>Alnion glutinosae</i>	44.911	H	
Chênaie-Betulaie du <i>Molinio caeruleae-Quercion roboris</i> / faciès de recolonisation	41.51	H	
Betulaie pionnière du <i>Molinio caeruleae-Quercion roboris</i>	41.51	H	
Aulnaies marécageuses de l' <i>Alnion glutinosae</i> à <i>Carex elongata</i>	44.911	H	
Mégaphorbiaie nitrophile (<i>Calystegion sepium</i>)	37.2	p.	Humide si présent en bord de cours d'eau
Chênaie-charmaie acidiclinales sur sables hydromorphes du <i>Frangulo dodonei-Quercion roboris</i>	41.24	p.	Non sauf si analyse pédologique contraire
Chênaie-charmaie du <i>Frangulo-Quercion</i> / faciès de recolonisation	41.24	p.	Non sauf si analyse pédologique contraire
Végétation nitrophile humide - <i>Calystegion sepium x Arrhenathion elatioris</i>	37.2x38.2	p.	Habitat présent en pieds de bermes de l'A4 humide
Peupleraie (plantations)	83.321	p.	Analyse du contexte hydromorphologique
Friche nitrophile à <i>Urtica dioica</i>	37.2	p.	Analyse du contexte hydromorphologique
Petits bois et bosquets	84.3	-	
Prairie de l' <i>Arrhenaterion</i> rudéralisée	38.2	-	
Prairie mésophile semi-naturelle pâturée - <i>Cynosurion</i>	38.1	-	
Grande culture	82.11	-	
Arbre isolé	0	-	
Alignement d'arbres	84.1	-	
Fruticées à <i>Prunus spinosa</i> des Prunetalia (<i>Pruno-Rubion fruticosi</i>)	31.81	-	
Prairie de fauche eutrophe	38.2	-	
Friche nitrophile à <i>Solidago gigantea</i> et <i>Urtica dioica</i>	37.2	-	
Végétation rudérale	87.2	-	
Bâti	0	-	
Végétation rudérale - friche à <i>Elymus sp.</i>	87.1	-	
Infrastructure routière	0	-	
Chemin - végétation rudérale xérophile	87.2	-	
Voie ferrée	0	-	
Boisement anthropique du <i>Robinion pseudacaciae</i>	83.324	-	

HABITAT	Corine biotopes	Hygrophilie d'après l'Arrêté	Interprétation
Pessière	83.31	-	
Eaux douces	22.1	-	

La mention d'un habitat coté H signifie que cet habitat, ainsi que, le cas échéant, tous les habitats de niveaux hiérarchiques inférieurs sont caractéristiques de zones humides.

Dans certains cas, l'habitat d'un niveau hiérarchique donné ne peut pas être considéré comme systématiquement ou entièrement caractéristique de zones humides, soit parce que les habitats de niveaux inférieurs ne sont pas tous humides, soit parce qu'il n'existe pas de déclinaison typologique plus précise permettant de distinguer celles typiques de zones humides. Pour ces habitats cotés p (pro parte), il n'est pas possible de conclure sur la nature humide de la zone à partir de la seule lecture des données ou cartes relatives aux habitats.

Pour ces cas précis, une analyse du contexte hydromorphologique et des résultats partiels de l'analyse pédologique a été faite.



**AUTOROUTE A4 COS, NOEUD A4/A35 1ère PHASE D'AMENAGEMENT
ETUDE MILIEUX NATURELS**

Caractère humide des Habitats

- Habitats hygrophiles (H)
- Hygrophilie non qualifiable d'après la végétation (p.)
- Habitats non hygrophiles

Périmètre d'étude

- Aire d'étude immédiate
- Aire d'étude rapprochée

Carte 4 : Délimitation des zones humides d'après le critère végétation

1.4 DELIMITATION DES ZONES HUMIDES ET CONCLUSION

Comme ceci a été évoqué, la délimitation des zones humides s'est principalement faite sur le critère « végétation », ceci pour répondre aux difficultés d'interprétation des sondages pédologiques. Les résultats présentés ici apportent des changements importants quant aux conclusions de l'AdT (2010).

Ceci s'explique par les limites de l'approche uniquement pédologique dans un contexte sableux comme celui-ci. En effet, certains habitats sont clairement hygrophiles. Par ailleurs, la simple interprétation de la cartographie des habitats de 2010 ne suffisait pas à apprécier l'enveloppe des zones humides, celle-ci présentant un niveau de détail largement insuffisant.

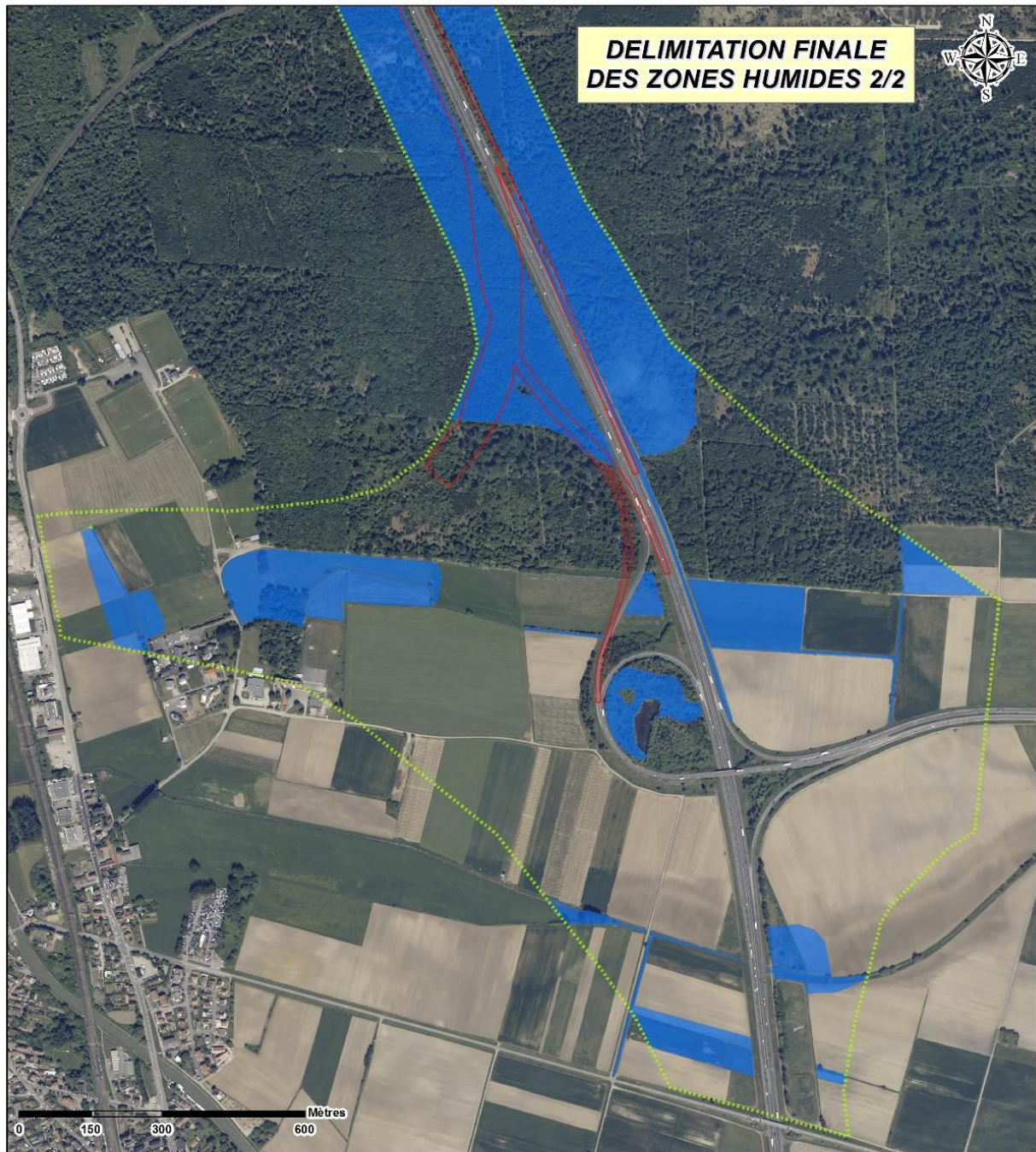
Il en résulte la carte de délimitation finale des zones humides ci-après qui combine l'interprétation des habitats hygrophiles d'après l'arrêté, l'analyse du contexte hydromorphologique, et l'analyse pédologique. Il apparaît que la quasi-totalité du boisement est en zone humide. **La surface totale de la zone humide dans la zone d'étude est de 84 hectares.**



**AUTOROUTE A4 COS, NOEUD A4/A35 1ère PHASE D'AMENAGEMENT
ETUDE MILIEUX NATURELS**

- Enveloppe des zones humide
- Périmètre d'étude**
 Aire d'étude immédiate
 Aire d'étude rapprochée

Carte 5 : Délimitation finale des zones humides – carte 1 sur 2



**DELIMITATION FINALE
DES ZONES HUMIDES 2/2**

**AUTOROUTE A4 COS, NOEUD A4/A35 1^{ère} PHASE D'AMENAGEMENT
ETUDE MILIEUX NATURELS**

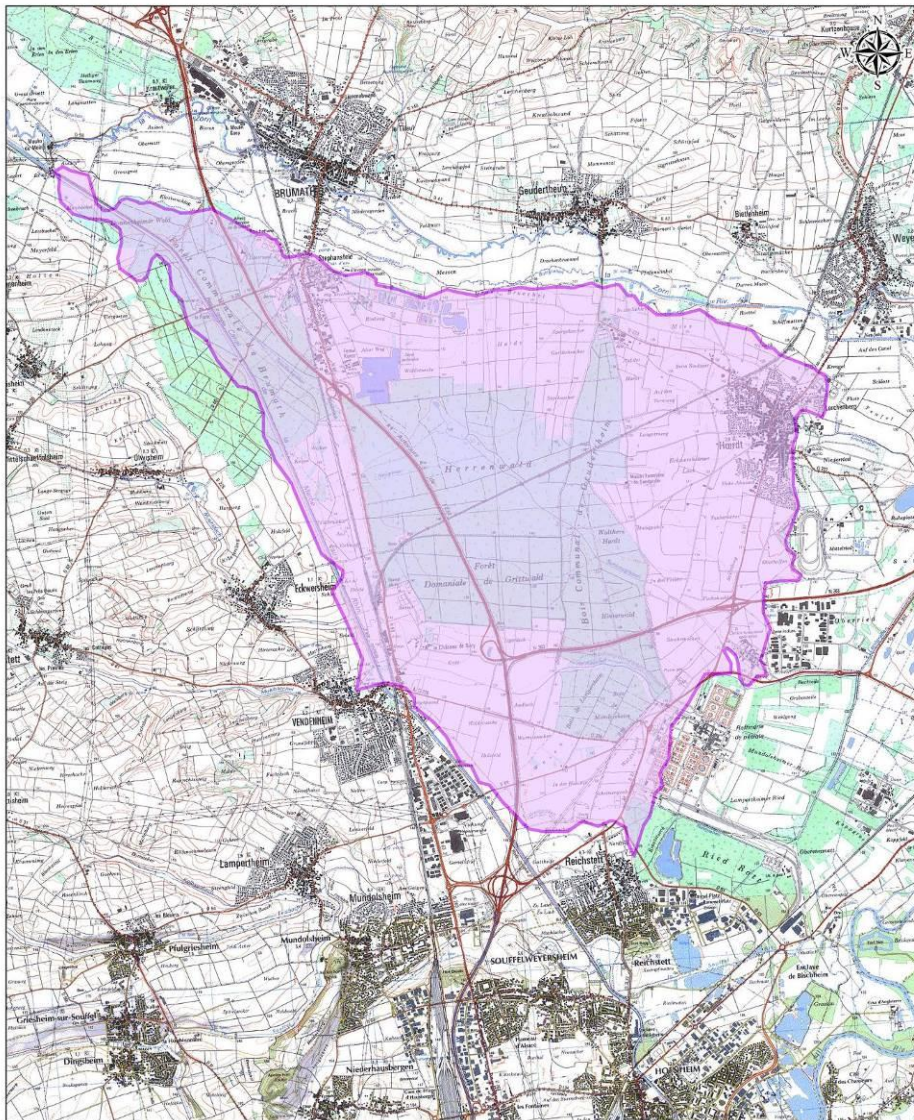
- Enveloppe des zones humide
 Périmètre d'étude
 Aire d'étude immédiate
 Aire d'étude rapprochée

Carte 6 : Délimitation finale des zones humides – carte 2 sur 2

2 CARACTERISATION DE LA ZONE HUMIDE


2.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

L'ensemble des sites repose sur une terrasse alluviale sableuse intitulée « JyZ Sables des cônes de déjections de la Zorn - (Pléistocène) ». Les matériaux alluvionnaires sont constitués de dépôts récents de type sableux à sablo-argileux, voire ponctuellement tourbeux surmontant des alluvions plus anciennes et plus grossières de type sablo-graveleux à graveleux plus ou moins argileux.



AUTOROUTE A4 COS, NOEUD A4/A35 1^{ère} PHASE D'AMENAGEMENT



 Sables des cônes de déjections de la Zorn

0 800 1 600 3 200 Mètres

Réalisation : O.G.E., 2017 // Source des données : O.G.E. & Inforre // Fond de plan : ©IGN, Scan25



2.2 CONTEXTE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le socle repose sur une masse d'eau souterraine « alluvionnaire » « Pliocène de Haguenau et nappe d'Alsace » composée de sables, graviers et d'intercalations d'argiles. L'eau circule à l'intérieur des vides entre les alluvions à une vitesse de l'ordre de 1 à 2 m/j et suivant une direction générale sud-nord. Les sols sablo-graveleux, majoritaires dans la zone d'étude sont particulièrement perméables. Le site de l'observatoire de la nappe d'Alsace, l'APRONA, fournit par ailleurs une cartographie de la profondeur de la nappe en situation de moyennes eaux et de basses eaux.

Au niveau du projet, la nappe phréatique :

- s'écoule en direction de l'est / sud-est ;
- se trouve entre 2 m et 5 m de profondeur en situation de moyennes eaux.

En période de hautes eaux, il est vraisemblable que la nappe est affleurante, en particulier dans la partie nord de la section remaniée de l'A4. De plus, elle n'est pas protégée par des formations loessiques et est en relation hydraulique étroite avec les écoulements qui la drainent.

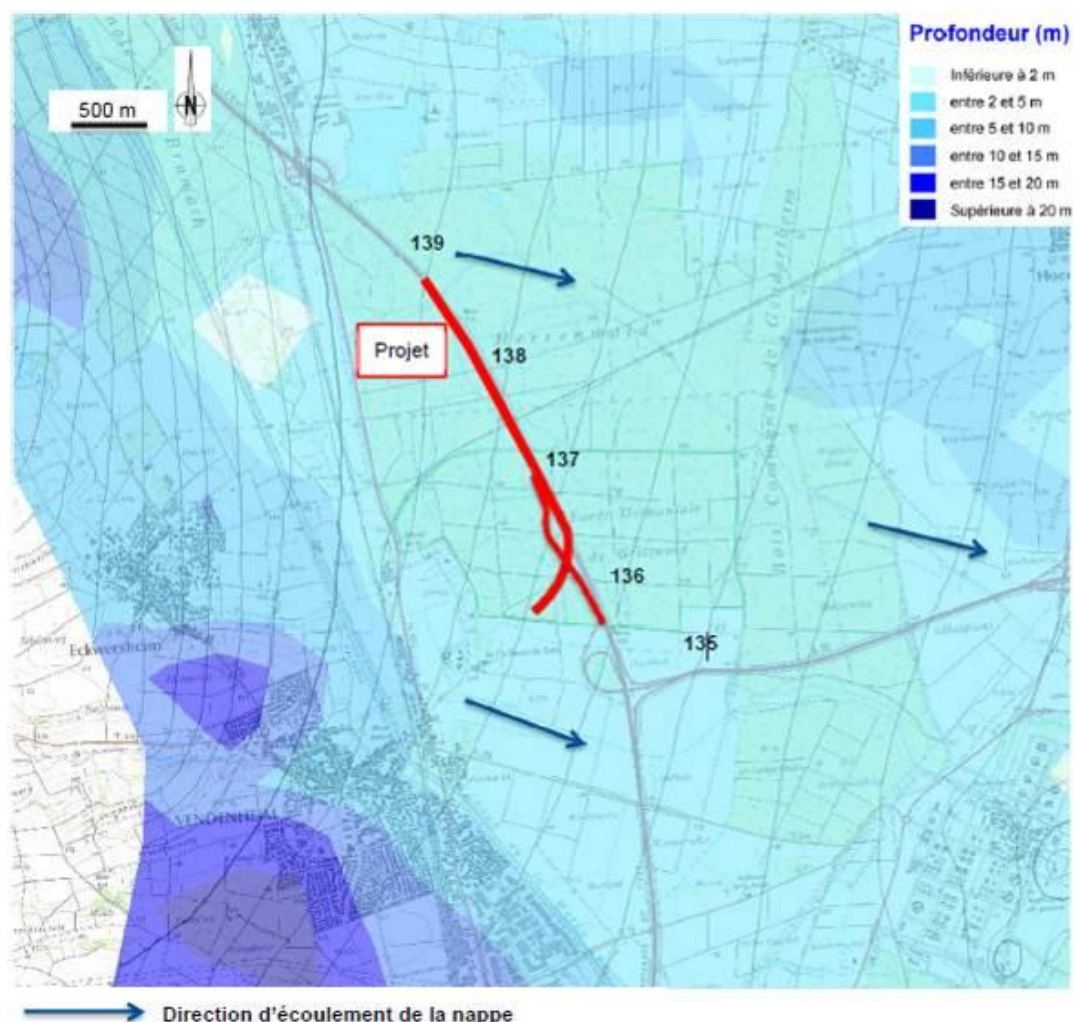


Figure 1 : Profondeur de la nappe en situation moyenne (source : APRONA – mai 2009)

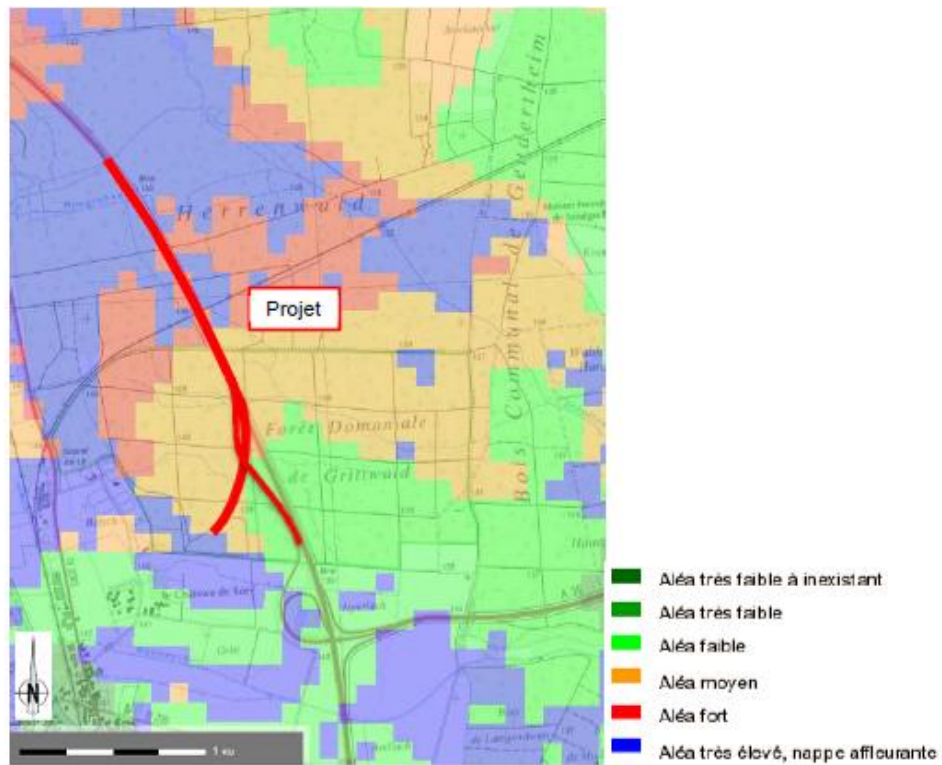


Figure 2 : Risque de remontées de nappe (source : Infoterre)

Par ailleurs, les milieux humides de la zone d'étude se situent au sein de secteurs présentant des aléas très forts à moyens aux remontées de nappes.

Le réseau hydrographique présent au droit des sites humides impactés est composé de plusieurs fossés, dont le **Schlossgraben**, affluent de la Zorn.

La masse d'eau superficielle concernée est le « Landgraben » (FRCR197).

Dans le boisement, le réseau de drains est très dense, modifiant les écoulements et le fonctionnement hydrologique. L'ensemble de ces ruisseaux ou fossés rejoignent le Landgraben, dans une direction ouest à sud-est.

On note la présence d'une zone humide remarquable à l'ouest du site, au niveau du Judenacker, caractérisée par un ensemble de prairies et de boisements humides, traversés par des cours d'eau temporaires.

2.3 DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE DE LA ZONE HUMIDE

2.3.1 Cartographie des habitats de la zone humide

Les habitats ont été définis sur la base des référentiels phytosociologiques existant, à savoir : CORINE Biotopes, Cahiers d'habitats, Eur 27, Baseveg - Julve 2003, le synopsis des groupements végétaux de Franche-Comté (Ferrez Y. & al., 2009) et le guide des végétations forestières d'Alsace (Bœuf R., 2013).

Ces habitats ont été regroupés par grands « types » (habitats prairiaux, habitats forestiers, habitats palustres et aquatiques, etc.) et à chaque habitat a été attribué un code Corine, un code EUNIS et lorsqu'il s'agit d'un habitat Natura 2000, un code Eur 27.

Tableau 4 : Habitats présents au sein de la zone humide

HABITAT	Enjeux	Corine biotope	EUNIS	N2000	surface (en m ²)	% de présence sur la zone humide
HABITATS FORESTIERS						
Aulnaies marécageuses de l'Alnion glutinosae	Fort	44.911	G1.411		60589	7.2
Aulnaies marécageuses de l'Alnion glutinosae à Carex elongata	Fort	44.911	G1.411	9190	51434	6.1
Betulaie pionnière du Molinio caeruleae-Quercion roboris	Fort	41.51	G1.81	9190	109885	13.1
Chênaie-Betulaie acidophiles des plaines sableuses du Molinio caeruleae-Quercion roboris	Fort	41.51	G1.81	9190	168750	20.1
Chênaie-Betulaie du Molinio caeruleae-Quercion roboris / faciès de recolonisation	Fort	41.51	G1.81	9190	71546	8.5
Chênaie-charmaie acidoclines sur sables hydromorphes du Frangulo dodonei-Quercion roboris	Fort	41.24	G1.A14	9160	131564	15.7
					SOUS-TOTAL :	70.8
HABITATS PRE-FORESTIERS						
Fruticées à Prunus spinosa des Prunetalia (Pruno-Rubion fruticosi)	Moyen	31.81	F3.11		1443	0.2
					SOUS-TOTAL :	0.2
HABITATS PRAIRIAUX						
Prairie mésophile semi-naturelle pâturée - Cynosurion	Faible	38.1	E2.1		9159	1.1
Prairie de fauche eutrophe	Moyen	38.2	E2.2		18085	2.2
Prairie de l'Arrhenatherion rudéralisée	Faible	38.2	E2.2		6894	0.8
Prairie subatlantique semi-naturelle humide de fauche	Fort	37.21	E3.41		70265	8.4
Végétation nitrophile humide - Calystegion sepium x Arrhenatherion elatioris	Moyen		E2.2		32972	3.9
Friche nitrophile à Solidago gigantea et Urtica dioica	Faible	37.2	E3.4		4017	0.5
					SOUS-TOTAL :	16.9
HABITATS PALUSTRES						
Roselière à Phragmites	Fort	53.112	D5.11		5744	0.7
Mégaphorbiaie nitrophile (Calystegion sepium)	Moyen	37.2	E3.4	6430	9543	1.1
					SOUS-TOTAL :	1.8
HABITATS ANTHROPIQUES						
Peupleraie (plantations)	Moyen	83.321	G1.C1		1929	0.2
Pessière	Moyen	83.31	G3.F		24738	2.9
Alignement d'arbres	Faible	84.1	G5.1		1623	0.2
Petits bois et bosquets	Moyen	84.3	G5.2		24908	3.0
Grande culture	Nul	82.11	I1.1		33525	4.0
Infrastructure routière	Nul		J4.2		157	0.0
Arbre isolé	Faible				75	0.0
					SOUS-TOTAL :	10.4
					TOTAL ZONE HUMIDE :	838845

On peut observer que la **forêt représente plus de 70 % de la surface de zone humide**, avec des habitats à valeur patrimoniale forte. Les habitats prairiaux sont également bien représentés avec 17 % de la surface. Enfin, les zones humides bordant les petits cours d'eau au sud présentent également un intérêt patrimonial fort.










Parmi ces habitats, on relève 6 groupements végétaux se rapportant à 3 habitats d'intérêt communautaire et deux habitats à intérêt local fort (Aulnaies marécageuses).

Les cartes suivantes synthétisent les habitats naturels de la zone humide.

**AUTOROUTE A4 COS, NOEUD A4/A35 1^{ère} PHASE D'AMENAGEMENT
ETUDE ZONE HUMIDE / CARTOGRAPHIE DES HABITATS**

ZONE HUMIDE - HABITATS





Habitats forestiers

-  Chênaie-Betulaie acidophiles des plaines sableuses du Molinio caeruleae-Quercion roboris
-  Chênaie-Betulaie du Molinio caeruleae-Quercion roboris / faciès de recolonisation
-  Betulaie pionnière du Molinio caeruleae-Quercion roboris
-  Chênaie-charmaie acidoclines sur sables hydromorphes du Frangulo dodonei-Quercion roboris
-  Chênaie-charmaie du Frangulo-Quercion / faciès de recolonisation
-  Aulnaies marécageuses de l'Alnion glutinosae
-  Aulnaies marécageuses de l'Alnion glutinosae à Carex elongata
-  Pessière
-  Peupleraie (plantations)



Habitat pré-forestier

-  Fruticées à Prunus spinosa des Prunetalia (Pruno-Rubion fruticosi)







Habitats prairiaux

-  Prairie mésophile semi-naturelle pâturée - Cynosurion
-  Prairie subatlantique semi-naturelle humide de fauche
-  Prairie de fauche eutrophe
-  Prairie de l'Arrhenatherion rudéralisée



Habitats palustres et aquatiques

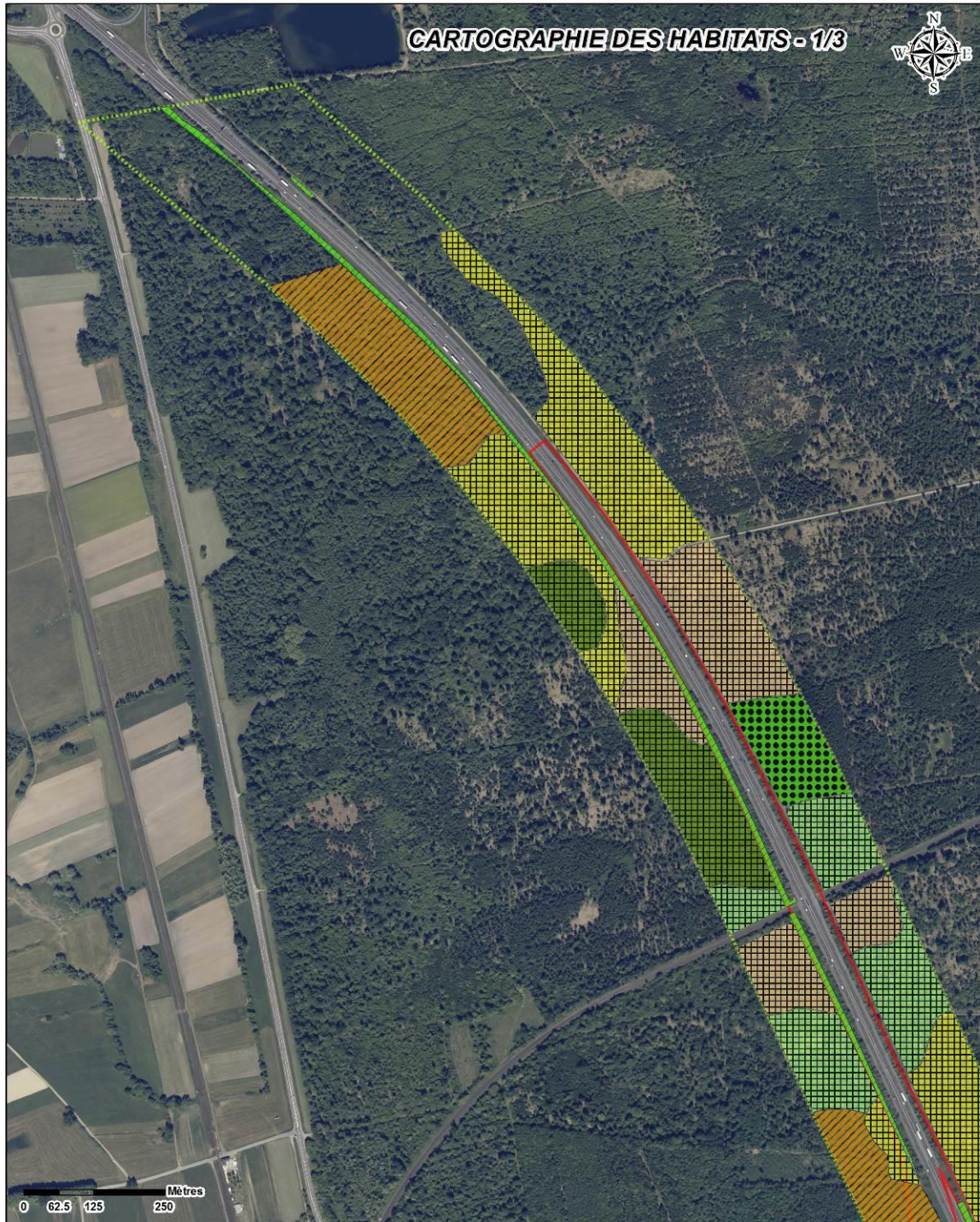
-  Roselière à Phragmites
-  Mégaphorbiaie nitrophile (Calystegion sepium)

Habitats anthropisés

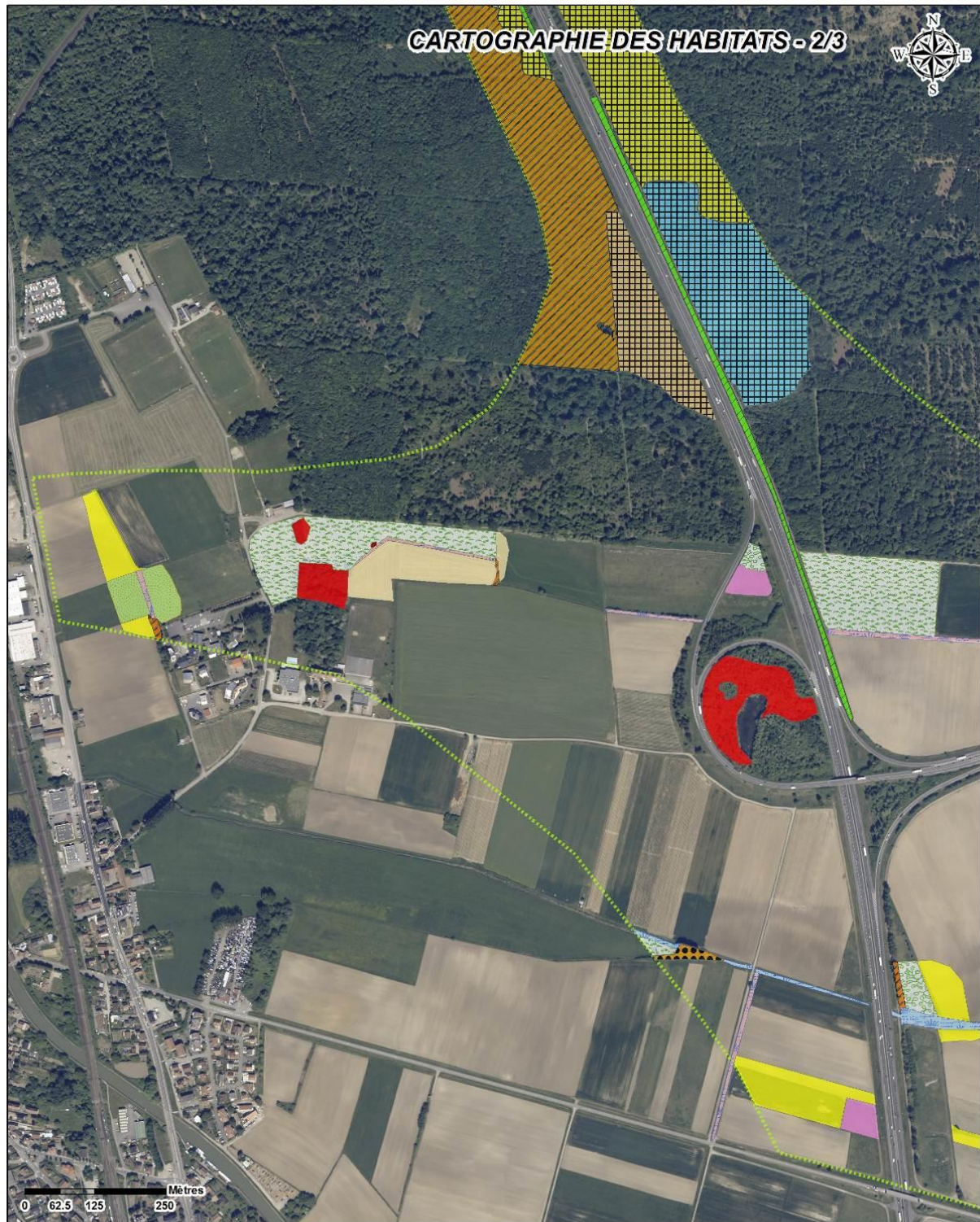
-  Grande culture
-  Végétation nitrophile humide - Calystegion sepium x Arrhenatherion elatioris
-  Friche nitrophile à Solidago gigantea et Urtica dioica
-  Alignement d'arbres
-  Arbre isolé
-  Petits bois et bosquets

Autres

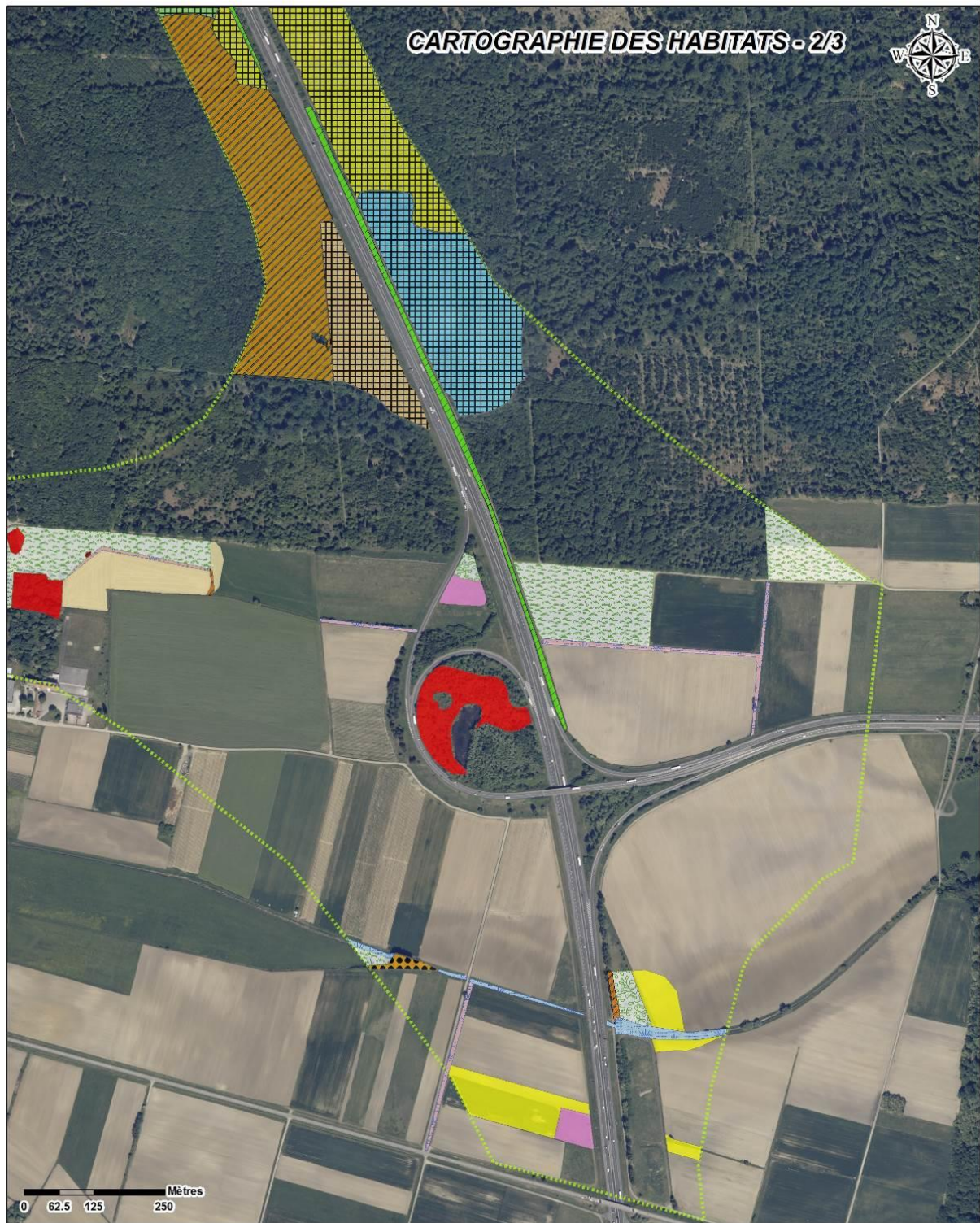
-  Infrastructure routière
-  Aire d'étude rapprochée



**AUTOROUTE A4 COS, NOEUD A4/A35 1^{ère} PHASE D'AMENAGEMENT
ETUDE ZONE HUMIDE**



**AUTOROUTE A4 COS, NOEUD A4/A35 1^{ère} PHASE D'AMENAGEMENT
ETUDE ZONE HUMIDE**



**AUTOROUTE A4 COS, NOEUD A4/A35 1^{ère} PHASE D'AMENAGEMENT
ETUDE ZONE HUMIDE**

2.3.2 Inventaire du patrimoine floristique de la zone humide

856 données floristiques ont été enregistrées dans la zone d'étude (élargie par rapport à la zone humide). Ces données concernent 315 taxons dont 14 espèces qui ont été retenues pour leur statut patrimonial. Le référentiel utilisé pour évaluer le statut des espèces est le référentiel de la SBA (Société botanique d'Alsace) ainsi que la liste rouge régionale 2014.

- **Espèces patrimoniales :**

Le tableau suivant présente l'ensemble des taxons patrimoniaux recensés dans la zone humide avec leurs statuts respectifs. Seules ont été gardées, les espèces directement en lien avec la zone humide.

Tableau 5 : Espèces végétales patrimoniales recensées dans la zone humide

Nom scientifique	Protection (R ou N)	LR2014	ZNIEFF
<i>Alopecurus geniculatus</i> L., 1753			5
<i>Butomus umbellatus</i> L., 1753	R		
<i>Calamagrostis canescens</i> (Weber) Roth, 1789	R	NT	20
<i>Carex elongata</i> L., 1753			5
<i>Hottonia palustris</i> L., 1753	R	EN	20
<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir., 1798		NT	10
<i>Ranunculus sceleratus</i> L., 1753			5
<i>Thalictrum flavum</i> L., 1753			5
<i>Ulmus laevis</i> Pall., 1784		NT	5

Au sein de la zone humide :

- **3 espèces bénéficient d'une protection régionale :** *Butomus umbellatus*, *Calamagrostis canescens*, et *Hottonia palustris*. Cette dernière espèce, présente dans une mare intraforestière en 2010, n'a pas été revue au sein de la zone d'étude mais à proximité.
- **4 espèces sont menacées ou quasi-menacées** sur la liste rouge régionale 2014 ;
- **8 espèces sont déterminantes ZNIEFF** avec des cotations différentes.

- **Espèces invasives**

7 espèces végétales exotiques invasives ont été recensées dans la zone humide :

- le Robinier faux-acacia (*Robinia pseudacacia*) ;
- la Verge d'or (*Solidago gigantea*) ;
- le Sénéçon du Cap (*Senecio inaequidens*) ;
- la Vergerette de Canada (*Conyza canadensis*) ;
- la Vergerette annuelle (*Erigeron annuus*) ;
- le Raisin d'ours d'Amérique (*Phytolacca americana*) ;
- le Cerisier tardif (*Prunus serotina*).

Les espèces présentées ici sont principalement cantonnées aux biotopes secondaires, beaucoup sur les bermes autoroutières ou les quelques zones rudérales. Le Raisin d'ours d'Amérique est quant à lui disséminé dans les boisements tout comme le Cerisier tardif, qui a été planté sur certaines parcelles.

Il s'agit de plantes non-indigènes, introduites intentionnellement ou non, qui réussissent à s'établir dans la nature, à se multiplier et à se répandre massivement aux dépens des espèces indigènes.

Ces espèces ont comme point commun d'être particulièrement compétitives et fortement adaptées voire favorisées par les perturbations. Les conséquences de l'invasion de ces espèces se traduisent par une diminution de la diversité végétale, celles-ci supplantant les espèces indigènes moins compétitives.

Elles sont l'une des principales causes de l'état de conservation médiocre de certains habitats des sites prospectés.

3 EVALUATION DES IMPACTS DU PROJET SUR LES ZONES HUMIDES

3.1 IMPACTS DIRECTS

Concernant les zones humides, environ **10 ha sont directement impactés** par la réalisation du projet. Il s'agit principalement d'habitats forestiers à haute valeur patrimoniale (habitats d'intérêt communautaire). Les zones humides présentent un enjeu fort sur ce secteur étant donné la présence d'une faune et d'une flore remarquables associées à ces milieux.

Tableau 6 : Impacts directs sur les zones humides

HABITAT	Code Natura 2000	Code Corine Biotopes	Enjeu	Surface impactée (m ²)	% de la zone d'étude impacté	Quantification impact
Aulnaies marécageuses de l'Alnion glutinosae		44.911	Fort	178	0.3	Moyen
Aulnaies marécageuses de l'Alnion glutinosae à Carex elongata		44.911	Fort	1318	2.6	Moyen
Betulaie pionnière du Molinio caeruleae-Quercion roboris	9190	41.51	Fort	18468	16.8	Fort
Chênaie-Betulaie acidophiles des plaines sableuses du Molinio caeruleae-Quercion roboris	9190	41.51	Fort	18588	11.0	Moyen
Chênaie-Betulaie du Molinio caeruleae-Quercion roboris / faciès de recolonisation	9190	41.51	Fort	6177	8.6	Moyen
Chênaie-charmaie acidiclinales sur sables hydromorphes du Frangulo dodonei-Quercion roboris	9160	41.24	Fort	52992	14.5	Moyen
Pessière		83.31	Moyen	1791	7.2	Faible
Végétation nitrophile humide - Calystegion sepium x Arrhenathion elatioris		37.2x38.2	Fort	1264	3.8	Moyen
Total général				100775		

Ces impacts directs concernent l'emprise chantier du projet. **Parmi les 10 ha concernés, 2,1 ha sont impactés temporairement puisque hors emprise définitive.**

Ainsi, les impacts directs concernent :

- **7,9 hectares impactés définitivement (impact permanent) par une artificialisation des milieux traversés ;**
- **2,1 hectares impactés temporairement.**

3.2 IMPACTS INDIRECTS

En plus de cette surface, environ **1,1 ha de zones humides sont indirectement impactés** par l'enclavement de cette zone et les modifications éventuelles de son fonctionnement hydraulique.

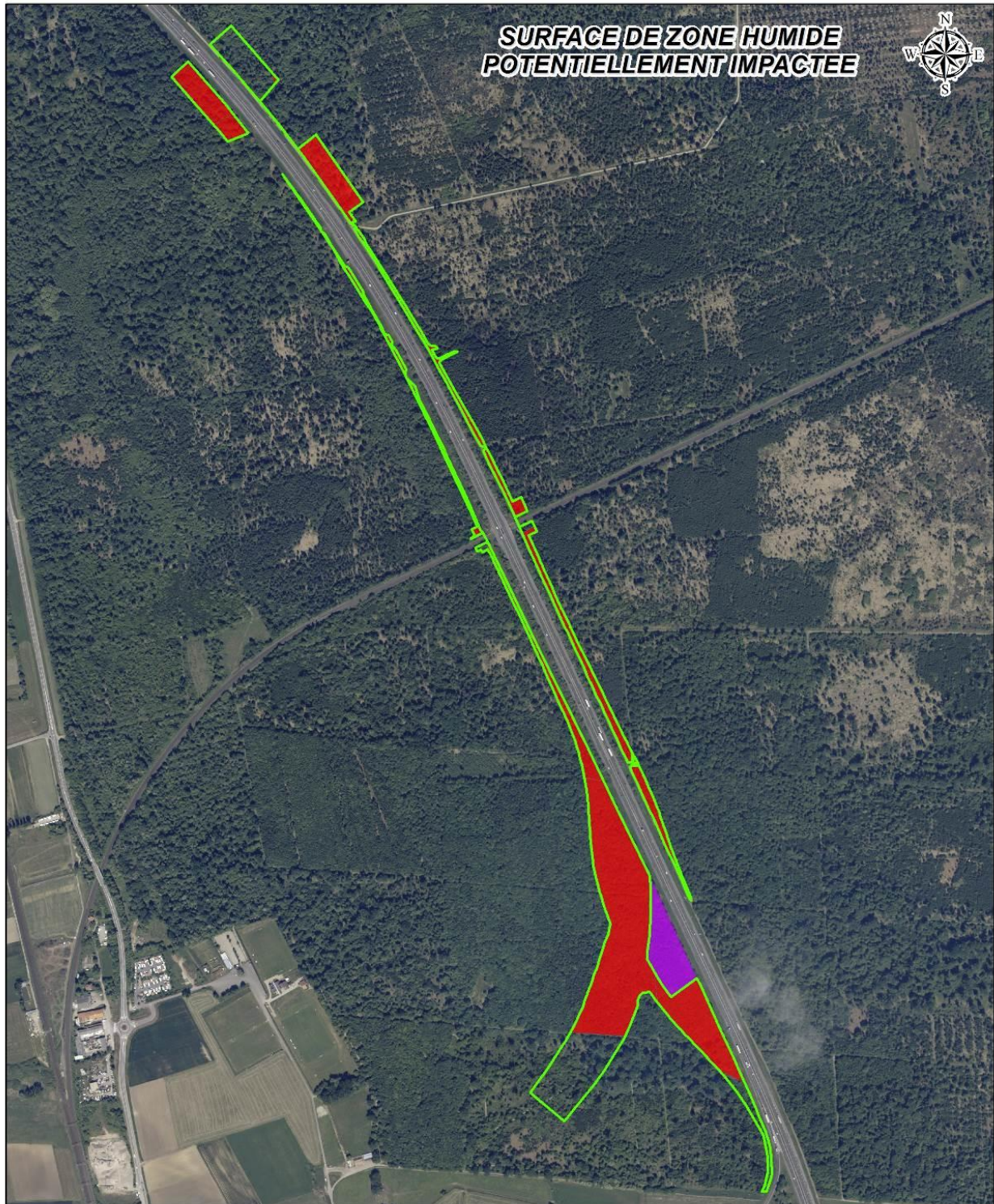
Tableau 7 : Impacts indirects sur les zones humides

HABITAT	Code Natura 2000	Code Corine Biotopes	Enjeu	Surface concernée en m ²	% de la zone d'étude impacté	Quantification impact
Betulaie pionnière du Molinio caeruleae-Quercion roboris	9190	41.51	Fort	9 871	9,0	Fort
Chênaie-charmaie acidiclinales sur sables hydromorphes du Frangulo dodonei-Quercion roboris	9160	41.24	Fort	983	0,3	Moyen
Total				10 854		

Parmi les incidences indirectes du projet, en phase chantier, on peut citer également le phénomène de tassement du sol avec destruction de la structure qui empêche la recolonisation par certaines espèces végétales.

De plus, il existe un risque de pollution des eaux pendant les travaux, lié à la présence des engins et des installations de chantier. Les sources de pollution potentielles sont :

- huiles de vidange et gasoil ;
- laitiers de ciment, notamment à proximité des ouvrages hydrauliques ;
- station de traitement de matériaux (chaux...) et d'enrobage ;
- effluents sanitaires.



**AUTOROUTE A4 COS, NOEUD A4/A35 1ère PHASE D'AMENAGEMENT
ETUDE MILIEUX NATURELS / EVALUATION DES IMPACTS**

Carte 10 : Surface de zone humide impactée

4 LES MESURES

Dans l'objectif d'éviter, réduire, compenser ou accompagner, les impacts du projet sur les zones humides, des mesures doivent être mises en place. Celles-ci sont proportionnelles aux impacts définis précédemment.

4.1 LES MESURES D'ÉVITEMENT

Ces mesures sont présentées dans les dossiers de demande d'autorisation loi sur l'eau ainsi que dans le dossier de demande de dérogation espèces protégées.

4.2 LES MESURES DE RÉDUCTION

En plus des mesures d'évitement mises en place, différentes mesures de réduction sont proposées.

4.2.1 **MR 1 : Mise en Œuvre et suivi d'un système de management environnemental en phase travaux**

Objectif de la mesure :

L'objectif de cette mesure est de prévenir les impacts sur les habitats et notamment les zones humides pendant le chantier.

Modalités de mise en œuvre :

Dans le cadre de son marché, chaque entreprise est tenue de rédiger, mettre en œuvre et contrôler un plan d'assurance environnement (PAE).

Dans le cadre du PAE, sur la base des enjeux environnementaux du site et des engagements du maître d'ouvrage, l'entreprise analyse les impacts de ses travaux et met en œuvre les mesures adaptées pour prévenir ces impacts.

Cette démarche de management est contrôlée par

- l'entreprise elle-même en interne sur le chantier ;
- en externe par un spécialiste de l'entreprise hiérarchiquement indépendant de la direction des travaux ;
- par le maître d'ouvrage assisté de son maître d'œuvre lors de visites environnement au minimum mensuelles.

Les PAE détailleront en particulier les mesures suivantes :

- définition et réalisation d'un système d'assainissement provisoire permettant de canaliser les eaux du chantier et d'en maîtriser le débit solide avant restitution aux milieux naturels, jusqu'à la réalisation du système d'assainissement définitif,
- définition et mise en œuvre d'un système d'assainissement de la base vie,

- possibilité de nettoyage des toupies de béton de façon maîtrisée (exemple : creusement de fosses de nettoyage),
- stockage des produits dangereux sur des aires ou dispositifs aménagés pour éviter toute fuite,
- procédure pollution accidentelle,
- entretien des engins de chantier sur une aire prévue à cet effet,
- limitation des emprises du chantier au strict nécessaire,
- interdiction de pénétration dans les zones humides non impactées par les travaux,
- réensemencement des talus dès que possible pour éviter l'entraînement des débits solides,
- gestion des déchets, notamment des liquides polluants par la réalisation d'un SED, suivi de l'élimination des déchets permettant de tracer tous les déchets du chantier jusqu'à leur recyclage, traitement ou élimination.

Des pénalités seront prévues dans les marchés en cas d'atteinte à l'environnement.

Les mesures de protection de protection de la ressource en eau :

- Protection des talus afin d'éviter l'érosion et de limiter l'entraînement des particules en suspension : les talus serontensemencés le plus rapidement possible après les terrassements afin de limiter l'entraînement de fines par ruissellement.
- Collecte et traitement des eaux pluviales : pendant les travaux de terrassement, un système d'assainissement provisoire sera mis en œuvre afin de maîtriser les eaux de ruissellement du chantier avant restitution au milieu naturel. Les eaux de ruissellement sur les différents talus et plateformes projet (pistes de chantier, terrassements, dépôts, accès provisoires, ...) sont collectées par des fossés latéraux provisoires avant d'être recueillies dans des dispositifs de contrôle et de traitement, mis en place dès le début des travaux. Ces dispositifs, mis en place dès le début des travaux, seront dimensionnés pour T = 2 ans.

Les rejets des installations de chantiers :

- Implantation judicieuse des aires de chantier et des zones de dépôt et de stockage de matériau : dans la mesure du possible en dehors des zones humides, inondables et éloignées des cours d'eau ;
- Collecte et évacuation des eaux pluviales des aires de lavage ou de stockage de produits potentiellement polluants (zones de maintenance, aires de stockage des carburants et d'entretien des engins) dans un réseau étanche vers un bassin de rétention ou vers un séparateur à hydrocarbures ;
- Maîtrise qualitative et quantitative des rejets d'eaux pluviales;
- Stockage des hydrocarbures dans des cuves à doubles parois ou équipées de bacs de rétention étanches dont le volume est au moins égal à l'ensemble du volume stocké ;
- Huiles de vidange et autres polluants collectées, stockées et évacuées en fûts fermés régulièrement par une entreprise agréée vers des centres de tri agréés ;
- Sur le chantier, des dispositifs permettant le nettoyage des toupies sont prévus. Tout autre site de lavage « sauvage » (cours d'eau, système d'assainissement autoroutier et routier) fera l'objet d'une pénalité à l'entreprise.

Les rejets accidentels de polluants toxiques :

Les mesures de précaution suivantes sont prises :

- Elaboration par le responsable environnement chantier d'une procédure d'intervention en cas de pollution accidentelle ;
- Réalisation de l'entretien des engins de chantier sur un site étanche ;
- Kits anti-pollution (produits absorbants) disponibles sur toutes les installations de chantier. Les chefs d'équipe sont munis d'un kit et formés régulièrement à leur utilisation.

Les rejets d'eaux usées :

La collecte des eaux usées des installations de chantier se fait dans des dispositifs étanches. Puis, les eaux sont :

- soit évacuées dans le réseau d'égouts existants, en accord avec le service maître d'œuvre et le gestionnaire du réseau ;
- soit reliées à des systèmes autonomes conformes à la réglementation en vigueur ;
- soit stockées dans une fosse étanche et pompée régulièrement par une entreprise agréée.

Au regard du besoin en personnel pendant toute la durée du chantier, aucune installation ne dépasse les 200 équivalents habitants.

Suivi :

Au cours du chantier :

- SANEF réalisera, assisté de son maître d'œuvre, une visite environnementale du chantier chaque mois ;
- En complément, en fonction de l'avancement des travaux, et en particulier pendant les périodes ou interventions à enjeux, des visites environnementales ponctuelles de contrôle seront menées par le maître d'œuvre.

L'objectif de ces visites sera de contrôler la mise en œuvre des mesures auxquelles se sont engagées les entreprises, de contrôler leur efficacité et l'atteinte des objectifs du maître d'ouvrage, et le cas échéant, d'apporter les mesures correctives en cas de non atteinte de ces objectifs et engagements.

4.2.2 MR 2 : Respect de l'emprise stricte du projet

Objectif de la mesure :

L'objectif de cette mesure est de limiter les impacts sur les habitats et notamment les zones humides pendant la phase chantier.

L'objectif de cette mesure est triple. Il s'agit de :

- prévenir la destruction d'habitats à enjeu (exemples : sites de reproduction des amphibiens) ;
- prévenir la destruction de stations d'espèces végétales remarquables ;
- sensibiliser les intervenants sur le chantier à la proximité d'enjeux environnementaux

Certaines surfaces ne sont pas concernées par des aménagements mais risquent d'être impactées par les travaux. Une matérialisation des milieux à enjeux à proximité du chantier permet d'éviter des impacts.

Modalités de mise en œuvre :

Ces mesures sont mises en œuvre avec l'assistance d'un écologue. Leur maintien dans le temps est ensuite contrôlé par le responsable environnement du chantier.

Les travaux sont contenus dans les emprises autorisées au titre des procédures issues du code de l'environnement.

La matérialisation de ces espaces à protéger de toute circulation piétonne ou d'engins est effectuée avant le démarrage des travaux.

Les zones présentant un enjeu écologique et les zones humides sont matérialisées afin de supprimer le risque de sortie des emprises du chantier. Toutes les zones de chantier sont remises systématiquement en état.

Toutes les zones de stockage de matériaux en phase chantier seront localisées dans les emprises du futur Domaine Public Autoroutier Concédé (DPAC). Les aménagements à charge de la SANEF étant en remblais, il n'y aura pas de génération de déblais conséquents. Les terres végétales issues des décapages seront mises en dépôt provisoire dans les emprises du futur DPAC en dehors des zones inondables puis réutilisées en fin de terrassement pour régaler les talus avant ensemencement.

Les espaces concernés sont les habitats à enjeu fort ou très fort et les stations d'espèces remarquables ou protégées. Cette mesure concerne les mares importantes pour la reproduction des amphibiens et pour l'Hottonie, mais également des arbres remarquables situés en périphérie du chantier.

Cette mesure consiste en un balisage des parcelles remarquables et sensibles mais également en un balisage des stations d'espèces remarquables non concernées par des aménagements mais potentiellement menacées par la phase travaux de par leur proximité.

La mise en place se fait avec un panneau d'information et une clôture physique dissuasive vis-à-vis de la circulation des engins de chantier.

Suivi :

Dans le cadre du contrôle des PAE effectué par le maître d'ouvrage et / ou son maître d'œuvre.

4.2.3 MR 3 : Maintien de l'alimentation en eau de la zone humide enclavée

Objectif de la mesure :

L'objectif de cette mesure est de supprimer les impacts indirects du projet sur la zone humide située entre la bretelle et l'autoroute existante.

Modalités de mise en œuvre :

Un secteur de zone humide, s'étendant sur 1.1 ha, est enclavé par le projet, et situé à l'interface entre l'échangeur A4/A35 existant, le projet porté par SANEF et le projet porté par ARCOS.

L'organisation du chantier pour la construction de la liaison A4-A355, et le respect strict des emprises définitives pour la mise en œuvre de ce chantier, est une mesure d'évitement, appliquée notamment à ce secteur, pour préserver les milieux naturels autour du projet.

Ainsi, la mise en œuvre de clôtures autour du chantier évitera la divagation d'engins et de piétons dans ce secteur à enjeux.

En phase exploitation, les fossés et écoulements superficiels existants actuellement dans ce secteur, et alimentant la zone humide seront rétablis sous la nouvelle liaison A4-A355 en remblai. Deux ouvrages hydrauliques de franchissement (collecteurs de diamètre 800 mm) sont en effet prévus sous la section courante projetée, pour rétablir les fossés existants et les écoulements de surface.

L'objectif de cette mesure, outre le rétablissement des écoulements, est de préserver le fonctionnement hydraulique actuel dans cette future enclave autoroutière.

Ainsi, l'alimentation en eaux superficielles de cette zone humide sera restaurée par des ouvrages hydrauliques.

NB : l'enclavement de ces surfaces n'est pas forcément un « frein » à la qualité écologique de ce secteur pour les espèces animales et/ou végétales, à partir du moment où les zones humides sont fonctionnelles et accessibles. C'est notamment le cas actuellement de la zone humide située dans l'actuelle boucle de l'échangeur de l'A35 – site géré par le CSA.

En outre, les nombreux passages dédiés à la petite faune, intégrés dans le projet sous la liaison A4-A355, contribueront à la fréquentation de ce secteur par la petite faune et au désenclavement biologique de ce secteur (Cf. mesure MR12 décrite ci-après).

Suivi :

Le suivi de la mise en œuvre de cette mesure sera réalisé à deux stades :

- Pendant le chantier, dans le cadre du management environnemental, vérification du respect des emprises du chantier, du maintien en place des balisages, et de l'absence de déplacement d'engins dans ce secteur de zones humides ;
- Au cours de l'exploitation, vérification par un écologue, du maintien de la zone humide par la réalisation d'analyses pédologiques et de relevés botaniques, et diffusion d'un rapport aux services de l'Etat :
 - 1 an après la mise en service ;
 - 5 ans après la mise en service.

4.2.4 MR 4 : Réduction de l'impact lié aux pistes de chantier en zones humides (impact temporaire)

Objectif de la mesure :

L'objectif de cette mesure est de limiter les impacts du chantier sur les habitats humides (zones humides).

Modalités de mise en œuvre et de démontage :

Ces pistes permettent l'accès au chantier pour les engins, les transports de matériaux et le suivi du chantier. Elles sont localisées dans l'emprise des travaux. Les zones humides impactées temporairement par le chantier le sont principalement par les pistes.

Des précautions sont prises afin de réduire les impacts potentiels de tels équipements temporaires sur ces secteurs à enjeux. Les impacts des pistes de chantier sur les zones humides peuvent être :

- Le tassement des sols ;
- L'orniérage, qui peut avoir un effet drainant sur les zones humides.

Ainsi, les pistes temporaires nécessaires au chantier sont conçues et implantées afin que l'impact sur les sols et les habitats de zones humides soit temporaire et réversible.

Concrètement, afin de préserver la végétation et la terre végétale située dessous, les sections de pistes de chantier en zones humides, notamment la piste temporaire à l'ouest de l'A4, qui restera en place pendant une durée de 16 mois, seront démontables.

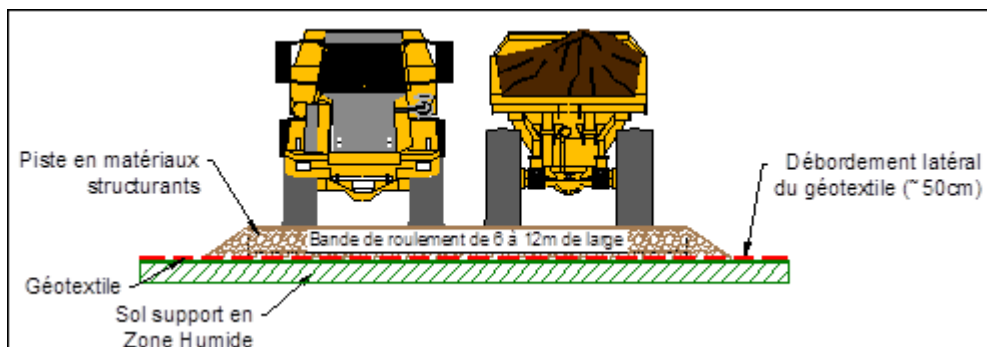
L'installation de pistes de chantier démontables se fait comme suit :

- Un géotextile est mis en place directement sur le terrain naturel (TN) non décapé. L'objectif du géotextile est de préserver la terre végétale contre les transferts de fines et de cailloutis, et de mieux répartir la portance de la piste ;
- Le géotextile est ensuite recouvert de plats-bords (en métal ou en bois), assurant une portance suffisante pour la circulation des engins de chantier, sans risquer de mélange de matériaux ou de caillous dans le sol ;
- En point bas, en cas de présence d'un écoulement, une buse Ø 300 sera mise en place perpendiculairement au sens de circulation, afin d'assurer la transparence hydraulique pendant le chantier.

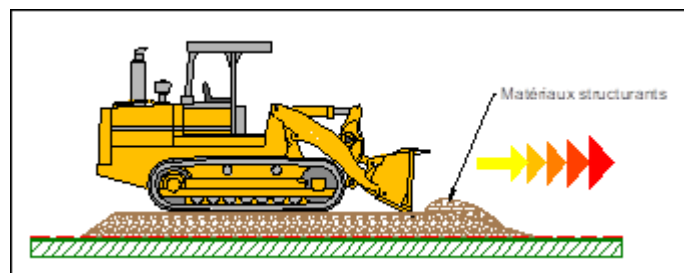
Illustrations de pistes démontables de chantier en plats-bords



Coupe transversale d'une piste de chantier démontable, installée sur une zone humide



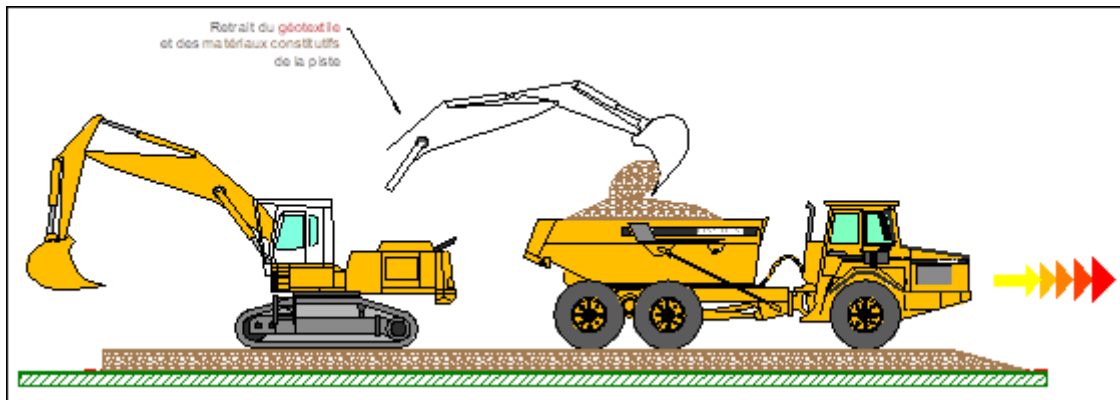
Piste en phase de montage (vue en coupe longitudinale)



En fin de chantier, pour le démontage de la piste :

- L'ensemble des matériaux de la piste de chantier sont évacués par camion ;
- Les buses et géotextiles seront évacués et éliminés par des filières de traitement agréées ;
- Un griffage du sol (par décompactage) est réalisé si nécessaire pour décompacter le sol.

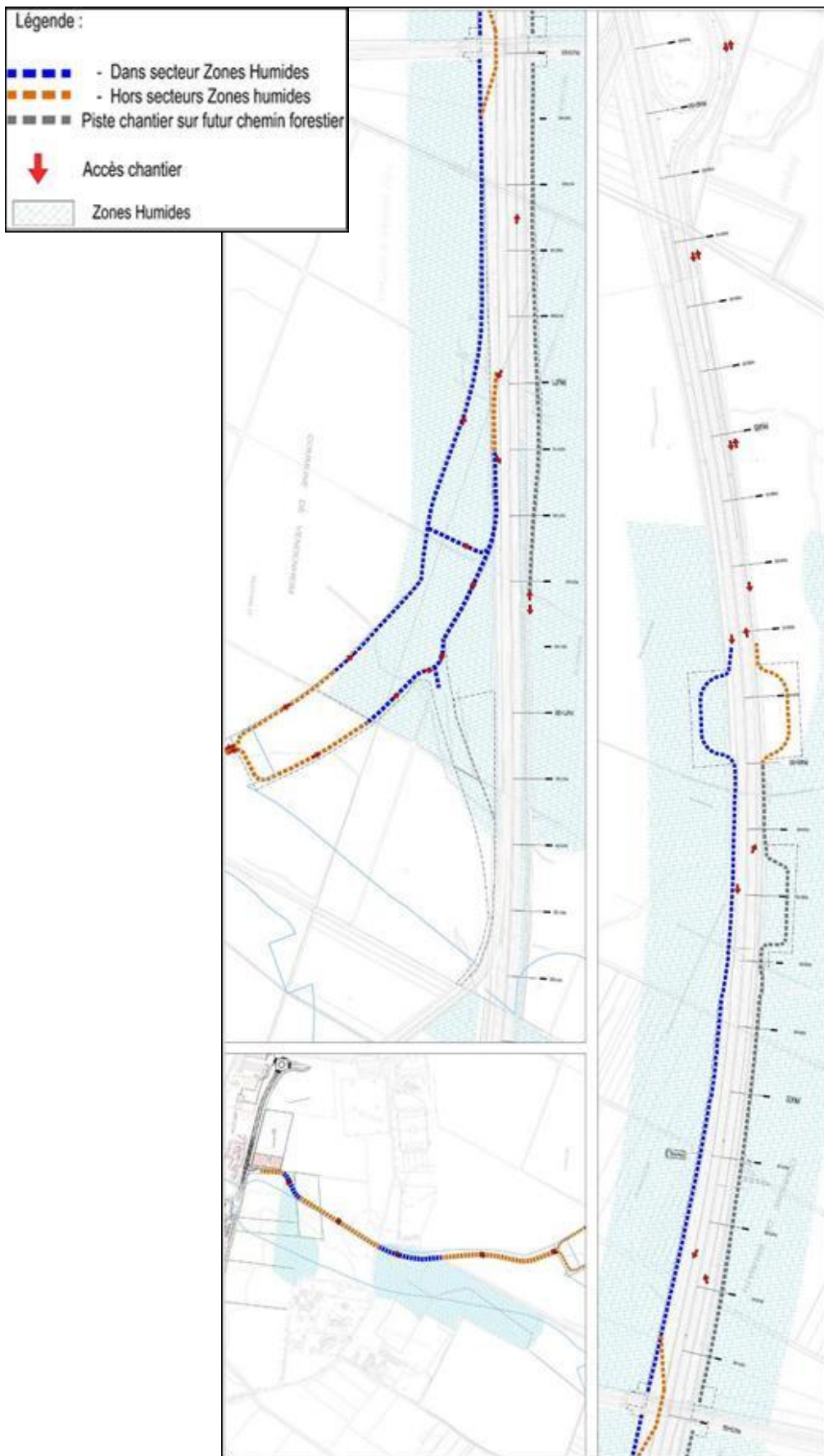
Piste en phase de démontage (vue en coupe longitudinale)



Localisation des pistes de chantier :

La carte suivante localise l'ensemble des pistes du chantier, et identifie les secteurs dans lesquels elles sont en zones humides, correspondant à une surface de 2,1 ha.

Figure 3 : Pistes de chantiers prévisionnelles hors et en zones humides



Suivi :

Cette mesure sera intégrée au marché de travaux et fera l'objet d'un suivi dans le cadre du management environnemental du chantier, au moment de la mise en œuvre de la piste :

- Rappel avant l'intervention, de la méthodologie à mettre en œuvre et des enjeux en présence, et suivi du montage de la piste dans le cadre du management environnemental du chantier ;
- La méthodologie spécifique au démontage sera rappelée avant l'intervention, et le démontage sera suivi dans le cadre du management de chantier.

Au cours du chantier, la personne en charge du management environnemental vérifiera lors de ses visites que le géotextile est en place et que la piste est en bon état pour le déplacement des engins.

5 ANALYSE DES IMPACTS RÉSIDUELS SUR LES ZONES HUMIDES

La mise en place des mesures d'évitement et de réduction conduit à la synthèse suivante quantifiant l'impact résiduel sur les zones humides :

7,9 ha de zones humides sont impactés de manière permanente par le projet, les fonctionnalités de ces surfaces sont à compenser.

Qualification de l'impact		Zone humide impactée par le projet (en hectares)	Mesures de réduction	Impacts résiduels
Direct	Temporaire	2,1	MR1 / MR2 / MR3 / MR 4	Nul
	Permanent	7,9	MR2	7,9 ha Destruction par remblaiement de zone humide
Indirect		1,1	MR3	Nul

6 EVALUATION DE LA FONCTIONNALITÉ DES ZONES HUMIDES D'APRÈS LA MÉTHODOLOGIE NATIONALE (AFB, 2016) ET DÉFINITION DES MESURES COMPENSATOIRES

6.1 INTRODUCTION

La méthode nationale d'évaluation des fonctionnalités des zones humides² a été appliquée.

L'objectif de l'application de cette méthode est d'évaluer, d'une part, les évolutions des fonctions des zones humides impactées avant et après le projet d'aménagement, et d'autre part, les évolutions des fonctions des zones humides compensatoires avant et après mise en place d'actions écologiques.

=> Au final, en comparant les pertes fonctionnelles associées à l'aménagement, aux gains fonctionnels associés à la mise en œuvre des mesures compensatoires, la méthodologie permet d'apprécier si les pertes fonctionnelles sur les sites impactés sont compensées par les gains fonctionnels sur les sites compensatoires.

Dans le cas présent, la démarche d'évaluation a été effectuée sur :

- ⇒ le site avant impact ;
- ⇒ le site avec impact envisagé ;
- ⇒ le site de compensation avant action écologique ;
- ⇒ le site de compensation avec action écologique envisagée.

6.2 RAPPEL SUR LA NOTION DE « SITE »

La méthode permet d'évaluer les fonctions des zones humides sur une unité spatiale continue appelée « site ». Le site peut être tout ou partie (par ex. une parcelle, un habitat) d'un système humide (Figure 4). Ses contours sont fixés de manière arbitraire par l'observateur mais en veillant :

- à ce que le site soit intégralement en zone humide au sens de l'art. L.211-1 du code de l'environnement, précisé par l'arrêté interministériel du 24 juin 2008 modifié ;
- à ce qu'il n'appartienne qu'à un seul système hydrogéomorphologique sauf situation particulière.

Cette délimitation de site est valable pour le site impacté et le site de compensation.

² Gayet, G., Baptist, F., Baraille, L., Caessteker, P., Clément, J.-C., Gaillard J., Gaucherand, S., Isselin-Nondedeu, F., Poinot C., Quétier, F., Touroult, J., Barnaud, G., 2016. Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides - version 1.0. Onema, collection Guides et protocoles, 186 pages

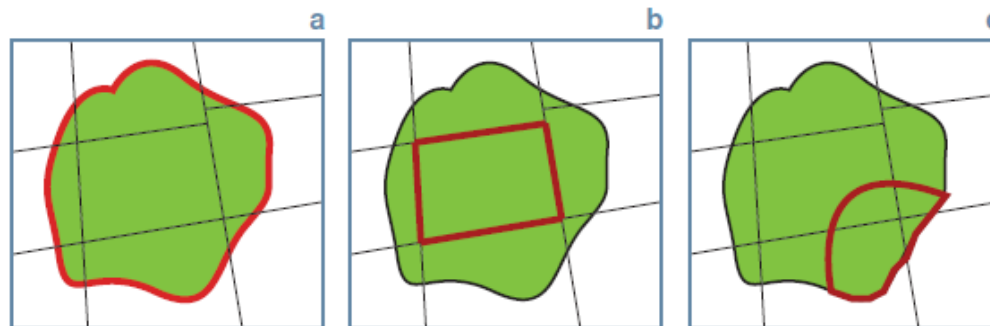


Figure 4 : Trois exemples fictifs de sites (a, b, c). Le polygone vert indique un système humide, les traits noirs indiquent une délimitation administrative quelconque (par ex. un parcellaire) et le polygone au contour rouge sans trame de fond indique des sites dont les contours sont fixes arbitrairement par l'observateur.

6.3 RAPPELS SUR LES NOTIONS DE FONCTIONS ET DE SOUS-FONCTIONS

=> La méthode permet d'évaluer l'intensité des fonctions « vraisemblablement réalisées » et non celle des fonctions « effectivement réalisées ».

Selon Maltby & al. (1996), les fonctions sont les actions qui ont lieu naturellement dans les zones humides, résultantes d'interactions entre la structure de l'écosystème et les processus physiques, chimiques et biologiques. 3 grandes fonctions sont évaluées : la fonction hydrologique, la fonction biogéochimique et la fonction d'accomplissement du cycle biologique des espèces, celles-ci étant déclinables en sous-fonctions.

Les trois grandes fonctions évaluées par la méthode sont : la fonction hydrologique, la fonction biogéochimique et la fonction d'accomplissement du cycle biologique des espèces.

Les fonctions hydrologiques, biogéochimiques et d'accomplissement du cycle biologique des espèces sont déclinables en sous-fonctions difficiles à évaluer de manière exhaustive. Avec une telle méthode, il est évidemment impossible d'évaluer l'ensemble des sous-fonctions associées aux zones humides et des choix ont dû être effectués (Encadrés 2 et 3). Les sous-fonctions retenues sont le résultat d'une réflexion menée par les partenaires associés à la conception de la méthode.

Au cours de cette réflexion, ont été identifiées des sous-fonctions pour lesquelles :

- les zones humides portent le plus souvent un rôle prépondérant comparativement aux autres milieux selon les acteurs impliqués dans leur gestion ;
- la littérature scientifique est suffisamment abondante pour proposer des indicateurs qui reflètent le plus pertinemment possible leur réalisation ;
- l'évaluation semble possible par le biais d'une telle méthode.

Les sous-fonctions évaluées par la méthode sont les suivantes. Elles sont décrites plus précisément dans Gayet *et al.* (2016).

Fonction hydrologique :

Ralentissement des ruissellements : évaluer le ralentissement des écoulements d'eau en surface (flux liquides).

Recharge des nappes : évaluer l'infiltration des eaux de surface en profondeur dans le sol (flux liquides souterrains).

Rétention des sédiments : évaluer le captage des sédiments qui transitent avec les ruissellements et la rétention des particules solides présentes dans la zone humide (flux solides érosifs ou particulières).

Encadré 2. Sous-fonction hydrologique non évaluée dans le cadre de cette méthode : l'exemple du soutien d'étiage

Le soutien d'étiage, c'est-à-dire la capacité d'une zone humide à restituer les eaux souterraines retenues dans le sous-sol vers le lit mineur du cours d'eau en période de basses eaux n'est pas évaluée avec cette méthode. Des difficultés ont en effet été rencontrées pour identifier des paramètres fiables permettant de documenter la réalisation de cette sous-fonction avec une telle méthode.

Fonction biogéochimique :

Dénitrification des nitrates : évaluer la transformation des nitrates (NO₃-) en azote gazeux dans l'atmosphère (N₂O, NO, N₂) par dénitrification.

Assimilation végétale de l'azote : évaluer la capacité de la végétation à assimiler l'azote et à le retenir temporairement.

Adsorption, précipitation du phosphore : évaluer le processus de rétention du phosphore par le biais de mécanismes d'adsorption et de précipitation dans le sol.

Assimilation végétale des orthophosphates : évaluer la capacité de la végétation à assimiler les orthophosphates et à les retenir temporairement.

Séquestration du carbone : évaluer l'importance de la séquestration du carbone dans les végétaux et dans les sols.

Encadré 3. Sous-fonctions biogéochimiques non évaluées dans le cadre de cette méthode : les exemples de la rétention des matières en suspension et de la rétention/transformation des phytosanitaires

La rétention des matières en suspension par les zones humides n'est pas évaluée. La bibliographie permettant d'évaluer simplement cette sous-fonction, et ce au regard des impératifs opérationnels de la méthode, fait défaut. Le peu de bibliographie connue semblerait indiquer que cette sous-fonction soit très souvent corrélée aux sous-fonctions de ralentissement des ruissellements et de rétention des sédiments.

La rétention et la transformation des produits phytosanitaires par les zones humides ne sont pas évaluées. En effet, la diversité de ces composés et leurs formes sont telles que leur intégration dans la méthode nécessiterait un travail préalable pour identifier les composés pertinents à évaluer, en tenant compte notamment des connaissances scientifiques décrivant la dynamique propre à chacun dans l'environnement.

Fonction d'accomplissement du cycle biologique des espèces :

Support des habitats : évaluer la composition et la structure des habitats pour décrire leur capacité à accueillir des espèces autochtones afin qu'elles y accomplissent tout ou partie de leur cycle biologique (les espèces protégées ne sont pas prises en compte dans le cadre de cette méthode).

Connexion des habitats : évaluer la connectivité (inverse de l'isolement) des habitats et décrire les possibilités de déplacement des espèces autochtones.

6.4 LE SITE IMPACTÉ

6.4.1 Description du site impacté avant impact et avec impact envisagé

Pour le diagnostic écologique du site impacté, se rapporter au §1.2.3. p. 19.

La carte suivante présente le site impacté tel que défini dans l'application de la méthodologie nationale. Celui-ci correspond aux zones humides impactées par le projet d'aménagement après mise en place des mesures d'évitement et de réduction.

La surface de zone humide impactée est de 7,86 ha.



Carte 11 : Site impacté

Au total, 16 sondages pédologiques à la tarière ont été effectués au sein de la zone d'étude, dont **7 sont caractéristiques d'un sol hydromorphe d'après l'arrêté du 24 juin 2008 modifié**. Ce faible nombre s'explique par la grande difficulté à interpréter les sondages pédologiques résultant du matériau sableux présent sur l'ensemble de la zone d'étude. En effet, les sondages pédologiques font apparaître des sols sableux avec un plafond argileux plus ou moins profond en fonction de la topographie notamment. Ces sols sableux relativement drainants et pauvres en fer rendent la

détection des traces d'hydromorphie particulièrement délicate, quand bien même l'habitat observé caractérise une zone humide.

Certains de ces sols sont hydromorphes et présentent des traces d'oxydo-réduction (pseudo-gley) à moins de 25 cm de profondeur, qui s'intensifient en profondeur. Ces profils se caractérisent par un horizon sableux avec des traces d'hydromorphie plus ou moins marquées jusqu'à 30 à 45 cm. Cet horizon sableux surmonte un horizon enrichi en argile avec des traces d'hydromorphie marquées, souvent riches en graviers et avec des concrétions ferro-manganiques apparaissant sur certains profils à 60 cm. Au-delà de 70 cm, l'argile est moins présente dans certains profils, laissant place à un horizon sableux de couleur rouille.



Illustration d'un sondage réalisé dans les sites impactés

Certains autres sols présentent un profil sableux souvent relativement homogène, riche en matière organique en surface, de couleur gris noir. Cet horizon repose sur des horizons peu différenciés beige rouille à beige clair avec parfois des traces d'oxydo-réduction peu marquées à marquées en profondeur. Bien que ne présentant pas de traces d'hydromorphie en surface bien nette, l'interprétation est très délicate, du fait du profil sableux d'une couleur rouille uniforme.

Au vu des limites importantes dans l'interprétation des sondages pédologiques, la délimitation s'est, en grande partie, basée sur l'analyse de la végétation.

Six habitats naturels humides sont directement ou indirectement impactés par le projet :

Dénomination de l'habitat	Code Corine Biotope	Habitat humide (H) ou humide pro parte (p)	Superficie (ha)
Chênaie-bétulaie acidiphile des plaines sableuses du <i>Molinio caeruleae-Quercion roboris</i>	41.51	H	2.48
Aulnaies marécageuses de l' <i>Alnion glutinosae</i>	44.911	H	0.15
Bétulaie pionnière du <i>Molinio caeruleae-Quercion roboris</i>	41.51	H	1.85
Végétation nitrophile humide (<i>Calystegion sepium x Arrhenatherion elatioris</i>)	37.7	H	0.13
Chênaie-charmaie acidiclinales sur sables hydromorphes du <i>Frangulo dodonei-Quercion roboris</i>	41.24	p	5.30
Plantation d'épicéas	83.31	p	0.18

Les sondages pédologiques, effectués au niveau des deux secteurs impactés de la Bétulaie pionnière, montrent le rattachement de cet habitat aux zones humides au sens réglementaire.



Chênaie-bétulaie acidophile (source : Egis Environnement)



Aulnaie marécageuse à *Carex elongata* (source : Egis Environnement)



Bétulaie pionnière (source : Egis Environnement)



Plantation d'épicéas (source : Egis Environnement)

6.4.2 Éléments de contexte et évaluation des enjeux

Cette zone humide alluviale s'inscrit dans une vaste zone contributive, de par la topographie plane, de près de 1500 ha. Le territoire présente une part cultivée très réduite, de moins de 20%, et une part de surfaces enherbées très réduite. L'occupation du sol est complétée par une part construite importante, de 1,8% et un couvert végétal permanent très important, avec plus de 80%, et une densité d'infrastructures de transport importante. Les caractéristiques de l'occupation du sol, notamment par une nette dominance du milieu forestier, impliquent des apports en sédiments, en nutriments et en polluants relativement assez modérés. Par ailleurs, le cours d'eau relativement sinueux favorise des écoulements lents des eaux dans la plaine alluviale, élément favorable aux fonctions hydrologiques et biogéochimiques.

- ⇒ **ENJEUX / FONCTIONS HYDROLOGIQUES ET BIOGÉOCHIMIQUES : Enjeu assez faible pour la rétention des sédiments, la dénitrification, l'assimilation des nutriments azote et phosphore grâce à la végétation, et l'adsorption et la précipitation du phosphore dans le sol, de par les apports relativement faibles en sédiments et nutriments.**

Le paysage du site impacté présente une richesse en grands habitats EUNIS 1 importante, avec une équipartition de ces habitats élevée. La densité de corridors aquatiques temporaires est très importante, favorisant les connexions pour la faune et la flore. En revanche, la densité est très réduite pour les corridors aquatiques permanents, limitant les déplacements de certaines espèces aquatiques. Les grandes infrastructures routières (A4) présentent une densité très importante, constituant un obstacle important dans le déplacement de la faune. Ceci est également à relativiser par une densité de petites infrastructures de transport très réduite. Les corridors boisés sont très peu présents mais le milieu forestier est relativement continu et étendu.

⇒ **ENJEUX / FONCTIONS D'ACCOMPLISSEMENT DES CYCLES BIOLOGIQUES DES ESPECES :**
Enjeu assez fort pour le site de réaliser les fonctions de supports des habitats et de connexion des habitats, notamment de part la diversité des habitats présents et la densité de corridors aquatiques temporaires.

FONCTIONS HYDROLOGIQUES			FONCTIONS BIOGEOCHIMIQUES					FONCTIONS D'ACCOMPLISSEMENT DU CYCLE BIOLOGIQUE DES ESPECES	
Ralentissement des ruissellements	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats
Enjeu assez faibles	Enjeu assez faibles	Enjeu assez faibles	Enjeu assez faibles	Enjeu assez faibles	Enjeu assez faibles	Enjeu assez faibles	Enjeu assez faibles	Enjeu assez fort	Enjeu assez fort
Enjeu assez faibles	Part cultivée très réduite (16,6%) / Part enherbée très réduite (6,6%) / Part construite très importante (1,8%) / Couvert végétal permanent très important avec 80% et dominance nette de forêt / Densité d'infrastructures de transport importante / Cours d'eau assez sinueux favorise les écoulements lents des eaux		Enjeu assez fort	Part cultivée très réduite (16,6%) / Part enherbée très réduite (6,6%) / Part construite très importante (1,8%) / Couvert végétal permanent très important avec 80% et dominance nette de forêt => apports en sédiments, nutriments et polluants modérés / Densité d'infrastructures de transport importante / Cours d'eau assez sinueux favorise les écoulements lents des eaux			Enjeu assez fort	Richesse en grands habitats EUNIS 1 dans l'environnement importante et Equitabilité de répartition des grands habitats élevée / Densité de grandes infrastructures de transport très importante => obstacle au déplacement mais densité de corridors aquatiques temporaire très importante => déplacements faune et flore favorisée (sauf espèces aquatiques : densité faible de corridors aquatiques permanents)	

Figure 5 : Evaluation des fonctions de la zone humide, analyse des enjeux dans son contexte

6.4.3 Evaluation des fonctions sur le site impacté

Sur le site impacté, concernant les fonctions hydrologiques et biogéochimiques, les paramètres pris en compte dans l'évaluation de la capacité à remplir ces fonctions sont :

- un couvert végétal permanent très important, avec une part boisée dominante, qui permet, de par la rugosité du couvert de ralentir les écoulements et favorise les processus biogéochimiques ;
- le système de drainage, avec une densité de fossés très importante (125 ml / ha), limitant l'apport en eau aux masses d'eau souterraines. De ce fait, les nutriments (azote N et phosphore P) et les phytosanitaires sont moins retenus et/ou transformés sur le site et sont rejetés directement à la masse d'eau superficielle. En revanche, les fossés sont en partie végétalisés (berges notamment), ceci favorisant la rétention des sédiments et la mise en œuvre des fonctions épuratoires et d'assimilation du phosphore ;
- un sol au pH très acide permettant difficilement la captation du phosphore inorganique dans le sol (orthophosphates) ;
- l'épisolum humifère mince qui minore les capacités du site pour la rétention des sédiments, les processus associés au phosphore et la séquestration du carbone ;
- la texture très sableuse limite également la capacité du site de retenir les sédiments entre autres.

⇒ **ENJEUX / FONCTIONS HYDROLOGIQUES ET BIOGÉOCHIMIQUES : Capacité assez forte pour le site de ralentir les ruissellements, recharger les nappes, ainsi que pour la dénitrification, l'assimilation des nutriments azote et phosphore grâce à la végétation. La rétention des sédiments est limitée par la texture sableuse et l'adsorption et la précipitation du phosphore dans le sol sont limitées par le pH acide.**

Sur le site impacté, concernant la fonction d'accomplissement du cycle biologique des espèces, les paramètres pris en compte dans l'évaluation de la capacité à remplir ces fonctions sont :

- la richesse en grands habitats EUNIS 1 assez réduite et équitabilité de répartition des grands habitats très réduite ;
- le très faible isolement des habitats par rapport à des habitats similaires proches, et habitats très similaires au paysage ;
- l'absence de forte artificialisation des habitats ;
- la richesse forte en habitats EUNIS 3 ;
- les perturbations anthropiques modérées ;
- l'emprise occupée par des espèces végétales exotiques envahissantes assez réduite (*Robinia pseudacacia*, *Prunus serotina*, *Solidago gigantea*).
-

⇒ **ENJEUX / FONCTIONS D'ACCOMPLISSEMENT DES CYCLES BIOLOGIQUES DES ESPECES :**
Capacité assez forte pour le site de réaliser les fonctions de supports des habitats et de connexion des habitats, fonction limitée par la diversité du site modéré (en termes de structure => habitats forestiers quasi exclusifs). En revanche, l'isolement de ces habitats est très faible et les perturbations anthropiques modérées.

FONCTIONS HYDROLOGIQUES			FONCTIONS BIOGEOCHIMIQUES					FONCTIONS D'ACCOMPLISSEMENT DU CYCLE BIOLOGIQUE DES ESPECES		
Ralentissement des ruissellements	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats	
Capacité assez fort	Capacité assez faible	Capacité faible	Capacité assez faible	Capacité assez faible	Capacité assez faible	Capacité assez faible	Capacité assez faible	Capacité assez forte	Capacité assez forte	
Capacité assez faible	Couvert végétal permanent très important (100%) et surtout forestier ralentit les écoulements / Système de drainage dense (125ml/ha de fossés) limite la recharge des nappes / Texture majoritairement sableuse limite la rétention des sédiments		Capacité assez faible	Couvert végétal permanent très important (100%) et surtout forestier de part rugosité, favorise les processus biogéochimiques / Système de drainage dense (125ml/ha de fossés) limitant / Texture majoritairement sableuse limite les fonctions épuratoires / pH du sol acide limite l'assimilation des orthophosphates par la végétation / Processus associés au phosphore et séquestration du carbone minorés par épilobium humifère mince					Capacité assez forte	Richesse en habitats EUNIS 1 assez réduite et Equitabilité de répartition des grands habitats très réduite / Très faible isolement des habitats par rapport à des habitats similaires proches et habitats très similaires au paysage / Perturbations anthropiques modérées / Emprise occupée par espèce végétale exotique assez réduite

Figure 6 : Evaluation des fonctions du site impacté

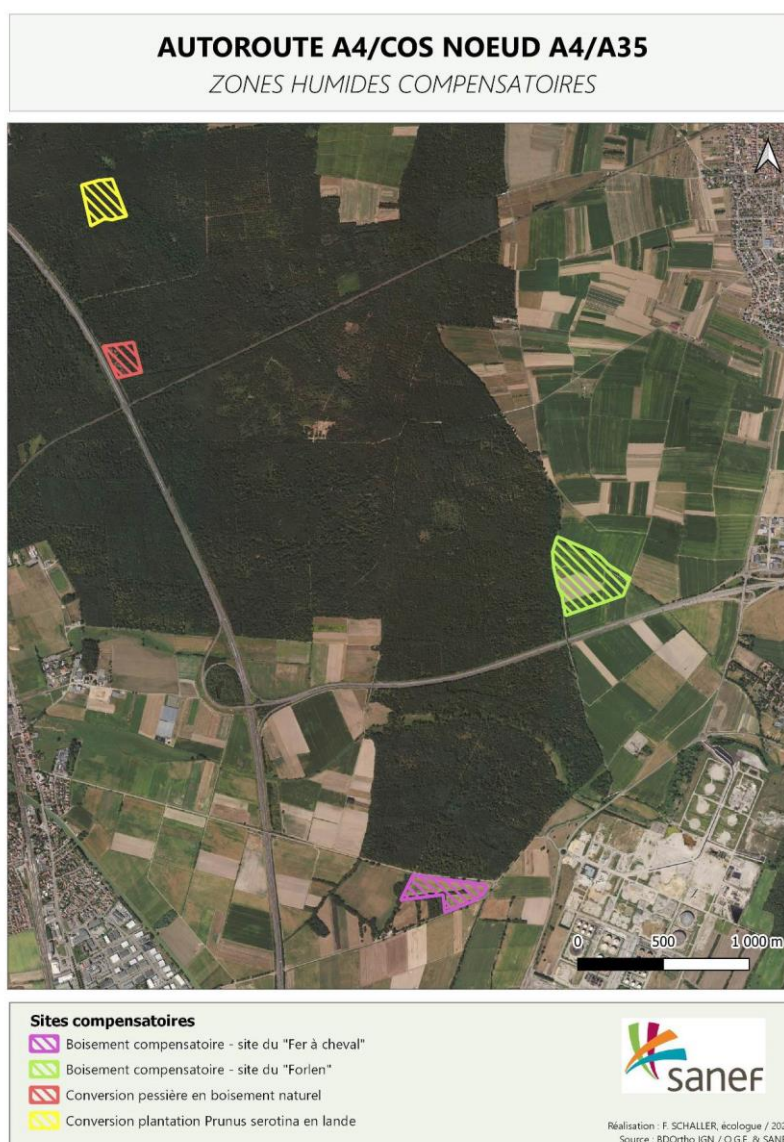
6.5 LE SITE DE COMPENSATION

6.5.1 Description du site de compensation

La mesure compensatoire comprend différents sites associés à des actions écologiques distinctes :

- Site 1 : Boisement de terres agricoles en lisière du Krittwald avec un peuplement de feuillus autochtones, site du « Forlen » sur une superficie de 12,25 ha ;
- Site 2 : Conversion d'un labour en prairie et boisement en lisière sud du Krittwald, site du « Fer à cheval » sur une superficie de 5,65 ha ;
- Site 3 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* (espèce invasive) en lande humide rase, sur une superficie de 4,66 ha ;
- Site 4 : Conversion d'une plantation d'épicéa en boisement de feuillus autochtones, sur une superficie de 3,05 ha.

La mesure compensatoire globale fait une superficie totale de 25,62 ha.



Carte 12 : Localisation des sites compensatoires au titre des zones humides

Site 1 : Boisement de terres agricoles en lisière du Krittwald avec un peuplement de feuillus autochtones, site du « Forlen »

Superficie de 12,25 ha

Etat initial :

Le site correspond à des parcelles de terres agricoles cultivées en céréales. Il comprend une bande étroite au nord du ruisseau du Schlossgraben, et inclut ce dernier, pour se prolonger au sud vers l'A35. Il se situe en continuité directe des mesures mises en œuvre dans le Herrenwald, séparé du bosquement à l'ouest par une petite route. Le site est en continuité avec d'autres cultures coté est.



Aperçu de la parcelle de grande culture dans l'état actuel (2019)

Relief et hydrographie

La parcelle est située sur un terrain relativement plat. Une légère pente est observable orientée vers le ruisseau bordé de laîches et de quelques saules.

L'altitude moyenne depuis la route goudronnée est de 136 m pour se terminer à 134,5 m au niveau du Schaflachgraben.

Pédologie

Les parcelles se situent sur des sols à dominante sableuse comportant une certaine acidité (pH 5). Les sols étant labourés, l'humus est inexistant.

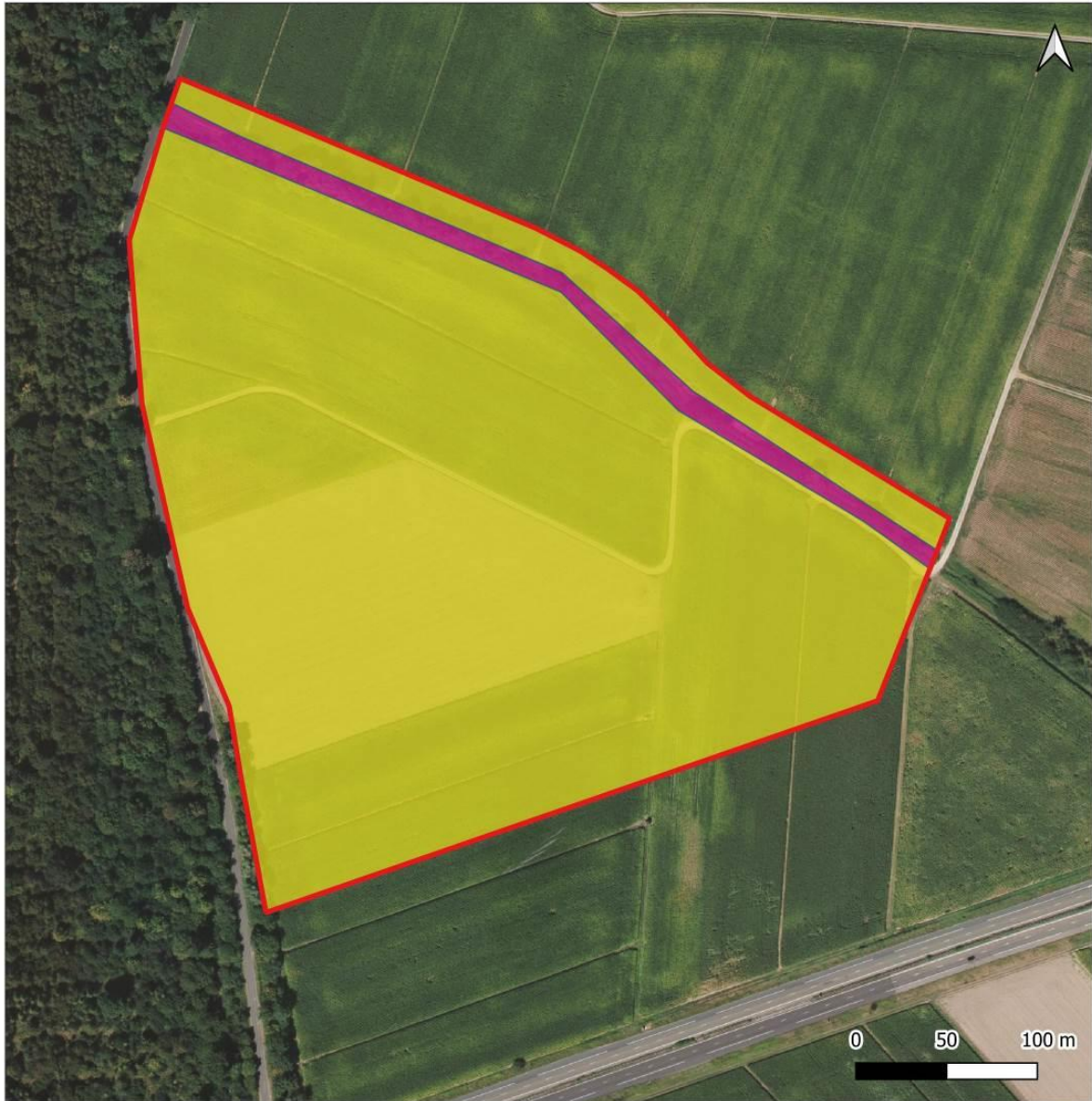
Ce type de sol est marqué par la forte profondeur prospectable par les racines. Les facteurs limitants sont la faible richesse chimique du sol ainsi que la faible réserve en eau du sol.

La fertilité de ce type de sol est donc faible.

Sur les 8 sondages, 4 présentent des traces d'hydromorphie temporaire, traces d'oxydo-réduction (pseudogley).


AUTOROUTE A4/COS NOEUD A4/A35

"FORLEN" - ETAT INITIAL



 Site compensatoire

Habitats avant action

 Grande culture / EUNIS I1.1

 Ourlet nitrophile du Calystegion sepil / EUNIS E5.4



Réalisation : F. SCHALLER, écologue / 2022
Source : BDOrtho IGN / O.G.E. & SANEF

Carte 13 : Cartographie des habitats sur le site du « Forlen » avant action de restauration

Site 2 : Conversion d'un labour en prairie et boisement en lisière sud du Krittwald, site du « Fer à cheval »

Superficie de 5,65 ha

Etat initial :

La parcelle est largement dominée par la grande culture. Elle est bordée au nord par la RD 226 (route de Hoerdt) et au sud par la RD 64 (route de Lampertheim). Elle inclut un boisement linéaire qui prolonge un bosquet. Celui-ci est caractérisé par un boisement de Trembles *Populus tremula*, cette espèce étant accompagnées par des espèces des Chênaies comme le Charme *Carpinus betulus* ou le Chêne pédonculé *Quercus robur*, avec une strate basse dense à *Rubus fruticosus*. C'est un boisement fortement « anthropisé », avec des secteurs de décharge (dépôts de remblais).



Aperçu du site du "Fer à cheval" avant intervention

Relief et hydrographie

La parcelle est située sur un terrain relativement plat, légèrement en contrebas de la route au nord (RD 226). Un fossé ou drain peu profond longe cette même route.

L'altitude moyenne est de 136 m au niveau de la route goudronnée.

Pédologie

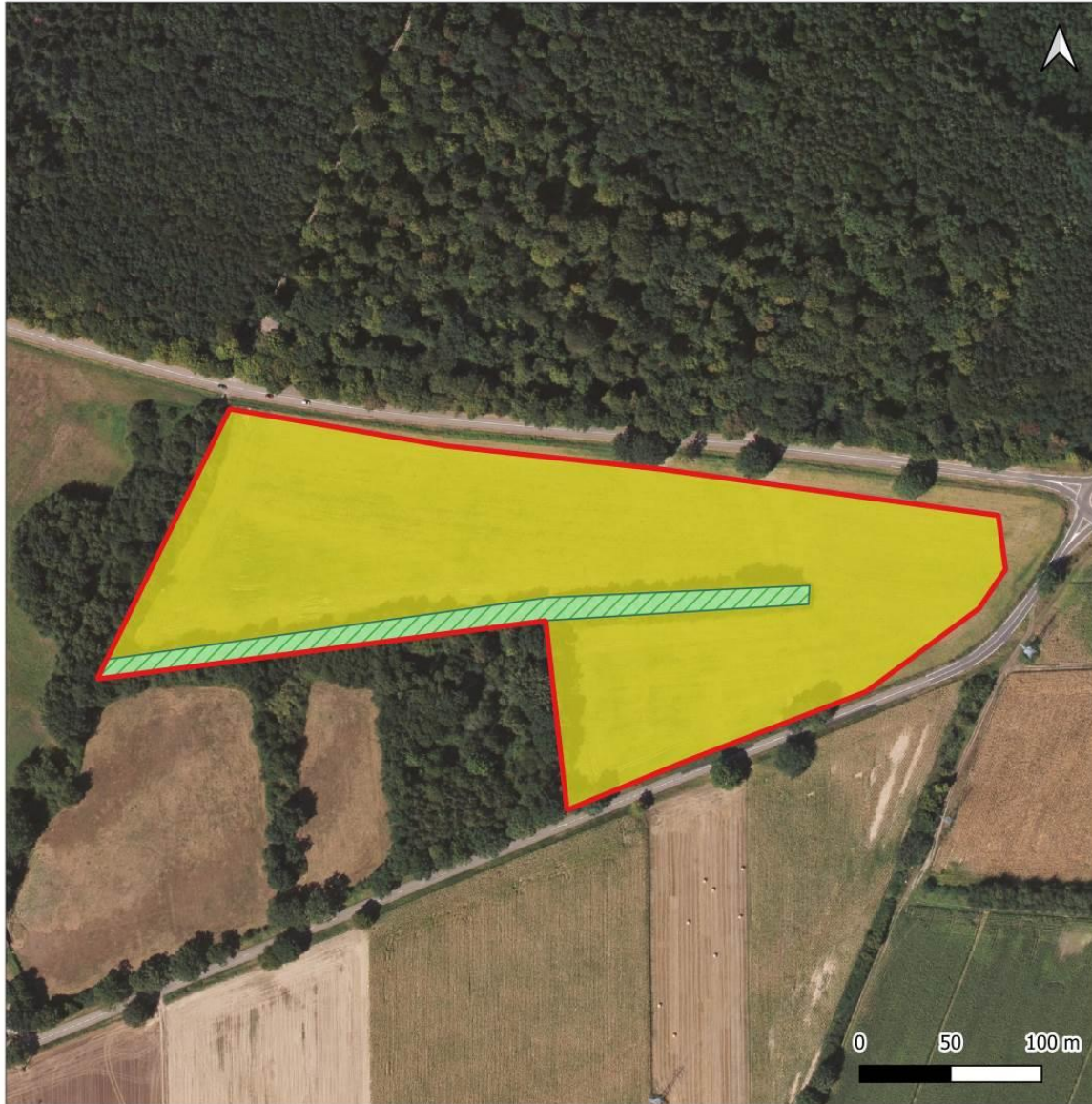
Les sols observés sont profonds, sableux à sablo-limoneux. Certains profils montrent des sols s'enrichissant en argile en profondeur. Ce sont des sols globalement drainants.

Ainsi, la majeure partie de la surface montre des sols non hydromorphes d'après l'Arrêté de 2008. Néanmoins, sur ces profils, les traces d'hydromorphie (Oxydo-réduction ou pseudogley) apparaissent marquées entre 30 et 45 cm, puis s'intensifient nettement en profondeur.

On note aussi la présence au sud-ouest du site, d'une légère dépression, avec des traces d'hydromorphie apparaissant quasiment dès la surface. Ces profils de sols hydromorphes présentent un enrichissement en argile.


AUTOROUTE A4/COS NOEUD A4/A35

"FER A CHEVAL" - ETAT INITIAL



 Site compensatoire

Habitats avant action

 Boisement de Populus tremula / EUNIS G1.92

 Grande culture / EUNIS I1.1








Réalisation : F. SCHALLER, écologue / 2022
Source : BDOrtho IGN / O.G.E. & SANEF

Carte 14 : Cartographie des habitats sur le site du « Fer à cheval » avant action de restauration

AUTOROUTE A4/COS NOEUD A4/A35
"FER A CHEVAL" - DELIMITATION DES SOLS HYDROMORPHES AVANT ACTION



	Site compensatoire	
	Zones humides - Sol hydromorphe	
Sondages pédologiques		
	Non hydromorphe	
	Hydromorphe	

Réalisation : F. SCHALLER, écologue / 2022
 Source : BDOrtho IGN / O.G.E. & SANEF

Carte 15 : Localisation des sols hydromorphes sur le site du « Fer à cheval » avant action de restauration

Site 3 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* (espèce invasive) en lande humide rase

Superficie de 4,66 ha
Parcelles forestières (Aménagement forestier) = Parcelles 2r et 4r1 pour partie

Etat initial :

La surface en question est actuellement occupée par un boisement de *Prunus serotina* quasiment pur, avec des gros individus (proche de 30 cm de diamètre). Ce peuplement constitue probablement le regroupement le plus important de semenciers de Cerisier tardif à l'échelle du massif forestier.

La strate herbacée présente une densité importante de semis de Prunus, et des fougères du peuplement originel (*Dryopteris carthusiana*, *Athyrium filix femina* et *Dryopteris dilatata*).

Cette parcelle jouxte une mare caractérisée actuellement par une bauge à sanglier, et se situe dans le voisinage immédiat de la principale mare du massif. Les milieux en contact sont d'une part l'Aulnaie à hautes herbes au niveau du fossé du Schlossgraben, et d'autre part, la Bêtuilaie pionnière à Bouleau pubescent (*Betula pubescens*), correspondant à un stade dynamique initial de la Chênaie-Bêtuilaie acidophile des plaines sableuses du *Molinio caeruleae-Quercion roboris* (Code Corine Biotope 41.51), intervenant après une coupe ou un chablis.



Site 4 : Conversion d'une plantation d'épicéa en boisement de feuillus autochtones

Superficie de 3,05 ha
Parcelles forestières (Aménagement forestier) = Parcelle 20b2

Etat initial :

Le site est localisé au sein du Herrenwald, partie du massif forestier appartenant à la Ville de Strasbourg. Le contenu technique, la localisation et l'étendue de la mesure ont été concertés avec le propriétaire, qui accepte sa mise en œuvre et signera à cet effet une convention avec SANEF. Le propriétaire intégrera cette mesure dans son document d'aménagement forestier pour la durée des engagements de compensation de SANEF, à savoir 54 ans. En outre, le propriétaire signera une ORE qui l'engagera au respect de cette mesure pour la même durée.

La parcelle 20 est plantée d'épicéas. Elle est entourée de boisements et délimitée à l'est par un chemin forestier parallèle à l'autoroute A4.

Aucun fossé ou ruisseau n'est présent sur la parcelle, mais le contexte correspond à un plateau boisé humide parcouru de nombreux fossés et ruisseaux.

Les sols de la parcelle sont à dominante sableuse et sont très acides (le pH mesuré est de 4).

L'humus est de type Dysmoder - Mor, avec un horizon OH (organique- humidification) dont l'épaisseur dépasse le centimètre.

La végétation observée, présente dans les quelques trouées, est la suivante : Myrtille *Vaccinium myrtillus*, Callune *Calluna vulgaris*, Dicrane à balai *Dicranus scoparius*, Germandrée scorodoine *Teucrium scorodonia*, Polytric élégant *Polytrichum elegans*, Bourdaine *Frangula alnus*.

Aucune gestion forestière récente n'a été constatée sur la parcelle. La bordure d'arbres située le long de la route forestière a été exploitée récemment en raison, probablement, de la sécurisation de l'autoroute A4.

Les arbres sont âgés de 25-27 ans. La densité de plantation est forte avec un espacement de 3 x 2 m, soit 1 666 plants /ha.

Les quelques vides sont principalement occupés par le bouleau et le pin sylvestre. Ces espèces pionnières se sont installées naturellement dans les zones d'échec de la plantation d'épicéas.



La plantation dense d'épicéas ©CDC Biodiversité/L. Massy

6.5.2 Éléments de contexte et évaluation des enjeux

Les enjeux sont les mêmes que sur le site impacté correspondant, le territoire dans lequel est inséré le site de compensation étant le même.

6.5.3 Evaluation des fonctions sur le site de compensation

Sur le site compensatoire, concernant les fonctions hydrologiques et biogéochimiques, les paramètres pris en compte dans l'évaluation de la capacité à remplir ces fonctions sont :

- un couvert végétal permanent assez réduit (34 %) mais celui-ci dominé par un couvert arborescent (la rugosité du couvert permet de ralentir les écoulements et favorise les processus biogéochimiques) ;
- l'absence de système de drainage sur la majorité des parcelles (fossés présents sur le site 3 et sur le site 2 avec le fossé le long de la route) ;
- le ravinement nul ;
- un sol au pH très acide permettant difficilement la captation du phosphore inorganique dans le sol (orthophosphates) ;
- l'épisolum humifère mince notamment sur les parcelles de grande culture (Sites 1 et 2), qui minore les capacités du site pour la rétention des sédiments, les processus associés au phosphore et la séquestration du carbone ;
- la texture très sableuse limite également la capacité du site de retenir les sédiments entre autres.

⇒ **ENJEUX / FONCTIONS HYDROLOGIQUES ET BIOGEOCHIMIQUES : Capacité assez faible pour le site de ralentir les ruissellements, recharger les nappes et retenir les sédiments, ainsi que pour la dénitrification, l'assimilation des nutriments azote et phosphore grâce à la végétation, et l'adsorption et la précipitation du phosphore dans le sol. Cette capacité est minorée par les caractéristiques de sol et l'occupation du sol sur les sites 1 et 2 (17 ha de sol nu – grande culture).**

Sur le site compensatoire, concernant la fonction d'accomplissement du cycle biologique des espèces, les paramètres pris en compte dans l'évaluation de la capacité à remplir ces fonctions sont :

- la richesse en grands habitats EUNIS 1 modérée et équitabilité de répartition des grands habitats élevée ;
- le très fort isolement des habitats par rapport à des habitats similaires proches, mais habitats assez similaires eu paysage ;
- la richesse modérée en habitats EUNIS 3 ;
- les perturbations anthropiques fortes ;
- l'emprise occupée par espèce végétale exotique envahissante élevée (*Prunus serotina*).

⇒ **ENJEUX / FONCTIONS D'ACCOMPLISSEMENT DES CYCLES BIOLOGIQUES DES ESPECES :**
Capacité assez faible pour le site de réaliser les fonctions de supports des habitats et de connexion des habitats, fonction limitée par la diversité du site modéré, l'artificialisation des habitats (grande culture et pessière) et la présence massive de *Prunus serotina*.

FONCTIONS HYDROLOGIQUES			FONCTIONS BIOGEOCHIMIQUES					FONCTIONS D'ACCOMPLISSEMENT DU CYCLE BIOLOGIQUE DES ESPECES	
Ralentissement des ruissellements	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrication des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats
Capacité faible	Capacité assez faible	Capacité assez faible	Capacité assez faible	Capacité assez faible	Capacité assez faible	Capacité assez faible	Capacité assez faible	Capacité assez faible	Capacité assez faible
Capacité assez faible	Couvert végétal permanent assez réduit (34%) / Drainage peu important (seul le site 2 bordé par le fossé peu profond longeant la route, et le site 3 bordé par le ruisseau et un fossé peu profond perpendiculaire) / Ravinement nul / Fonction minorée par texture majoritairement sableuse => rétention des sédiments faible, par épisolium humifère mince		Capacité assez faible	Couvert végétal permanent assez réduit (34%) / Drainage peu important (seul le site 2 bordé par le fossé peu profond longeant la route, et le site 3 bordé par le ruisseau et un fossé peu profond perpendiculaire) / Ravinement nul / Fonction minorée par texture majoritairement sableuse => rétention des sédiments faible, par épisolium humifère mince et par pH acide limitant la captation du phosphore inorganique dans le sol (orthophosphates)			Capacité assez faible	Richesse en grands habitats modérée / Equitabilité de répartition des grands habitats élevée / Très fort isolement des habitats par rapport à des habitats similaires proches et habitats assez différents du paysage / Richesse des habitats EUNIS 3 modérée / Perturbations anthropiques fortes / Emprise occupée par espèce végétale exotique importante (18%)	

Figure 7 : Evaluation des fonctions du site compensatoire

6.5.4 Mise en œuvre des actions écologiques envisagées et évolution des fonctions

Les actions écologiques envisagées sur le site compensatoire prennent en compte :

- les enjeux du territoire, notamment les enjeux en lien avec les fonctions hydrologiques, biogéochimiques et d'accomplissement du cycle biologique des espèces ;
- les habitats à restaurer au vu des habitats impactés ;
- les menaces ou les éléments discriminants sur le site compensatoire ;
- les objectifs de compensation en lien avec l'impact du projet sur les espèces protégées ;
- etc.

Ci après, la description des mesures effectuées sur les 4 sites (mesures compensatoires) et 1 mesure d'accompagnement « Restauration hydrique localisée ».

Site 1 : Boisement de terres agricoles en lisière du Krittwald avec un peuplement de feuillus autochtones

Objectif de la mesure :

L'objectif de cette opération de boisement est de reconstituer un peuplement forestier de feuillus indigènes et un habitat d'espèces pour la faune forestière du massif.

Au-delà de cet objectif, le maître d'ouvrage souhaite reconstituer un boisement naturel avec une mosaïque d'habitats suivant les faciès. C'est pourquoi le terrain sera reprofilé avant les plantations de façon à se rapprocher de la nappe alluviale et accentuer le caractère humide du site.

Tableau 8 : Répartition surfacique des habitats recréés

HABITAT	EUNIS	Surface (en ha)
Forêts riveraines mixtes des plaines inondables et forêts galeries mixtes	G1.2	2,18
Boisements acidophiles dominés par Quercus	G1.8	6,07
Boisements non riverains à Betula, Populus tremula ou Sorbus aucuparia	G1.9	2,96
Roselières et formations de bordure à grands héliophytes autres que les roseaux	C3.2	0,96
Communautés amphibies vivaces eurosibériennes	C3.4	0,08

Mise en œuvre de la mesure :

La mesure compensatoire comprend 4 étapes :

- le terrassement / reprofilage du terrain, en partant du lit mineur du cours d'eau ;
- la préparation du sol ;
- les plantations ;
- protections gibier et entretien.

1. Reprofilage du terrain / travaux de terrassement

Le terrain sera terrassé en partant de la côte minimale qui correspond au lit mineur du Schaflachgraben, sachant que ce cours d'eau présente un régime intermittent. Ainsi, un modelé progressif est réalisé entre le point bas du cours d'eau au nord, la route goudronnée et la limite sud du site. Ce modelé de terrain est non régulier, partant du cours d'eau au nord, en créant des légères dépressions aléatoires dans le sens de l'écoulement préférentiel des eaux de ruissellement, dans un axe sud-nord. Ces dépressions favorisent une diversité d'habitats et prolongent le temps de parcours de l'eau vers le cours d'eau (épuration des polluants agricoles). Les deux berges du cours d'eau sont arasées afin d'obtenir une pente régulière et douce.

Au niveau du lit du ruisseau, des surcreusements sont faits pour former des mares, zones en eau en permanence.

Ce terrassement aura pour but d'accentuer l'hydromorphie du sol et de mettre en place un gradient hydrique progressif entre le point bas et la route à l'ouest.

Les matériaux excavés sont positionnés en périphérie du site, sous forme de merlons bas (environ 50 cm), de manière irrégulière, ceci accentuant les apports d'eau par ruissellement vers les points bas. Les matériaux excavés en excès seront exportés hors du site.

Pour conserver la fertilité des sols, il conviendra préalablement de décaper la terre végétale de l'ensemble des zones terrassées, et à la fin de la régaler en surface sur l'ensemble des zones reprofilées.

Les schémas suivants donnent une visualisation des principes d'aménagement proposés.

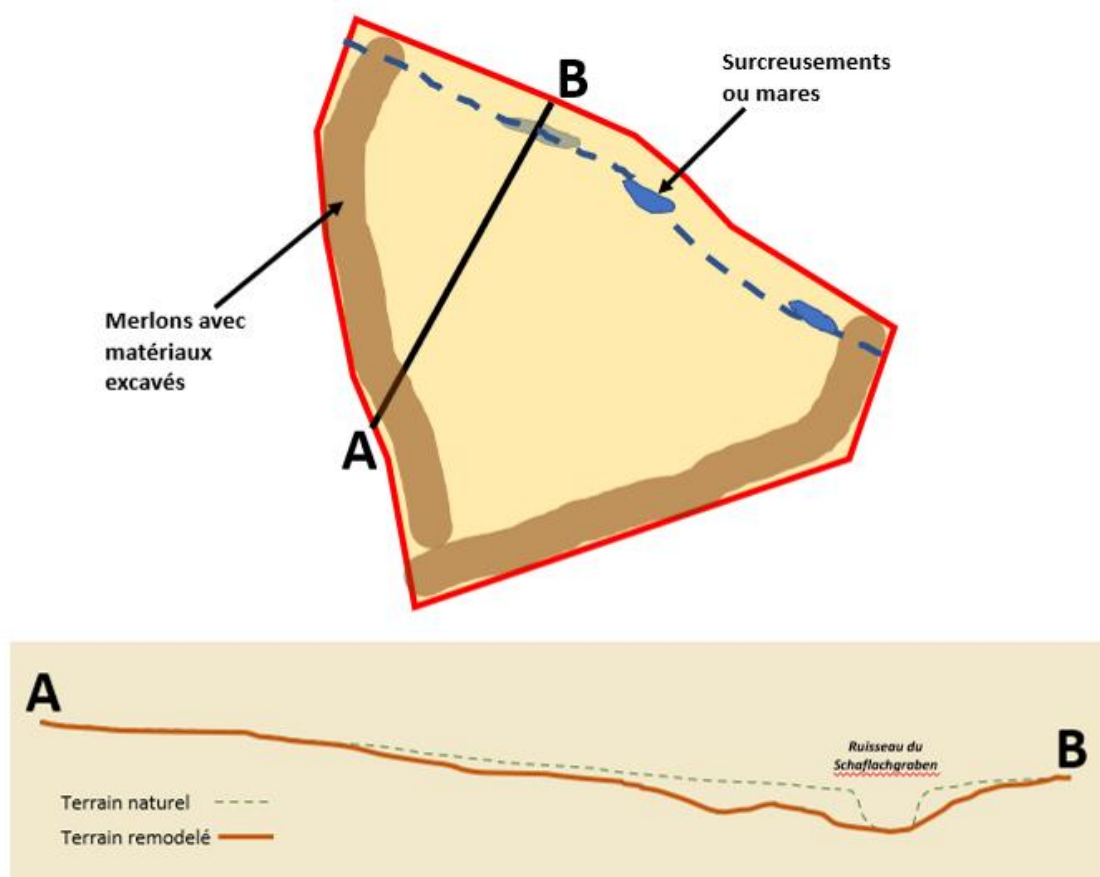


Figure 8 : Schéma du reprofilage du terrain






AUTOROUTE A4/COS NOEUD A4/A35

"FORLEN" - HABITATS APRES ACTIONS ECOLOGIQUES



 Site compensatoire

Habitat après action

-  Boisements acidophiles dominés par Quercus
-  Boisements non riverains à Betula, Populus tremula ou Sorbus aucuparia
-  Communautés amphibies vivaces eurosibériennes
-  Forêts riveraines mixtes des plaines inondables et forêts galeries mixtes
-  Roselières et formations de bordure à grands héliophytes autres que les roseaux



Réalisation : F. SCHALLER, écologue / 2022
Source : BDOrtho IGN / O.G.E. & SANEF

Carte 16 : Cartographie théorique des habitats sur le site du « Forlen » après action de restauration

2. Préparation du sol

Le choix du type de préparation du sol se fait selon la nature du sol et sa sensibilité. Dans le cas présent, le sol est reconstitué après les terrassements, à dominante sableuse donc peu sensible au compactage. C'est pourquoi l'itinéraire choisi prévoit un sous-solage en hiver avant une plantation de printemps. Ce sous-solage qui vise principalement à décompacter le sol au-delà de la semelle de labour, se fait à une profondeur de 50-60 cm.

L'apport de terres végétales forestières :

Une fois la préparation du sol effectué, un régilage de terre végétale, issue des zones boisées défrichées sur l'axe de l'aménagement, est fait.

La récupération de cette terre forestière et de l'humus superficiel devra se faire sur les 15 à 30 premiers centimètres, c'est-à-dire ceux correspondant à l'horizon A du profil pédologique. Cet horizon organo-minéral est extrêmement important, de par son mélange des matériaux organiques avec les matières minérales, principalement dû à l'activité de la microfaune du sol. C'est dans cet horizon que l'activité de la flore microbienne et fongique bat son plein. Son rôle est essentiel dans la décomposition de la matière organique mais également pour le développement des mycorhizes, l'hôte symbiotique de la majorité de nos essences forestières.

L'apport de cette terre forestière présente les multiples intérêts suivants :

- Apport d'une banque de graines très importante. Ces graines peuvent être très récentes et germer au prochain printemps ou bien elles peuvent être en dormance depuis des décennies. Ce genre de perturbations anthropiques importantes est propice à la levée de dormance.
- Apport de la flore microbienne et fongique, souvent inexistante sur une parcelle agricole, de par la fréquence des traitements phytosanitaires
- Apport d'une pédofaune intéressante dont les lombrics, les nématodes et les collemboles
- Meilleure reprise des plants
- Meilleure croissance juvénile des plants

Cet apport de terre pourra se faire sur une épaisseur de quelques centimètres au minimum, sans excéder pour autant une douzaine de centimètres.

Il faudra impérativement que cet apport de terre se fasse par temps sec en évitant les phénomènes de tassement de sol liés au passage répété des engins de terrassement.

3. Les plantations

Tout comme le terrassement, les plantations se font en partant du ruisseau, en réfléchissant au gradient hydrique créé.

Ripisylve, roselière et ruisseau :

Au niveau des points bas (lit mineur du ruisseau), l'habitat attendu est un milieu mosaïqué formé par des roselières à *Phragmites australis*, des magnocariçaies et des mégaphorbiaies ou ourlets nitrophiles. Sur ces espaces, la végétation spontanée est privilégiée, considérant que cette végétation existe déjà en pied de berge et que son développement est rapide.

Au contact de ces milieux se trouve la ripisylve. Au nord du ruisseau, la ripisylve existe déjà partiellement, constituée d'Aulnes *Alnus glutinosa*, Saule *Salix sp.*, Noyer *Juglans regia*, Frêne *Fraxinus excelsior*, etc. Celle-ci sera simplement consolidée de part et d'autre du ruisseau, de façon irrégulière, en privilégiant une stratification verticale et horizontale (lisière étagée). En partie basse, les essences hygrophiles sont privilégiées et en partie haute des essences moins exigeantes peuvent être ajoutées.

Les plantations se font de façon irrégulière, par bouquets de quelques arbres, en alternant arbustes et arbres.

Surfaces moins hygrophiles, boisement dominant :

Le milieu à recréer est une Chênaie-Charmaie acidocline, avec des faciès plus ou moins pionniers (appelés « Boisements non riverains à *Betula*, *Populus tremula* »). Ainsi, les essences dominantes sont les Chênes sessile et pédonculé (*Quercus petraea*, *Q. robur*) accompagnés par quelques Aulnes *Alnus glutinosa* et Frênes *Fraxinus excelsior*. Le Charme *Carpinus betulus* est constant en sous-étage et la strate arbustive est caractérisée par la dominance de la Bourdaine *Frangula alnus* accompagnée par le Noisetier *Corylus avellana* ou le Sorbier des oiseleurs *Sorbus aucuparia*.

Le Tremble *Populus tremula* et le Bouleau *Betulus pendula*, sont également très présents et plus rarement on observe l'Orme lisse *Ulmus laevis*.

Choix des essences forestières :

Le choix des essences forestières se fait d'après :

- les observations faites sur les milieux à proximité, à savoir au sein du boisement du Krittwald ;
 - les habitats à reconstituer ;
 - le gradient d'hydromorphie théorique depuis le point bas.
- Plantations en ripisylve / milieux le plus hygrophiles :

Arbres : Aulne glutineux *Alnus glutinosa*, Saule blanc *Salix alba*, Orme lisse *Ulmus laevis*, Erable sycomore *Acer pseudoplatanus*, Tremble *Populus tremula*.

Arbustes : Saule cendré *Salix cinerea*, Fusain *Euonymus europaeus*, Viorne aubier *Viburnum opulus*.

- Plantation des terres agricoles :

La palette des essences forestières à utiliser est la suivante :

Le Chêne sessile *Quercus petraea* : le chêne sessile demande une alimentation en eau régulière, mais à la différence du chêne pédonculé, il supporte les périodes de sécheresse passagère. Il craint l'engorgement du sol et exige un sol drainé. **C'est l'essence majoritaire** qu'il conviendra de planter sur le site.

Le Charme *Carpinus betulus* : cette essence très présente dans de nombreux boisements se développe sur une large gamme de substrats, exceptés les formations hyperacidiphiles. Cette essence plutôt mésophile sera plantée préférentiellement sur les parties hautes.

L'Aulne glutineux *Alnus glutinosa* : il se trouve en conditions optimales de croissance sur des sols bien alimentés en eau durant toute l'année. C'est la seule essence supportant un engorgement intense et prolongé. Il redoute la sécheresse du sol et un abaissement brutal de la nappe phréatique peut lui être fatal. **C'est l'essence secondaire** qu'il conviendra de planter sur le site.

Le Noisetier *Corylus avellana* : C'est une espèce plastique qui pousse sur les sols légèrement acides à basiques sur matériaux variés, caillouteux ou alluviaux. Cette espèce dépassant rarement les 8-10 m

de hauteur pourra être utilisée comme essence de bourrage, pour couvrir rapidement le sol et éviter l'installation du prunus serotina.

Le Bouleau verruqueux *Betula verrucosa* : essence pionnière et colonisatrice par excellence peu exigeante aux conditions stationnelles, cette essence se trouve aussi bien sur les sols secs et pauvres que sur les stations très hydromorphes. De par la proximité de la forêt communale toute proche et la présence de semenciers, cette essence ne sera pas plantée car il est presque certain qu'elle s'installera naturellement.

Le Tremble *Populus tremula* : cette espèce pionnière et colonisatrice est fréquemment observée dans les forêts alluviales. Il a de faibles exigences stationnelles et s'accommode de toutes les textures et d'une large gamme de niveaux trophiques Il préfère les sols bien alimentés en eau et supporte assez bien l'engorgement du sol.

Il sera planté en essence d'accompagnement de l'aulne. Il y a également de fortes chances à ce que cette espèce s'installe naturellement.

L'Érable champêtre *Acer campestre* : cette espèce est très fréquente en forêt alluviale. Il est peu exigeant quant à la texture du sol et supporte aussi bien la sécheresse que l'humidité du sol. Il préfère les sols acides. Il constituera une essence d'accompagnement intéressante.

Le Tilleul à petites feuilles *Tilia cordata* : ce tilleul est son optimum sur des sols riches dont le pH est neutre à acide. Il apprécie les sols profonds avec des réserves en eau moyennes. Il se plaît aussi sur des sols plus frais et les sols modérément secs.

Il pourra constituer une essence d'accompagnement intéressante dans un but de diversification.

Le Sorbier des oiseleurs *Sorbus aucuparia* : cette espèce aux exigences édaphiques restreintes supporte relativement bien les sols sableux, filtrants et chimiquement pauvres.

Son introduction n'aura qu'un rôle ornithologique. En effet, la production de fruits importante de cette essence fait le paradis des passereaux, merles et grives en période hivernale.

L'Orme lisse *Ulmus laevis* : cette espèce est caractéristique de la forêt alluviale plus ou moins inondable. Il est relativement peu exigeant quant à la texture du sol. Il supporte les sols neutres à acides mais demande une bonne alimentation en eau.

Moins touché par la graphiose que l'Orme champêtre, il peut être utilisé en essence d'accompagnement. Essence méconnue, rare et disséminée, son introduction présente un réel intérêt écologique.

De par la rareté des graines, il conviendra d'anticiper sa plantation en faisant un contrat de culture avec un pépiniériste compétent pour une production de plant en motte de 1 an.

Remarque : Malheureusement l'apparition de la chalarose, maladie cryptogamique qui fait dépérir le **Frêne commun** *Fraxinus excelsior* remet totalement en cause la plantation de cette espèce des forêts alluviales. La plantation n'est donc pas aujourd'hui envisageable.

Les proportions pour les espèces plantées sont les suivantes :

- Essence principale : Chêne sessile à 60 %
- Essences secondaires : 15 % de Charme + 4% Aulne + 1 % d'Orme lisse
- Essence de bourrage : 10 % de noisetier
- Essences en biodiversité : 10 % répartis avec 4% de sorbier des oiseleurs, 3% de tilleul à petites feuilles et 4% d'érable champêtre.

La densité de plantation est autour de 1 100 plants à l'ha.

Méthode de plantation :

Les plantations se font de manière irrégulière, en bouquets d'arbres en alternant les essences.

L'ouverture des potets de plantation se fait manuellement ou mécaniquement, à la dent ou à la tarière à l'aide d'un tracteur ou d'une pelle mécanique. Les potets sont dimensionnés en fonction de la taille du plant et des caractéristiques du sol.

Les types de plants privilégiés sont des plants en motte, qui seront moins exigeants quant à la fertilité du sol.

Période de plantation :

La plantation s'effectuera préférentiellement au printemps, entre février et avril, avec des conditions météorologiques favorables (éviter les jours de gel, de neige, de vent fort ou de forte pluie).

Approvisionnement en plants :

Les plants seront produits dans la région pour optimiser les chances de reprises des plants. Pour les espèces rarement plantées par le forestier, des contrats de culture seront mis en œuvre.

4. Protection « gibier » et entretien des plantations

La parcelle étant à proximité immédiate de la forêt de Geudertheim où une population importante de chevreuils est présente, il est nécessaire de protéger les jeunes plants. La parcelle sera protégée par la pose d'une clôture intégrale du périmètre afin de protéger la future plantation de type grillage à larges mailles de 2 m de hauteur avec un piquet tous les 5-6 mètres, et avec un rabat extérieur au sol de 50 cm, destiné à empêcher les sangliers de soulever la clôture.

Des regarnis seront réalisés si besoin les deux premières années.

Un dégagement des plants sera effectué manuellement (suppression des ronces, genêts en particulier si elles étouffent un plant).

Un broyage pourra être réalisé entre les rangs sera réalisé jusqu'à ce que les arbres atteignent 2 m 50 à 3 m de hauteur. Ensuite, on pourra laisser la végétation se développer, notamment les bouleaux et bourdaines qui se développeront spontanément entre les rangs.

Site 2 : Conversion d'un labour en prairie et boisement en lisière sud du Krittwald, site du « Fer à cheval »

Objectif de la mesure :

L'objectif de cette opération de boisement est de reconstituer un peuplement forestier de feuillus indigènes et un habitat d'espèces pour la faune forestière du massif. Le terrain est terrassé afin de se rapprocher du « toit » de la nappe et obtenir des surfaces hydromorphes.

Au-delà de cet objectif, le maître d'ouvrage souhaite reconstituer un boisement naturel avec une mosaïque d'habitats suivant les faciès. C'est pourquoi, le terrain sera reprofilé avant les plantations de façon à se rapprocher de la nappe alluviale et accentuer le caractère humide du site.

Tableau 9 : Répartition surfacique des habitats créés

HABITAT	EUNIS	Surface (en ha)
Boisements acidophiles dominés par Quercus	G1.8	4,20
Prairies eutrophes et mésotrophes humides ou mouilleuses	E3.4	0,96

Mise en œuvre de la mesure :

La mesure compensatoire comprend 4 étapes :

- le décapage des terres pour accentuer l'hydromorphie du sol ;
- les plantations ;
- le semis de la prairie naturelle ;
- protections gibier et entretien.

1. Décapage des terres

Pour atteindre l'objectif de compensation « zone humide », la première étape vise à « créer de la zone humide ». En effet, comme ceci a été dit, sur ce site, sur une majorité de la surface, les traces d'hydromorphie apparaissent entre 30 et 45 cm. Afin d'obtenir des sols hydromorphes réglementairement, il s'agit de rapprocher le plafond des traces d'oxydo-réduction (zone de battance de la nappe). Concrètement ceci consiste à décapier le sol de la surface en grande culture sur une épaisseur entre 10 et 20 cm d'épaisseur.

Afin de conserver la fertilité du sol, la démarche entreprise consiste à décapier les 2 premières couches de sols, en stockant la couche de terre végétale avant remise en place et en tronquant le sol existant de sa 2ème couche selon l'épaisseur de décaissement visée.

Cette méthode consistant à simplement tronquer les sols mime ce qu'il peut se passer naturellement, lors d'épisodes d'érosion hydrique que ce soit en milieu alluvial, colluvial ou de sols lessivés dans les collines. Le terme « tronqué » est un qualificatif utilisé en pédologie pour nommer les sols qui ont subi ce phénomène.

Le fait de « tronquer » les sols permet de ne pas modifier la structure et la texture du sol superficiel, en stockant temporairement l'horizon 1 constitué de terre végétale, en retirant une épaisseur de l'horizon 2, puis en remettant en place l'horizon 1.

Une fois l'épaisseur d'horizon 2 décapé, un décompactage est réalisé, permettant aux racines de pénétrer en profondeur et d'éliminer la semelle de labour potentielle.

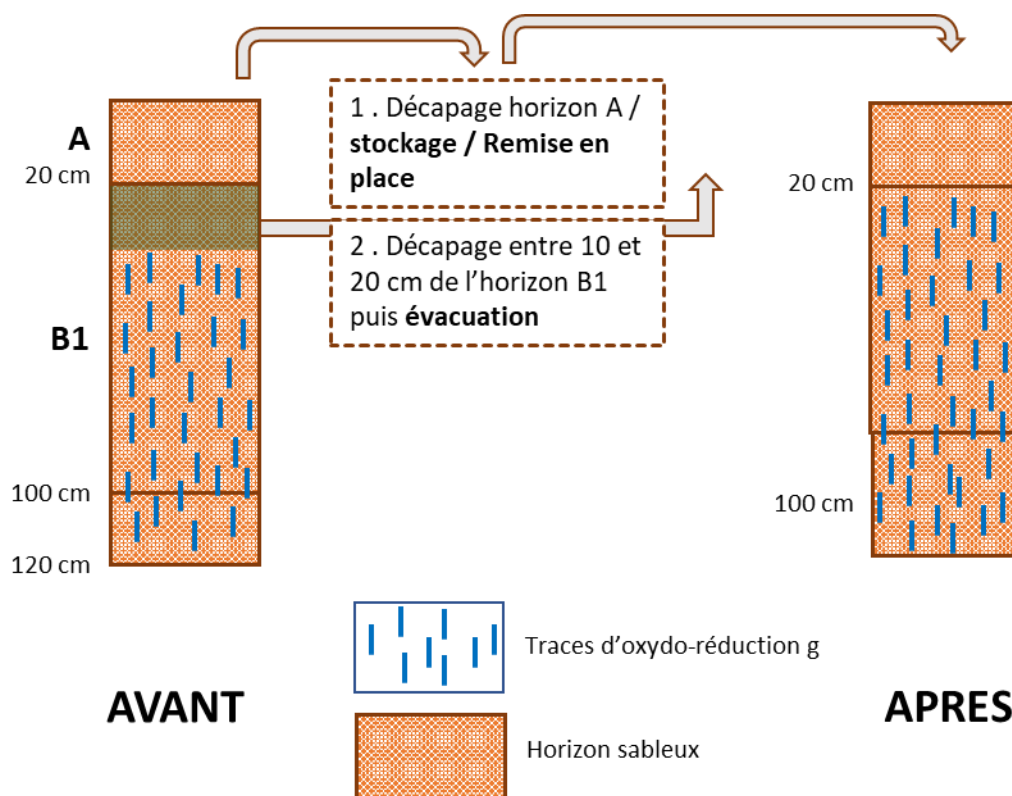


Figure 9 : Explication de la démarche du "sol tronqué"

Avec cette méthode, en se rapprochant du toit de la nappe, ceci entraîne une intensification de l'hydromorphie.

2. Les plantations

Les plantations se font de façon irrégulière, par bouquets de quelques arbres, en alternant arbustes et arbres.

Le milieu à recréer est une Chênaie-Charmaie acidiline, avec des faciès plus ou moins pionniers (appelés « Boisements non rivaux à *Betula*, *Populus tremula* »). Ainsi, les essences dominantes sont les Chênes sessile et pédonculé (*Quercus petraea*, *Q. robur*) accompagnés par quelques Aulnes *Alnus glutinosa* et Frênes *Fraxinus excelsior*. Le Charme *Carpinus betulus* est constant en sous-étage et la strate arbustive est caractérisée par la dominance de la Bourdaine *Frangula alnus* accompagnée par le Noisetier *Corylus avellana* ou le Sorbier des oiseleurs *Sorbus aucuparia*.

Le Tremble *Populus tremula* et le Bouleau *Betulus pendula*, sont également très présents et plus rarement on observe l'Orme lisse *Ulmus laevis*.

Choix des essences forestières :

Le choix des essences forestières se fait d'après :

- les observations faites sur les milieux à proximité, à savoir au sein du boisement du Krittwald ;

- les habitats à reconstituer.

La palette des essences forestières est semblable à celle utilisée sur le site 1.

Méthode de plantation :

Les plantations se font de manière irrégulière, en bouquets d'arbres en alternant les essences.

L'ouverture des potets de plantation se fait manuellement ou mécaniquement, à la dent ou à la tarière à l'aide d'un tracteur ou d'une pelle mécanique. Les potets sont dimensionnés en fonction de la taille du plant et des caractéristiques du sol.

Les types de plants privilégiés sont des plants en motte, qui seront moins exigeants quant à la fertilité du sol.

Période de plantation :

La plantation s'effectuera préférentiellement au printemps, entre février et avril, avec des conditions météorologiques favorables (éviter les jours de gel, de neige, de vent fort ou de forte pluie).

Approvisionnement en plants :

Les plants seront produits dans la région pour optimiser les chances de reprises des plants. Pour les espèces rarement plantées par le forestier, des contrats de culture seront mis en œuvre.

3. Semis d'une prairie naturelle

Un ensemencement est effectué sur l'ensemble de la surface entre les plantations et la route, le mélange choisi s'exprimant différemment en fonction des conditions écologiques (sol plus ou moins hydromorphe), et ce mélange est enrichi par des espèces spontanées locales.

La technique employée pour installer une prairie ainsi que les préconisations de gestion se basent sur les retours d'expériences sur des cas similaires (fruit des échanges avec R. Treiber, écologue).

Trois étapes sont nécessaires pour l'implantation d'une prairie naturelle :

- a. Préparation du lit de semence

Il s'agit de réaliser un lit de semences fin, dans l'idéal avec une terre de surface grumeleuse fine, favorisant le contact avec les graines semées.

- b. Semis

Les semis sont faits avec des mélanges adaptés et provenant de productions proches géographiquement afin de conserver les souches locales adaptées au contexte régional. Afin de constituer le mélange le mieux adapté et composé d'écotypes locaux, une méthode « idéale » consiste à prélever des graines dans des prairies naturelles choisies en fonction de leur composition spécifique et de leurs caractéristiques proches des surfaces à ensemercer et des prairies cibles. (Exemple de l'entreprise « Wiesendrusch Oberrheingraben », basée à Ihringen, côté allemand, qui pratique cette méthode et compose des mélanges grainiers).

Le type de prairie source est « Prairies maigres de fauche de basse altitude (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*) -6510 », en sachant que le mélange s'exprimera différemment en fonction des micro-variations (topographie, exposition, sol, etc.). Les échanges sont nombreux avec le producteur de semences afin de semer un mélange parfaitement adapté : similarité entre contexte écologique de la prairie source (sol, climat, exposition, etc.) et de la station ensemençée.

L'ensemencement se fait mécaniquement avec un épandeur d'engrais ou une machine de salage.

c. Roulage

Ensuite, une mise en contact de la graine et du sol est effectuée par roulage avec un engin adapté.

La densité de semis sera d'environ 60 kg de semences / ha.

La période optimale de semis est l'automne. Il s'agit de semer avant les premières gelées. Idéalement, les graines ont le temps de germer et d'être au stade plantule pour le passage de l'hiver.

4. Protection « gibier » et entretien des plantations

La parcelle étant à proximité immédiate de la forêt de Geudertheim où une population importante de chevreuils est présente, il est nécessaire de protéger les jeunes plants. La parcelle sera protégée par la pose d'une clôture intégrale du périmètre afin de protéger la future plantation de type grillage à larges mailles de 2 m de hauteur avec un piquet tous les 5-6 mètres, et avec un rabat extérieur au sol de 50 cm, destiné à empêcher les sangliers de soulever la clôture.

Des regarnis seront réalisés si besoin les deux premières années.

Un dégagement des plants sera effectué manuellement (suppression des ronces, genêts en particulier si elles étouffent un plant).

Un broyage pourra être réalisé entre les rangs sera réalisé jusqu'à ce que les arbres atteignent 2 m 50 à 3 m de hauteur. Ensuite, on pourra laisser la végétation se développer, notamment les bouleaux et bourdaines qui se développeront spontanément entre les rangs.

Gestion des surfaces prairiales :

Afin de garantir un résultat optimal, la gestion est l'élément essentiel, et notamment la gestion des premières années.

a. Gestion des premières années :

La gestion de la première année est déterminante. En effet, les premières années, la proportion en adventices et rudérales diverses est importante, celles-ci étant favorisées par la richesse en azote et phosphore. Ainsi, la première année, effectuer plusieurs coupes de « nettoyage » (minimum 2) consistant en une fauche à 8 - 10 cm avec exportation du produit de fauche, visant à épuiser et éliminer les plantes indésirables (cirse des champs, rumex, etc.).

La gestion des premières années est effectuée sur la base d'observation de terrain. En fonction du sol, de la banque de graine ou de la météo, la végétation et notamment les « indésirables », seront plus ou moins denses. Ce suivi permet de déterminer la période idéale des fauches ainsi que leur nombre.

Retenons que la première fauche de nettoyage peut être effectuée fin mai.

b. Gestion courante :

Une fauche exclusive est à privilégier afin d'obtenir un cortège diversifié.

Une à deux fauches sont nécessaires pour maintenir une pression adaptée au développement d'une prairie riche en espèces.

La période de réalisation de ces fauches :

- 1ère fauche après le 1er juin ;
- 2ème fauche en septembre (indicateur : quand la floraison des centaurées jacées *Centaurea jacea* est terminée).

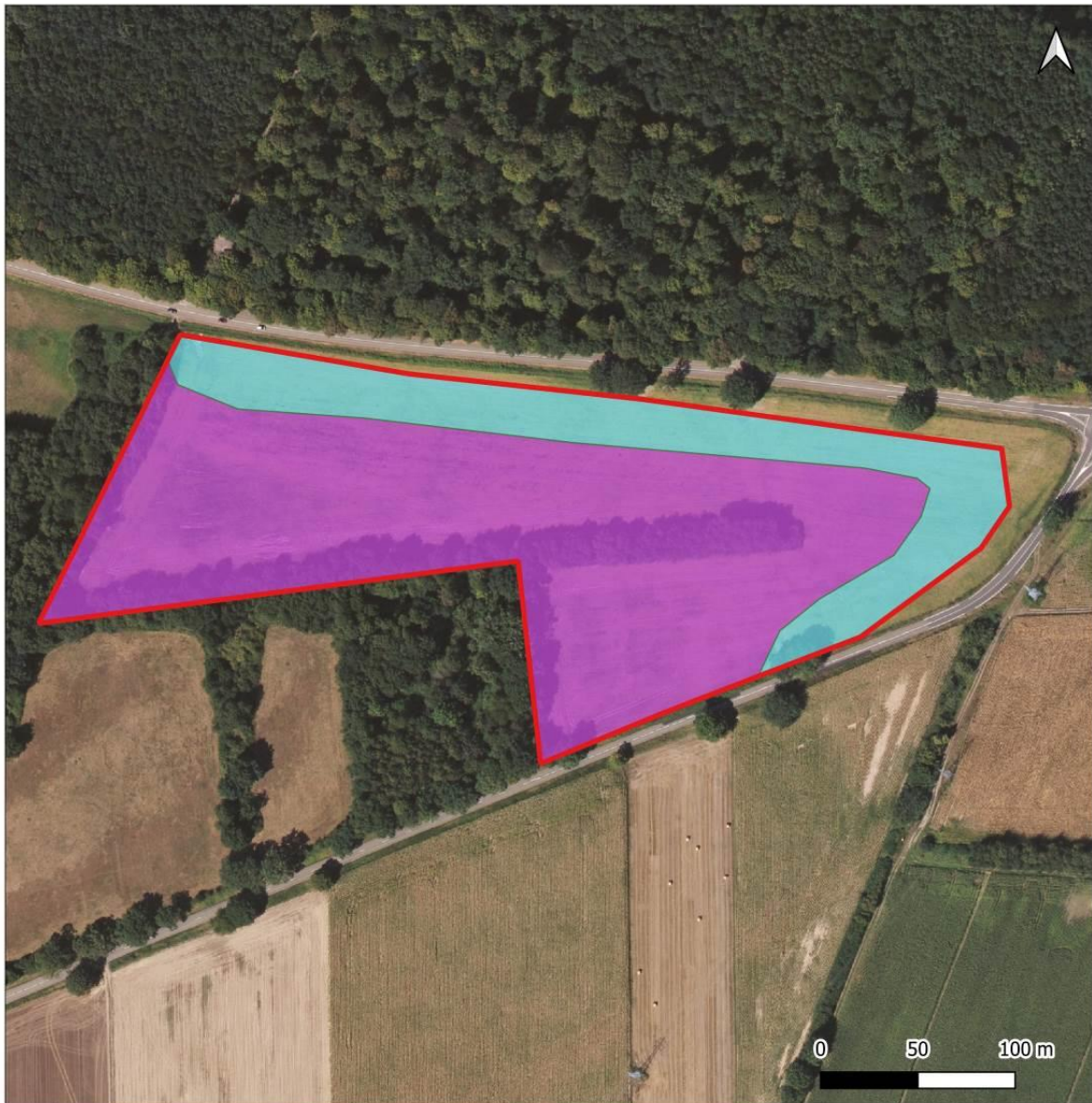
L'exportation du produit de fauche est nécessaire afin d'appauvrir le sol. On pourra retenir également, qu'il faut :

- que toute utilisation de produits chimiques (produits phytosanitaires) et la fertilisation minérale ou organique soient proscrites ;
- ne pas faucher trop bas (autour de 10 cm) ;
- faucher de l'intérieur vers l'extérieur, à petite vitesse (les espèces animales mobiles peuvent ainsi s'en aller).

Le foin est laissé au sol quelques jours pour permettre aux graines de tomber au sol.


AUTOROUTE A4/COS NOEUD A4/A35


"FER A CHEVAL" - HABITATS APRES ACTIONS ECOLOGIQUES



 Site compensatoire

Habitat après action

 Boisements acidophiles dominés par Quercus

 Prairies eutrophes et mésotrophes humides ou mouilleuses



Réalisation : F. SCHALLER, écologue / 2022
Source : BDOrtho IGN / O.G.E. & SANEF

Carte 17 : Cartographie théorique des habitats après restauration sur le site "Fer à cheval"

Site 3 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* (espèce invasive) en lande humide rase

Objectif de la mesure :

L'objectif de cette mesure est double :

- Lutter contre le *Prunus serotina* à l'échelle du boisement par une intervention sur les semenciers identifiés ;
- Favoriser la mosaïque d'habitats par la création d'une lande humide.
- L'état visé après restauration est une lande humide à *Molinia caerulea*, à proximité de la mare présentant également une vaste zone ouverte. Outre un intérêt pour nombre d'espèces de flore et de faune, cette lande humide offrira pendant 5 décennies un habitat terrestre ouvert au Pélobate brun à proximité immédiate de sa principale mare de reproduction du massif, dans un contexte de fermeture progressive des parcelles ouvertes par la tempête de 1999. Cette lande sera aussi attractive pour l'Engoulevent d'Europe, espèce patrimoniale bien présente dans le massif et non impactée par le projet.

Modalités de mise en œuvre :

La première étape consiste en une coupe de tous les individus de *Prunus serotina*, avec enlèvement et vente des produits de coupe (bois buche et/ou plaquette forestière) suivie d'un rognage mécanique des souches. A cette intervention mécanique est associé un traitement biologique à l'aide d'un champignon. L'herbicide fongique (mycoherbicide) utilisé est à base de *Chondrostereum purpureum*, mycète présent naturellement en Europe. Le traitement se réalise par application directe des spores du champignon en suspension aqueuse sur les souches immédiatement après le rognage. Cette méthode a pour avantage d'être sélective et de ne pas engendrer de perturbation du sol et de risque pour l'ouvrier. Les résultats ne s'observent qu'après deux ans.

La coupe des arbres sera réalisée après le débouillage et le traitement en début de saison végétative. Ce calendrier permet de couper l'individu après son investissement pour débouiller et le traitement poursuit l'épuisement de l'arbre.

A ces méthodes de lutte directe est associée la probable remontée de nappe (**cf. mesure d'accompagnement p. 73**) engendrée par le bouchage des drains latéraux : une remontée même limitée aura des effets positifs sur la lutte contre l'espèce. Par conséquent, on peut s'attendre à une action synergique de la remontée de nappe et des opérations de contrôle.

Ces opérations sont suivies d'un broyage de la végétation une fois par an sur une période de 5 ans, puis tous 1 fois tous les 3 ans jusqu'à la fin de la concession (54 ans) pour conduire la parcelle vers une lande humide à *Molinia caerulea* et contenir les jeunes pousses de *Prunus serotina* apparaissant.

MESURE D'ACCOMPAGNEMENT : Restauration hydrique localisée

Objectif de la mesure :

L'objectif de cette mesure est d'étendre la surface de zone humide en intervenant sur une remontée localisée de la nappe.

Une remontée même limitée impacterait *Prunus serotina*, notamment au printemps, période au cours de laquelle l'immersion des racines facilite le développement des champignons qui l'affaiblit.

Présentation générale du site

La surface en question est diversement humide, longeant le fossé du Schlossgraben.

On observe une succession de dépressions formant des mares avec une végétation des communautés pionnières mésotrophes à eutrophes des vases exondées avec une composition floristique variable en fonction de l'éclairement et surtout de la profondeur d'eau. et des bois humides. Les boisements dans le lit mineur et au sein des dépressions sont des Aulnaies plus ou moins humides, avec une Aulnaie marécageuse à *Carex elongata* au sud, puis une Aulnaie à hautes herbes. Les zones les plus hautes topographiquement sont occupées par des boisements plus mésophiles représentés par une Chênaie à Molinie ou des taillis de Bouleaux.

A signaler, la zone au nord, particulièrement visée par la mesure, présentant un boisement de *Prunus serotina* quasiment pur, avec des gros individus (proche de 30 cm de diamètre). Ce peuplement constitue probablement le regroupement le plus important de semenciers de Cerisier tardif.

Modalités de mise en œuvre :

Le but de cette intervention est d'accéder à une remontée de nappe localisée. Une étude hydrogéologique avec modélisation hydrodynamique a été réalisée en janvier 2018 par ANTEA, afin d'orienter les possibilités d'intervention et d'appréhender les incertitudes quant à la réussite de cette mesure. Cette étude fait apparaître que :

- Le niveau d'eau varie entre 0,30 et 0,80 cm de profondeur ;
- Une remontée de 40 cm de la nappe a été observée le 12 janvier 2018 (résultats par rapport au 13 décembre) ;
- L'analyse de la piézométrie montre que les hautes eaux interviennent en fin d'hiver ;
- Les écoulements d'eau superficielle sont réalisés par les fossés, avec une pente topographique faible ;
- Le bouchage du fossé du Schlossgraben n'a que très peu d'influence sur la piézométrie locale, avec une occurrence des périodes d'inondation associée très faible.

Ces résultats complets, en contradiction avec la situation observée régulièrement sur le terrain, où les milieux apparaissent régulièrement inondés, nous amènent à douter de l'influence unique de la nappe sur la présence de zones humides. Ainsi, il est probable que les écoulements de surfaces, probablement associés à des surfaces de limons moins perméables, aient une influence plus importante.

Bien que l'incertitude soit présente, le choix est fait d'intervenir sur les drains latéraux débouchant sur le Schlossgraben. Il s'agit de combler les fossés en se servant du matériel disponible sur place, à savoir les « bourrelets » de terre longeant les drains. L'intervention se fait à la mini-pelle de manière

à avoir un effet minimal sur les sols (Soulignons que les sols majoritairement sableux, sont peu sensibles au compactage). Au niveau de la jonction avec le Schlossgraben, un « bourrelet » de terre est formé de manière à empêcher les écoulements dans le fossé.

La remontée de nappe escomptée, même limitée, engendrée par le bouchage des drains latéraux aura des effets positifs sur la lutte contre l'espèce). *Prunus serotina* est impacté surtout si le sol est engorgé au moment du débourrement printanier : d'une part, placer les appareils racinaires en situation d'asphyxie entraverait la croissance et augmenterait le taux de mortalité "naturel", d'autre part, le maintien d'une ambiance humide exposera à une recrudescence des attaques de phytopathogènes (au niveau des feuilles = oïdium ; au niveau des racines = pythium), ce qui affaiblira encore Prunus.

Par conséquent, on peut s'attendre à une action synergique de la remontée de nappe et des opérations de contrôle.

Site 4 : Conversion d'une plantation d'épicéa en boisement de feuillus autochtones

Objectif de la mesure :

L'objectif de ce boisement n'est pas destiné à une vocation forestière classique de production mais doit répondre à une reconstitution de boisement naturel à vocation écologique : Chênaie-Betulaie acidophile humide, c'est pourquoi il est proposé de convertir le boisement en supprimant les épicéas puis en replantant des essences adaptées.

Mise en œuvre de la mesure :

La mesure compensatoire comprend :

- Les travaux préalables : la suppression des *Prunus serotina* et l'exploitation des épicéas ;
- Les travaux préparatoires à la plantation : le broyage des branches etc. et le travail du sol, la mise en place d'une clôture de protection ;
- Les plantations.

La suppression des *Prunus serotina*

Bien que *Prunus serotina*, présente ici un très faible niveau d'envahissement, tous les pieds présents seront éliminés, ceux-ci sont présents en lisière côté autoroute.

Cette opération nécessite qu'une personne parcoure la totalité de la parcelle pour y arracher manuellement les jeunes semis naturels et le maximum de jeunes plants de moins de 1 m de hauteur. Les pieds plus gros ou trop résistants à l'arrachage seront coupés à ras (au sécateur ou à la tronçonneuse). Les déchets devront être détruits en s'assurant de ne pas propager l'espèce ailleurs.

L'exploitation des épicéas

Les épicéas seront récoltés en période sèche - idéalement de juillet à mi-septembre - de façon à limiter la dégradation du sol (tassement, ornières etc.) surtout liée au débardage des bois.

On conservera les essences indigènes de régénération présentes dans les trouées : tous les chênes seront gardés et si possible les autres essences comme le Bouleau.

Les travaux préparatoires

Les travaux préparatoires avant la plantation consistent en deux opérations :

Le broyage des branches et autres rémanents d'exploitation : il vise à faciliter les opérations de plantation. Le broyage se fera par temps sec en septembre-octobre, avec un broyeur lourd à marteaux. Les déchets seront laissés sur place pour ne pas appauvrir excessivement le sol.

La mise en place d'une clôture de protection

La parcelle étant située dans un massif forestier où une population importante de chevreuils est présente, il est nécessaire de protéger les jeunes plants. Nous préconisons la pose d'une clôture intégrale du périmètre afin de protéger la future plantation de type grillage à larges mailles de 2 m de hauteur avec un piquet tous les 5-6 mètres.

Les essences forestières proposées

Compte tenu des conditions édaphiques, les essences qui peuvent être utilisées sont les suivantes :

- Chêne sessile (*Quercus petraea*) : en essence principale (70 %)
- Merisier (*Prunus avium*) et Hêtre (*Fagus sylvatica*) : en essences secondaires (20 %)

- Erable champêtre (*Acer campestre*), Charme (*Carpinus betulus*), Sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*) et Alisier torminal (*Sorbus torminalis*) : en essences de diversification (10 %)

Bien adapté aux sols acides, le Châtaignier (*Castanea sativa*) n'est pas recommandé du fait de son caractère non indigène, mais on peut envisager d'en introduire quelques-uns au titre de la diversification.

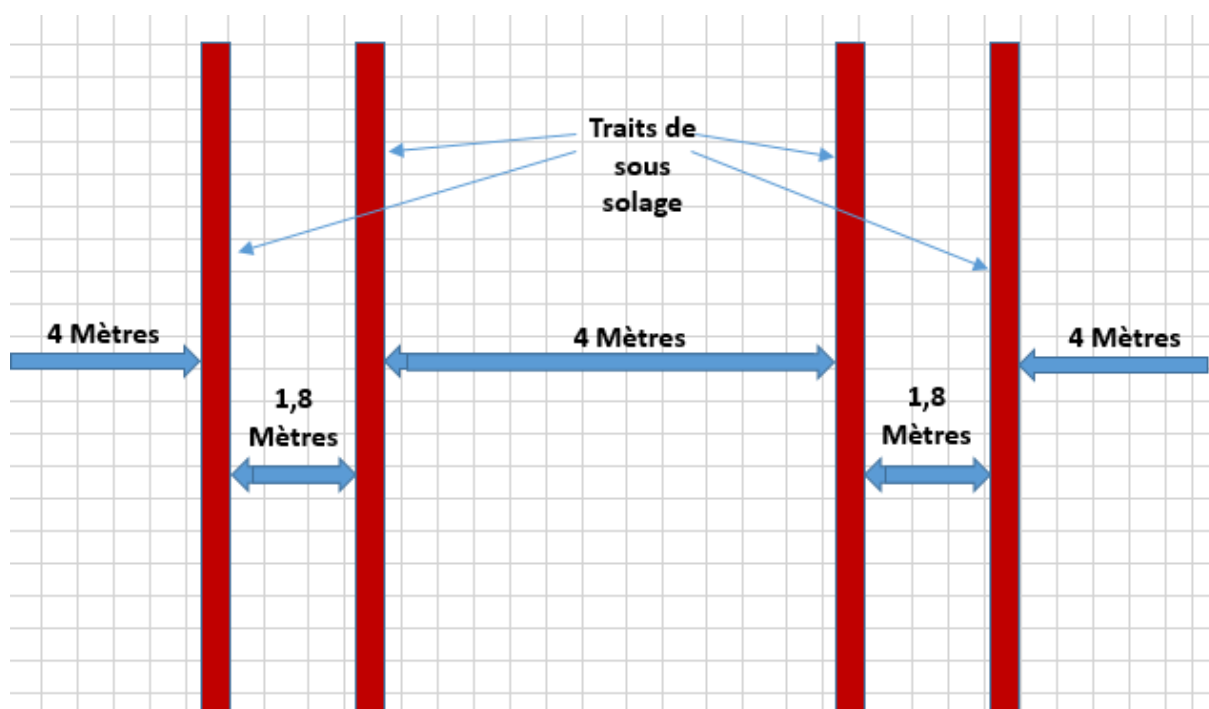
Le Bouleau verruqueux et la Bourdaine ne seront pas plantés car il est fort probable qu'ils s'installeront spontanément dès les premières années avec la proximité de semenciers présents dans la forêt communale.

Qualité des plants

Pour s'assurer d'une bonne reprise des plants, nous conseillons d'utiliser des plants en racines nues, de 2-3 ans maximum et d'une hauteur comprise entre 60 et 80 cm. Les plants seront de type 2S1 ou similaire. La région de provenance préconisée sera QPE 204-Nord-Est Gréseux.

Réalisation de la plantation

Elles se feront en mélangeant les essences sur des doubles lignes de plantation réparties selon le schéma suivant : doubles-lignes de plantations espacées de 1 m 80 avec inter-rang non planté de 4 m.



L'interbande de 4 m non plantée correspond au passage du girobroyeur pour les futurs entretiens.

Ce schéma de plantation correspond à une densité de 1850 plants/ha.

Sur chaque rang de plantation, la répartition entre les différentes essences respectera les proportions suivantes : 70 % de chênes sessiles 10 % de merisiers, 10 % de hêtres, 2,5 % d'érables champêtres 2,5 % de charmes, 2,5 % de Sorbier des oiseleurs et 2,5 % d'Alisier torminal.

Entretien des plantations

Des regarnis seront réalisés si besoin les deux premières années.

Un broyage annuel entre les doubles-lignes de plantations sera réalisé de façon à limiter les herbacées et autres espèces concurrentes et à favoriser le développement des plantations. Ce broyage au girobroyeur forestier dans l'interbande de 4 m de large sera complété si besoin par un dégagement manuel des jeunes plants sur les rangs (suppression des ronces, genêts en particulier si elles étouffent un plant). Le broyage sur environ 2 m facilitera (sur la largeur de bourrage restant le long des lignes plantées) le dégagement manuel des plants et des essences secondaires d'accompagnement (bouleau, tremble, bourdaine).

Le broyage entre les rangs sera réalisé jusqu'à ce que les arbres atteignent 2 m 50 à 3 m de hauteur. Ensuite, on pourra laisser la végétation se développer, notamment les bouleaux, trembles et bourdaines qui se développeront spontanément.

Lors de l'entretien, **les rejets et semis de *Prunus serotina* seront éliminés** (arrachage ou coupe).

Les dates, la fréquence et l'importance des coupes d'éclaircies seront ensuite laissés au choix du gestionnaire forestier, avec la contrainte de conserver les proportions des différentes essences plantées jusqu'à la fin des engagements de compensation de SANEF, c'est-à-dire sur 54 ans.

Suivi des mesures

Cf. Annexe 2 p. 92

6.5.5 Analyse de l'évolution des fonctions

Concernant les fonctions hydrologiques et biogéochimiques, les paramètres qui devraient être favorisés par les actions écologiques (avec obtention d'un gain fonctionnel) sont :

- le couvert végétal permanent passant de 34 à 100%, augmentant la capacité à retenir les sédiments et les nutriments ;
- le type de couvert végétal qui en se diversifiant (boisement / lande / roselières et mégaphorbiaies / prairies) augmente la rugosité du couvert et permet de ralentir les écoulements et ainsi favorise les processus biogéochimiques et notamment la séquestration du carbone ;
- La restauration du fonctionnement hydraulique, au droit du site 3, par bouchage de drain, qui potentiellement permet d'élever le toit de la nappe ;
- l'augmentation de l'épaisseur de l'épisolum humifère (matière organique incorporée en surface) du fait de l'évolution de l'occupation du sol, des décaissements effectués et de l'hydromorphie, avec une moindre minéralisation. Notons que ce paramètre n'évolue que sur le long terme.

Concernant la fonction d'accomplissement du cycle biologique des espèces, les paramètres qui devraient être favorisés par les actions écologiques (avec obtention d'un gain fonctionnel) sont :

- le degré d'artificialisation des habitats réduit ;
- la diversité des habitats et l'équipartition des habitats ;
- les espèces exotiques envahissantes : le contrôle du Cerisier tardif (*Prunus serotina*) par des mesures de gestion adaptées (mesures mécanique, lutte biologique), couplée à la mesure de réhaussement de la nappe permet de rétablir la fonction de support des habitats pour la faune et la flore indigène.

FONCTIONS HYDROLOGIQUES			FONCTIONS BIOGEOCHIMIQUES			FONCTIONS D'ACCOMPLISSEMENT DU CYCLE BIOLOGIQUE DES ESPECES		
AVANT ACTION ECOLOGIQUE	APRES ACTION ECOLOGIQUE	JUSTIFICATION	AVANT ACTION ECOLOGIQUE	APRES ACTION ECOLOGIQUE	JUSTIFICATION	AVANT ACTION ECOLOGIQUE	APRES ACTION ECOLOGIQUE	JUSTIFICATION
Capacité assez faible	Capacité assez forte	Part enherbée passe de 34% à 100% / Rareté de l'artificialisation entraînant incorporation de la matière organique en surface accrue / Augmentation de l'hydromorphie	Capacité assez faible	Capacité assez forte	Part enherbée passe de 34% à 100% / Rareté de l'artificialisation entraînant incorporation de la matière organique en surface accrue / Augmentation de l'hydromorphie	Capacité assez faible	Capacité forte	Diversification par création d'une mosaïque d'habitats sur les différents sites / Diminution des perturbations anthropiques sur l'ensemble des sites / Limitation des espèces végétales exotiques sur le site 3

Figure 10 : Evolution des fonctions remplies par le site compensatoire après mise en oeuvre des actions écologiques

- ⇒ Conformément à la réglementation, qui exige l'obtention d'un gain écologique pour les sites compensatoires, on peut conclure du développement ci-dessus, que **le principe d'efficacité est bien appliqué ici.**

6.5.6 Vérification des principes de proximité et d'équivalence

Une vérification des principes de proximité et d'équivalence est effectuée sur la base du diagnostic de contexte.

Ce diagnostic de contexte vise à vérifier que le site impacté et le site de compensation sont effectivement comparables en présentant des composantes physiques et anthropiques similaires. Il s'agit de vérifier les points suivants :

- appartenance à la même masse d'eau de surface ;
- paysage (classification des habitats EUNIS niveau 1) semblable ;
- pressions anthropiques semblables dans la zone contributive ;
- même système hydrogéomorphologique ;
- composition des habitats EUNIS 3 à peu près équivalente.

Le site impacté et le site de compensation se situent au sein de la même zone contributive, avec des paysages similaires, et ainsi, des pressions anthropiques semblables. Par ailleurs, il s'agit de la même zone humide alluviale. Enfin, les habitats recréés au sein du site compensatoire sont assez semblables aux habitats détruits.

- ⇒ **Les principes de proximité et d'équivalence sont donc respectés.**

6.5.7 Vérification de l'application des principes d'équivalence et d'additionnalité écologique

Le ratio d'équivalence fonctionnelle proposé est de 1,5, celui-ci ayant été déterminé en fonction :

- du délai relativement long pour obtenir les habitats visés, notamment sur la mesure de reboisement ;
- du fait de l'incertitude subsistant quant au succès de certaines actions écologiques programmées comme la lutte contre *Prunus serotina*.

D'après les analyses, l'équivalence fonctionnelle devrait être atteinte pour **4 indicateurs** :

- **le couvert végétal permanent.** Le couvert végétal, avant action écologique, est réduit, avec une proportion importante de grande culture, et devrait atteindre 100% à l'issue des aménagements prévus ;
- **la richesse en grands habitats.** Le site avant action présente une diversité réduite en grands habitats les sites 1 et 2 dominés par la grande culture et les sites 3 et 4, caractérisés par la présence d'un seul habitat forestier. L'objectif des actions écologiques est notamment de « mosaïquer » les différents sites en particulier sur les sites 1 et 2, où les actions permettent une diversification importante ;
- **la rareté de l'artificialisation.** Les habitats avant action écologique sont des habitats très artificiels : Pessière, boisement de feuillus exotiques et grande culture). Les actions conduisent ces surfaces vers des habitats naturels ;
- **la rareté des invasions biologiques.** *Prunus serotina*, présent sur 4 ha, en peuplement quasi-monospécifique est contrôlé par une gestion adaptée.

Cette équivalence fonctionnelle s'accompagne d'effets conséquents sur les fonctions hydrologique et biogéochimique, notamment du fait de la végétalisation accrue du site et de l'évolution de la minéralisation de la matière organique, augmentant les capacités de rétention des sédiments, de dénitrification des nitrates, d'assimilation végétale de l'azote et de séquestration du carbone.

On peut également s'attendre à une augmentation de l'hydromorphie du fait des décaissements effectués sur le site reboisé, en revanche, on ne note pas d'effet observable sur l'évolution des fonctions associées à cet indicateur.

Les effets sont également effectifs pour la fonction d'accomplissement du cycle biologique des espèces, notamment pour la sous-fonction Richesse des habitats, par la diversification des milieux présents, la création d'une mosaïque d'habitats. La fonction connexion des habitats n'évolue pas du fait de l'absence d'intervention sur le paysage du site.

En conclusion, l'équivalence fonctionnelle est atteinte pour 1 indicateur (couvert végétal permanent) lié à des fonctions ayant des enjeux jugés « assez faibles » (fonctions hydrologique et biogéochimique) sur le territoire et 3 indicateurs liés à des fonctions ayant des enjeux jugés « assez faibles » (fonction accomplissement du cycle biologique des espèces) sur le territoire.

Les principes d'équivalence et d'additionnalité écologique sont bien appliqués ici.

7 CONCLUSION

La surface totale de la zone humide dans la zone d'étude est de 84 hectares d'après l'arrêté de 2008.

La réalisation du projet entraîne des impacts directs caractérisés par :

- 7,9 hectares impactés définitivement (impact permanent) par une artificialisation des milieux traversés ;
- 2,1 hectares impactés temporairement.

En plus de cette surface, environ **1,1 ha de zones humides sont indirectement impactés** par l'enclavement d'une zone et les modifications éventuelles de son fonctionnement hydraulique.

La mise en place des mesures d'évitement et de réduction conduit à la synthèse suivante, quantifiant l'impact résiduel sur les zones humides à **7,9 ha de zones humides, les fonctionnalités de ces surfaces étant ainsi à compenser.**

La méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (AFB, 2016) a été appliquée afin de compléter la démarche ERC et de définir les mesures compensatoires.

La compensation envisagée comprend 4 sites avec des actions spécifiques :

- Site 1 : Boisement de terres agricoles en lisière du Krittwald avec un peuplement de feuillus autochtones, site du « Forlen » sur une superficie de 12,25 ha ;
- Site 2 : Conversion d'un labour en prairie et boisement en lisière sud du Krittwald, site du « Fer à cheval » sur une superficie de 5,65 ha ;
- Site 3 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* (espèce invasive) en lande humide rase, sur une superficie de 4,66 ha ;
- Site 4 : Conversion d'une plantation d'épicéa en boisement de feuillus autochtones, sur une superficie de 3,05 ha.

Les actions écologiques envisagées sur ces sites permettent de répondre aux exigences réglementaires, avec l'obtention d'une équivalence fonctionnelle sur 4 indicateurs, respectant :

- le principe d'efficacité avec obtention d'un gain fonctionnel compensant les pertes fonctionnelles sur le site impacté ;
- Les principes de proximité et d'équivalence sont donc respectés, avec un site compensatoire sur la même masse d'eau, caractérisé par le même système hydrogéomorphologique, et avec les mêmes pressions anthropiques ;
- Les principes d'équivalence et d'additionnalité écologique avec une équivalence fonctionnelle atteinte pour 1 indicateur (couvert végétal permanent) lié à des fonctions ayant des enjeux jugés « assez faibles » (fonctions hydrologique et biogéochimique) sur le territoire et 3 indicateurs liés à des fonctions ayant des enjeux jugés « assez faibles » (fonction accomplissement du cycle biologique des espèces) sur le territoire.

8 ANNEXES

8.1 EXTRAITS DES TABLEURS EXCEL

TABLEAU 4 : DETAILS DE LA VALEUR DES INDICATEURS DANS LES SITES																
Indiquez par une "X" si vous voulez afficher la valeur des indicateurs dans :				<input checked="" type="checkbox"/>	le site impacté avant impact, avec impact envisagé (simulation) et après impact (observation sur le terrain).											
				ou		le site de compensation avant action écologique, avec action écologique envisagée (simulation) et après action écologique (observation sur le terrain).										
Plus le rectangle noir est important, plus la valeur de l'indicateur est proche de 1 et plus l'intensité relative de la fonction associée est importante vu cet indicateur. Il est possible d'afficher la valeur de l'indicateur dans les rectangles (clique droit --> Format de cellule --> Onglet "Nombre", sélectionnez catégorie : Nombre).																
Note : ce n'est pas à partir de cette seule valeur qu'une conclusion est donnée sur la vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle. Cette conclusion est faite sur cette valeur multipliée par la superficie du site.																
Nom	Question associée	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont moins fortes quand...	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont plus fortes quand...	Mesures de l'indicateur dans le site impacté		Sous-fonctions associées										
				Valeur de l'indicateur indépendante de la superficie du site [0-1]	Commentaire	Retenissement des ruissellements	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats	
Le couvert végétal																
Végétalisation du site	41	...la part du site avec un couvert végétal permanent est très faible	...la part du site avec un couvert végétal permanent est très forte	Avant impact	Couvert vég. permanent très important (100 %).											
				Avec impact envisagé	Site détruit (0 ha).											
				Après impact												
Couvert végétal 1	56	...le couvert végétal est principalement clairsemé ou muscinal	...le couvert végétal est principalement herbacé avec export de biomasse et/ou arbustif et/ou arborescent	Avant impact	Couvert surtout herbacé avec export de biomasse et/ou arbustif et/ou arborescent											
				Avec impact envisagé	Site détruit (0 ha).											
				Après impact												
Couvert végétal 2	56	...le couvert végétal est principalement clairsemé ou muscinal	...le couvert végétal est principalement arborescent	Avant impact	Couvert surtout arborescent.											
				Avec impact envisagé	Site détruit (0 ha).											
				Après impact												
Rugosité du couvert végétal	56	...le couvert végétal est absent ou principalement bas	...le couvert végétal est principalement arborescent	Avant impact	Couvert surtout arborescent.											
				Avec impact envisagé	Site détruit (0 ha).											
				Après impact												
Les systèmes de drainage																
Rareté des rigoles	60	... la densité de rigole est très élevée	... les rigoles sont absentes ou à très faible densité	Avant impact	Absence de rigoles.											
				Avec impact envisagé	Site détruit (0 ha).											
				Après impact												
Rareté des fossés	60	... la densité de fossé est très élevée	... les fossés sont absents ou à très faible densité	Avant impact	Densité de fossés très importante (328 m/ha).											
				Avec impact envisagé	Site détruit (0 ha).											
				Après impact												
Rareté des fossés profonds	60	... la densité de fossé profond est très élevée	... les fossés profonds sont absents ou à très faible densité	Avant impact	Densité de fossés profonds très importante (125 m/ha).											
				Avec impact envisagé	Site détruit (0 ha).											
				Après impact												
Végétalisation des fossés et fossés profonds	60	... les fossés et fossés profonds sont pas ou très peu végétalisés	... les fossés et fossés profonds sont très végétalisés	Avant impact	Fossés et/ou fossés prof. pas ou très peu végétalisés (5 %).											
				Avec impact envisagé	Site détruit (0 ha).											
				Après impact												
Rareté des drains souterrains	64	... la part du site et de la zone tampon drainée par des drains souterrains est très importante	... il n'y a pas de drain souterrain ou quand la part du site et de la zone tampon drainée par des drains souterrains est très faible	Avant impact	Non renseigné, méconnaissance présence de drains sout.											
				Avec impact envisagé	Site détruit (0 ha).											
				Après impact												
L'érosion																
Rareté du ravinement	66	... la part du site ravinée sans couvert végétal permanent est très importante	... il n'y a pas de ravines, ou quand la part du site ravinée sans couvert végétal permanent est très faible	Avant impact	Absence de ravinement.											
				Avec impact envisagé	Site détruit (0 ha).											
				Après impact												
Végétalisation des berges	71 et 72	... la part du linéaire de berges érodée ou non stabilisée est très importante	... la part du linéaire de berges végétalisée ou stabilisée par des aménagements est très importante	Avant impact												
				Avec impact envisagé	Site détruit (0 ha).											
				Après impact												

Le sol						
Acidité du sol 1	73	... le pH moyen du sol est très acide ou très basique	... le pH moyen du sol est compris entre [6-7]	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Sol généralement très acide ou très basique. Site détruit (0 ha).	
Acidité du sol 2	73	... le pH moyen du sol est compris entre [6-7]	... le pH moyen du sol est très acide ou très basique	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Sol généralement très acide ou très basique. Site détruit (0 ha).	
Matière organique incorporée en surface	73	... l'épisolum humifère en surface est absent ou très peu épais	... l'épisolum humifère en surface est très épais	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Episolum humifère non renseigné dans tout le site. Site détruit (0 ha).	
Matière organique enfouie	73	... il n'y a pas d'horizon humifère enfoui ou très peu épais	... l'horizon humifère enfoui est très épais	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Horizon humifère enfoui non renseigné dans tout le site. Site détruit (0 ha).	
Tourbe en surface	73	... il n'y a pas d'horizon histique ou très peu épais et/ou très décomposé	... l'horizon histique est épais et peu décomposé	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Absence d'horizon histique (tourbe). Site détruit (0 ha).	
Tourbe enfouie	73	... il n'y a pas d'horizon histique enfoui ou très peu épais et/ou très décomposé	... l'horizon histique enfoui est épais et peu décomposé	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Absence d'horizon histique (tourbe). Site détruit (0 ha).	
Texture en surface 1	73	... la texture est principalement limoneuse entre 0 et 30 cm de profondeur	... la texture est principalement argileuse et/ou sableuse entre 0 et 30 cm de profondeur	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Granulométrie intermédiaire. Site détruit (0 ha).	
Texture en surface 2	73	... la texture est principalement sableuse entre 0 et 30 cm de profondeur	... la texture est principalement argileuse entre 0 et 30 cm de profondeur	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Granulométrie intermédiaire. Site détruit (0 ha).	
Texture en profondeur	73	... la texture est principalement sableuse entre 30 et 120 cm de profondeur	... la texture est principalement argileuse entre 30 et 120 cm de profondeur	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Texture en profondeur non renseignée dans tout le site. Site détruit (0 ha).	
Conductivité hydraulique en surface	73	... la conductivité hydraulique est très réduite entre 0 et 30 cm de profondeur	... la conductivité hydraulique est très importante entre 0 et 30 cm de profondeur	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Fort conductivité hydraulique en surface. Site détruit (0 ha).	
Conductivité hydraulique en profondeur	73	... la conductivité hydraulique est très réduite entre 30 et 120 cm de profondeur	... la conductivité hydraulique est très importante entre 30 et 120 cm de profondeur	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Type de matériau en profondeur non renseigné dans tout le site. Site détruit (0 ha).	
Hydromorphie	73	... l'hydromorphie est très réduite (traits rédoxiques)	... l'hydromorphie est très élevée (traits histiques)	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Hydromorphie en profondeur non connue dans tout le site. Site détruit (0 ha).	
Les habitats						
Richesse des grands habitats	39	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 1 est très réduit	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 1 est très important	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	2 grands habitats. Site détruit (0 ha).	
Equipartition des grands habitats	39	... un ou quelques habitats EUNIS niveau 1 sont largement dominants sur les autres	... la part relative des habitats EUNIS niveau 1 est similaire à celle des autres	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Equitabilité de répartition des grands habitats très réduite (E=0,05). Site détruit (0 ha).	
Proximité des habitats	77, 78	... les unités d'habitats EUNIS niveau 1 du site sont très isolées des autres unités d'habitats similaires	... les unités d'habitats EUNIS niveau 1 du site sont très proches des autres unités d'habitats similaires	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Très faible isolement des habitats (dist. moy. 0 km). Site détruit (0 ha).	
Similarité avec le paysage	22, 39	... la composition des habitats EUNIS niveau 1 dans le site et dans le paysage est très différente	... la composition des habitats EUNIS niveau 1 dans le site et dans le paysage est très similaire	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Habitats assez similaires au paysage (coef. sim.=0,7). Site détruit (0 ha).	
Richesse des habitats	39	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 3 est très réduit	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 3 est très important	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	6 habitats. Site détruit (0 ha).	
Equipartition des habitats	39	... un ou quelques habitats EUNIS niveau 3 sont largement dominants sur les autres	... la part relative des habitats EUNIS niveau 3 est similaire à celle des autres	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Equitabilité de répartition des habitats assez réduite (E=0,59). Site détruit (0 ha).	
Rareté des lisières	76	... les lisières entre les habitats EUNIS niveau 3 sont très importantes	... les lisières entre les habitats EUNIS niveau 3 sont très réduites	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Assez forte densité de lisières (408,4 m/ha). Site détruit (0 ha).	
Rareté de l'artificialisation de l'habitat	39, 57 et 58	... les perturbations anthropiques sont extrêmes	... les perturbations anthropiques sont modérées à quasi-absentes.	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Perturbations anthropiques modérées à quasi-absentes. Site détruit (0 ha).	
Rareté des invasions biologiques végétales	55	... la part du site occupée par des espèces végétales associées à des invasions biologiques est élevée	... la part du site occupée par des espèces végétales associées à des invasions biologiques est réduite ou absente	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Emprise desp. inv. vég. très réduite (3 %). Site détruit (0 ha).	

TABEAU 5 : DETAILS DE LA VALEUR DES INDICATEURS DANS L'ENVIRONNEMENT DES SITES

Indiquez par une "X" si vous voulez afficher la valeur des indicateurs dans : l'environnement du site impacté avant impact, avec impact envisagé (simulation) et après impact (observation sur le terrain).

ou

l'environnement du site de compensation avant action écologique, avec action écologique envisagée (simulation) et après action écologique (observation sur le terrain).

Plus le rectangle noir est important, plus la valeur de l'indicateur est proche de 1 et plus l'opportunité relative de réaliser la fonction associée est importante vu cet indicateur. Il est possible d'afficher la valeur de l'indicateur dans les rectangles (clic droit -> Format de cellule -> Onglet "Nombre", sélectionnez catégorie : Nombre).

Note : avec cette version de la méthode, aucune conclusion n'est donnée sur la vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle pour les indicateurs dans l'environnement du site.

Propriétés générales de l'indicateur			Mesures de l'indicateur dans l'environnement du site impacté		Sous-fonctions associées										
Nom	Question associée	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont moins fortes quand...	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont plus fortes quand...	Valeur de l'indicateur indépendante de la superficie de l'environnement du site [0-1]	Commentaire	Rejets et ruissellements	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitration des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption/précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats
Dans la zone contributive du site															
Surfaces cultivées	13	... la part de la zone contributive qui est en cultures est très faible	... la part de la zone contributive qui est en cultures est très forte	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Part cultivée très réduite (16,6 %). Site détruit (0 ha).										
Surfaces enherbées	13	... la part de la zone contributive qui est enherbée est très faible	... la part de la zone contributive qui est enherbée est très forte	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Part enherbée très réduite (6,6 %). Site détruit (0 ha).										
Surfaces construites	15	... la part de la zone contributive qui est construite est très faible	... la part de la zone contributive qui est construite est très forte	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Part construite très importante (1,8 %). Site détruit (0 ha).										
Infrastructures de transport	16	... la densité d'infrastructures de transport est très faible dans la zone contributive	... la densité d'infrastructures de transport est très forte dans la zone contributive	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Densité d'infrastructures de transport assez réduite (1,6 km/100ha). Site détruit (0 ha).										
Dans la zone tampon du site															
Dévégétalisation de la zone tampon	19	... la part de la zone tampon avec un couvert végétal permanent est très forte	... la part de la zone tampon avec un couvert végétal permanent est très faible	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Couvert vég. permanent très important (81 %). Site détruit (0 ha).										
Sur le cours d'eau associé au site															
Sinuosité du cours d'eau	43	... le cours d'eau associé au site est rectiligne	... le cours d'eau associé au site est méandrique	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Cours d'eau sinueux (coef. sin=1,13). Site détruit (0 ha).										
Proximité au lit mineur	42	... le site est très éloigné du cours d'eau	... le site est très proche du cours d'eau	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Site très éloigné du cours d'eau (distance moy.=790 m). Site détruit (0 ha).										
Incision du lit mineur	69	... le cours d'eau est fortement incisé	... le cours d'eau est très peu incisé	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Cours d'eau assez incisé (haut-plans bords [0,5 - 1 m]). Site détruit (0 ha).										
Dans le paysage du site															
Richesse des grands habitats du paysage	22	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 1 dans le paysage est très réduit	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 1 dans le paysage est très important	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Nombre de grands habitats important (6 habitats). Site détruit (0 ha).										
Equipartition des grands habitats du paysage	22	... un ou quelques habitats EUNIS niveau 1 sont largement dominants sur les autres dans le paysage	... la part relative des habitats EUNIS niveau 1 est similaire à celle des autres dans le paysage	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Equilibré de répartition des grands habitats élevés (E=0,59). Site détruit (0 ha).										
Corridors boisés	24, 25 ou 26	... la densité et la superficie de haies est très faible dans le paysage	... la densité et la superficie de haies est très forte dans le paysage	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Densité de corr. boisés très réduite (0,3 km/100ha). Site détruit (0 ha).										
Corridors aquatiques permanents	27	... la densité de corridors aquatiques permanents est très faible dans le paysage	... la densité de corridors aquatiques permanents est très forte dans le paysage	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Densité de corr. aq. perm. assez réduite (0,3km/100ha). Site détruit (0 ha).										
Corridors aquatiques temporaires	27	... la densité de corridors aquatiques temporaires est très faible dans le paysage	... la densité de corridors aquatiques temporaires est très forte dans le paysage	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Densité de corr. aq. temp. très importante (2,6 km/100ha). Site détruit (0 ha).										
Rareté des grandes infrastructures de transport	29	... la densité de grandes infrastructures est très forte dans le paysage	... la densité de grandes infrastructures est très faible dans le paysage	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Densité de grandes infrastr. de transp. très importante (1,6 km/100ha). Site détruit (0 ha).										
Rareté des petites infrastructures de transport	32	... la densité de petites infrastructures est très forte dans le paysage	... la densité de petites infrastructures est très faible dans le paysage	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Densité de petites infrastr. de transp. très réduite (0,7 km/100ha). Site détruit (0 ha).										

TABLEAU 2 : SYNTHÈSE SUR L'ÉQUIVALENCE FONCTIONNELLE PAR FONCTION DANS LES SITES

Quel ratio d'équivalence fonctionnelle choisissez-vous pour réaliser votre évaluation ?

La valeur minimale à indiquer est 1 ; mais il est préconisé d'aller au-delà pour fournir plus de garantie sur la vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle.
 Par exemple, si l'observateur choisit une valeur de 2/1, l'amélioration après l'action écologique doit être au moins 2 fois supérieure à l'altération après l'impact pour que l'action écologique compense l'impact.

1,5 /1.

Indiquez par une "X" si vous voulez afficher : le site impacté avec impact envisagé et le site de compensation avec action écologique envisagée (simulation).
 ou
 le site impacté après impact et le site de compensation après action écologique (observation sur le terrain).

CONCLUSION SUR UNE ÉQUIVALENCE FONCTIONNELLE VRAISEMBLABLE AVEC LA STRATÉGIE DE COMPENSATION ENVISAGÉE

	SITE IMPACTÉ AVEC IMPACT ENVISAGÉ	SITE DE COMPENSATION AVEC ACTION ÉCOLOGIQUE ENVISAGÉE	
Nombre d'indicateurs renseignés à la fois dans les 2 sites			
Selon combien d'indicateurs l'intensité de la sous-fonction est-elle réduite avec l'impact envisagé ? <i>(perte fonctionnelle)</i>			
Selon combien d'indicateurs l'intensité de la sous-fonction est-elle accrue avec l'action écologique envisagée ? <i>(gain fonctionnel)</i>			
Pour combien d'indicateurs le gain fonctionnel compense-t-il la perte fonctionnelle ?			

FONCTION HYDROLOGIQUE

Ralentissement des ruissellements	4 indicateur(s) renseigné(s)	3 indicateur(s) associé(s) à une perte fonctionnelle	1 indicateur(s) associé(s) à un gain fonctionnel	0 indicateur(s) associé(s) à une équivalence fonctionnelle
Recharge des nappes	4 indicateur(s) renseigné(s)	3 indicateur(s) associé(s) à une perte fonctionnelle	0 indicateur(s) associé(s) à un gain fonctionnel	0 indicateur(s) associé(s) à une équivalence fonctionnelle
Rétention des sédiments	8 indicateur(s) renseigné(s)	7 indicateur(s) associé(s) à une perte fonctionnelle	2 indicateur(s) associé(s) à un gain fonctionnel	1 indicateur(s) associé(s) à une équivalence fonctionnelle

FONCTION BIOGÉOCHIMIQUE

Dénitrification des nitrates	8 indicateur(s) renseigné(s)	7 indicateur(s) associé(s) à une perte fonctionnelle	2 indicateur(s) associé(s) à un gain fonctionnel	1 indicateur(s) associé(s) à une équivalence fonctionnelle
Assimilation végétale de l'azote	8 indicateur(s) renseigné(s)	7 indicateur(s) associé(s) à une perte fonctionnelle	2 indicateur(s) associé(s) à un gain fonctionnel	1 indicateur(s) associé(s) à une équivalence fonctionnelle
Adsorption et précipitation du phosphore	8 indicateur(s) renseigné(s)	7 indicateur(s) associé(s) à une perte fonctionnelle	2 indicateur(s) associé(s) à un gain fonctionnel	1 indicateur(s) associé(s) à une équivalence fonctionnelle
Assimilation végétale des orthophosphates	9 indicateur(s) renseigné(s)	8 indicateur(s) associé(s) à une perte fonctionnelle	2 indicateur(s) associé(s) à un gain fonctionnel	1 indicateur(s) associé(s) à une équivalence fonctionnelle
Séquestration du carbone	3 indicateur(s) renseigné(s)	1 indicateur(s) associé(s) à une perte fonctionnelle	1 indicateur(s) associé(s) à un gain fonctionnel	0 indicateur(s) associé(s) à une équivalence fonctionnelle

FONCTION D'ACCOMPLISSEMENT DU CYCLE BIOLOGIQUE DES ESPÈCES

Support des habitats	7 indicateur(s) renseigné(s)	7 indicateur(s) associé(s) à une perte fonctionnelle	5 indicateur(s) associé(s) à un gain fonctionnel	3 indicateur(s) associé(s) à une équivalence fonctionnelle
Connexion des habitats	2 indicateur(s) renseigné(s)	2 indicateur(s) associé(s) à une perte fonctionnelle	1 indicateur(s) associé(s) à un gain fonctionnel	0 indicateur(s) associé(s) à une équivalence fonctionnelle

BILAN	25 indicateur(s) renseigné(s)	22 indicateur(s) associé(s) à une perte fonctionnelle	9 indicateur(s) associé(s) à un gain fonctionnel	4 indicateur(s) associé(s) à une équivalence fonctionnelle
--------------	-------------------------------	---	--	--

TABLEAU 3 : SYNTHÈSE SUR L'ÉQUIVALENCE FONCTIONNELLE PAR INDICATEUR DANS LES SITES

Le ratio d'équivalence fonctionnelle et le type de site (avec impact envisagé et avec action écologique envisagée ou après impact et après action écologique) sont ceux que vous avez choisi pour afficher le tableau 2 ci-dessus.

CONCLUSION SUR UNE ÉQUIVALENCE FONCTIONNELLE
VRAISEMBLABLE AVEC LA STRATÉGIE DE COMPENSATION
ENVISAGÉE

Nom de l'indicateur	Paramètre mesuré sur le site	SITE IMPACTÉ AVEC IMPACT ENVISAGÉ	SITE DE COMPENSATION AVEC ACTION ÉCOLOGIQUE ENVISAGÉE	La perte fonctionnelle est-elle vraisemblablement compensée par le gain fonctionnel ?	Sous-fonctions associées									
		Présence de perte fonctionnelle ?	Présence de gain fonctionnel ?		Ralentissement des ruissellements	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats
Le couvert végétal														
Végétalisation du site	Couvert végétal permanent	OUI	OUI (2,2 fois la perte)	OUI										
Couvert végétal 1	Type de couvert végétal	OUI	non	non										
Couvert végétal 2	Type de couvert végétal	OUI	OUI (0,3 fois la perte)	non										
Rugosité du couvert végétal	Type de couvert végétal	OUI	OUI (0,8 fois la perte)	non										
Les systèmes de drainage														
Rareté des rigoles	Rigoles	OUI	non	non										
Rareté des fossés	Fossés	non	non	non										
Rareté des fossés profonds	Fossés profonds	OUI	non	non										
Végétalisation des fossés et fossés profonds	Couvert végétal dans les fossés et fossés profonds	OUI	non	non										
Rareté des drains souterrains	Drains souterrains	non renseigné	non renseigné	non renseigné										
L'érosion														
Rareté du ravinement	Ravines sans couvert végétal permanent	OUI	non	non										
Végétalisation des berges	Berges sans couvert végétal permanent	non renseigné	non	non renseigné										
Le sol														
Acidité du sol 1	pH	OUI	non	non										
Acidité du sol 2	pH	OUI	non	non										
Matière organique incorporée en surface	Episolum humifère	non renseigné	non	non renseigné										
Matière organique enfouie	Horizon humifère enfoui	non renseigné	non renseigné	non renseigné										
Tourbe en surface	Horizons histiques	non	non	non										
Tourbe enfouie	Horizons histiques enfouis	non	non	non										
Texture en surface 1	Texture entre 0 et 30 cm	OUI	non	non										
Texture en surface 2	Texture entre 0 et 30 cm	OUI	non	non										
Texture en profondeur	Texture entre 30 et 120 cm	non renseigné	non renseigné	non renseigné										
Conductivité hydraulique en surface	Texture et horizons histiques entre 0 et 30 cm	OUI	non	non										
Conductivité hydraulique en profondeur	Texture et horizons histiques entre 30 et 120 cm	non renseigné	non renseigné	non renseigné										
Hydromorphie	Traits d'hydromorphie	non renseigné	non renseigné	non renseigné										
Les habitats														
Richesse des grands habitats	Habitats EUNIS niveau 1	OUI	OUI (1,6 fois la perte)	OUI										
Equipartition des grands habitats	Habitats EUNIS niveau 1	OUI	non	non										
Proximité des habitats	Habitats EUNIS niveau 1	OUI	non	non										
Similarité avec le paysage	Habitats EUNIS niveau 1	OUI	OUI (0 fois la perte)	non										
Richesse des habitats	Habitats EUNIS niveau 3	OUI	OUI (0,5 fois la perte)	non										
Equipartition des habitats	Habitats EUNIS niveau 3	OUI	OUI (0,6 fois la perte)	non										
Rareté des lisières	Habitats EUNIS niveau 3	OUI	non	non										
Rareté de l'artificialisation de l'habitat	Habitats EUNIS niveau 3	OUI	OUI (2,2 fois la perte)	OUI										
Rareté des invasions biologiques végétales	Espèces végétales invasives	OUI	OUI (2,1 fois la perte)	OUI										

Les carrés bleus, rouges ou verts indiquent les sous-fonctions renseignées par l'indicateur.

TABLEAU 4 : DETAILS DE LA VALEUR DES INDICATEURS DANS LES SITES

Indiquez par une "X" si vous voulez afficher la valeur des indicateurs dans : le site impacté avant impact, avec impact envisagé (simulation) et après impact (observation sur le terrain).

ou

le site de compensation avant action écologique, avec action écologique envisagée (simulation) et après action écologique (observation sur le terrain).

Plus le rectangle noir est important, plus la valeur de l'indicateur est proche de 1 et plus l'intensité relative de la fonction associée est importante vu cet indicateur. Il est possible d'afficher la valeur de l'indicateur dans les rectangles (clic droit -> Format de cellule -> Onglet "Nombre", sélectionnez catégorie : Nombre).

Note : ce n'est pas à partir de cette seule valeur qu'une conclusion est donnée sur la vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle. Cette conclusion est faite sur cette valeur multipliée par la superficie de site.

Propriétés générales de l'indicateur			Mesures de l'indicateur dans le site de compensation		Sous-fonctions associées										
Nom	Question associée	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont moins fortes quand...	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont plus fortes quand...	Valeur de l'indicateur indépendante de la superficie de site [0-1]	Commentaire	Ralentissement des ruissellements	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des controphosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats
Le couvert végétal															
Végétalisation du site	41	...la part du site avec un couvert végétal permanent est très faible	...la part du site avec un couvert végétal permanent est très forte	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Couvert vég. permanent assez réduit (24 %). Couvert vég. permanent très important (100 %).										
Couvert végétal 1	56	...le couvert végétal est principalement clairsemé ou muscinal	...le couvert végétal est principalement herbacé avec export de biomasse et/ou arbustif et/ou arborescent	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Couvert surtout herbacé avec export de biomasse et/ou arbustif et/ou arborescent. Couvert surtout herbacé avec export de biomasse et/ou arbustif et/ou arborescent.										
Couvert végétal 2	56	...le couvert végétal est principalement clairsemé ou muscinal	...le couvert végétal est principalement arborescent	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Couverts intermédiaires. Couvert surtout arborescent.										
Rugosité du couvert végétal	56	...le couvert végétal est absent ou principalement bas	...le couvert végétal est principalement arborescent	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Couvert végétal intermédiaire. Couvert surtout arborescent.										
Les systèmes de drainage															
Rareté des rigoles	60	... la densité de rigole est très élevée	... les rigoles sont absentes ou à très faible densité	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Densité de rigoles très réduite (29 m/ha). Densité de rigoles très réduite (29 m/ha).										
Rareté des fossés	60	... la densité de fossé est très élevée	... les fossés sont absents ou à très faible densité	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Densité de fossés très réduite (45 m/ha). Densité de fossés très réduite (45 m/ha).										
Rareté des fossés profonds	60	... la densité de fossé profond est très élevée	... les fossés profonds sont absents ou à très faible densité	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Absence de fossés profonds. Absence de fossés profonds.										
Végétalisation des fossés et fossés profonds	60	... les fossés et fossés profonds sont pas ou très peu végétalisés	... les fossés et fossés profonds sont très végétalisés	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Fossés et/ou fossés prof. entièrement végétalisés. Fossés et/ou fossés prof. entièrement végétalisés.										
Rareté des drains souterrains	64	... la part du site et de la zone tampon drainée par des drains souterrains est très importante	... il n'y a pas de drain souterrain ou quand la part du site et de la zone tampon drainée par des drains souterrains est très faible	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Non renseigné, méconnaissance présence de drains sout. Non renseigné, méconnaissance présence de drains sout.										
L'érosion															
Rareté du ravinement	66	... la part du site ravinée sans couvert végétal permanent est très importante	... il n'y a pas de ravines, ou quand la part du site ravinée sans couvert végétal permanent est très faible	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Absence de ravinement. Absence de ravinement.										
Végétalisation des berges	71 et 72	... la part du linéaire de berges érodée ou non stabilisée est très importante	... la part du linéaire de berges végétalisée ou stabilisée par des aménagements est très importante	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Berges nues très réduites (0 %). Berges nues très réduites (0 %).										

Le sol						
Acidité du sol 1	73	... le pH moyen du sol est très acide ou très basique	... le pH moyen du sol est compris entre [6-7]	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Soil généralement très acide ou très basique. Soil généralement très acide ou très basique.	
Acidité du sol 2	73	... le pH moyen du sol est compris entre [6-7]	... le pH moyen du sol est très acide ou très basique	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Soil généralement très acide ou très basique. Soil généralement très acide ou très basique.	
Matière organique incorporée en surface	73	... l'épisolum humifère en surface est absent ou très peu épais	... l'épisolum humifère en surface est très épais	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Episolum humifère mince (moy. =30 cm). Episolum humifère mince (moy. =30 cm).	
Matière organique enfouie	73	... il n'y a pas d'horizon humifère enfoui ou très peu épais	... l'horizon humifère enfoui est très épais	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Horizon humifère enfoui non renseigné dans tout le site. Horizon humifère enfoui non renseigné dans tout le site.	
Tourbe en surface	73	... il n'y a pas d'horizon histique ou très peu épais et/ou très décomposé	... l'horizon histique est épais et peu décomposé	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Absence d'horizon histique (tourbe). Absence d'horizon histique (tourbe).	
Tourbe enfouie	73	... il n'y a pas d'horizon histique enfoui ou très peu épais et/ou très décomposé	... l'horizon histique enfoui est épais et peu décomposé	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Absence d'horizon histique (tourbe). Absence d'horizon histique (tourbe).	
Texture en surface 1	73	... la texture est principalement limoneuse entre 0 et 30 cm de profondeur	... la texture est principalement argileuse et/ou sableuse entre 0 et 30 cm de profondeur	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Granulométrie très grossière et/ou très fine. Granulométrie très grossière et/ou très fine.	
Texture en surface 2	73	... la texture est principalement sableuse entre 0 et 30 cm de profondeur	... la texture est principalement argileuse entre 0 et 30 cm de profondeur	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Granulométrie très grossière. Granulométrie très grossière.	
Texture en profondeur	73	... la texture est principalement sableuse entre 30 et 120 cm de profondeur	... la texture est principalement argileuse entre 30 et 120 cm de profondeur	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Texture en profondeur non renseignée dans tout le site. Texture en profondeur non renseignée dans tout le site.	
Conductivité hydraulique en surface	73	... la conductivité hydraulique est très réduite entre 0 et 30 cm de profondeur	... la conductivité hydraulique est très importante entre 0 et 30 cm de profondeur	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Très forte conductivité hydraulique en surface. Très forte conductivité hydraulique en surface.	
Conductivité hydraulique en profondeur	73	... la conductivité hydraulique est très réduite entre 30 et 120 cm de profondeur	... la conductivité hydraulique est très importante entre 30 et 120 cm de profondeur	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Type de matériau en profondeur non renseigné dans tout le site. Type de matériau en profondeur non renseigné dans tout le site.	
Hydromorphie	73	... l'hydromorphie est très réduite (traits rédoxyques)	... l'hydromorphie est très élevée (traits histiques)	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Hydromorphie en profondeur non connue dans tout le site. Hydromorphie en profondeur non connue dans tout le site.	
Les habitats						
Richesse des grands habitats	39	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 1 est très réduit	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 1 est très important	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	3 grands habitats. 4 grands habitats.	
Equipartition des grands habitats	39	... un ou quelques habitats EUNIS niveau 1 sont largement dominants sur les autres	... la part relative des habitats EUNIS niveau 1 est similaire à celle des autres	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Equitabilité de répartition des grands habitats élevée (E=0,66). Equitabilité de répartition des habitats assez réduite (E=0,53).	
Proximité des habitats	77, 78	... les unités d'habitats EUNIS niveau 1 du site sont très isolées des autres unités d'habitats similaires	... les unités d'habitats EUNIS niveau 1 du site sont très proches des autres unités d'habitats similaires	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Très fort isolement des habitats (dist. moy. 0,9 km). Très fort isolement des habitats (dist. moy. 1, km).	
Similarité avec le paysage	22, 39	... la composition des habitats EUNIS niveau 1 dans le site et dans le paysage est très différente	... la composition des habitats EUNIS niveau 1 dans le site et dans le paysage est très similaire	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Habitats assez similaires au paysage (coef. sim.=0,63). Habitats assez similaires au paysage (coef. sim.=0,64).	
Richesse des habitats	39	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 3 est très réduit	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 3 est très important	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	5 habitats. 8 habitats.	
Equipartition des habitats	39	... un ou quelques habitats EUNIS niveau 3 sont largement dominants sur les autres	... la part relative des habitats EUNIS niveau 3 est similaire à celle des autres	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Equitabilité de répartition des habitats élevée (E=0,62). Equitabilité de répartition des habitats élevée (E=0,72).	
Rareté des lisières	76	... les lisières entre les habitats EUNIS niveau 3 sont très importantes	... les lisières entre les habitats EUNIS niveau 3 sont très réduites	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Densité de lisières très faible (149,9 m/ha). Faible densité de lisières (254,5 m/ha).	
Rareté de l'artificialisation de l'habitat	39, 57 et 58	... les perturbations anthropiques sont extrêmes	... les perturbations anthropiques sont modérées à quasi-absentes.	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Fortes perturbations anthropiques. Perturbations anthropiques modérées à quasi-absentes.	
Rareté des invasions biologiques végétales	55	... la part du site occupée par des espèces végétales associées à des invasions biologiques est élevée	... la part du site occupée par des espèces végétales associées à des invasions biologiques est réduite ou absente	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Emprise desp. inv. vég. élevée (18 %). Emprise desp. inv. vég. très réduite (1 %).	

TABLEAU 5 : DETAILS DE LA VALEUR DES INDICATEURS DANS L'ENVIRONNEMENT DES SITES

Indiquez par une "X" si vous voulez afficher la valeur des indicateurs dans :

l'environnement du site impacté avant impact, avec impact envisagé (simulation) et après impact (observation sur le terrain).

l'environnement du site de compensation avant action écologique, avec action écologique envisagée (simulation) et après action écologique (observation sur le terrain).

Plus le rectangle noir est important, plus la valeur de l'indicateur est proche de 1 et plus l'opportunité relative de réaliser la fonction associée est importante vu cet indicateur. Il est possible d'afficher la valeur de l'indicateur dans les rectangles (clic droit -> Format de cellule -> Onglet "Nombre", sélectionnez catégorie : Nombre).

Note : avec cette version de la méthode, aucune conclusion n'est donnée sur la vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle pour les indicateurs dans l'environnement du site.

Propriétés générales de l'indicateur			Mesures de l'indicateur dans l'environnement du site de compensation		Sous-fonctions associées										
Nom	Question associée	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont moins fortes quand...	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont plus fortes quand...	Valeur de l'indicateur indépendante de la superficie de l'environnement du site [0-1]	Commentaire	Rejets	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation des nutriments par les végétaux	Séquestration de carbone	Support des habitats	Connexion des habitats
Dans la zone contributive du site															
Surfaces cultivées	13	... la part de la zone contributive qui est en cultures est très faible	... la part de la zone contributive qui est en cultures est très forte	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Part cultivée très réduite (18,6 %).										
Surfaces enherbées	13	... la part de la zone contributive qui est enherbée est très faible	... la part de la zone contributive qui est enherbée est très forte	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Part enherbée très réduite (6,3 %).										
Surfaces construites	15	... la part de la zone contributive qui est construite est très faible	... la part de la zone contributive qui est construite est très forte	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Part construite assez importante (0,8 %).										
Infrastructures de transport	16	... la densité d'infrastructures de transport est très faible dans la zone contributive	... la densité d'infrastructures de transport est très forte dans la zone contributive	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Densité d'infrastructures de transport importante (4,5 km/100ha).										
Dans la zone tampon du site															
Dévégétalisation de la zone tampon	19	... la part de la zone tampon avec un couvert végétal permanent est très forte	... la part de la zone tampon avec un couvert végétal permanent est très faible	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Couvert vég. permanent important (79 %).										
Sur le cours d'eau associé au site															
Sinuosité du cours d'eau	43	... le cours d'eau associé au site est rectiligne	... le cours d'eau associé au site est méandrique	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Cours d'eau sinueux (coef. sin.=1,13).										
Proximité au lit mineur	42	... le site est très éloigné du cours d'eau	... le site est très proche du cours d'eau	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Site très éloigné du cours d'eau (distance moy.=221 m).										
Incision du lit mineur	69	... le cours d'eau est fortement incisé	... le cours d'eau est très peu incisé	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Cours d'eau assez incisé (haut. pleins bords (0,5 - 1 m)).										
Dans le paysage du site															
Richesse des grands habitats du paysage	22	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 1 dans le paysage est très réduit	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 1 dans le paysage est très important	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Nombre de grands habitats important (6 habitats).										
Equipartition des grands habitats du paysage	22	... un ou quelques habitats EUNIS niveau 1 sont largement dominants sur les autres dans le paysage	... la part relative des habitats EUNIS niveau 1 est similaire à celle des autres dans le paysage	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Equilibre de répartition des grands habitats élevé (0,64).										
Corridors boisés	24, 25 ou 26	... la densité et la superficie de haies est très faible dans le paysage	... la densité et la superficie de haies est très forte dans le paysage	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Densité de corr. boisés très réduite (0 km/100ha).										
Corridors aquatiques permanents	27	... la densité de corridors aquatiques permanents est très faible dans le paysage	... la densité de corridors aquatiques permanents est très forte dans le paysage	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Densité de corr. aq. perm. assez importante (0,6km/100ha).										
Corridors aquatiques temporaires	27	... la densité de corridors aquatiques temporaires est très faible dans le paysage	... la densité de corridors aquatiques temporaires est très forte dans le paysage	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Densité de corr. aq. temp. assez importante (1,3 km/100ha).										
Rareté des grandes infrastructures de transport	29	... la densité de grandes infrastructures est très forte dans le paysage	... la densité de grandes infrastructures est très faible dans le paysage	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Densité de grandes infrast. de transp. très importante (1,6 km/100ha).										
Rareté des petites infrastructures de transport	32	... la densité de petites infrastructures est très forte dans le paysage	... la densité de petites infrastructures est très faible dans le paysage	Avant action écologique Avec act. éco. envisagée Après action écologique	Densité de petites infrast. de transp. assez importante (2,6 km/100ha).										

TABLEAU 1 : DIAGNOSTICS DE CONTEXTE DU SITE AVANT IMPACT ET DU SITE DE COMPENSATION

Indiquez par une "X" si vous voulez afficher à droite du site impacté :

le site de compensation avec action écologique envisagée (simulation)
 ou le site de compensation après action écologique (observation sur le terrain).

**SITE AVANT IMPACT Forêt domaniale de Grittwald -
Brumath / Vendehelm - 7,86 ha (Bas-Rhin)**

**SITE AVEC ACTION ECOLOGIQUE ENVISAGEE Forêt
domaniale de Grittwald - Brumath / Vendehelm -**

Date d'évaluation au bureau
Date d'évaluation sur le terrain

25/10/16
28/10/16

15/02/22
28/10/16

SI

Appartenance à une masse d'eau de surface	FRCR197 - Landgraben	doit être	FRCR197 - Landgraben
		=	
		à	

SI

La zone contributive	1415	ha.	doit être	2530	ha.
Surfaces cultivées	235	ha soit 16,6 %	≈	470	ha soit 18,6 %
Surfaces enherbées	94	ha soit 6,6 %		160	ha soit 6,3 %
Surfaces construites	26	ha soit Part construite très importante (1,8 %)		21	ha soit Part construite assez importante (0,8 %)
Infrastructures de transport	23	km soit 1,6 km/100ha.	à	115	km soit 4,5 km/100ha.

Année du RPG
Année de la BD TOPO®

2012
2009

2015
2009

SI

Le paysage	821,0	ha.	doit être	1473,0	ha.
A Habitats marins	0,0	%	≈	0,0	%
B Habitats côtiers	0,0	%		0,0	%
C Eaux de surface continentales	2,0	%		3,0	%
D Tourbières hautes et bas-marais	0,0	%		0,0	%
E Prairies et terrains dominés par des herbacées non graminoides, des mousses ou des lichens	5,0	%		3,0	%
F Landes, fourrés et toundras	5,0	%		3,0	%
G Boisements, forêts et autres habitats boisés	70,0	%		56,0	%
H Habitats continentaux sans végétation ou à végétation clairsemée	0,0	%		0,0	%
I Habitats agricoles, horticoles et domestiques régulièrement ou récemment cultivés	10,0	%		30,0	%
J Zones bâties, sites industriels et autres habitats artificiels	8,0	%		à	5,0

Année de la BD ORTHO®

2007

2007

SI

Système hydrogéomorphologique du site	Alluvial	doit être	Alluvial
		=	
		à	
Si système hydrogéomorphologique alluvial ou riverain des étendues d'eau, nom du cours d'eau ou de l'étendue d'eau	Le Schlossgraben		Le Schlossgraben

SI

Types d'habitats dans le site	E5.1 : Végétations herbacées anthropiques (0,6 %) G1.8 : Boisements acidophiles dominés par Quercus (12,8 %) G1.9 : Boisements non riverains à Betula, Populus tremula ou Sorbus aucuparia (25 %) G1.A : Chênaies-charmaies subatlantiques à [Stellaria] (59,3 %) G1.B : Aulnaie non riveraine (1,7 %) G3.F : Plantations très artificielles de conifères (0,6 %)	doit être	#REF!
		≈	
		à	
Condition non nécessaire si habitats très artificiels sur le site impacté			

Année de la BD ORTHO®
Surf. min. carto. choisie

2007
156 m².

2007
156 m².

Le signe "=" signifie que les caractéristiques doivent être égales. Le signe "≈" signifie que les caractéristiques doivent être similaires.

8.2 PROTOCOLES DE SUIVI

Pour plus de détail et pour retrouver l'ensemble des mesures et des suivis, le dossier CNPN est la référence. Seules sont repris les suivis concernant les mesures présentées pour la méthodologie « zone humide ».

8.2.1 Suivi du chantier

MR 2 : Respect de l'emprise stricte du projet

Dans le cadre du contrôle des PAE effectué par le maître d'ouvrage et / ou son maître d'œuvre.

MR 3 : Maintien de l'alimentation en eau de la zone humide enclavée

Le suivi de la mise en œuvre de cette mesure sera réalisé à deux stades :

- Pendant le chantier, dans le cadre du management environnemental, vérification du respect des emprises du chantier, du maintien en place des balisages, et de l'absence de déplacement d'engins dans ce secteur de zones humides ;
- Au cours de l'exploitation, vérification par un écologue, du maintien de la zone humide par la réalisation d'analyses pédologiques et de relevés botaniques, et diffusion d'un rapport aux services de l'Etat :
 - o 1 an après la mise en service ;
 - o 5 ans après la mise en service.

MR 4 : Réduction de l'impact lié aux pistes de chantier en zones humides (impact temporaire)

Cette mesure sera intégrée au marché de travaux et fera l'objet d'un suivi dans le cadre du management environnemental du chantier, au moment de la mise en œuvre de la piste :

- Rappel avant l'intervention, de la méthodologie à mettre en œuvre et des enjeux en présence, et suivi du montage de la piste dans le cadre du management environnemental du chantier ;
- La méthodologie spécifique au démontage sera rappelée avant l'intervention, et le démontage sera suivi dans le cadre du management de chantier.

Au cours du chantier, la personne en charge du management environnemental vérifiera lors de ses visites que le géotextile est en place et que la piste est en bon état pour le déplacement des engins.

8.2.2 Suivi piézométrique

8.2.2.1 Secteurs et mesures concernées par ce suivi

La lande rase résultant de l'élimination des semenciers de *Prunus serotina* et la parcelle reboisée pour les mesures suivantes :

MC 1 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* en lande humide rase

MC 4 : Boisement compensatoire

MA 2 : Restauration du caractère humide des habitats forestiers

8.2.2.2 Objectifs

Suivre le niveau d'eau et les fluctuations saisonnières de la nappe au niveau de la zone humide restaurée (Conversion boisement à *Prunus serotina* en lande humide / parcelle reboisée).

8.2.2.3 Indicateurs de suivi

Profondeur du toit de la nappe proche du terrain naturel, avec notamment une importance de suivre le niveau de hautes eaux au printemps dans le cadre de la lutte contre le *Prunus serotina*.

8.2.2.4 Modalités du suivi

Protocole d'expertise

Les piézomètres sont utilisés pour suivre le niveau de la nappe d'eau souterraine et pour réaliser le bilan hydrologique de la zone humide.

Dans la zone à *Prunus serotina* : 3 piézomètres sont posés selon un transect perpendiculaire au Schlossgraben, l'un des piézomètres se trouvant dans le lit du fossé.

Dans la zone reboisée : 3 piézomètres sont posés selon un transect le long du gradient d'humidité du site, perpendiculairement à la route, l'un des piézomètres se trouvant sur le point bas (noue) et un autre au niveau du point haut.

Deux solutions peuvent être envisagées : pose et suivi piézométrique par une entreprise spécialisée ou conception de piézomètres artisanaux et suivi adapté, cette deuxième solution est détaillée ci-dessous.

Les piézomètres sont réalisés à partir de tubes PVC et crépinés, d'une longueur d'environ 2 m, munis d'un bouchon en surface. Un géotextile est disposé autour du tube pour éviter le comblement par les particules fines.

Le forage se fait à la tarière (manuelle ou thermique), souhaitée. Le piézomètre est enfoncé à l'aide d'une masse si nécessaire.

Protocole d'analyse

Relevé effectué tous les mois tout au long de l'année.

Livrables

Un rapport de synthèse est effectué au terme de la campagne de suivi.

8.2.3 Suivi floristique « type zone humide »

8.2.3.1 Secteurs et mesures concernées par ce suivi

MR 4 : Maintien de l'alimentation en eau de la zone humide enclavée

MR 5 : Réduction de l'impact lié aux pistes de chantier en zones humides (impact temporaire)

MC 1 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* en lande humide rase

MC 6 : Conversion d'une pessière dense en habitat forestier humide

8.2.3.2 Objectifs

L'objectif de ce suivi est d'analyser l'évolution de la végétation en fonction des mesures réalisées et plus particulièrement de vérifier la réalité de l'hygrophilie des végétations.

Indicateurs de suivi :

Apparition de groupements végétaux hygromorphes (habitats zone humide d'après l'Arrêté du 24 juin 2008 modifié le 1er Octobre 2009)

Recouvrement en espèces végétales hygrophile > 50%

8.2.3.3 Modalités du suivi

Protocole d'expertise

Les secteurs concernés correspondent aux parcelles des mesures de réduction et de compensation concernée par ce suivi et citées plus haut.

La première étape consiste à parcourir l'ensemble de la zone, l'intégralité des espèces végétales rencontrées sont notées. Le cas échéant, les espèces remarquables (protection ou rareté) seront précisément localisées (GPS) et photographiées.

Pour parvenir à une cartographie précise des habitats, des relevés sont effectués au niveau de chaque frontière apparente entre deux habitats distincts.

Afin d'apprécier le caractère hygrophile de la végétation les relevés effectués seront conformes à la méthodologie présentée dans l'arrêté du 24 juin 2008. Ainsi, chaque espèce est notée et affectée, d'une part, du pourcentage de son recouvrement et, d'autre part, d'un coefficient d'abondance-dominance.

L'expertise est complétée par l'analyse des espèces présentes et de leur recouvrement. Notons que la végétation peut être qualifiée d'hygrophile; si la moitié au moins des espèces de cette liste figurent dans la liste des espèces indicatrices de zones humides (cf. Annexe 2 table A de l'arrêté).

Les relevés sont effectués en mai-juin, période optimale pour observer l'essentiel de la flore hygrophile.

Sondages effectués à n+1 / n+3 / n+5 / n+10 / n+20 / n+30 / n+40 / n+50.

Protocole d'analyse

Ces relevés sont ensuite analysés et caractérisés afin de déterminer s'ils correspondent à un ou des habitats caractéristiques de zones humides parmi ceux mentionnés dans l'Annexe 2 table A de l'arrêté. Cette analyse est complétée par l'étude des différents référentiels phytosociologiques (Prodrome des végétations de France, CORINE Biotope, Cahiers d'habitats, Eur 25, Baseveg - Julve 2003...), afin d'identifier l'unité phytosociologique concernée. La priorité sera donnée au référentiel phytosociologiques régional, à savoir le synopsis des groupements végétaux de Franche-Comté

(Ferrez Y. & al., 2009). La cartographie des habitats se basera sur les nomenclatures européennes CORINE BIOTOPE et NATURA 2000 pour les habitats inscrits à l'Annexe I de la Directive 92/43 CEE du 21 Mai 1992, dite Directive Habitat.

Afin de compléter cette analyse, les valeurs indicatrices écologiques d'Ellenberg complétées, harmonisées et modifiées par Julve en fonction de la situation française (Baseflor, 2010), seront ajoutées aux relevés. L'analyse des moyennes de ces valeurs (humidité édaphique, trophie, ombrage etc...) permet de caractériser précisément les zones écologiquement (cf. figure 4).

Livrables

Un rapport de synthèse est effectué au rythme des sondages.

8.2.4 Suivi pédologique

8.2.4.1 Secteurs et mesures concernées par ce suivi

Les secteurs concernés correspondent aux parcelles des mesures de réduction et de compensation concernées suivantes.

MR 4 : Maintien de l'alimentation en eau de la zone humide enclavée

MR 5 : Réduction de l'impact lié aux pistes de chantier en zones humides (impact temporaire)

MC 1 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* en lande humide rase

MC 4 : Boisement compensatoire

MC 6 : Conversion d'une pessière dense en habitat forestier humide

8.2.4.2 Objectifs

L'objectif de ce suivi est d'analyser l'évolution du sol en fonction des mesures réalisées et plus particulièrement de vérifier la réalité de l'hydromorphie du sol.

Indicateurs de suivi :

Présence de sols hydromorphes, types IVd, Va, Vb, Vc, Vd, VIc, VIId, H, de la classification des sols du tableau du GEPPA (tableau Groupement d'Etudes des Problèmes de Pédologie Appliquée, 1981).

8.2.4.3 Modalités du suivi

Protocole d'expertise

La répartition des sondages pédologiques à réaliser se fait suivant un transect correspondant aux variations topographiques. On prévoit ainsi 2 sondages à l'hectare répartis suivant la topographie (points hauts et points bas).

Les sondages pédologiques sont effectués à l'aide d'une tarière à main, à une profondeur de 120 cm. Il s'agit ensuite de repérer les signes d'hydromorphie et d'indiquer leurs profondeurs d'apparition : taches d'oxydo-réduction et horizons réductiques. Ces éléments soulignent la saturation en eau du sol de manière plus ou moins prolongée.

Les sondages sont faits une fois, préférentiellement de l'automne au printemps (période d'engorgement) bien que les traces d'hydromorphie soient visibles aussi en été.

Sondages effectués à n+1 / n+3 / n+5 / n+10 / n+20 / n+30 / n+40 / n+50.

Protocole d'analyse

L'examen du sondage pédologique vise à vérifier la présence :

- d'horizons histiques (ou tourbeux) débutant à moins de 50 centimètres de la surface du sol et d'une épaisseur d'au moins 50 centimètres ;
- ou de traits réductiques débutant à moins de 50 centimètres de la surface du sol ;
- ou de traits rédoxiques débutant à moins de 25 centimètres de la surface du sol et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur ;
- ou de traits rédoxiques débutant à moins de 50 centimètres de la surface du sol, se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur, et de traits réductiques apparaissant entre 80 et 120 centimètres de profondeur.

Pour chaque sondage, les limites des horizons sont indiquées et décrits (couleur de la matrice, tâches, concrétions, structure et texture). L'ensemble de ces informations est consigné sur une fiche de terrain.

Livrables

Un rapport de synthèse est effectué au rythme des sondages à n+1 / n+3 / n+5 / n+10 / n+20 / n+30 / n+40 / n+50.

8.2.5 Plan de gestion global des sites gérés (mesures de réduction et de compensation)

8.2.5.1 Secteurs et mesures concernées par ce suivi

MC 1 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* en lande humide rase

Evolution vers un habitat de lande sur 4,7 ha et utilisation par la faune

MC 4 : Boisement compensatoire

Etat initial de l'habitat mis en place et suivi de la dynamique des peuplements forestiers, de la végétation et de l'utilisation par la faune.

MC 6 : Conversion d'une pessière dense en habitat forestier humide

Etat initial et suivi de la dynamique des peuplements forestiers, de la végétation et de l'utilisation par la faune.

8.2.5.2 Objectifs

L'ensemble des mesures feront d'une gestion écologique et d'un suivi mutualisé pour vérifier l'efficacité des mesures et éventuellement définir des mesures correctrices.

Les suivis portent sur les habitats /micro-habitats et sur les espèces de la dérogation.

8.2.5.3 Suivi des habitats créés ou reconstitués pour la flore et pour la faune

Mesures concernées

MC 1 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* en lande humide rase

MC 4 : Boisement compensatoire

MC 6 : Conversion d'une pessière dense en habitat forestier humide

8.2.6 Etat de conservation des habitats naturels reconstitués ou créés

8.2.6.1 Mesure concernée et objectif

Cette action porte sur les habitats naturels dont le suivi de l'état de conservation nécessite le relevé des associations végétales, soit les mesures suivantes :

MC 1 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* en lande humide rase

MC 4 : Boisement compensatoire

MC 6 : Conversion d'une pessière dense en habitat forestier humide

Les objectifs de cette mesure sont :

- d'évaluer la reprise de la végétation après la mise en œuvre des mesures ;
- de vérifier la concordance du groupement végétal reconstitué avec les résultats attendus ;
- d'observer l'apparition / la présence d'espèces végétales patrimoniales ;
- de vérifier l'absence ou d'observer et de cartographier la présence d'espèces invasives.

8.2.6.2 Protocole d'expertise du suivi floristique

L'ensemble des surfaces de mesure compensatoire concernées est parcouru à pied de manière à effectuer un relevé floristique le plus complet possible.

Les espèces végétales protégées et/ou remarquables (annexe II de la directive Habitats, protection nationale, régionale, liste rouge de la nature menacée en Alsace³, espèces déterminantes ZNIEFF) ainsi que les espèces végétales invasives sont localisées précisément (au GPS dans la mesure du possible) au sein de la zone d'étude. Le statut d'invasive est déterminé d'après la liste hiérarchisée des espèces végétales exotiques envahissantes et potentiellement envahissantes en Franche-Comté et préconisations d'actions (2016)⁴.

Ces campagnes sont effectuées à n+1 / n+3 / n+5 / n+10 / n+20

Au cours de chaque année d'intervention, 3 passages sont prévus :

- en avril pour l'inventaire floristique de la flore vernale forestière ;
- en mai-juin pour les relevés floristiques complémentaires (milieux ouverts, flore hygrophile, flore patrimoniale dont *Hottonia palustris*,...) et les relevés phytosociologiques ;
- en août-septembre pour la flore tardi-estivale.

8.2.6.3 Protocole d'analyse du suivi floristique

Les espèces remarquables font l'objet d'une analyse de leur répartition dans l'aire d'étude (répartition, nombre de pieds, surface), leur habitat biologique, l'état du peuplement observé, son état de conservation, les autres éléments d'intérêt et sa sensibilité (notamment en terme de dynamique évolutive).

Les espèces invasives font l'objet d'une évaluation de leur répartition et de leur développement dans l'aire d'étude, leurs habitats, la menace sur les milieux naturels et les espèces indigènes.

³ Heuacker V., Kaempfer S., Moratin R & Muller Y. (coord.), 2015. *Livre rouge des espèces menacées en Alsace*. Collection Conservation. Strasbourg, ODONAT : 512 p.

⁴ Vuilleminot M. & al., 2016. Liste hiérarchisée des espèces végétales exotiques envahissantes et potentiellement envahissantes en Franche-Comté et préconisations d'actions, 2016. Conservatoire botanique national de Franche-Comté Observatoire régional des Invertébrés, 32 p. + annexes

Ces prospections sont complétées par des relevés phytosociologiques. La méthode de relevé est la méthode phytosociologique sigmatiste (J.Braun-Blanquet, 1964 ; J. Braun-Blanquet, 1968 ; M.Guinochet, 1973). Les habitats sont identifiés au rang de l'alliance et jusqu'à l'association lorsque c'est possible.

Ceci signifie que chaque unité d'habitat homogène est inventoriée précisément, tous les taxons étant notés ainsi que des informations stationnelles. La liste d'espèces, les abondances-dominances par espèce, leur écologie, leur sociologie, ainsi que les données stationnelles sont relevées.

Les relevés de végétation sont localisés précisément sur une carte et au GPS (précision à 3 m), font l'objet d'une photographie, puis sont matérialisés à l'aide d'une balise métallique pour retrouver la localisation précise lors des passages d'après (à l'aide d'un détecteur à métaux).

Une cartographie des habitats sera effectuée par site. L'échelle de cartographie des habitats sur le terrain est le 1/2000^{ème}.

Pour le cas précis du suivi des lisières (MR10), les relevés se font suivant un transect avec 1 relevé par strate (ourlet herbacé, ourlet arbustif, manteau pré-forestier et forêt).

Echelle d'abondance-dominance (BRAUN-BLANQUET et al., 1952) :

- + : individus rares (ou très rares) et recouvrement très faible
- 1 : individus assez abondants mais recouvrement faible
- 2 : individus très abondants, recouvrement au moins 1/20
- 3 : nombre d'individus quelconque, recouvrement 1/4 à 1/2
- 4 : nombre d'individus quelconque, recouvrement 1/2 à 3/4
- 5 : nombre d'individus quelconque, recouvrement plus de 3/4

Figure 11 : échelle d'abondance-dominance utilisée pour les relevés floristiques

8.2.7 Suivis de la faune

8.2.7.1 Mesures concernées

MC 1 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* en lande humide rase

MC 4 : Boisement compensatoire

MC 6 : Conversion d'une pessière dense en habitat forestier humide

8.2.7.2 Objectifs du suivi de la faune

Les objectifs de cette mesure sont :

- vérifier ou détecter les espèces animales caractéristique des habitats et des micro-habitats des sites qui font l'objet des mesures de réduction et de compensation ;
- analyser l'adéquation des habitats créés ou restaurés avec les exigences écologiques des espèces visées ;
- vérifier la colonisation des mares restaurées par les espèces visées ;
- suivre l'utilisation du passage supérieur par la faune ;
- suivre l'utilisation des passages petite faune ;

Les suivis sont ciblés sur les espèces protégées de la dérogation. Toutes autres informations complémentaires utiles pour montrer l'efficacité des mesures seront notées et analysées comme par exemple les espèces non protégées utilisant le passage supérieur pour la faune ou les passages petite faune.

8.2.7.3 Protocoles d'expertise et d'analyses du suivi de la faune

Amphibiens

Pour ce groupe, les inventaires porteront sur les sites correspondant aux mesures suivantes :

MC 1 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* en lande humide rase

MC 5 : Création et restauration de mares pour les amphibiens

MC 6 : Conversion d'une pessière dense en habitat forestier humide

Le protocole d'inventaire vise à prospecter les zones favorables de la manière la plus complète possible. L'inventaire est réalisé par deux approches : le **repérage visuel** et le **repérage sonore** diurne et surtout nocturne. Les individus sont recherchés à la lampe par des prospections systématiques des milieux favorables. Les inventaires sont complétés par la capture à l'épuisette, uniquement quand l'identification à vue n'a pas été concluante, pour limiter la perturbation du milieu. La recherche des amphibiens est effectuée au crépuscule et en première partie de la nuit. À chaque sortie, les conditions météorologiques sont notées sur une fiche de visite.

Afin d'obtenir la plus grande exhaustivité possible lors des inventaires sur le terrain, plusieurs périodes de prospection sont définies, en fonction de la biologie des différentes espèces susceptibles de fréquenter les sites. Les prospections consistent en deux passages :

- à la période de la **migration prénuptiale et de la reproduction des espèces les plus précoces** (notamment la Grenouille rousse et le Crapaud commun), soit en mars/avril. Durant cette période le recensement des pontes, l'estimation des effectifs de reproducteurs et la localisation des corridors utilisés par les amphibiens sont effectués ;
- Lors de la **pleine période d'activité**, soit fin mai. Durant cette période, le recensement des pontes et têtards sera effectué ainsi que l'estimation des effectifs de reproducteurs lors d'un passage nocturne. Une recherche des Pélobate brun en déplacement dans la forêt sera effectuée en particulier sur les chemins sur lesquels l'espèce est plus facilement détectable.

Les espèces de la directive Habitats feront l'objet d'une attention particulière, notamment le Pélobate brun et le Triton crêté.

Le suivi de l'utilisation des écoducs par les amphibiens est précisé plus loin dans le protocole adapté à ces ouvrages.

Pour le pélobate brun, une thèse sera réalisée (MA3) afin de détailler l'utilisation du massif forestier et en particulier des sites compensatoires (lande, îlot de vieillissement, mare restaurées, passage faune...).

Pour chaque site prospecté, il sera réalisé :

- un descriptif physique des mares et de l'évolution des habitats pour les amphibiens depuis leur restauration ou leur création ;
- les dates de prospection et le(s) auteur(s) des prospections ;
- une estimation semi-quantitative (par classes) des effectifs des espèces identifiées ;
- une évaluation de l'état de conservation des populations.

Protocole d'hygiène :

Afin de limiter le risque de propagation de la Chytridiomycose, le protocole d'hygiène mis en place par la société herpétologique française (SHF) sera appliqué lors des prospections de terrain.

Reptiles

Pour ce groupe, les inventaires porteront sur les sites correspondant aux mesures suivantes :

MC 1 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* en lande humide rase

MC 4 : Boisement compensatoire

MC 6 : Conversion d'une pessière dense en habitat forestier humide

Les reptiles seront recherchés aux périodes favorables selon deux méthodes : la prospection à vue dans les milieux propices et la pose de plaques. Ces dernières chauffant au soleil sont attractives pour les reptiles et facilitent ainsi leur repérage. Elles seront disposées au démarrage du suivi, en nombre suffisant sur les sites identifiés comme étant les plus intéressants pour les reptiles. Leur efficacité augmente jusqu'à la 3^{ème} année. Ces plaques devront donc rester sur place toute la durée du suivi et si nécessaire être renouvelées pour fidéliser les individus qui les utiliseront.

La prospection à vue se fait en mettant à profit les variations de terrain susceptibles de fournir des habitats préférentiels aux reptiles : les lisières, les berges ou sur les sols dénudés. Les secteurs bien ensoleillés sont notamment méticuleusement inspectés.

Animaux discrets, les reptiles sont recherchés en période chaude, idéalement assez tôt le matin pendant une journée ensoleillée : les animaux sont alors peu mobiles car engourdis et ils se placent à découvert pour profiter de l'ensoleillement.

Pour maximiser les observations, les plaques sont vérifiées lors de chaque visite sur le site (visite dédiées à d'autres groupes faunistiques ou à la flore).



Plaque pour les reptiles dans une lande à molinie (à gauche). Trois orvets sous la plaque (à droite). ©O.G.E./V. Vignon.

Pour chaque site prospecté, il sera réalisé :

- un descriptif physique des sites et de leur évolution ;
- les dates de prospection et le(s) auteur(s) des prospections ;
- une estimation semi-quantitative (par classes) des effectifs des espèces identifiées ;
- une évaluation de l'état de conservation des populations.

Oiseaux

Pour ce groupe, les inventaires se concentrent sur les espèces se reproduisant dans les sites des mesures suivantes :

MC 4 : Boisement compensatoire

MC 6 : Conversion d'une pessière dense en habitat forestier humide

Pour définir précisément les cortèges avifaunistiques et apprécier l'abondance et la richesse des peuplements d'oiseaux, la méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) sera utilisée conformément au protocole décrit et affiné par Blondel et al. 1970 ; Muller, 1987 ; Bibby et al. 1992.

Ces IPA porteront sur le peuplement global d'espèces diurnes. Chaque IPA consiste en deux dénombrements quantitatifs ponctuels de 20 minutes chacun sur chaque point d'écoute, l'un réalisé en début de printemps (la première quinzaine d'avril) pour recenser les nicheurs précoces, l'autre plus tard en saison pour les tardifs (la seconde quinzaine de mai). Les IPA doivent être réalisés dans de bonnes conditions météorologiques et durant les 3 premières heures de la journée.

Concernant le nombre des points d'écoute, le principe est de ne pas compter le même individu dans deux points différents. En forêt, une distance de 250 m entre les points d'écoute limite ce risque, 300 m en milieux ouverts.

La première année de suivi sera l'occasion de déterminer la localisation des points d'écoutes. Chaque IPA sera géoréférencé sous SIG (coordonnées GPS fournies) précisément. Le même point sera utilisé au cours de la durée totale du suivi. Une description succincte du milieu sera faite. Pour les milieux en conversion ou restaurés, la description sera actualisée tous les 5 à 10 ans en fonction de la dynamique de la végétation. A chaque relevé, la date, l'heure, le lieu, les conditions météorologiques et l'auteur de chaque IPA seront renseignés.

En plus des IPA, des soirées d'écoutes nocturnes (d'environ 2h) permettant de déceler les rapaces nocturnes et l'engoulevent. Ces écoutes nocturnes auront lieu entre le 15 février (Chouette hulotte, Hibou grand-duc) et le 15 juin (Engoulevent d'Europe). Ce dernier sera écouté dans la lande rase créée à la place des semenciers de *Prunus serotina* malgré le fait que cette mesure n'ait pas été ciblée pour les oiseaux de la demande de dérogation, mais pour les amphibiens, les reptiles, les mammifères.

En complément de ces points d'écoute, une recherche spécifique pour chaque espèce protégée concernée par le dossier sera réalisée et une évaluation de l'état de conservation des populations sera faite.

Pour chaque espèce rencontrée, son statut de nidification sera précisé selon les critères de l'EBCC Atlas of European Breeding Birds (Hagemeijer & Blair, 1997), critère des atlas des oiseaux nicheurs.

Pour chaque site prospecté, il sera réalisé :

- un descriptif physique des sites et de leur évolution, en particulier les successions d'espèces de friche vers les espèces forestières dans le boisement compensatoire qui sera réalisé en plaine de culture, mais également dans les sites restaurés comme les lisières, les emprises redonnées à la faune, la lande ou la plantation d'épicéas convertie en feuillus ;
- les dates de prospection et le(s) auteur(s) des prospections ;
- une estimation semi-quantitative (par classes) des effectifs des espèces identifiées ;
- une évaluation de l'état de conservation des populations.

Mammifères terrestres

Pour ce groupe, les inventaires porteront sur les sites correspondant aux mesures suivantes :

MC 1 : Conversion d'un peuplement semencier de *Prunus serotina* en lande humide rase

MC 4 : Boisement compensatoire

MC 6 : Conversion d'une pessière dense en habitat forestier humide

L'objectif des inventaires sera de rechercher et de confirmer la présence des espèces protégées de mammifères terrestres au sein des sites compensatoires, mais aussi d'expertiser les voies de déplacement (identification des axes et importances relatives).

Pour cela, plusieurs approches seront adoptées :

- la recherche des indices de présence tels que les fèces, nids (muscardin), empreintes, coulées, terriers, gîtes, reliefs de repas et cadavres d'individus ;
- l'observation des individus.

Les sites des mesures sont diversifiés et les espèces seront recherchées en tenant compte de leur spécificité : espèces de lisières (Muscardin) ou ayant certaines activités en lisière (Chat forestier, Hérisson d'Europe), espèces des vieilles forêts dans l'îlot de sénescence (les quatre espèces de mammifères terrestres de la dérogation) ou plus spécifiquement associées aux ARB (Muscardin, Ecureuil), espèces des peuplements créés ou restaurés (les quatre espèces de mammifères terrestres de la dérogation).

La recherche des mammifères terrestres sera adaptée pour le suivi des ouvrages de franchissement. Le protocole est détaillé dans le chapitre suivant.

Pour chaque site prospecté, il sera réalisé :

- un descriptif physique des sites et de leur évolution, en particulier les successions d'espèces de friche vers les espèces forestières dans le boisement compensatoire qui sera réalisé en plaine de culture, mais également dans les sites restaurés comme les lisières, les emprises redonnées à la faune, la lande ou la plantation d'épicéas convertie en feuillus ;
- les dates de prospection et le(s) auteur(s) des prospections ;
- une estimation semi-quantitative (par classes) des effectifs des espèces identifiées ;
- une évaluation de l'état de conservation des populations.

Chiroptères

Pour ce groupe, les inventaires porteront sur les sites correspondant aux mesures suivantes :

MC 4 : Boisement compensatoire

L'inventaire des espèces est réalisé à l'aide d'un détecteur d'ultrasons en modes hétérodyne et expansion de temps. Les inventaires sont effectués par temps calme, sans pluie et par température douce. Le détecteur à ultrasons utilisé pour ces inventaires sera un Petersson D240x ou équivalent. Les enregistrements des émissions ultrasonores font l'objet d'une analyse plus fine à l'aide du logiciel Batsound ou équivalent).

Ces inventaires réalisés par un écologue qui se déplace sur des points d'écoute (sites conservatoire, échantillonnage à proximité des ARB...) ou le long de transects (lisières, emprises redonnées à la faune), seront complétés par des enregistreurs automatiques en continu (passage supérieur pour la faune).

Les recensements seront effectués à trois périodes différentes :

- au printemps (avril-mai) : période clé pendant laquelle les chiroptères rejoignent les sites où les colonies de mise-bas ;
- été (juin-juillet) : les colonies sont rassemblées en colonies de reproduction ;

- automne (août-octobre) : les animaux se dispersent, et les colonies ont tendance à s'éclater sur la zone correspondant au domaine vital des colonies.

Un état initial sera réalisé avant le démarrage des travaux. Les points d'écoute et les transects déterminés à ce premier passage seront positionnés au GPS et repris lors des suivis ultérieurs. Le nombre de points d'écoute / transects qui pourra être adapté au moment de la constitution de l'état initial sera réalisé sur la base suivante :

- un point tous les 200 m de lisière et également tous les 200 m dans les emprises redonnées à la faune à caler avec les points de pris de vue photographique ;
- Un point pour 2 hectares dans les sites de mesures compensatoires.

Le suivi sera réalisé à l'état initial puis à à n+5, n+10, n+15, n+30, n+50 ?

8.2.8 Livrable

Document complet comprenant les objectifs, les états initiaux, les suivis en reprenant le document précédent augmenté de la campagne de suivi en cours, les cartes, une synthèse écologique, les éventuelles mesures correctrices, ...