

## 7. Annexe 7 : Expertise zone humides

Une expertise zone humide qui consiste à rechercher et identifier la présence de zone humide sur le site d'extension de l'entreprise Kuhn a été réalisée en 2019 par le cabinet spécialisé en écologie Ecolor et a fait l'objet d'un rapport, en décembre 2019, de 17 pages.

Recherche et identification de zones humides  
Projet d'extension de Kuhn SA

## Sommaire

<b>CHAPITRE 1. Enquête bibliographique / analyse géographique .....</b>	<b>3</b>
1.1 Zone potentiellement humide (Agrocampus).....	3
1.2 Zone à Dominante Humide (BD-ZDH du CIGAL Alsace).....	4
1.3 Pédologie : base de données de l'ARAA.....	5
<b>CHAPITRE 2. Recherche de zone humide .....</b>	<b>7</b>
2.1 Définition .....	7
2.1.1 Sur critères floristiques .....	7
2.1.2 Sur critères pédologiques .....	7
2.2 Nouvelle jurisprudence de la réglementation concernant les zones humides .....	8
2.3 Protocole de terrain / méthodologie mise en œuvre .....	8
2.3.1 Critère botanique (floristique) .....	8
2.3.2 Critère pédologique .....	9
2.4 Résultat des investigations / conclusion .....	9
<b>CHAPITRE 3. Reportage photographique des sites des sondages .....</b>	<b>12</b>

## Index

Carte 1 : Localisation du site du projet par rapport au milieu potentiellement humide .....	3
Carte 2 : Localisation des zones à dominantes humides (BD-ZDH) .....	4
Carte 3 : carte des sols (ARAA) par rapport au projet .....	5
Carte 4 : Localisation et résultats des sondages pédologiques .....	10
Tableau 1 : Légende des UCS autour du site d'extension .....	6
Tableau 2 : Résultats des sondages pédologiques .....	16

# EXPERTISE ZONE HUMIDE

Recherche et identification de zones humides dans le cadre du projet d'extension de KUHN S.A

COMMUNE DE  
MONSWILLER

Affaire suivie par :

J-D VISCONTI

Date : Décembre 2019

Révision : n°00



7 place Albert Schweitzer - 57930 Fénétrange  
Tél. 03 87 03 00 80 - Fax 03 87 03 00 96  
e-mail : [ecolor.be@wanadoo.fr](mailto:ecolor.be@wanadoo.fr)



Recherche et identification de zones humides

Projet d'extension de KUHN S.A

2

## Sommaire

<b>CHAPITRE 1. Enquête bibliographique / analyse géographique .....</b>	<b>3</b>
1.1    Zone potentiellement humide (Agrocampus).....	3
1.2    Zone à Dominante Humides (BD-ZDH du CIGAL Alsace) .....	4
1.3    Pédologie : base de données de l'ARAA .....	5
<b>CHAPITRE 2. Recherche de zone humide .....</b>	<b>7</b>
2.1    Définition .....	7
2.1.1    Sur critères floristiques .....	7
2.1.2    Sur critères pédologiques : .....	7
2.2    Nouvelle jurisprudence de la réglementation concernant les zones humides .....	8
2.3    Protocole de terrain / méthodologie mise en oeuvre .....	8
2.3.1    Critère botanique (floristique) .....	8
2.3.2    Critère pédologique .....	9
2.4    Résultat des investigations / conclusion .....	9
<b>CHAPITRE 3. Reportage photographique des sites des sondages.....</b>	<b>12</b>

## Index

Carte 1 : Localisation du site du projet par rapport au milieu potentiellement humide.....	3
Carte 2 : Localisation des zones à dominantes humides (BD-ZDH) .....	4
Carte 3 : carte des sols (ARAA) par rapport au projet.....	5
Carte 4 : Localisation et résultats des sondages pédologiques.....	10
Tableau 1 : Légende des UCS autour du site d'extension .....	6
Tableau 2 : Résultats des sondages pédologiques.....	16

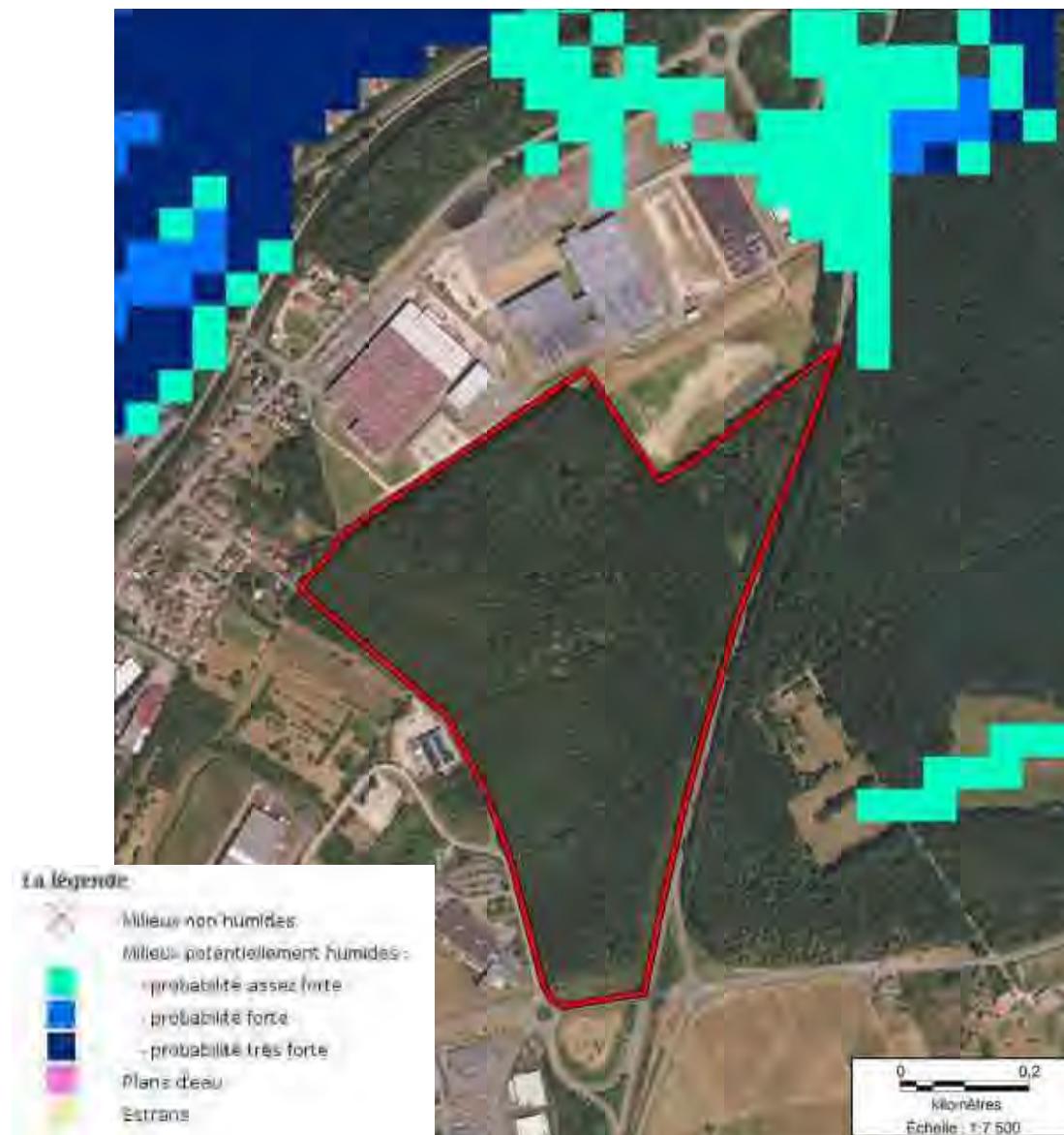


# CHAPITRE 1. ENQUÊTE BIBLIOGRAPHIQUE / ANALYSE GÉOGRAPHIQUE

## 1.1 ZONE POTENTIELLEMENT HUMIDE (AGROCAMPUS)

Après consultation du site <http://sig.reseau-zones-humides.org/>, la zone d'extension du projet ne serait nullement concernée par une pré-indication ou des zones de suspicion de zones humides, localisée sur la carte ci-dessous.

**Carte 1 : Localisation du site du projet par rapport au milieu potentiellement humide**



ECOLOR– Décembre 2019 – version 00

## 1.2 ZONE À DOMINANTE HUMIDES (BD-ZDH DU CIGAL ALSACE)

Depuis le 28 novembre 2011, le Comité Alsacien de la Biodiversité (CAB) a décidé de retenir la BDZDH2008-CIGAL comme LA cartographie de référence de signalement des zones humides en Alsace, devant servir d'appui à l'inventaire des zones humides tel que prévu dans le SDAGE. Cette couche est désormais disponible sur la géoplateforme CIGAL ([www.cigalsace.org](http://www.cigalsace.org)) dont l'extrait cartographique figure sur la carte ci-dessous.

**Le site du projet d'extension est complètement exonéré de la cartographie de pré-indication.**

**Carte 2 : Localisation des zones à dominantes humides (BD-ZDH)**



ECOLOR– Décembre 2019 – version 00

### 1.3 PÉDOLOGIE : BASE DE DONNÉES DE L'ARAA

D'après le site Websol (<http://alsace.websol.fr/carto>), l'essentiel du site du projet d'extension est situé sur des Sols bruns calciques à calcaires argilo-limono-sableux à argilo-limoneux des collines de marnes et calcaires du Muschelkalk supérieur du Pays de Hanau. La pierrosité est nulle à très faible (teneur < 5%). Il s'agit d'un sol ayant une capacité de drainage favorable (évacuation très rapide de l'eau dans le sol : Pas de phénomènes d'oxydoréduction)

#### Carte 3 : carte des sols (ARAA) par rapport au projet

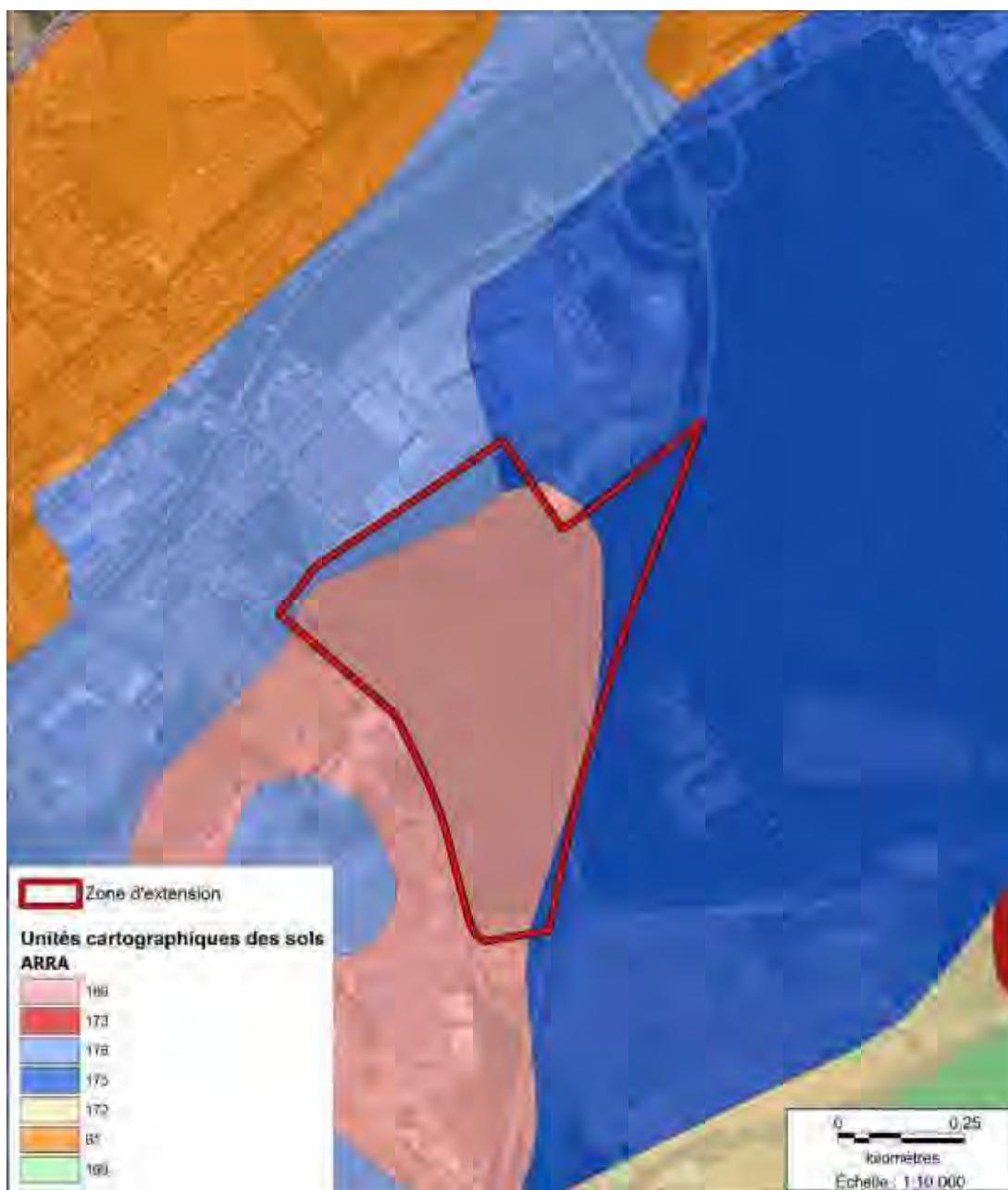


Tableau 1 : Légende des UCS autour du site d'extension

UCS n°	Nom de l'UCS
189	Sols bruns calciques à calcaires argilo-limono-sableux à argilo-limoneux des collines de marnes et calcaires du Muschelkalk supérieur du Pays de Hanau
176	Sols de texture variable, sableuse à limono-sableuse sur argile sableuse, souvent lessivés et hydromorphes, des alluvions anciennes des rivières vosgiennes du Nord
175	Sols de texture variable, sableuse à sablo-argileuse, souvent lessivés et hydromorphes, des alluvions anciennes des rivières vosgiennes du Nord
169	Sols lessivés limono-argileux à argilo-limoneux plus ou moins érodés hydromorphes sur lehm (et localement gros galets) des collines du Pays de Hanau
172	Sols de texture variable, sableuse, sablo-limoneuse et sablo-argileuse, souvent hydromorphes, des alluvions récentes des rivières vosgiennes du Nord
61	Sols des alluvions récentes hydromorphes des rivières vosgiennes du Nord
173	Sols de texture argilo-limoneuse, souvent hydromorphes, des alluvions récentes des rivières vosgiennes du Nord

## CHAPITRE 2. RECHERCHE DE ZONE HUMIDE

### 2.1 DÉFINITION

L'arrêté ministériel du 24 juin 2008 (JORF n° 0159), modifié par l'arrêté ministériel du 1er octobre 2009 (JORF n°0272) définit les zones humides comme suit :

« Un espace peut être considéré comme Zone Humide» dès qu'il présente l'un des critères suivants :

- ses sols correspondent à un ou plusieurs types pédologiques, exclusivement parmi ceux mentionnés dans la liste figurant à l'annexe 1.1 et identifiés selon la méthode figurant à l'annexe 1.2 au présent arrêté. Le préfet de région peut supprimer de cette liste certains types de sol, après avis du conseil scientifique régional du patrimoine naturel;
- sa végétation, si elle existe est caractérisée:
  - soit par des espèces indicatrices de zones humides, identifiées selon la méthode et la liste d'espèces figurant à l'annexe, complétée, si nécessaire, par une liste additive d'espèces arrêtée par le préfet de région sur proposition du conseil scientifique régional du patrimoine naturel,
  - soit par des communautés d'espèces végétales, dénommées "habitats", caractéristiques de zones humides, identifiées selon la méthode et la liste correspondante figurant à l'annexe 2.2».

#### 2.1.1 SUR CRITÈRES FLORISTIQUES

« L'examen des espèces végétales doit être fait à une période où les espèces sont à un stade de développement permettant leur détermination. La période incluant la floraison des principales espèces est à privilégier.

Comme pour les sols, cet examen porte prioritairement sur des points à situer de part et d'autre de la frontière supposée de la zone humide, suivant des transects perpendiculaires à cette frontière. Le nombre, la répartition et la localisation précise de ces points dépendent de la taille et de l'hétérogénéité du site, avec 1 point (= 1 placette) par secteur homogène du point de vue des conditions mésologiques.

Sur chacune des placettes, l'examen de la végétation vise à vérifier si elle est caractérisée par des espèces dominantes, identifiées selon le protocole ci-dessous, indicatrices de zones humides, c'est-à-dire figurant dans la liste mentionnée au 2.1.2.»

#### 2.1.2 SUR CRITÈRES PÉDOLOGIQUES :

« Le périmètre de la zone humide est délimité, au titre de l'article L. 214-7-1, au plus près des points de relevés ou d'observation répondant aux critères relatifs aux sols ou à la

végétation mentionnés à l'article 1er. Lorsque ces espaces sont identifiés directement à partir de relevés pédologiques ou de végétation, ce périmètre s'appuie, selon le contexte géomorphologique soit sur la cote de crue, soit sur le niveau de nappe phréatique, soit sur le niveau de marée le plus élevé, ou sur la courbe topographique correspondante.».

Les sols faisant référence aux zones humides correspondent aux :

- Histosols (sols tourbeux)
- Réductisols (sols à gley) sous réserve que les horizons de gley apparaissent à moins de 50 cm de la surface
- Aux autres sols caractérisés par :
  - des traits réodoxiques débutant à moins de 25 centimètres de profondeur dans le sol et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur;
  - des traits réodoxiques débutant à moins de 50 centimètres de profondeur dans le sol, se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur, et des traits réductiques apparaissant entre 80 et 120 centimètres de profondeur.»

### 2.2 NOUVELLE JURISPRUDENCE DE LA RÉGLEMENTATION CONCERNANT LES ZONES HUMIDES

Afin de clarifier la définition des zones humides, un amendement au projet de loi de création de l'Office français de la biodiversité (OFB) a été présenté **le 2 avril 2019**.

Avec la promulgation de cette loi la définition des zones humides présentée au 1° du I de l'article L211-1 du Code de l'environnement devient :

*La prévention des inondations et la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides ; on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ;*

Et ainsi, le recours aux critères redevient **alternatif**.

Ainsi désormais l'arrêt du Conseil d'État du 22 février 2017 n'a plus d'effet, de même que la note technique DEB du 26 juin 2017 devenue caduque.

### 2.3 PROTOCOLE DE TERRAIN / MÉTHODOLOGIE MISE EN OEUVRE

#### 2.3.1 CRITÈRE BOTANIQUE (FLORISTIQUE)

Le site est entièrement occupé par une forêt de feuillus majoritairement dominée par des chênes. Cette forêt est parsemée de trou d'obus, certains atteignant 4 m de profondeur.

### 2.3.2 CRITÈRE PÉDOLOGIQUE

L'annexe 1.2.2 de l'arrêté ministériel du 10 octobre 2009 précise que :

- « l'examen des sols doit porter prioritairement sur des points de part et d'autre de la frontière supposée de la zone humide »
- le nombre, la répartition et la localisation des sondages doit dépendre de l'hétérogénéité du site avec un point par zone homogène
- chaque sondage doit être d'une profondeur de l'ordre de 1,20 m, si possible »

« 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 réductifs débutant à moins de 50 centimètres de la surface du sol ;
- ou de traits réodoxiques débutant à moins de 25 centimètres de la surface du sol et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur ;
- ou de traits réodoxiques débutant à moins de 50 centimètres de la surface du sol, se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur, et de traits réductifs apparaissant entre 80 et 120 centimètres de profondeur.

Si ces caractéristiques sont présentes, le sol peut être considéré comme sol de zone humide. En leur absence, il convient de vérifier les indications fournies par l'examen de la végétation.

L'observation des traits d'hydromorphie peut être réalisée toute l'année mais la fin de l'hiver et le début du printemps sont les périodes idéales pour constater sur le terrain la réalité des excès d'eau. »

## 2.4 RÉSULTAT DES INVESTIGATIONS / CONCLUSION

Afin de vérifier la présence ou absence de zones humides de la zone boisée, une expertise a été réalisée sur la base de l'étude de profils de sol. Des sondages pédologiques (21) ont ainsi été mis en œuvre sur deux campagnes ; 11 sondages le 25 novembre 2019 et 10 sondages le 02 décembre 2019 du terrain.

Au regard du passé historique du site (bombardement intensifs), les sites des sondages ont été préalablement expertisé au détecteur à métaux afin d'éliminer tout risque de danger (risque d'explosion d'un obus ou d'une munition) au moment du foisonnement de la tarière pour réaliser le sondage pédologique.

Dans ces conditions, toutes les dépressions n'ont pas été systématiquement sondées car le technicien en charge de la détection estimait le risque trop élevé.

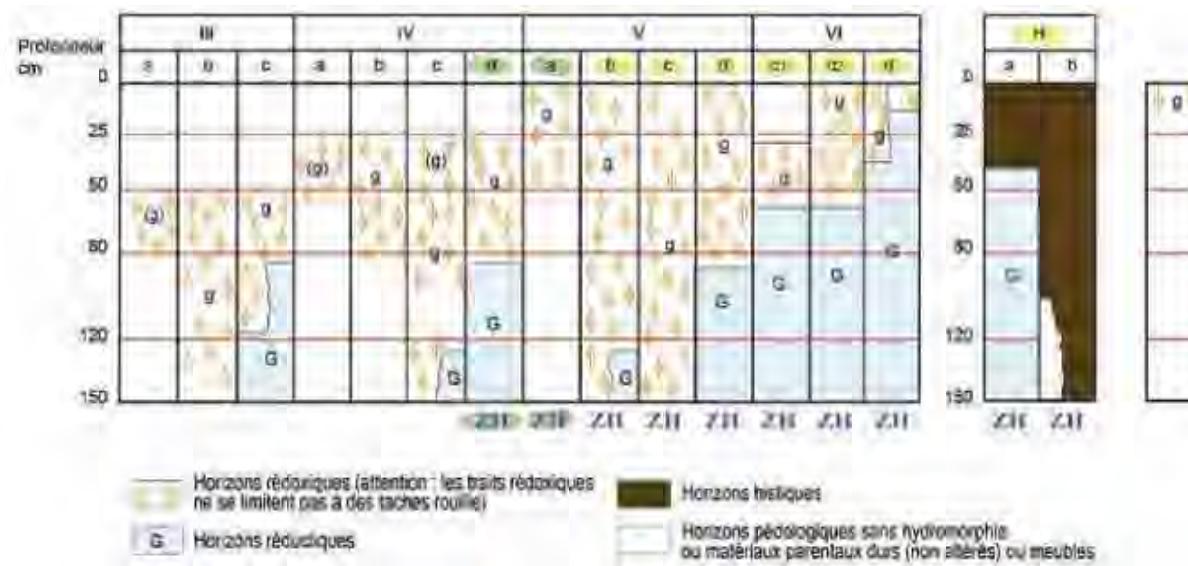
La localisation des sondages pédologiques ainsi que les résultats sont localisés sur la carte en page suivante.

### Carte 4 : Localisation et résultats des sondages pédologiques



L'analyse détaillée des sondages pédologiques est présentée dans les tableaux en pages suivantes et comparées avec les classes d'hydromorphie et sols de zones humides sur la figure n°1 ci-dessous.

Figure 1 : Classes d'hydromorphie et sols de zones humides



Proposition d'une nouvelle version 2014 modifiée et complétée. Adaptée d'après les « classes de drainage naturel interne » du Groupe d'Études des Problèmes de Pédologie Appliquée (GEPPA, 1981)

(g) = caractère réodoxique peu marqué

-g = caractère réodoxique marqué

Correspondances avec les types du Référentiel Pédologiques 2008 :

Hb	divers histosols
Ha	réductisols typiques éphistiques
VIId	réductisols typiques
VIc1 – VIc2	réodoxisols réductiques
IVd – Vd	réodoxisols à horizons réductiques de profondeur
IVb-IVc-Va-Vb-Vc	réodoxisols (rattachement simple ou double)

## CHAPITRE 3. REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE DES SITES DES SONDAGES

Sont joints à ce présent rapport et par ordre successif d'apparition :

- Photos des sites des sondages pédologiques
- Tableau descriptif des sondages pédologiques





Vue du sondage n°5



Vue du sondage n°6



Vue du sondage n°7



Vue du sondage n°8



Vue du sondage n°9



Vue du sondage n°10



Vue du sondage n°11



Vue du sondage n°12



Vue du sondage n°13



Vue du sondage n°14



Vue du sondage n°15



Vue du sondage n°16



Tableau 2 : Résultats des sondages pédologiques

Sondages	profondeur	Nature du sol	Hydromorphie	Classification GEPPA	Résultats
1	0-25	Humus forestier +Limoneux	/	NC	NH
	25-50	Limono-argileux	/		
	50-80	Limono-argileux	/		
2	0-25	Humus forestier +Limoneux	/	IV a	NH
	25-50	Limono-argileux	(g)		
	50-80	Limono-argileux	/		
3	0-25	Humus forestier +Limoneux	/	IV a	NH
	25-50 refus tarière	Limono-caillouteux	(g)		
4	0-25	Humus forestier +Limoneux	/	NC	NH
	25-50	Limoneux	/		
	50-70	Limoneux	/		
5	0-25	Limoneux	/	NC	NH
	25-50	Limoneux	/		
	50-60	Limoneux	/		
6	0-25	Limoneux	/	IV bc	NH
	25-50	Limoneux-sableux	(g)		
	50-80	Limoneux-sableux	g		
7	0-25	Humus forestier	/	NC	NH
	25-50	Limoneux	/		
	50-80	Limono-argileux	/		
8	0-25	Humus forestier	/	NC	NH
	25-50	Limono-sableux	/		
	50-70 refus tarière	caillouteux	/		
9	0-25	Humus forestier	/	NC	NH
	25-50	Limono-sableux	/		
	50-70	Limono-sableux	/		
10	0-25	Humus forestier	/	IV bc	NH
	25-50	argileux	(g)		
	50-80	argileux	g		
	80-100	argileux	g		
11	0-25	Limoneux - sableux	/	NC	NH
	25-50	sableux	/		

	50-80	sableux	/		
12	0-25	Humus forestier	/	NC	NH
	25-50	Sablo-limoneux	/		
	50-60	Sablo-limoneux	/		
13	0-25	Humus forestier	/	NC	NH
	25-50	Sablo-limoneux	/		
	50-60	Sablo-limoneux	/		
14	0-25	Humus forestier	/	NC	NH
	25-50	Sablo-limoneux	/		
	50-60	Sablo-limoneux	/		
15	0-25	Humus forestier	/	IV bc	NH
	25-50	Sablo-limoneux	(g)		
	50-60	Sablo-limoneux	g		
16	0-25	Humus forestier	/	NC	NH
	25-50	Argilo-limoneux	/		
	50-60	Argilo-limoneux	/		
17	0-25	Humus forestier	/	NC	NH
	25-50	limoneux	/		
	50-60	limoneux	/		
18	0-25	Humus forestier	/	III abc	NH
	25-50	limoneux	/		
	50-60	limoneux	g		
19	0-25	Humus forestier	/	III abc	NH
	25-50	limoneux	/		
	50-80	limoneux	g		
20	0-25	Humus forestier	/	NC	NH
	25-50	limoneux	/		
	50-80	limoneux	/		
21	0-25	Humus forestier	/	NC	NH
	25-50	limoneux	/		
	50-80	limoneux	/		

## 8. Annexe 8 : Analyse du fonctionnement du chat forestier dans le secteur de Saverne

Une étude spécifique sur l'impact de la perte d'habitat forestier pour le chat forestier a été réalisée par le bureau d'étude TerraOïko. Cette étude a fait l'objet d'un rapport de 41 pages remis en février 2020.

### Table des matières

A. Objectifs et méthodologie générale de l'étude	3
B. Paramétrage de SimOïko	8
C. Exploitation des résultats de simulation du fonctionnement du chat forestier	23
D. Impacts résiduels du projet « État après extension » sur l'état de conservation du chat forestier	25

### Table des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des paramètres retenus pour la simulation du chat forestier	10
Tableau 2 : Habitats de vie du chat forestier retenus pour la simulation	12
Tableau 3 : Exemple de tableau de conversion pour le chat sauvage dont la distance de dispersion maximale est de 80 km	16
Tableau 4 : Paramétrage de l'habitat du chat forestier (Ph) et des coefficients de friction (Cp)	16
Tableau 5 : Liste des données utilisées pour la réalisation de l'occupation du sol	19
Tableau 6 : Valeur et interprétation de la légende des cartes de résultats de SimOïko	23
Tableau 7 : Évolution de la taille et la stabilité de la population de chat forestier au sein du patch d'habitat modifié par le projet d'extension	27
Tableau 8 : Synthèse de l'analyse de l'équivalence écologique entre l'état de référence et le scénario de compensation	37

### Table des figures

Figure 1 : Aire d'étude pour la simulation numérique	8
Figure 2 : Localisation des vingt-deux patchs d'habitats du chat sauvage définis pour la simulation	14
Figure 3 : Représentation des coefficients de friction en fonction de la réduction de la distance parcourable	15
Figure 4 : Occupation du sol à l'état initial (Ei) et à l'échelle de la zone d'étude étendue (ZEE)	20

# Analyse du fonctionnement du chat forestier dans le secteur de Saverne et conception de mesures de compensation au sein de la séquence ERC

## Rapport d'étude

Catherine de Roincé  
03 février 2020



## Table des matières

<i>A. Objectifs et méthodologie générale de l'étude</i>	3
<i>B. Paramétrage de SimOïko</i>	8
<i>C. Exploitation des résultats de simulation du fonctionnement du chat forestier</i>	23
<i>D. Impacts résiduels du projet « État après extension » sur l'état de conservation du chat forestier</i>	25

## Table des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des paramètres retenus pour la simulation du chat forestier.....	10
Tableau 2 : Habitats de vie du chat forestier retenus pour la simulation .....	12
Tableau 3: Exemple de tableau de conversion pour le chat sauvage dont la distance de dispersion maximale est de 80 km.....	16
Tableau 4 : Paramétrage de l'habitat du chat forestier (Ph) et des coefficients de fraction (Cp) ....	16
Tableau 5 : Liste des données utilisées pour la réalisation de l'occupation du sol .....	19
Tableau 6 : Valeur et interprétation de la légende des cartes de résultats de SimOïko .....	23
Tableau 7 : Évolution de la taille et la stabilité de la population de chat forestier au sein du patch d'habitat modifié par le projet d'extension .....	27
Tableau 8 : Synthèse de l'analyse de l'équivalence écologique entre l'état de référence et le scénario de compensation .....	37

## Table des Figures

Figure 1: Aire d'étude pour la simulation numérique.....	8
Figure 2 : Localisation des vingt-deux patchs d'habitats du chat sauvage définis pour la simulation .....	14
Figure 3 : Représentation des coefficients de friction en fonction de la réduction de la distance parcourable .....	15
Figure 4 : Occupation du sol à l'état initial (EI) et à l'échelle de la zone d'étude étendue (ZEE) .....	20

Figure 5: Occupation du sol à l'état initial (EI) à l'échelle de la zone d'étude rapprochée (ZER) .....	21
Figure 6 : Occupation du sol après l'extension (SC1) à l'échelle de la zone d'étude rapprochée (ZER) .....	22
Figure 7: Comparaison entre deux états de fonctionnement de dynamique de populations réalisés avec SimOïko .....	24
Figure 8 : Patch d'habitat de la zone d'extension .....	25
<i>Figure 9: Carte du fonctionnement métapopulationnel du chat forestier sur la zone d'étude rapprochée. Pour chaque patch il est indiqué le nombre d'individus moyen estimé. ....</i>	29
Figure 10 : interprétation du fonctionnement initial du réseau écologique de la zone d'étude rapprochée pour le chat forestier .....	30
Figure 11 : Variation des déplacements du chat forestier sur la zone d'étude rapprochée entre l'état après extension et l'état initial.....	31
Figure 13 : Comparaison de la fonctionnalité des patchs d'habitat du chat forestier en tant que relais dans le réseau écologique .....	32
Figure 12 : Différence de fonctionnalité des patchs d'habitat du chat forestier en tant que relais dans le réseau écologique entre l'état initial et l'état après extension.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 14 : Évolution de la taille de population moyenne de chat forestier pour l'état initial (courbe bleue) et de son intervalle de confiance à 95% calculé à partir de 30 itérations (courbes pointillées vertes). Les vingt-cinq premières années correspondent à une période de stabilisation liée à la simulation. Elles ne peuvent être prises en compte dans l'analyse des résultats. ....	33
Figure 15 : Évolution de la taille de population moyenne de chat forestier pour l'état après extension (courbe bleue) et de son intervalle de confiance à 95% calculé à partir de 30 itérations (courbes pointillées vertes). Les vingt-cinq premières années correspondent à une période de stabilisation liée à la simulation. Elles ne peuvent être prises en compte dans l'analyse des résultats. ....	33
Figure 16 : Fonctionnement du chat forestier sur la zone d'étude étendue à l'état initial.....	34
Figure 17 : Fonctionnement du chat forestier sur la zone d'étude étendue à l'état après extension .....	35
Figure 18 : Noyaux de populations identifiés par analyse des flux d'individus dispersants.....	36

A.

## Objectifs et méthodologie générale de l'étude

### I \ Objectifs de l'étude à partir des observations déjà acquises sur le terrain

L'impact du projet d'extension de l'entreprise Kuhn a été étudié par le bureau d'étude Egis. Un enjeu sur le chat forestier, espèce protégée, a émergé au cours de leurs investigations de terrain. Il se trouve en effet que plusieurs chats forestiers ont été observés dans la zone de projet. Afin de prendre en compte la biologie de l'espèce, il est nécessaire d'étudier le fonctionnement démographique et les déplacements de cette espèce dans la zone de projet. Le présent diagnostic vise donc à répondre aux questions suivantes :

- ❖ La zone d'étude est-elle fonctionnelle pour le chat forestier ?
- ❖ La disparition de l'habitat forestier du site risque-t-elle d'affecter significativement la démographie et les déplacements du chat forestier ?

### II \ SimOïko : simulateur des dynamiques de populations et des déplacements

La plateforme de simulation numérique SimOïko, utilisée pour évaluer la fonctionnalité écologique des habitats et l'importance des populations susceptibles d'être présentes, est dérivée du modèle de recherche MetaConnect développé lors de la thèse de S. Moulherat au CNRS (Moulherat 2014).



SimOïko valorise les travaux de recherche issus de plusieurs projets nationaux et européens concernant le fonctionnement des métapopulations animales et végétales (ANR : MobiGène, DIAMES, Projets européens : FP6 TenLAMAS et FP7 SCALES). SimOïko a été testé et validé par la comparaison des résultats obtenus grâce à ce simulateur avec des résultats obtenus par d'autres modèles ainsi que par la comparaison avec des données réelles issues du terrain. Ces validations ont été effectuées pour chaque module de base de SimOïko et ont donné lieu à publication scientifique (Moulherat 2014, Gunton et al. 2016, Calvet et al. in prep).

Pour chaque espèce simulée avec SimOïko, les résultats de simulation permettent de comprendre finement le fonctionnement des populations. Pour chaque espèce, l'occupation du sol est utilisée comme donnée d'entrée du simulateur. L'ensemble des milieux naturels sont qualifiés au titre de leur potentialité en tant qu'habitat naturel et de difficulté de l'espèce à le traverser (coefficient de friction).



Dès lors, les simulations peuvent être réalisées et reproduire l'ensemble du cycle de vie de chaque individu de l'espèce ciblée ce qui permet l'estimation de tailles de populations et de probabilités d'extinction globales ainsi que par patch d'habitat potentiel.

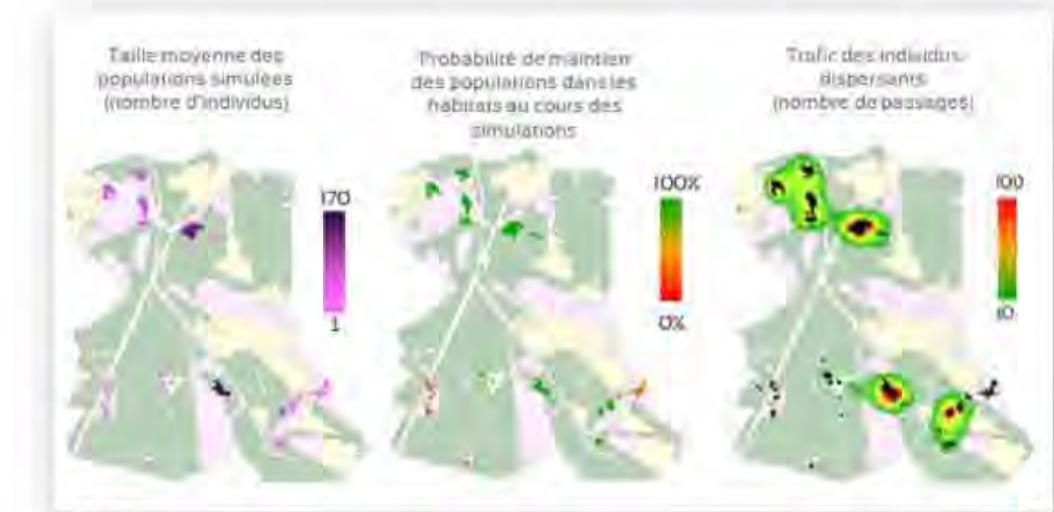


Exemple de cycle de vie tel que reproduit dans SimOïko

Au-delà de la seule dynamique de la population, SimOïko simule explicitement les déplacements des individus en utilisant l'algorithme du *Stochastic Movement Simulateur* (Palmer et al. 2011) qui est actuellement l'algorithme de déplacement le plus réaliste qui ait été développé (Coulon et al. 2006, Coulon et al. 2008, Aben et al. 2014, Palmer et al. 2014, Coulon et al. 2015, Moulherat et al. 2019). Cet algorithme suppose que les individus se déplacent en suivant le chemin le plus facile au sein du paysage qu'ils perçoivent. Se faisant, les trajectoires des individus sont enregistrées et les informations sur les lieux de passages et le nombre d'individus passant d'un patch d'habitat à un autre, extrêmement difficiles à mesurer directement sur le terrain mais déterminant du bon fonctionnement des populations, deviennent accessibles.

L'utilisation de SimOïko permet d'aborder les cartes d'habitats d'espèces de manière fonctionnelle. En effet, pour les espèces qui font l'objet de simulations, il est dès lors possible de qualifier, quantifier et hiérarchiser très rapidement et sur la base d'éléments objectifs les éléments paysagers réellement constitutifs de l'habitat de ces espèces et d'en apprécier la fonctionnalité. En sortie, SimOïko fournit des **données écologiques telles qu'observables sur le terrain** :

- ❖ **Données démographiques** : taille et probabilité de maintien des populations.
- ❖ **Données de déplacement** : trafic d'individus sur le territoire et flux d'individus entre populations.



Visualisation cartographique des données écologiques obtenues avec SimOïko

De par ses caractéristiques techniques, SimOïko est en mesure de **modéliser l'intégralité du cycle de vie des espèces sur un territoire et d'évaluer l'impact d'aménagements sur les dynamiques métapopulationnelles et les réseaux écologiques à différents horizons temporels**.

	Informations nécessaires pour le diagnostic écologique au regard des textes réglementaires							
	Dynamique démographique		Dispersion			Structure génétique		
	Effectifs des populations	Stabilité des populations	Colonisation d'habitats	Zones de passage entre populations	Nombre d'individus dispersants entre populations	Isolément génétique	Consanguinité	
Fonctionnalité des connectivités écologiques		X		X	X	X		
État de conservation des espèces	X	X	X	X	X	X	X	
Résultats exploitables avec SimOïko								
SimOïko	X	X	X	X	X	X	X	X

### **III \ Assister la mise en œuvre de la séquence ERC par simulation du fonctionnement du chat forestier**

L'approche d'éco-conception des mesures ERC assistée par simulation numérique permet de quantifier de manière objective et prospective, l'effet d'un ou plusieurs scénarios de mesures. Dans le cadre de cette première phase d'étude, deux états ont été simulés :

#### **Un état de référence : État initial**

L'état de référence correspond au fonctionnement de l'espèce au sein de l'occupation du sol actuelle avant le projet. Il permettra de valider par simulation que l'équivalence écologique est atteinte pour l'espèce une fois les mesures ERC mises en place.

#### **Un état du projet d'extension (état projet + mesures d'évitement et réduction déjà définies) : État après extension**

Afin de déterminer la localisation et la nature des mesures ERC, l'état projet après mesures d'évitement et de réduction (définies par le bureau d'étude Egis dans le cadre de l'expertise écologique du projet) a été simulé et correspond à l'occupation du sol du projet réalisé juste après travaux. Il permet d'orienter les recherches de mesures ERC spécifiques au chat forestier en apportant une visualisation sur l'aire d'étude étendue du fonctionnement de l'espèce une fois le projet terminé mais en absence de mesures additionnelles.

Il est à noter que les simulations réalisées par SimOïko intègrent une part d'aléas dans la dynamique de l'espèce (aléas climatiques, épidémiologiques etc) afin de déterminer la robustesse des résultats face à ces événements.

Le scénario avec mesures ERC spécifiques au chat forestier sera mis en œuvre quand les mesures de compensation seront déterminées. Ce scénario sera comparé à l'état de référence pour estimer l'équivalence écologique voire le gain écologique en termes de fonctionnement des métapopulations du chat forestier au sein de l'aire d'étude.

## B. Paramétrage de SimOïko

### I \ Aire d'étude étendue

Le chat forestier étant une espèce à large aire vitale, l'aire d'étude est élargie autour de Saverne. De plus, il a semblé pertinent d'utiliser comme zone d'étude une aire de simulation étendue pour pouvoir intégrer les échanges d'individus entre le massif forestier des Vosges du nord et la vallée de la Zorn. Ceci permet d'inclure une partie de la plaine d'Alsace côté Saverne qui paraît être importante dans les déplacements du chat forestier.

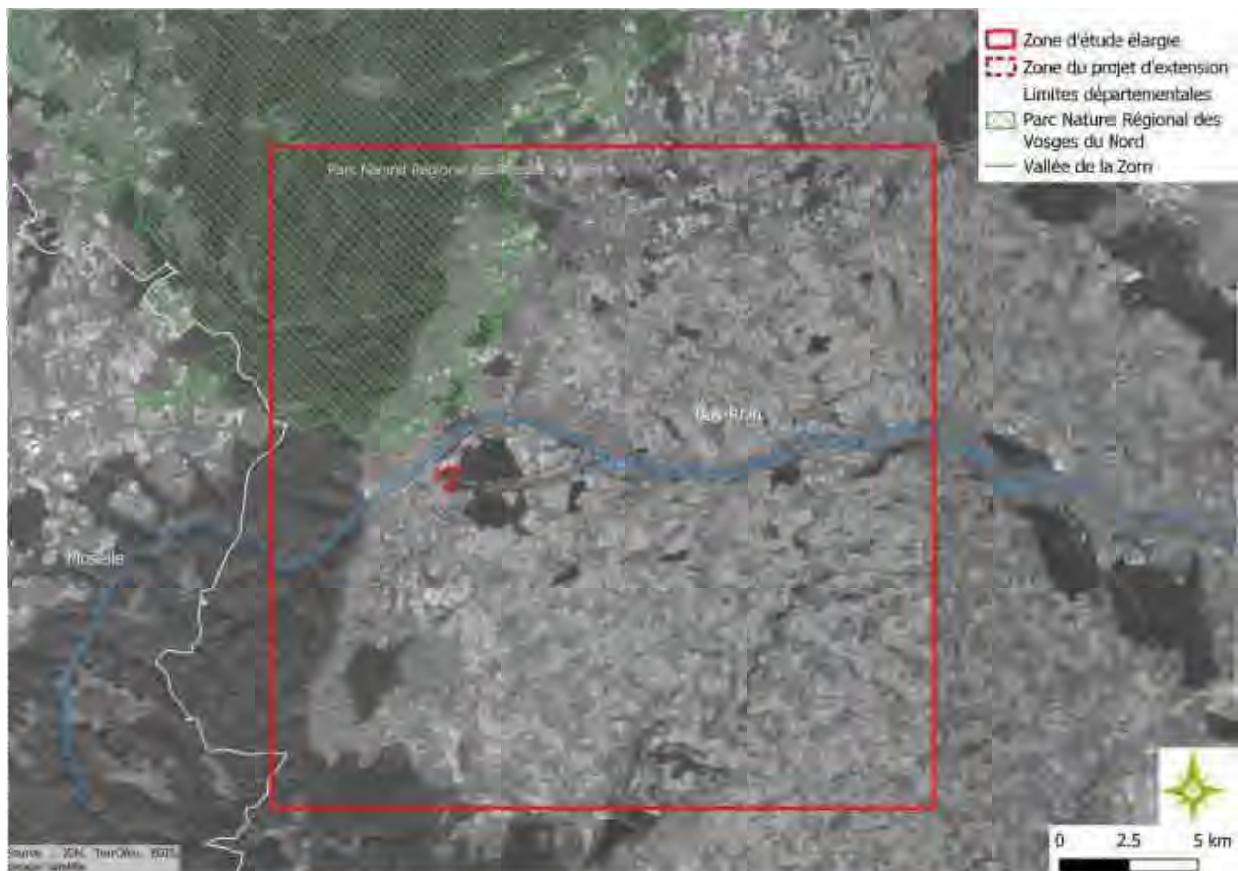


Figure 1: Aire d'étude pour la simulation numérique

La zone d'étude permet donc de traiter la potentialité de différents sites compensatoires ainsi que d'identifier, dans une relative proximité spatiale, les secteurs à forte plus-value fonctionnelle. Cette aire d'étude étendue permet en outre de bien comprendre les interactions des réseaux écologiques de la zone avec ceux des territoires adjacents et d'assurer ainsi la cohérence entre l'ensemble des réseaux écologiques de ces espaces.

### II \ Cycle de vie du chat forestier

#### Paramètres retenus

La dynamique et les déplacements du chat forestier ont été simulés sur l'ensemble de la zone d'étude. Les détails du cycle de vie et du paramétrage utilisé sont présentés dans le Tableau 1.

## Justification du paramétrage

La période de reproduction du chat forestier s'étend entre janvier et juin bien que le pic d'activité principal soit compris entre début janvier et fin février. Les mises-bas ont généralement lieu au début du printemps (deux tiers des naissances ont lieu entre le mois de mars et avril) (Stahl & Léger, 1992). Les femelles mettent bas entre 1 et 6 chatons par portée (Sordello R., 2012). D'après Léger et al., (2008), les portées ont des tailles comprises entre 3 et 4 jeunes avec un nombre de jeune moyen par portée de 3,1. Une autre étude estime que le taux de fécondité moyen ( $F$ ) du chat forestier est de 7,73 (Jones et al., 2009). Pour cette étude, le taux de fécondité est pondéré par la survie moyenne des chatons selon l'équation  $s_0 * F$ . Le taux de survie moyen des chatons est de 0,68 cependant chaque chaton se voit attribuer un taux de survie qui est tiré dans une loi mathématique (loi normale) ainsi le taux de survie de chaque chaton varie autour de 0,68. Ceci permet de prendre en compte une certaine variabilité sur le nombre de chatons par femelle et par an comme reporté dans l'étude de Sordello (2012) et de Léger et al., (2008).

Au cours de l'automne, les chatons sont rejettés par leur mère (Sordello R., 2012). Les chatons qui auront survécu à l'hiver ( $s_0$ ) donneront les juvéniles de l'année suivante. C'est à ce stade que les individus dispersent ( $ddisp$ ). Les mâles semblent disperser plus loin que les femelles, car ils ne peuvent pas se reproduire tant qu'un autre mâle occupe le territoire (Kraft, 2008). Une étude réalisée en Allemagne a permis d'estimer des distances de dispersions comprises entre 3 et 55 km du lieu de naissance (Stahl & Léger, 1992). Des distances maximales de dispersions ont été observées allant jusqu'à 80 km du lieu de naissance (Sordello R., 2012). Il est aussi observé que certains individus adultes quittent leur territoire de plusieurs kilomètres, cependant ils réintègrent leur domaine vital après quelques jours (Sordello R., 2012). Pour la simulation nous avons choisi la distance maximale de 80km car il s'agit de la capacité motrice des individus à se déplacer. La simulation prend en compte cette distance maximale mais tous les individus ne disperseront pas si loin.

Une partie des juvéniles atteindra le stade adulte ( $s_1$ ). Le recrutement des adultes est conditionné par la densité d'adultes au sein d'un patch ( $g$ ). Ainsi, si un patch est déjà saturé en adultes reproducteurs, un juvénile aura une probabilité de s'y établir plus faible que dans un patch non saturé. Seule une fraction des adultes survit chaque année ( $s_2$ ). Les paramètres de survie sont calculés par TerrOïko d'après l'espérance de vie qui est d'environ 10 ans.

Tableau 1 : Synthèse des paramètres retenus pour la simulation du chat forestier

Cycle de vie	Explications des paramètres	Paramétrage retenu
	<p><u>Dispersion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>d_{max}</math> : distance maximale de dispersion qui correspond à la capacité motrice des individus</li> <li>- <math>d_{disp}</math> : probabilité de dispersion : probabilité qu'un juvénile quitte son patch pour s'installer dans un autre patch</li> </ul> <p><u>Survie :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>s_0</math> : survie des chatons</li> <li>- <math>s_1</math> : survie des juvéniles</li> <li>- <math>s_2</math> : survie des adultes</li> </ul> <p><u>Recrutement :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>g</math> : coefficient de recrutement, dépendant du patch dans lequel se trouve chaque juvénile et de la compétition des autres adultes du patch pour que le juvénile s'établisse et se reproduise dans ce patch</li> </ul> <p><u>Reproduction :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F</math> : fécondité des femelles par année</li> <li>- <math>\sigma</math> : sex-ratio</li> </ul>	$d_{max} = 80km$ $d_{disp} = 40\%$ $s_0 = 0,68$ $s_1 = 0,68$ $s_2 = 0,68$ $F = 7,73$ $\sigma = 0,5$

TerrOïko / p. 10

### III \ Définition des habitats de vie

#### 4 Paramètres retenus

La Figure 2 présente les patchs d'habitat retenus pour la simulation au sein de l'aire d'étude. Ils correspondent aux habitats forestiers définis dans le Tableau 2

Tableau 2 : *Habitats de vie du chat forestier retenus pour la simulation*

Habitat (Code EUNIS)
G1 : Forêts de feuillus caducifoliés
G3 : Forêts de conifères
G4 : Formation mixte d'espèces caducifoliées et de conifères

#### 5 Justification

Le chat sauvage est une espèce forestière. Il est observé principalement dans des forêts de feuillus et mixtes d'altitude modeste. Il peut également être observé dans des forêts de plaine et de colline de moyenne altitude (Sordello R., 2012).

Le chat forestier utilise les milieux ouverts et semi-ouverts pour son alimentation puisqu'il chasse et se nourrit en grande partie de campagnols et d'autres petits mammifères de milieux ouverts. Le chat sauvage se retrouve donc également dans des milieux plus ouverts comme des clairières, des lisières ainsi que des prairies naturelles. Une étude sur l'utilisation des différents types d'habitats par le chat sauvage en Espagne a montré une abondance d'individus plus forte dans des paysages de forêts méditerranéennes et de feuillus comparée aux forêts de conifères et aux autres espaces ouverts. La même étude a également mis en évidence une abondance similaire entre forêts de conifères et milieux ouverts (agricoles et plaines) (Lozano J., 2010).

Une autre étude réalisée en Europe a mis en évidence l'importance de la présence de forêts, de cours d'eau et de clairières dans la sélection de l'habitat chez le chat sauvage (Klar et al., 2008). Les massifs forestiers associés à des prairies naturelles sont donc les milieux jugés optimaux pour l'espèce. Les auteurs de cette étude ont montré que le facteur primordial dans la sélection de l'habitat des chats forestiers est la proximité d'une forêt : 75% des mâles et 91% des femelles recensés par l'étude étaient dans une forêt. Ceci peut s'expliquer par la présence de cavités naturelles dans les forêts que le chat sauvage utilise comme abris de gîte et de reproduction. Il s'agit souvent d'arbres creux ou de cavités

sous des racines d'arbres âgés. Il peut également utiliser des chablis comme abris. En période hivernale, ces gîtes doivent être protégés et abrités alors qu'en été, il ne s'agit pas forcément d'un emplacement précis, mais plutôt d'un bosquet dense par exemple (Sordello R., 2012). L'étude sur la sélection de l'habitat en Europe a également souligné le caractère répulsif des villages et des routes pour les chats sauvages. Dans cette étude, la probabilité qu'un chat établisse son territoire diminuait quand le territoire se situait à moins de 900m d'une habitation et/ou de 200m d'une route (Klar et al., 2008). Bien que les routes représentent un caractère répulsif pour l'installation d'un individu, celles-ci ne constituent toutefois pas une barrière aux déplacements. Pour cette étude, nous avons choisi de ne pas limiter les habitats à des patchs se situant à plus de 900m d'une habitation et de 200m d'une route car ceci limiterait très fortement les habitats potentiels de la zone d'étude qui est fortement fragmentée par l'urbain. En ce point, la définition de l'habitat du chat forestier pour la simulation est plus optimiste que ce qui est observé dans l'étude de Klar (2008).

Du fait des capacités motrices et cognitives de cette espèce, les couverts forestiers séparés d'une distance inférieure à 15 m ont été regroupés en un seul patch. Ainsi les petites routes, chemins forestiers, etc. pouvant traverser des forêts ne sont pas considérés comme divisant celles-ci en plusieurs patchs d'habitat.

La densité de chat forestier est difficile à estimer car la taille du domaine vital n'est pas la même selon l'âge et le sexe. De plus, la densité au sein d'un même massif forestier varie également si celle-ci est étudiée avant ou après la période de reproduction et la naissance des chatons. Ainsi, plusieurs études révèlent des densités complètement différentes. Une première étude dans le Bas-Rhin et le Haut-Rhin mentionne des densités comprises entre 0.03 et 0.7 individus pour 100 hectares de massif forestier (soit une densité de 0.0003 à 0.007 individus par hectare). D'autres observations du même ordre de valeur sont faites en Meurthe-et-Moselle et dans les Vosges (Schauenberg P., 1981). D'autres observations provenant d'Allemagne rapportent des densités comprises entre 0.3 et 0.5 individus pour 100 ha (0.003 et 0.005 individus par hectare) dans la zone centrale d'un massif forestier et de 0.2 individus pour 100 ha (0.002 individus par hectare) dans les bordures (Sordello R., 2012). Jones (2009) rapporte une densité de 0.295 individus par hectare. Dans le cadre de cette étude, la capacité d'accueil maximale des patchs retenue est 0.295 individus/ha comme reporté dans Jones et al. (2009). Elle peut paraître excessive par rapport aux densités observées, cependant il est à noter que celles-ci relèvent uniquement les adultes reproducteurs. Or, la capacité d'accueil doit intégrer la présence de l'ensemble des individus (chatons, juvéniles, adultes, etc), c'est pourquoi, nous avons retenues celle de 0.295 individus/ha. Afin de valider ce choix de paramétrage, la cohérence entre les observations de terrain et les tailles de populations simulées a été vérifiée.

## IV \ Définition des coefficients de friction des milieux de la zone d'étude

### Principe de la méthode de calcul des coefficients de friction (perméabilité)

La méthode de calcul des coefficients de friction utilisée par TerrOïko permet de traduire dans les algorithmes de dispersion la modification des capacités de dispersion des espèces en fonction du type de milieu traversé. La définition de cette interaction passe par l'estimation de coefficients de perméabilité.

Une estimation de ces coefficients sans protocole d'acquisition ni d'harmonisation entre plusieurs sources d'information (avis d'expert et littérature) peut aboutir à des biais de résultats (certains experts notent entre 1-5, d'autres entre 1-100). TerrOïko harmonise les différentes sources d'information pour obtenir des coefficients homogènes et représentatifs de la réalité de terrain.

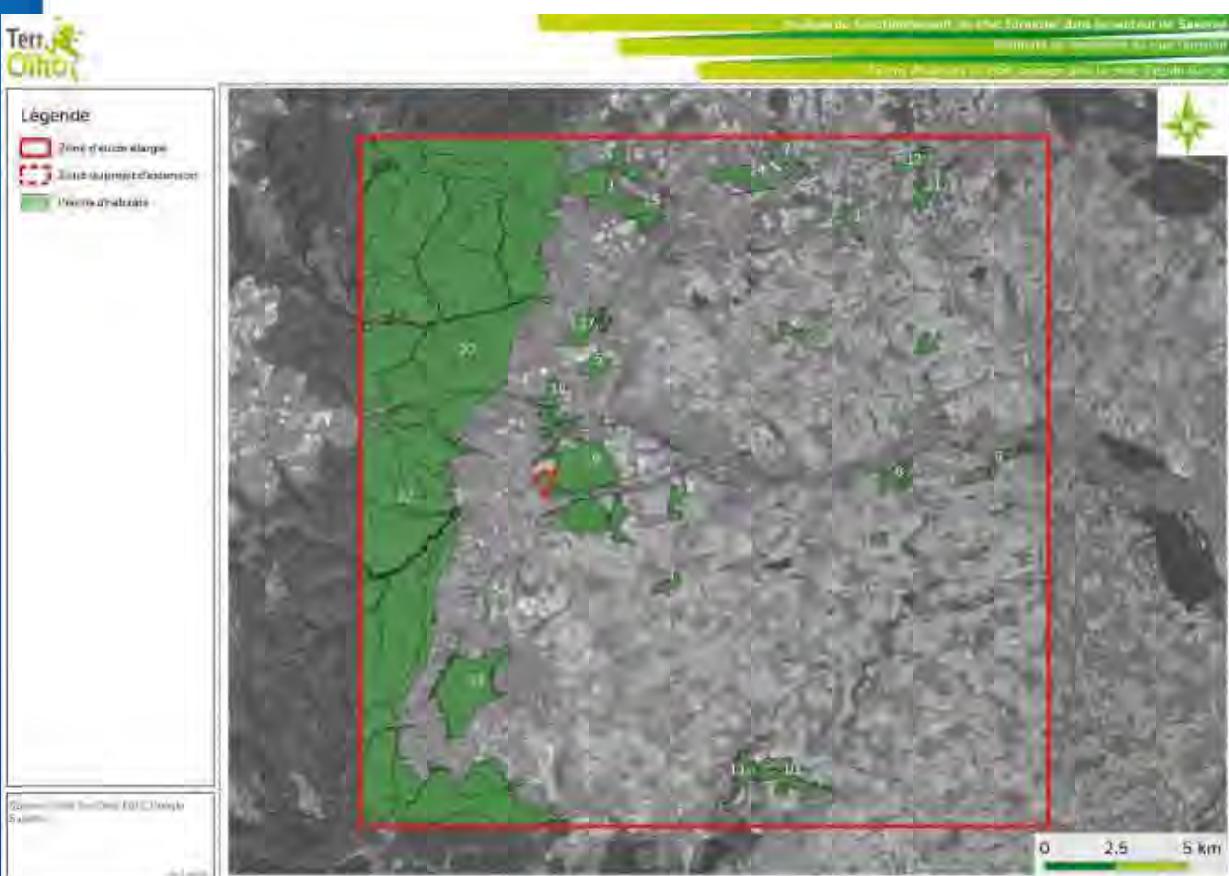


Figure 2 : Localisation des vingt-deux patches d'habitats du chat sauvage définis pour la simulation

TerrOïko / p. 14

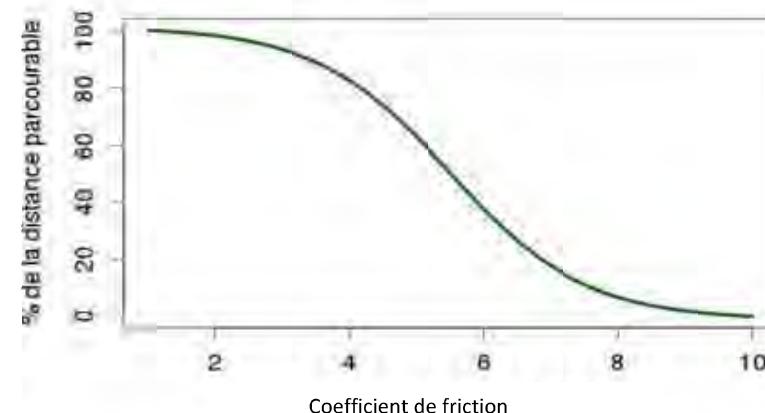


Figure 3 : Représentation des coefficients de friction en fonction de la réduction de la distance parcourable

Les coefficients de perméabilité estimés par TerrOïko sont normalisés entre 1 et 10 où la valeur 1 correspond aux milieux dans lesquels l'espèce peut se déplacer le plus loin (100 % de ses capacités) et la valeur 10 correspond à un milieu infranchissable. Le coefficient de perméabilité d'un milieu donné est alors estimé selon la réduction relative des capacités de dispersion de la guilde dans ce milieu par rapport au milieu de référence (Figure 3).

Selon les sources, l'information de capacité de dispersion d'une espèce dans un milieu est donnée soit par sa distance de dispersion (en kilomètres) soit par une mesure de l'efficacité de dispersion relative au milieu de référence (% ou coefficient de perméabilité sur une échelle linéaire bornée).

TerrOïko réalise alors des conversions entre distance de dispersion et valeur du coefficient de perméabilité au cours du processus de normalisation. Ainsi, une réduction de 1 point du coefficient de perméabilité peut tout à fait être traduite en une réduction de la distance de dispersion et vice-versa. Ainsi, l'un ou l'autre des paramètres peut être renseigné sans impact sur cette méthode de calcul (Tableau 3).

*Tableau 3: Exemple de tableau de conversion pour le chat sauvage dont la distance de dispersion maximale est de 80 km*

Réduction des capacités de dispersion	0 %	5 %	20 %	30 %	50 %
Distance maximale de dispersion dans ce milieu (km)	80	76	64	56	40
Coefficient de perméabilité	1	1,87	4,24	5,59	7,75

#### Paramètres retenus

Les coefficients de perméabilité utilisés pour la simulation du chat forestier sont présentés ci-dessous pour la typologie EUNIS (Tableau 4).

*Tableau 4 : Paramétrage de l'habitat du chat forestier (Ph) et des coefficients de fraction (Cp)*

Habitat	Code EUNIS	P <sub>h</sub>	Cp (%), m)
<i>Eaux de surface continentales</i>			
Eaux dormantes de surface	C1		4.2 (-20%, -16km)
Lacs, étangs et mares temporaires	C1.6		4.2 (-20%, -16km)
Eaux courantes de surface	C2		2.7 (-10%, -8km)
<i>Prairies ; terrains dominés par des herbacées non graminoides, des mousses ou des lichens</i>			
Prairies ; terrains dominés par des herbacées non graminoides, des mousses ou des lichens	E		2.7 (-10%, -8km)
Prairies mésiques	E2		2.7 (-10%, -8km)
<i>Landes, fourrés et toundras</i>			
Landes, fourrés et toundras	F		2.7 (-10%, -8km)
Haies	FA		2.7 (-10%, -8km)
Plantations d'arbustes à des fins ornementales ou pour les fruits, autres que vignobles	FB.3		2.7 (-10%, -8km)
Vignobles	FB.4		2.7 (-10%, -8km)
<i>Boisements, forêts et autres habitats boisés</i>			
Boisements, forêts et autres habitats boisés	G	X	1 (-0%, -0km)
Forêts de feuillus caducifoliés	G1	X	1 (-0%, -0km)
Plantations forestières très artificielles de feuillus caducifoliés	G1.C	X	1 (-0%, -0km)
Vergers d'arbres fruitiers et d'arbres à noix	G1.D	X	1 (-0%, -0km)
Forêts de feuillus caducifoliés et sempervirents	G1xG2	X	1 (-0%, -0km)
Forêts de conifères	G3	X	1 (-0%, -0km)
Alignements d'arbre, petits bois anthropiques	G4	X	1 (-0%, -0km)
<i>Habitats agricoles, horticoles, domestiques régulièrement ou récemment cultivés</i>			
Monocultures intensives	I1.1		2.7 (-10%, -8km)
Cultures mixtes des jardins maraîchers et horticulture	I1.2		2.7 (-10%, -8km)
Monocultures extensives	I1.3		2.7 (-10%, -8km)

Friches, jachères	I1.5	2.7 (-10%, -8km)
<i>Zones bâties, sites industriels ou autres habitats artificiels</i>		
Bâtiments indifférenciés	J0	10 (-100%, -80km)
Construction à forte densité	J1	10 (-100%, -80km)
Zones industrielles et commerciales	J1.4 x J2.5	10 (-100%, -80km)
Réseaux routiers : Autoroutes	J4.21	10 (-100%, -80km)
Réseaux ferroviaires : LGV	J4.31	10 (-100%, -80km)
Construction à faible densité	J2	9.9 (-90%, 72km)
Sites industriels d'extraction	J3	9.2 (-70%, 56km)
Réseaux routiers : Bretelles	J4.24	7.7 (-50%, 40km)
Réseaux ferroviaires : Lignes classiques	J4.32	5.6 (-30%, -24km)
Réseaux de transport et autres zones de construction à surface dure	J4	4.2 (-20%, -16km)
Réseaux routiers : Routes secondaires	J4.22	4.2 (-20%, -16km)
Plans d'eau construits très artificiels	J5	4.2 (-20%, -16km)
Canal	J5.41	4.2 (-20%, -16km)
Dépôts de déchets	J6	4.2 (-20%, -16km)
Réseaux routiers : Chemins	J4.23	2.7 (-10%, -8km)
Surfaces pavées et espaces récréatifs	J4.6	2.7 (-10%, -8km)
Parties construites des cimetières	J4.7	2.7 (-10%, -8km)
<i>Complexes d'habitats</i>		
Cultures intensives parsemées de bandes de végétation naturelle	X07	2.7 (-10%, -8km)
Pâturages boisés avec une strate arborée recouvrant le pâturage	X09	2.7 (-10%, -8km)
Terrains faiblement boisés avec des arbres feuillus caducifoliés	X13	2.7 (-10%, -8km)
Terrains faiblement boisés avec des arbres feuillus sempervirents	X14	2.7 (-10%, -8km)
Terrains faiblement boisés avec des conifères	X15	2.7 (-10%, -8km)
Terrains faiblement boisés avec des arbres feuillus et conifères	X16	2.7 (-10%, -8km)

#### Justification

Pour cette étude, nous considérons que les eaux dormantes de surface (C1) constituent une barrière à la dispersion supérieure aux eaux courantes de surface (C2). La capacité motrice du chat sauvage est diminuée de 20% dans le cas des eaux dormantes et de 10% pour les eaux courantes de surface. En effet, les eaux dormantes correspondent à de plus grandes étendues d'eau qui sont plus difficilement traversables ou évitées pour le chat sauvage comme des lacs, étangs, mares... Les eaux courantes de surface correspondent à des sources, des ruisseaux et des cours d'eau temporaires. D'après la classification EUNIS, les plans d'eau douce artificiels tels que les lacs, les réservoirs et les canaux artificiels sont compris dans les eaux dormantes de surface à condition d'y trouver des communautés aquatiques semi-naturelles. Ainsi, les capacités de dispersion du chat sauvage sont les mêmes pour les eaux dormantes de surface que pour les canaux (J5.41).

Les prairies, les terrains dominés par des herbacées non graminoides, des mousses ou des lichens (E), les landes et fourrés (F), les habitats agricoles, horticoles, domestiques régulièrement ou récemment

cultivés (I) et les complexes d'habitats (X) correspondent tous à des habitats suboptimaux mais qui restent facilement traversables par le chat sauvage. Ainsi, le coefficient de friction du milieu est de 2,7.

Les boisements, forêts et autres habitats boisés constituent l'habitat optimal du chat sauvage d'où un coefficient de friction de 1.

Pour les zones bâties et sites industriels, la perméabilité de ces milieux pour le chat dépend de la densité des zones construites. Les déplacements du chat sauvage sont inexistant dans le tissu urbain à forte densité (J1 ; J1.4xJ2.5) d'où un coefficient de friction de 10. Par défaut, les bâtiments indifférenciés (J0) sont associés à du tissu urbain à forte densité. Le chat sauvage peut se mouvoir un peu plus facilement dans des constructions à faible densité (J2) cependant ces déplacements sont fortement réduits (coefficient de friction de 9,9).

Concernant les réseaux routiers, il est considéré dans le modèle que le chat sauvage ne peut pas traverser les autoroutes et les lignes grandes vitesses du fait des clôtures de part et d'autre de ces infrastructures et de leur taille. Les lignes ferroviaires classiques sont plus facilement traversables car celles-ci ne sont pas clôturées ainsi le coefficient de friction est de 5,6. Il en va de même pour les routes secondaires et les réseaux de transport et autres zones de construction à surface dure (J4 : comprend les routes et les parkings) où le coefficient de friction est de 4,2. Les chemins se voient attribuer un coefficient de friction de 2,7, car ceux-ci n'impactent pas vraiment les déplacements du chat forestier, mais ne correspondent pas non plus à son habitat de déplacements optimal.

Les surfaces pavées et espaces récréatifs (J4.6) qui correspondent aux squares citadins et aux espaces récréatifs à surfaces dures où la circulation est piétonne et la partie construite des cimetières (J4.7) ont un coefficient de friction de 2,7 pour le chat sauvage car celui-ci, bien que capable de traverser ce type de milieux, préférera les éviter.

## V \ Occupation du sol

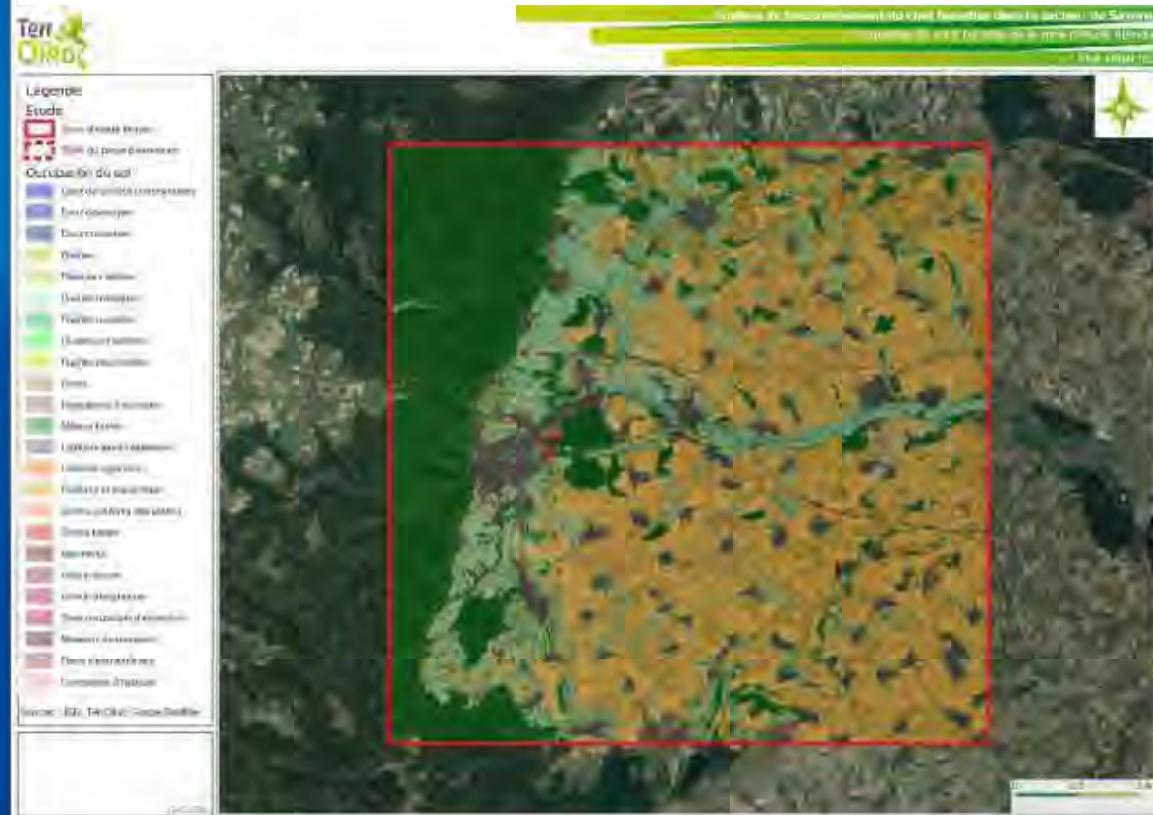
L'occupation du sol (OS) est présentée dans les Figure 4 à Figure 6. L'occupation du sol a été produite à partir des données listées dans le Tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 : Liste des données utilisées pour la réalisation de l'occupation du sol

Nom de la donnée	Contenu(s) de la donnée
Corine Land Cover	Occupation du sol à large échelle
Registre Parcellaire Graphique	Parcelles agricoles
BD topo	Forêts, végétation et bâti à fine échelle
BD hydrographie	Réseau hydrographique à fine échelle
BD transport	Réseau ferré et routier à fine échelle

Pour chaque milieu naturel qualifié dans cette OS avec la typologie standard européenne EUNIS, la table attributaire a été renseignée avec les champs suivants :

- Patch d'habitat potentiel (0 = non patch d'habitat potentiel, 1 = patch d'habitat potentiel),
- Coefficient de friction (1 à 10 où 1 représente une traversabilité très facile et 10 une infranchissabilité)



TerrOiko / p. 20



TerrOiko / p. 21

## C. Exploitation des résultats de simulation du fonctionnement du chat forestier

### I \ . Interprétation des résultats cartographiques

Les résultats cartographiques de simulation traitent de la **stabilité et taille des populations simulées ainsi que les déplacements individuels** (zone de passage). Le Tableau 6 ci-dessous précise la manière dont les résultats de simulation sont interprétés.

Tableau 6 : Valeur et interprétation de la légende des cartes de résultats de SimOiko

Légende	Indicateur	Interprétation
<b>Populations instables (5 individus)</b>	Les populations instables à petit effectif (inférieur à 5 individus) ont une probabilité d'extinction comprise entre 0.3 et 0.6.	Ces populations sont considérées comme populations puits, elles peuvent trouver leur fonctionnalité en tant que <b>patch relais</b> (dispersion en pas japonais).
<b>Extinction</b>	Les populations instables sujettes à extinction ont une probabilité d'extinction supérieure à 0.66.	Ces populations sont considérées comme <b>non viables</b> et les patchs d'habitats comme <b>non fonctionnels</b> .
<b>Populations stables (nombre d'individus)</b>	Les populations stables ont une probabilité d'extinction estimée inférieure à 0.3. Elles sont classées en cinq niveaux de population moyenne.	Ces populations sont considérées comme viables même si pour certaines d'entre elles leur effectif peut être limité par la capacité d'accueil des patchs (qualité et/ou surface).
<b>Déplacements par maille de 25m<sup>2</sup></b>	Déplacements des individus : le nombre de passage d'individus par pixel de 5x5m de la carte au cours des simulations a été enregistré et traduit par une fréquence de passage.	Les zones de passage avec des valeurs de trafic comprises entre 1 passage tous les 4 ans et tous les 2 ans peuvent être considérées comme un <b>corridor peu fonctionnel</b> .  Celles avec des valeurs comprises entre 1 passage par an et 1 passage tous les 6 mois comme un <b>corridor fonctionnel</b> .  Celles avec des valeurs de trafic comprises entre 1 passage par mois et 1 passage par semaine comme un <b>continuum entre métapopulations</b> .



Figure 6 : Occupation du sol après l'extension (SC1) à l'échelle de la zone d'étude rapprochée (ZER)

TerrOiko / p. 22

## II \ Comparaison entre deux états de fonctionnement de dynamiques populationnelles

La comparaison entre l'état actuel et les états attendus des différents scénarios d'aménagements est obtenue en mesurant leurs écarts de fonctionnalités (Figure 7).

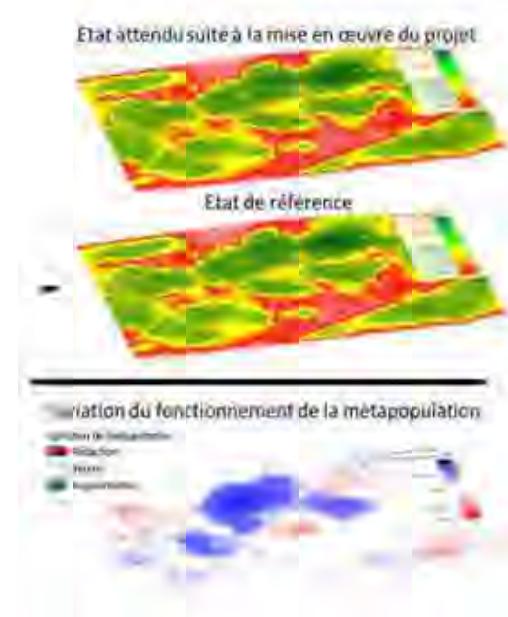


Figure 7: Comparaison entre deux états de fonctionnement de dynamique de populations réalisés avec SimOïko

## III \ Indicateurs du fonctionnalité du réseau écologique

Les résultats de flux d'individus dispersants entre patchs d'habitat sont analysés par la théorie des graphes paysagers. Deux indicateurs sont exploités :

### La centralité intermédiaire

Cet indicateur de fonctionnalité du réseau écologique donne l'importance de chaque patch en tant que patch relais à la dispersion pour les autres patchs. Ainsi, plus le nombre de chemins de dispersion pour lequel le patch considéré intervient comme relais est important, plus la valeur de l'indicateur augmente. On considère ainsi qu'un réseau écologique ayant de nombreux patchs à forte capacité de relais est fonctionnel et résilient car de nombreux chemins de dispersion sont possibles. Cet indicateur permet donc de juger de la stabilité et de la fonctionnalité du réseau écologique.

### Les clusters de populations

Cet indicateur regroupe les populations reliées par dispersion. Deux populations sont attribuées à un même cluster à partir du moment où en moyenne un individu par an a été échangé.

## D. Impacts résiduels du projet « État après extension » sur l'état de conservation du chat forestier

### I \ Impacts structurels du projet sur l'habitat du chat forestier

En formulant comme hypothèse que les couverts forestiers distants de moins de 15 m forment un même patch d'habitat pour le chat forestier (voir section III \ Définition des habitats de vie), la zone d'extension est comprise dans un patch d'habitat plus grand situé en périphérie de l'aire urbaine de Saverne. Ce patch d'habitat est traversé par deux routes départementales : la D1404 et la D421 (Figure 8). Cette hypothèse est concordante avec les observations de terrain (photo-pièges) car des passages d'individus ont été observés traversant la D1404 via des bus dans les deux sens (T. Durr, comm. pers.). La zone d'extension se situe à l'extrémité ouest de ce patch, encerclée par l'aire urbaine et la D1404.



Figure 8 : Patch d'habitat de la zone d'extension

À l'état initial, ce patch a une superficie de 615 ha. Le nombre d'individus estimés par simulation pour l'État initial est donc le nombre d'individus estimés dans la totalité de ce patch. La superficie est réduite à 586 ha après le projet d'extension. Ceci correspond à une diminution de surface de 4,7%. Le nombre d'individus estimés par simulation pour l'État après extension est donc le nombre d'individus estimés dans ce patch de 586 ha.

Bien que le projet d'extension contribue à une diminution de l'habitat du chat forestier, les mesures d'évitement et de réduction prévues doivent permettre les déplacements d'individus au sein de la zone d'extension. En effet, l'extension prévue conserve des bandes d'habitats forestiers tout autour de la zone, ainsi que des corridors de déplacement au sein du projet. Ainsi, les nouvelles zones de bâtiments ont un fort coefficient de friction (valeur à 10) cependant les corridors au sein et autour du projet ont des coefficients de friction à 2.7 qui sont donc supérieurs à l'habitat forestier de l'état initial et dont la perméabilité est équivalente à des milieux ouverts ou agricoles du fait de la proximité au bâti et des nuisances potentiels (bruit, lumière).

## II \ Évolution de l'état de conservation du chat forestier à l'échelle de l'aire d'étude rapprochée après extension

### → Evolution de la taille et stabilité de la population au sein du patch d'habitat modifié par le projet d'extension

Le Tableau 7 présente les résultats de dynamique démographique correspondant au patch d'habitat modifié par le projet d'extension. Pour la taille de population, la taille de population moyenne ainsi que l'intervalle de confiance à 95% sont donnés. L'intervalle de confiance à 95% permet d'appréhender la gamme de tailles de populations simulées. Dans 95% des années simulées (50 ans) et des 30 répétitions de simulations, la taille de population était comprise dans cet intervalle. L'intervalle de confiance permet aussi d'évaluer la variabilité démographique de la population étudiée, en effet plus l'intervalle de confiance est large, plus la variabilité démographique est importante.

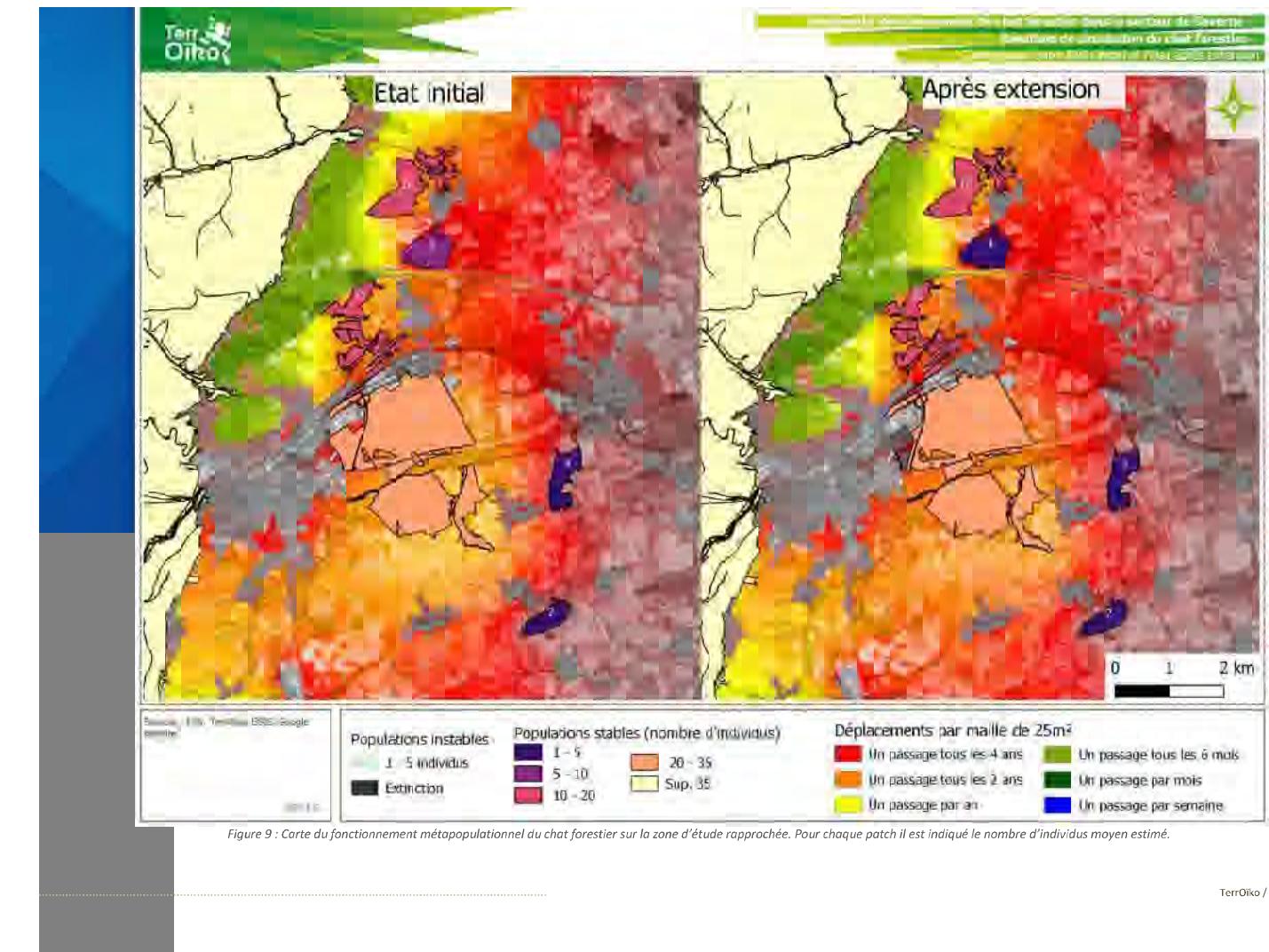
Tableau 7 : Evolution de la taille et la stabilité de la population de chat forestier au sein du patch d'habitat modifié par le projet d'extension

	Etat initial	Etat après extension	Variation Significativité de l'évolution	Interprétation
Taille totale de populations	23 ind (0 -46 ind)	24 ind (1-48 ind)	+ 4,4% Non Significative	Étant donnée la forte variabilité du nombre d'individus dans ce patch d'habitat, la variation d'un individu sur la population totale après extension du projet est non significative. Cette variation s'explique par une forte variabilité du système notamment du fait de la fragmentation du paysage. La fragmentation est telle que si une population s'éteint localement, il sera très difficile pour les individus de recoloniser ce patch d'où de fortes variations de taille de populations.
Nombre d'adultes	14 (0 -28 ind)	14 (0 -29 ind)	0%	De même, la largeur de l'intervalle de confiance est équivalente entre les deux états. La variabilité du nombre d'individus dans le patch reste inchangée.
Nombre de juvénile	9 indiv (0-20 ind)	9 indiv (0-20 ind)	0%	La stabilité de la population est inchangée. Il s'agit d'une population stable dans le temps avec peu d'évènements d'extinction locale.
Stabilité de la population	$P_{ext} = 0,004$	$P_{ext} = 0,004$	0%	Les flux entrant et sortant d'individus dispersants ne sont pas significativement modifiés par le projet.
Flux entrant d'individus dispersants	13	13	0%	
Flux sortant d'individus dispersants	8	9	+12% Non significative+	

La pose de dix-sept pièges photographiques au sein de la zone d'étude du projet d'extension et à ses abords a permis de recenser trente-cinq observations de chat forestier. Parmi ces observations, quinze ont eu lieu dans la zone du projet d'extension de 29 hectares. Quatre individus différents ont été clairement identifiés sur la zone du projet d'extension : un mâle, une femelle et ses deux chatons. En recoupant cette information avec la taille des domaines vitaux (129 hectares en moyenne (Jones et al., 2009)), le fait que généralement les domaines des mâles se superposent à deux des femelles (Sordello R., 2012) et que certaines femelles aient des petits ou non, cette observation de terrain coïncide avec les résultats issus de la simulation.

 Évolution des dynamiques de population et déplacements au sein de la zone d'étude rapprochée

La Figure 9 présentent les résultats cartographiques des simulations du fonctionnement des populations de chat forestier en matière de dynamique de populations et de déplacements des individus dans la zone d'étude rapprochée à l'état initial et après la mise en place du projet d'extension et de ces mesures d'évitement et de réduction.



Un fonctionnement peu modifié par le projet mais fortement contraint par l'urbanisation et l'agriculture céréalière

La Figure 10 explicite le fonctionnement metapopulationnel du chat forestier initial de la zone d'étude rapprochée. Le piémont des Vosges constitue la source d'individus dispersants principale de la zone. Par sa taille de population et sa position sur un axe de déplacement principal dans cette zone, le patch du projet a un rôle fonctionnel important dans le fonctionnement actuel du chat forestier. Néanmoins, cet axe de déplacement est actuellement fragilisé par le cumul de trois infrastructures de transport : canal, autoroute et LGV. Autour du patch du projet, de nombreux patchs présentent de petites populations qui ne pourraient se maintenir en l'absence de ces deux principaux patchs et par ailleurs difficilement accessibles par dispersion du fait de la matrice agricole ouverte et le mitage urbain.

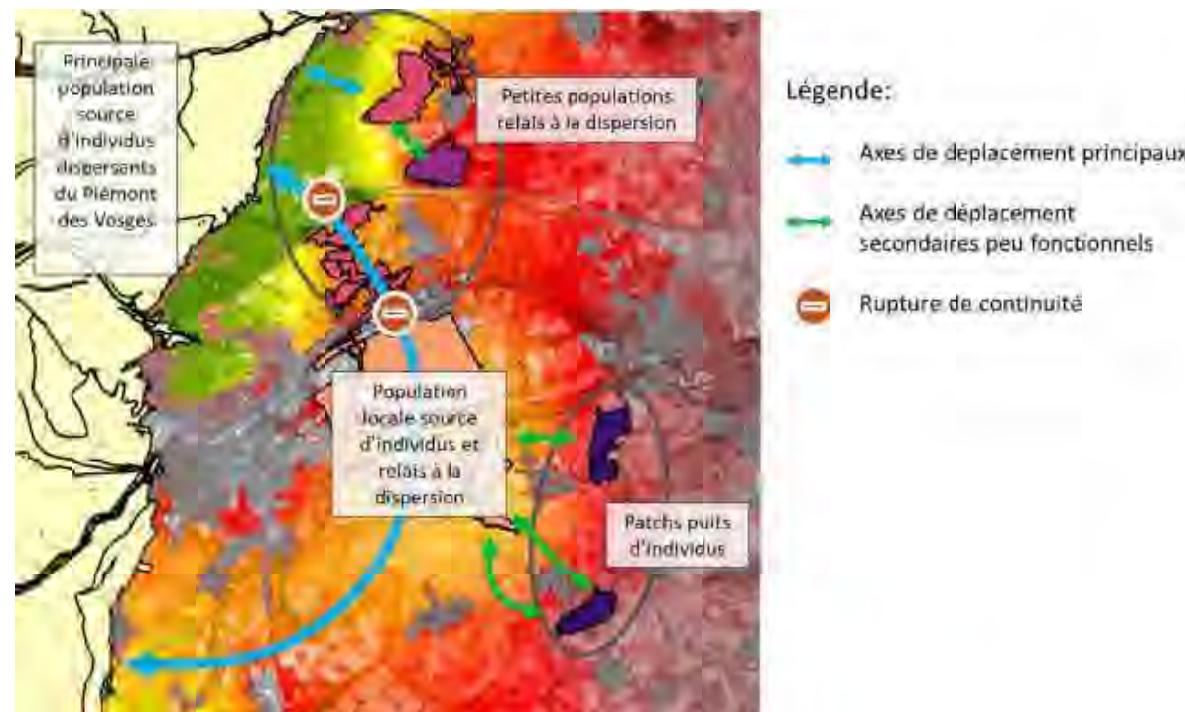


Figure 10 : interprétation du fonctionnement initial du réseau écologique de la zone d'étude rapprochée pour le chat forestier

Comme le présente la Figure 9, aucune modification significative de la taille ou de la stabilité des populations à proximité du projet émerge des résultats de simulation par la mise en place du projet d'extension. Concernant les axes de déplacement, on observe une légère diminution du trafic dans l'axe de déplacement principal (Figure 11).

 Les mesures E+R définies au sein du projet sont peu efficaces pour le chat forestier

Le Figure 11 met en évidence une faible exploitation des corridors écologiques définis au sein du projet d'extension par le chat forestier.

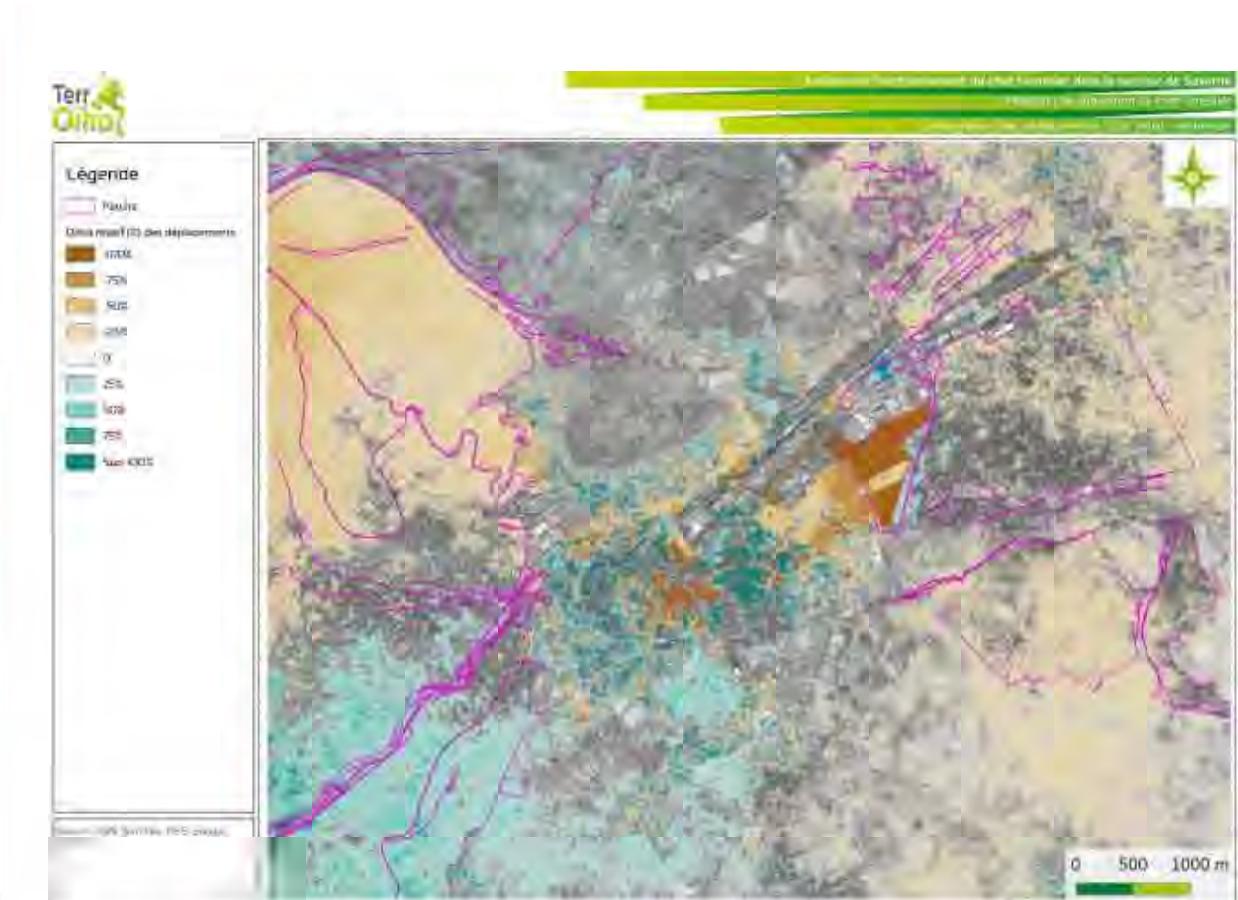


Figure 11 : Variation des déplacements du chat forestier sur la zone d'étude rapprochée entre l'état après extension et l'état initial

#### La fonctionnalité du patch au sein du réseau écologique modifiée par le projet d'extension

Le patch d'habitat sur lequel l'extension est étudiée apparaît dans les deux cas, état initial et après extension, comme essentiel dans la stabilité du réseau écologique en matière de patch relais. Le nombre de relais de dispersion diminue légèrement entre l'état initial (nombre de relais de dispersion = 34) et après l'extension (nombre de relais de dispersion = 32).

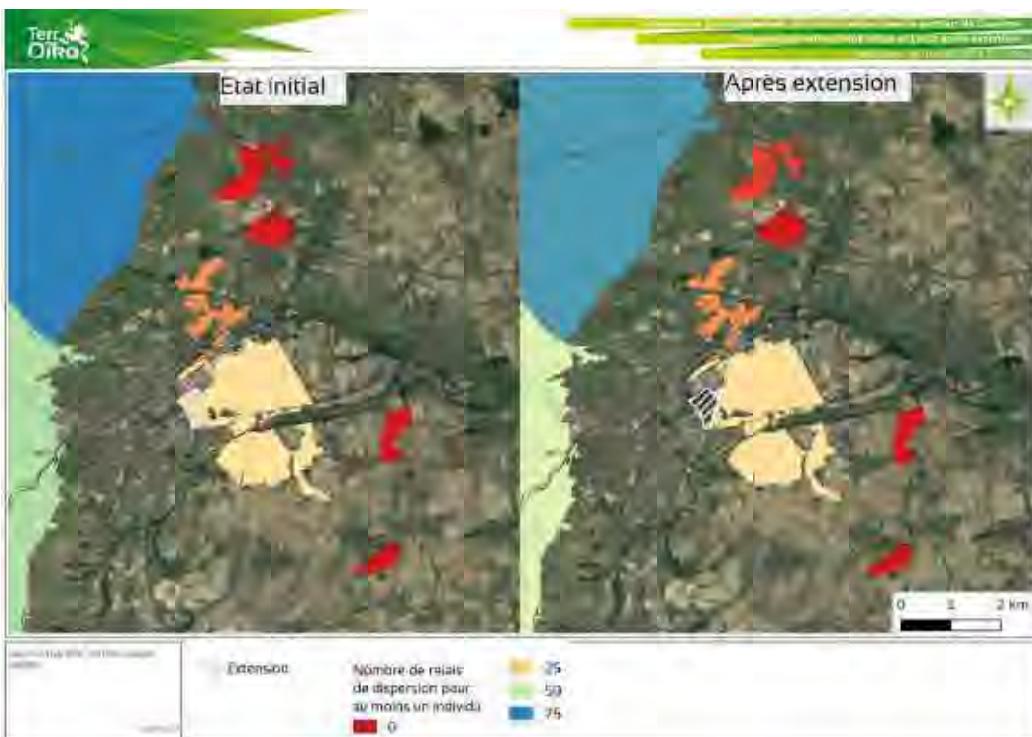


Figure 13 : Comparaison de la fonctionnalité des patches d'habitat du chat forestier en tant que relais dans le réseau écologique



Figure 12 : Différence de fonctionnalité des patches d'habitat du chat forestier en tant que relais dans le réseau écologique entre l'état initial et l'état après extension.

#### III \ Fonctionnalité de la population de chat forestier à l'échelle de l'aire d'étude étendue

##### Un fonctionnement démographique non modifié par le projet

Les Figure 14 et Figure 15 présentent les résultats des simulations du fonctionnement des populations de chat forestier en matière de dynamique de populations et de déplacements des individus sur l'aire d'étude étendue, avant et après la mise en place du projet d'extension et de ses mesures d'évitement et de réduction. La taille de population moyenne sur la zone d'étude étendue n'est globalement pas modifiée par la mise en place de l'extension. Il est à noter toutefois la très forte variabilité du nombre de chats forestiers dans les deux cas.

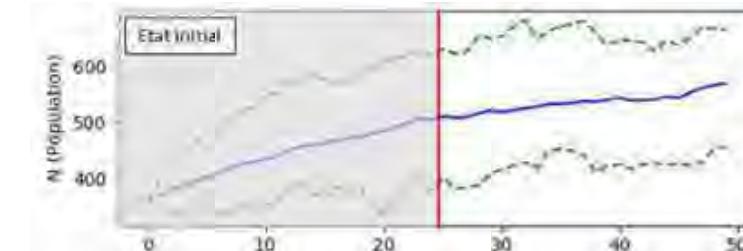


Figure 14 : Évolution de la taille de population moyenne de chat forestier pour l'état initial (courbe bleue) et de son intervalle de confiance à 95% calculé à partir de 30 itérations (courbes pointillées vertes). Les vingt-cinq premières années correspondent à une période de stabilisation liée à la simulation. Elles ne peuvent être prises en compte dans l'analyse des résultats.

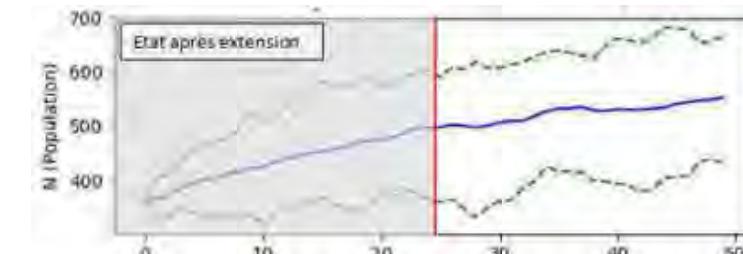


Figure 15 : Évolution de la taille de population moyenne de chat forestier pour l'état après extension (courbe bleue) et de son intervalle de confiance à 95% calculé à partir de 30 itérations (courbes pointillées vertes). Les vingt-cinq premières années correspondent à une période de stabilisation liée à la simulation. Elles ne peuvent être prises en compte dans l'analyse des résultats.

Les Figure 16 et Figure 17 correspondent aux cartes des dynamiques de populations et des déplacements du chat forestier sur la zone d'étude étendue. Aucune modification significative n'est constatée à cette échelle.

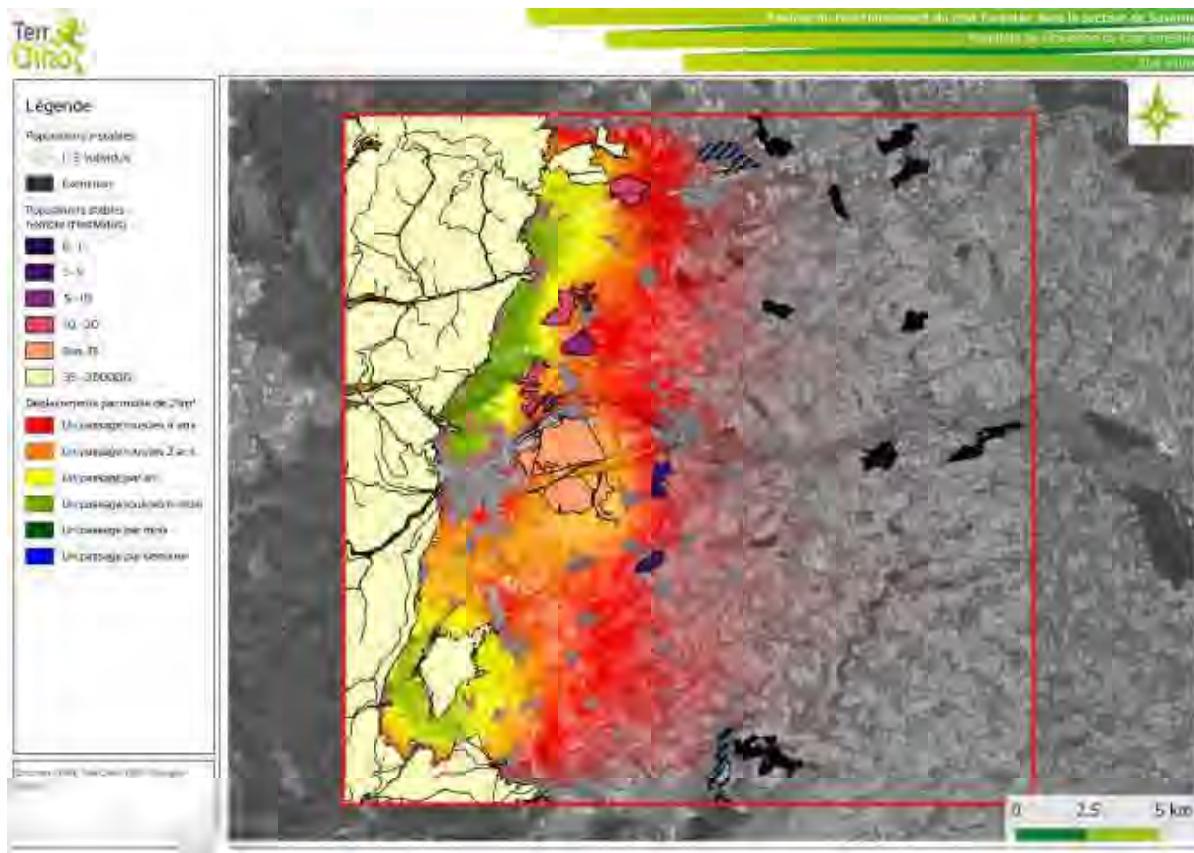


Figure 16 : Fonctionnement du chat forestier sur la zone d'étude étendue à l'état initial

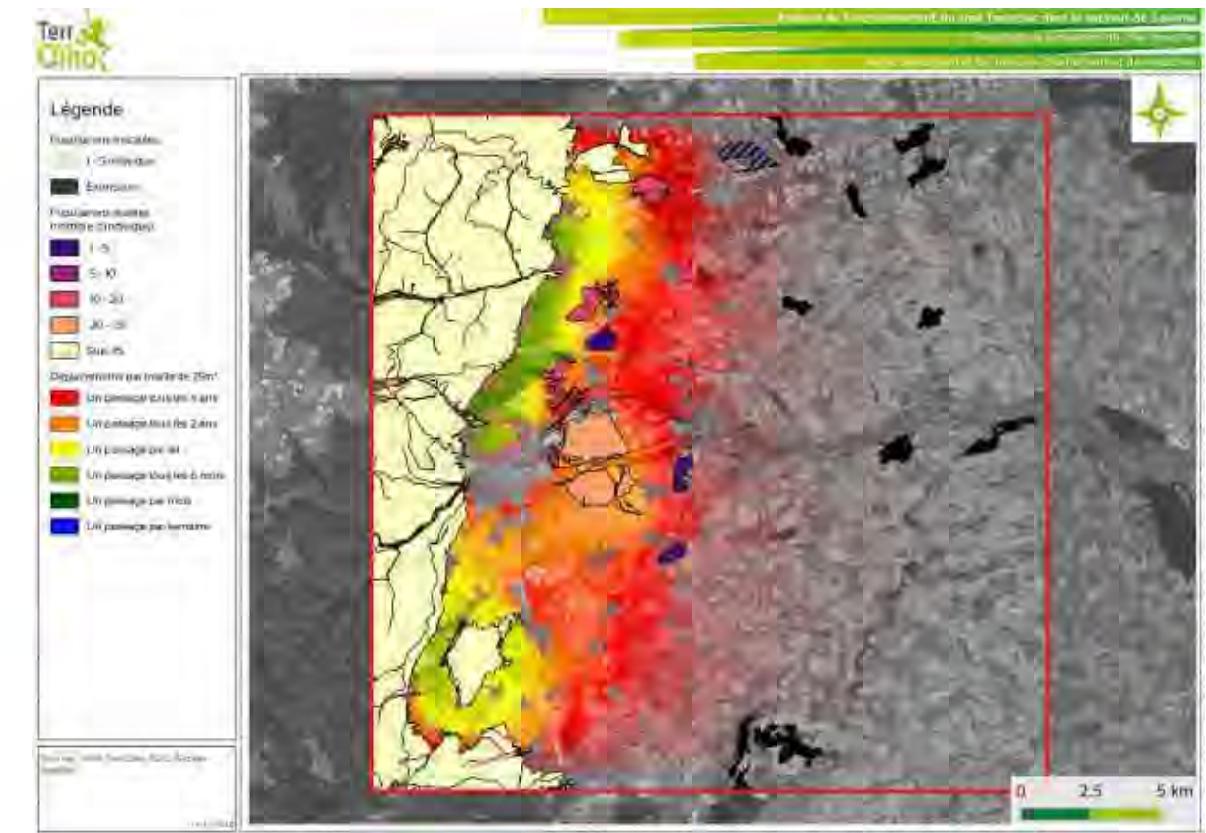


Figure 17 : Fonctionnement du chat forestier sur la zone d'étude étendue à l'état après extension

#### Un fonctionnement du réseau écologique non modifié par le projet

Dans les figures précédentes, il est à remarquer que la plupart des patchs d'habitat en dehors de la stricte proximité de la forêt du piémont des Vosges apparaissent comme peu fonctionnels, à la fois du fait de leur faible surface et de la matrice paysagère dégradée ne permettant pas des déplacements d'individus suffisants. Cette observation se confirme dans l'analyse des flux d'individus dispersants par l'intermédiaire des graphes paysagers (Figure 18). Ainsi, on observe un noyau principal constitué de la forêt du piémont des Vosges ainsi que les patchs à faible distance. En revanche, les patchs d'habitats situés plus loin forment des noyaux de populations distincts.



Figure 18 : Noyaux de populations identifiés par analyse des flux d'individus dispersants

#### IV \ Tableau synthétique de l'impact résiduel du projet d'extension

Le Tableau 8 ci-dessous vous présente la synthèse des indicateurs de comparaison de l'état initial et l'état après extension permettant d'aboutir à une évaluation des impacts résiduels.

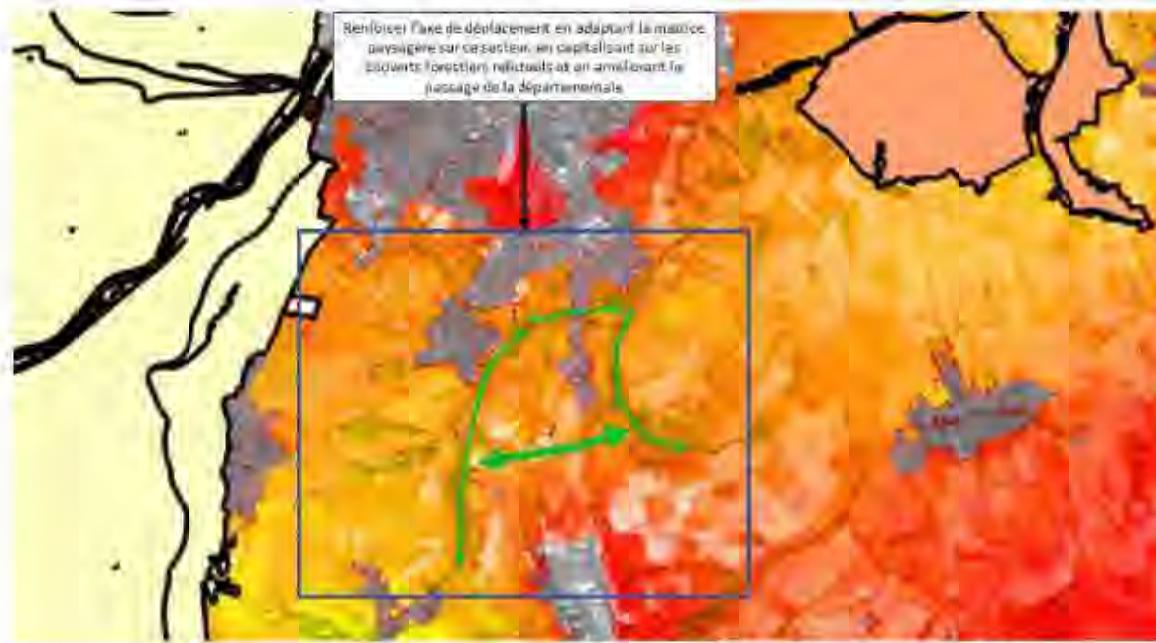
Tableau 8 : Synthèse de l'analyse de l'équivalence écologique entre l'état de référence et le scénario de compensation

Indicateur de l'état de conservation du chat forestier	Impact résiduel	Justification
<b>Fonctionnalité du patch d'habitat modifié par le projet</b>		
Taille et stabilité des populations	Non significatif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variabilité de la taille de population inchangée</li> <li>- Taille de population et flux d'individus dispersants inchangés</li> <li>- Très faible risque d'extinction</li> </ul>
Fonctionnalité dans le réseau écologique	Faible impact	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicateurs de fonctionnalité du patch en légère baisse</li> <li>- Corridors écologiques au sein du projet potentiellement exploités pour les déplacements et la chasse à condition que le climat nocturne soit peu lumineux mais ne viennent pas renforcer la population des patchs alentours</li> </ul>
<b>Fonctionnement des populations en directe proximité du projet</b>		
Taille et stabilité des populations dans les patchs	Non significatif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucune modification significative des taille et stabilité des populations sur la zone d'étude rapprochée</li> </ul>
Fonctionnalité du réseau écologique et déplacements	Faible impact	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminution de la fréquence de passage sur l'axe de déplacement principal</li> </ul>
<b>Fonctionnement des populations sur la zone d'étude étendue</b>		
Taille et stabilité des populations dans les patchs	Non significatif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucune modification significative</li> </ul>
Fonctionnalité du réseau écologique	Non significatif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucune modification</li> </ul>
<b>Conclusion sur les impacts résiduels</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamiques de populations très fluctuantes liées à une forte variabilité du système et à des populations de petites tailles.</li> <li>• Faibles impacts résiduels portant sur la fonctionnalité du réseau écologique à proximité du projet.</li> <li>• Le projet modifie les zones de passage de l'espèce et contribue à fragiliser légèrement des corridors écologiques actuellement peu fonctionnels.</li> </ul>		

#### Préconisations pour les mesures ERC spécifiques au chat forestier au regard des impacts résiduels

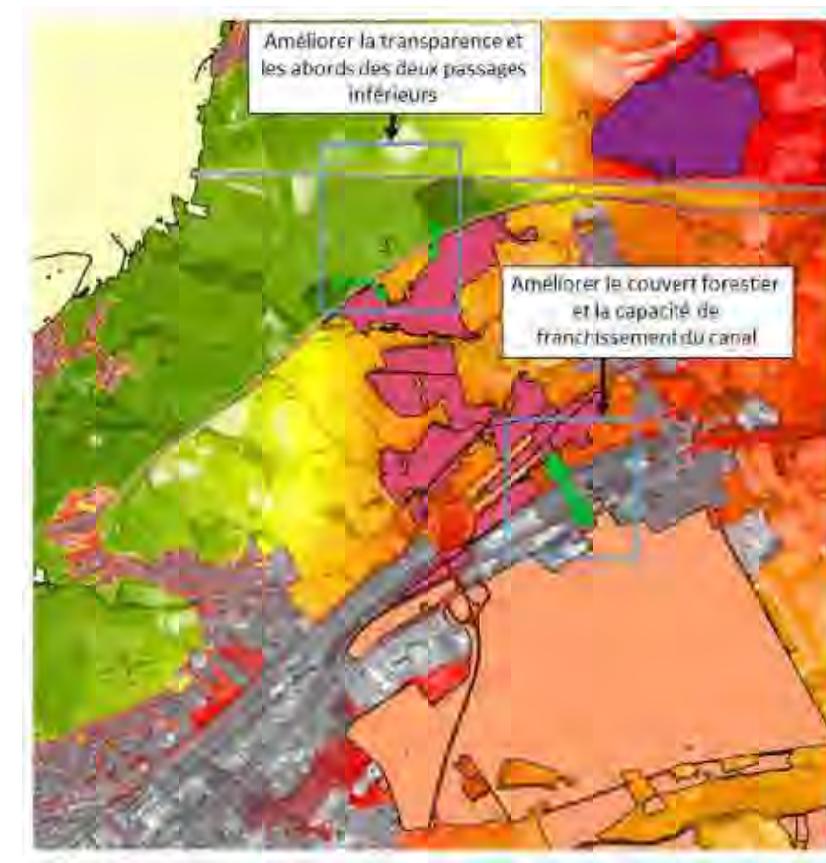
À l'issue de l'analyse des impacts résiduels, l'objectif principal des mesures ERC pour le chat forestier doit se concentrer sur l'axe principal de déplacement du chat forestier (voir Figure 10), celui traversant le patch d'habitat modifié par le projet. Plusieurs secteurs apparaissent pertinents pour la mise en place de mesures.

##### Secteur sud de l'axe de déplacement principal



Dans ce secteur, deux axes apparaissent comme intéressant pour le déplacement du chat forestier et pour la conception de mesures compensatoires. L'axe 1 suit une ripisylve, cependant la proximité du milieu urbain et la traversée d'une départementale (la D 1004) très fragmentante constitue un dérangement important qui nuit aux déplacements du chat forestier. Ainsi, améliorer le passage des individus à ce niveau pourrait être bénéfique pour la métapopulation de chat forestier dans le secteur cependant les nuisances liées à l'urbanisation s'avèrent un frein important pour améliorer durablement la fonctionnalité de la métapopulation. L'axe 2 est constitué de deux ripisylves de part et d'autre de la départementale 1004 non reliées entre elles. Un important travail paysager avec l'aménagement de nombreuses haies et la création d'un corridor de dispersion entre ces deux ripisylves pourrait être une piste de mesures compensatoires intéressante pour améliorer les déplacements du chat forestier dans le secteur.

#### Secteur nord de l'axe principal de déplacement au niveau du passage de l'autoroute



Dans ce secteur, au nord de l'axe principal de déplacement, deux pistes de mesures compensatoires sont envisageables. L'aménagement de deux passages inférieurs sous l'autoroute permettrait de renforcer l'axe 3 de déplacement. Un travail paysager des abords de ces passages et l'amélioration de leur transparence devra être mis-en-place. Au nord du patch, le canal s'avère être un élément très fragmentant du paysage et une barrière à la dispersion (axe 4). Afin d'améliorer les déplacements du chat forestier dans le secteur il est important d'améliorer la capacité de franchissement du canal. De plus améliorer le couvert forestier dans cette zone ainsi que rendre les espaces de friches plus attractifs pour le chat forestier permettraient de faciliter les déplacements du chat forestier. Dans ce secteur, un travail d'aménagement paysager des abords des passages inférieurs, ainsi que l'amélioration de la transparence de ces ouvrages et la franchissabilité du canal permettraient d'améliorer la fonctionnalité des corridors du chat forestier au nord du site d'extension et de reconnecter la population du patch d'extension aux petits patchs au nord et au gros massif forestier fonctionnel du parc naturel régional des Vosges du Nord.

## BIBLIOGRAPHIE

- Aben, Job, Diederik Strubbe, Frank Adriaensen, Stephen C. F. Palmer, Justin M. J. Travis, Luc Lens, et Erik Matthysen. 2014. « Simple Individual-Based Models Effectively Represent Afrotropical Forest Bird Movement in Complex Landscapes » édité par R. Fuller. *Journal of Applied Ecology* 51(3):693-702.
- Calvet. in prep. « Modeling spatial planning and land use changes to better apply the mitigation hierarchy : empirical evidence from the region Occitanie. » *Landscape and Urban Planning*.
- Coulon, A., J. Aben, S. C. F. Palmer, V. M. Stevens, T. Callens, D. Strubbe, L. Lens, E. Matthysen, M. Baguette, et J. M. J. Travis. 2015. « A Stochastic Movement Simulator Improves Estimates of Landscape Connectivity ». *Ecology* 96(8):2203-13.
- Coulon, A., J. W. Fitzpatrick, R. Bowman, B. M. Stith, C. A. Makarewicz, L. M. Stenzler, et I. J. Lovette. 2008. « Congruent Population Structure Inferred from Dispersal Behaviour and Intensive Genetic Surveys of the Threatened Florida Scrub-Jay (*Aphelocoma coerulescens*) ». *Molecular Ecology* 17(7):1685-1701.
- Coulon, A., G. Guillot, J. F. Cosson, J. M. A. Angibault, S. Aulagnier, B. Cargnelutti, M. Galan, et A. J. M. Hewison. 2006. « Genetic Structure Is Influenced by Landscape Features: Empirical Evidence from a Roe Deer Population: LANDSCAPE AFFECTS ROE DEER GENETIC STRUCTURE ». *Molecular Ecology* 15(6):1669-79.
- Gunton, Richard M., Charles J. Marsh, Sylvain Moulherat, Anne-Kathleen Malchow, Greta Bocedi, Reinhard A. Klenke, et William E. Kunin. 2017. « Multicriterion Trade-Offs and Synergies for Spatial Conservation Planning » édité par J. Bennett. *Journal of Applied Ecology* 54(3):903-13.
- Jones, Kate E., Jon Bielby, Marcel Cardillo, Susanne A. Fritz, Justin O'Dell, C. David L. Orme, Kamran Safi, Wes Sechrest, Elizabeth H. Boakes, Chris Carbone, Christina Connolly, Michael J. Cutts, Janine K. Foster, Richard Grenyer, Michael Habib, Christopher A. Plaster, Samantha A. Price, Elizabeth A. Rigby, Janna Rist, Amber Teacher, Olaf R. P. Bininda-Emonds, John L. Gittleman, Georgina M. Mace, et Andy Purvis. 2009. « PanTHERIA: A Species-Level Database of Life History, Ecology, and Geography of Extant and Recently Extinct Mammals: Ecological Archives E090-184 » édité par W. K. Michener. *Ecology* 90(9):2648-2648.
- Klar, Nina, Néstor Fernández, Stephanie Kramer-Schadt, Mathias Herrmann, Manfred Trinzen, Ingrid Büttner, et Carsten Niemitz. 2008. « Habitat Selection Models for European Wildcat Conservation ». *Biological Conservation* 141(1):308-19.
- Kraft, S. 2008. « Relevé de la présence du *Felis s. silvestris* (Schreber, 1777) dans le Kaiserstuhl et les forêts rhénanes limitrophes. A l'aide de la méthode des pièges à poils. Mémoire de fin d'études d'ingénieur forestier de l'ENGREF AgroParisTech. »
- Léger, François, Philippe Stahl, Sandrine Ruette, et Jean-Luc Wilhelm. 2008. « La répartition du Chat forestier en France : évolutions récentes. » *Faune sauvage* (280):24-39.
- Lozano, Jorge. 2010. « Habitat use by European wildcats (*Felis silvestris*) in central Spain : what is the relative importance of forest variables? ». *Animal Biodiversity and Conservation*, 143-50.
- Moulherat, Sylvain. 2014. « Toward the development of predictive systems ecology modelling: MetaConnect and its use as an innovative modeling platform in theoretical and applied fields of ecological research ».
- Moulherat, Sylvain, Jules Boileau, Coralie Calvet, Gaël Bardon, et Sylvain Pioch. s. d. « CIRFE - Cumul d'Infrastructures linéaires de transport terrestre et Relations Fonctionnelles Ecologiques. »
- Palmer, Stephen C. F., Aurélie Coulon, et Justin M. J. Travis. 2011. « Introducing a 'Stochastic Movement Simulator' for Estimating Habitat Connectivity: Perceptual Range Limits Habitat Connectivity ». *Methods in Ecology and Evolution* 2(3):258-68.
- Palmer, Stephen C. F., Aurélie Coulon, et Justin M. J. Travis. 2014. « Inter-Individual Variability in Dispersal Behaviours Impacts Connectivity Estimates ». *Oikos* 123(8):923-32.
- Schauenberg, Paul. 1981. « Eléments d'écologie du Chat forestier d'Europe. » *La Terre et la Vie* (35):3-36.
- Sordello, Romain. 2012. « Synthèse bibliographique sur les traits de vie du Chat forestier (*Felis silvestris* Schreber, 1775) relatifs à ses déplacements et à ses besoins de continuités écologiques. »
- Stahl, Philippe et François Léger. 1992. « Le chat sauvage d'Europe. » *Encyclopédie des carnivores de France*. 50.

## 9. Annexe 9 : Relevés phytosociologiques

	Numéro de relevés		fréquence	10	9	5	6	16	20	19	18	1	7	8	4	11	15	17	3	2	12	13	14	
	Date = 2 mai 2019																							
	Observateur = Thierry DUVAL																							
	typologie			TSF- GB	F-GB	TSF-GB	TSF-GB	TSF-BM	Taillis	JF-PB	JF-PB	taillis	TSF-BM	TSF-GB	TSF-GB	TSF-GB	JF-PB	TSF-BM	taillis	JF-PB	JF-PB	JF-BM		
	Surface = 40 m <sup>2</sup>			14	11	24	11	17	15	23	14	20	8	21	19	13	12	20	20	16	13	15	14	
	Nombre d'espèces			Nom scientifique	Nom vernaculaire	coefficient Ellenberg	F	N																
	ESPECES DES FAGION																							
	SYLVATICA -																							
	STRATE																							
	ARBORESCENTE																							
<i>Carpinus betulus</i>	Charme	5	6	0,8	1	2	1	2		1	1	2	+	3	3	1	1	+	1			+	+	
<i>Quercus petraea</i>	Chêne sessile	6	4	0,8	4	4	1	3	3	1	3	+	2	2	3	+	4	3			+			
<i>Tilia cordata</i>	Tilleul à petites feuilles	5	5	1	2	1	1	1	2	+	3	2	1	+	2	1	1	1	2	2	1	1	+	
<i>Fagus sylvatica</i>	Hêtre	5	5	0,9	1	+	3	2	1	1	1	4		1	1	4	1	1	3	1	5	5	5	
<i>Fraxinus excelsior</i>	Frêne élevé	6	6	0,7			+	+	1	+	1	1	+	+					1	1	1	+	1	
<i>Prunus avium</i>	Merisier	5	5	0,5			3	+	1	1	1	2	+							+		1	+	
<i>Ligustrum vulgare</i>	Troène vulgaire	4	5	0,5					1	+	1	1	+						1		+	+	+	
<i>Acer platanoides</i>	Erable plane	5	6	0,7	+		+				+	1	+		+	+	+	+	1	2	1	+	+	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Erable sycomore	5	6	0,4						1	1				1				+	1	3		+	
<i>Acer campestre</i>	Erable champêtre	5	6	0,3						+	1		+				+				+	+		
<i>Crataegus monogyna</i>	Aubépine monogyne	5	6	0,4						+	1		+			+			1	+	+		+	
<i>Euonymus europaeus</i>	Fusain d'Europe	5	5	0,2						+	+	2											+	
<i>Viburnum lantana</i>	Viorne lantane	4	4	0,2						+		+												
<i>Pinus sylvestris</i>	Pin sylvestre	5	3	0,1								2												
<i>Salix caprea</i>	Saule marsault	5	7	0,1							+													
<i>Corylus avellana</i>	Noisetier	5	5	0,2	+							1				1					+			
<i>Cornus sanguinea</i>	Cornouiller sanguin	5	5	0,2							+				+	+								
<i>Ulmus glabra</i>	Orme des montagnes	5	6	0,3						+	+					+	+					1	1	
<i>Viburnum opulus</i>	Viorne obier	7	6	0,2						+					+			+						
<i>Ribes rubrum</i>	Groseillier rouge	7	6	0,1																				
<i>Rosa arvensis</i>	Rosier des champs	4	5	0,1																			+	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinier faux acacia	5	8	0,1																1				
<i>Sorbus aucuparia</i>	Sorbier des oiseleurs	5	3	0,1		+																		

## ESPECES DES LUZULO FAGENION - STRATE HERBACEE

<i>Convallaria majalis</i>	Muguet	5	5	0,2	2	1	1					1												
<i>Luzula multiflora</i>	Luzule à plusieurs fleurs	5	3	0,3		1	+	1										+			+			
<i>Veronica montana</i>	Véronique des montagnes	7	5	0,1			1																	
<i>Carex umbrosa</i>	Laîche à plusieurs racines	5	5	0,1			+																	
<i>Luzula albida</i>	Luzule blanche	5	3	0,1			+																	

## ESPECES DES CARPINION BETULI - Strate herbacée

<i>Poa nemoralis</i>	Pâturin des bois	5	4	0,2					+			+			+									
<i>Primula elatior</i>	Primevère élevée	5	6	0,1												1								
<i>Athyrium filix-femina</i>	Fougère femelle	7	6	0,1												1								
<i>Circaea lutetiana</i>	Circée de Paris	7	7	0,1											2									
<i>Rumex sanguineum</i>	Rumex sanguin	7	7	0,2	+										1			+						
<i>Deschampsia caespitosa</i>	Canche cespituse	6	4	0,2	+										1	+	+							
<i>Fragaria vesca</i>	Fraisier comestible	5	5	0,2			+		1						+									
<i>Dryopteris filix mas</i>	Fougère mâle	6	5	0,2			+								1									+
<i>Rubus sp</i>	Ronce sp																							

<i>Milium effusum</i>	Millet diffus	5	5	0,5		2	2	1	1	+		+			+	1	1	+	+	+	+	+	+	
<i>Anemona nemorosa</i>	Anémone sylvie	6	4	0,6		2	2	1							+	1	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Carex sylvatica</i>	Laîche des bois	5	5	1		1		1	1	2	+	1	1	+	+	1	1	1	+	1	1	1	1	
<i>Hedera helix</i>	Lierre rampant	5	6	0,8		1	1	1		1	3	3	3	4			1		+	2	4	4	3	
<i>Arum maculatum</i>	Arum tacheté	5	7	0,7				1		1	1	1		1			+	+	+	1	1	1	1	1
<i>Polygonatum multiflorum</i>	Sceau de salomon	5	6	0,4				1		+		+									+	1	+	+
<i>Ranunculus auricomus</i>	Renoncule tête d'or	7	5	0,1																		+	1	
<i>Geum urbanum</i>	Benoîte urbaine	6	7	0,1		+																+		
<i>Lonicera periclymenum</i>	Chèvre feuille des bois	5	4	0,2			1										+			+				
<i>Ajuga reptans</i>	Bugle rampant	5	6	0,1				1																
<i>Scrophularia nodosa</i>	Scrophulaire noueuse	5	6	0,1				+												+				
<i>Galium aparine</i>	Gaillet grateron	6	8	0,1										+										
<i>Stellaria holostea</i>	Stellaire holostée	5	6	0,1																+				

#### ESPECES DES CEPHALANTHERO

#### FAGION

<i>Melica uniflora</i>	Mélique à 1 fleur	5	5	0,8		1	+			1	+	1	1	+	+	1		+		+	1	+	1	+
<i>Cephalanthera damasonium</i>	Céphalanthère à larges feuilles	4	4	0,1																				+

#### Strates muscinales et Sol

Bryophytes sp	Mousse sp				1	1	+	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2		+	1
Feuilles - Litière					4	5	3	4	3	3	3	2	3	5	3	4	5	5	5	3	3	3	3	4
sol nu												1												
Eau libre																								

## 10. Annexe 10 : Liste des espèces de chiroptères identifiées

<b>Nom scientifique</b>	<b>Nom vernaculaire</b>	<b>Statut (Chasse, Transit, Parturition-Allaitement, Hibernation)</b>	<b>Directive « Habitats »</b>	<b>Protection nationale</b>	<b>Liste rouge nationale (maj 2017)</b>	<b>Liste rouge régionale (Alsace)</b>	<b>Plan National d’Action</b>	<b>Niveau d’enjeu zone d’étude</b>
<i>Eptesicus serotinus</i>	<b>Sérotine commune</b>	T Ch	An IV	Article 3	NT	VU	Oui	Moyen
<i>Myotis alcathoe</i>	<b>Murin d'Alcathoe</b>	T Ch PAp	An IV	Article 3	LC	DD	Oui	Fort
<i>Myotis daubentonii</i>	Murin de Daubenton	T Ch	An IV	Article 3	LC	LC	Oui	Moyen
<i>Myotis bechsteinii</i>	Murin de Bechstein	T Ch PA	An IV	Article 3	NT	NT	Oui	Fort
<i>Myotis emarginatus</i>	<b>Murin à oreilles échancrées</b>	T Ch	An II	Article 3	LC	VU	Oui	Fort
<i>Myotis myotis</i>	<b>Grand Murin</b>	T Ch PA	An II / IV	Article 3	LC	NT	Oui	Fort
<i>Myotis mystacinus</i>	Murin à moustaches	T Ch	An IV	Article 3	LC	LC	Oui	Faible
<i>Myotis nattereri</i>	Murin de Natterer	T Ch	An IV	Article 3	LC	NT	Oui	Moyen
<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune	T Ch	An IV	Article 3	VU	NT	Oui	Moyen
<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	T Ch	An IV	Article 3	NT	NT	Oui	Moyen
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	T Ch	An IV	Article 3	NT	LC	Oui	Faible
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	T Ch	An IV	Article 3	LC	LC	Oui	Faible
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Pipistrelle pygmée	T Ch	An IV	Article 3	LC	LC	Oui	Faible
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Petit Rhinolophe	T Ch	An IV	Article 3	LC	EN	Oui	Fort

11. Annexe 11 : Résultats des dénombvements d'oiseaux forestiers par surfaces-échantillons :

	Taillis				Futaie				Futaie				Taillis				Taillis				Vieille futaie				Taillis				
	Num. de relevé		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14
Espèce	Sup. (ha):		1		Sup. (ha):		4		Sup. (ha):		4		Sup. (ha):		4		Sup. (ha):		2		Sup. (ha):		3		Sup. (ha):		2		
	1	2	Max.	Densité	1	2	Max.	Densité	1	2	Max.	Densité	1	2	Max.	Densité	1	2	Max.	Densité	1	2	Max.	Densité	1	2	Max.	Densité	
Accenteur mouchet				0				0	1		1	0				0				0	1		1	0			0	2	
Buse variable				0		1	1	0				0				0				0			0			0	1		
Corneille noire				0	1		1	0			0	1			1	0			0		1	1	0			0	2		
Étourneau sansonnet				0		1	1	0			0			1	1	0			0	1		1	0			0	3		
Fauvette à tête noire	1		1	1	1	1	0		1	1	0		1		1	0	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	8
Geai des chênes				0				0			0	1			1	0			0		1	1	0			0	2		
Grimpereau des jardins				0				0			0				0			0	1		1	0			0	1			
Grive draine				0				0	1		1	0			0			0			0			0		0	1		
Grive musicienne				0	1		1	0			0	1			1	0			0		1	1	0			0	3		
Gros-bec casse-noyaux				0				0	1		1	0			0			0			0			0		0	1		
Loriot d'Europe				0		1	1	0			0				0			0			0			0		0	1		
Merle noir				0	2	1	2	1	1	1	1	0			0		1	1	1	2	2	1			0	6			
Mésange bleue				0	1	1	1	0	1	1	1	0			0	2	1	2	1	2	1			0	6				
Mésange charbonnière				0	1		1	0	1	1	1	0			1	0	2	2	1			0			0	5			
Pic épeiche				0		1	1	0			0			1	1	0			0	1		1	0		1	1	4		
Pigeon ramier				0		1	1	0			0				0			0	1		1	0			0	2			
Pinson des arbres				0	3		3	1	3		3	1		1	1	0		1	1	1	3	3	1	1	1	1	12		
Pouillot véloce	1	1	1				0			0	1	1	1	0			0			0			0			0	2		
Roitelet à triple bandeau				0				0	1		1	0			1	1	0			0			0			0	2		
Rougegorge familier	1		1	1	1	2	2	1	1	1	1	0	1	1	1	0			0		1	1	0	1	1	0	7		
Sittelle torchepot				0				0	1		1	0			0			0		1		1	0			0	2		
Troglodyte mignon				0	1	1	1	1	0	2		2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	2		2	1	0	7		
<b>Total général</b>	2	1	3	3	11	11	17	4	14	5	15	4	9	10	14	3	2	6	6	3	17	5	21	8	3	2	4	2	
<b>Richesse spécifique du relevé</b>				3			14			12			13			5			15			4							
<b>Richesse spécifique du relevé / ha</b>				3			3,5			3			3,25			2,5			6			2							