

Master₂ Sciences des Environnements Continentaux et Côtiers,
Parcours Environnement, Sols, Eaux et Gestion de la Biodiversité
Promotion 2016 – 2017



Contribution au renforcement des méthodes de suivi mises en œuvre afin d'étudier la dynamique des populations d'espèces gravement menacées sur le territoire picard

Antoine HÉBERT
(27 mars – 8 septembre 2017)

Maître de stage : M. Vincent LEVY, Chargé de missions scientifiques

Conservatoire botanique national de Bailleul – Antenne Picardie

Tutrice de stage : M^{me} Lucie VINCENOT, Maître de Conférences

Laboratoire d'Étude et Compréhension de la Biodiversité – EA 1293



Contribution au renforcement des méthodes
de suivi mises en œuvre afin d'étudier la
dynamique d'espèces gravement menacées
sur le territoire picard



Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu mon maître de stage : Vincent Levy. Merci pour tes conseils, ta patience parfois mise à rude épreuve, nos discussions sérieuses comme moins sérieuses et pour ta bonne humeur. Merci de m'avoir donné l'opportunité de travailler sur une mission aussi stimulante, et surtout de m'avoir fait confiance pendant ce stage.

Merci à toute l'équipe du Conservatoire botanique national de Bailleul (CBNBL) pour leur accueil chaleureux. Un grand merci à l'équipe de l'antenne Picardie du CBNBL. Merci Jean-Christophe Hauguel pour nos discussions enrichissantes, merci Rémi François pour ta vision large de la préservation de la Biodiversité et ton aide sur l'utilisation de la phytosociologie, merci Aymeric Watterlot pour tes innombrables échantillons à déterminer qui m'ont beaucoup aidé à progresser en identification, merci Timothée Prey pour tous les critères de déterminations que tu as pu me faire partager, et merci Raphaël Coulombel pour tes tests botaniques, tes conseils et ton humour décapant. Également un merci tout particulier à Hélène Laugros et Laura Blervaque pour leur soutien, sans oublier nos conversations sans queue ni tête de ces derniers mois. Bonne continuation à vous tous !

Je tiens à remercier ma tutrice de stage Lucie Vincenot, pour sa disponibilité, ses conseils et ses encouragements dès le début du stage. Par extension, je souhaite également remercier toute l'équipe pédagogique du Master Gestion de la Biodiversité de l'Université de Rouen pour leur accompagnement au fil de ces deux dernières années, qui arrivent maintenant à leur terme.

Enfin je souhaite remercier ma famille et mes amis pour leur soutien indéfectible.

Table des figures

Figure 1 : Photographie d'un individu fleuri de *Liparis de Loesel*

Figure 2 : Photographie d'un individu fleuri d'*Ache rampante*

Figure 3 : Photographie d'une *Anémone sauvage* en fleur

Figure 4 : Carte représentant le CENZUB de Sissonne, la zone de prospection (en jaune) et les données du CEN Picardie utilisées pour mettre à l'épreuve le protocole d'estimation de population

Figure 5 : Carte représentant la compilation des suivis de populations entre 2010 et 2017 de *Liparis de Loesel* par le CBNBL et le CEN Picardie, dans le Grand marais de Blangy-Tronville (80)

Figure 6 : Photographie d'une placette permanente sur le site de la Réserve naturelle nationale de la Baie de Somme (Saint-Quentin-en-Tourmont)

Figure 7 : Carte des aires de présence d'*Anémone sauvage* en 2017 dans la zone de prospection des Gimonts, sur le camp militaire de Sissonne

Figure 8 : Carte de la première campagne de terrain en 2017 dans la grille projetée sur l'aire de présence de l'*Anémone sauvage*, en vue d'un comptage des individus dans 40 cellules de 4m²

Figure 9 : Histogramme des effectifs d'*Anémone sauvage* comptabilisés lors de la première campagne de terrain

Figure 10 : Carte de la seconde campagne de terrain en 2017 dans la grille projetée sur l'aire de présence de l'*Anémone sauvage*, en vue d'un comptage d'individus dans 40 cellules de 4m²

Figure 11 : Histogramme des effectifs d'*Anémone sauvage* comptabilisés lors de la seconde campagne de terrain

Figure 12 : Courbe représentant la dispersion du nombre d'individus (en % par rapport à une valeur moyenne) liée aux intervalles d'effectifs totaux obtenus par bootstrapping, en fonction d'un nombre d'échantillons tirés pour un comptage

Figure 13 : Carte de la stratification sur la base d'une compilation des suivis de populations de *Liparis de Loesel* par le CBNBL et le CEN Picardie entre 2010 et 2017, dans le « Grand marais » à Blangy-Tronville

Figure 14 : Carte de la stratification sur la base d'une compilation des suivis de populations de *Liparis de Loesel* entre 2010 et 2017, sur le site de la « Pointe de Routhiauville » à Fort-Mahon-Plage

Figure 15 : Cartes de la stratification sur la base d'une compilation des suivis de populations de *Liparis de Loesel* entre 2010 et 2017, au nord (a) et au sud (b) du site RNN de Saint-Quentin-en-Tourmont

Figure 16 : Représentation du taux d'occupation annuel du *Liparis de Loesel* pour chacun des sites suivis

Figure 17 : Cartes des localisations respectives des placettes permanentes pour le suivi des végétations à *Liparis de Loesel* sur les sites de Blangy (a), Fort-Mahon-Plage (b) et Saint-Quentin-en-Tourmont (c)

Figure 18 : Plan de projection (AFC) des espèces retrouvées à 95% dans les relevés 2017 des placettes permanentes pour le suivi des végétations à *Liparis de Loesel*

Figure 19 : Représentation l'AFC des placettes permanentes définies dans le cadre du suivi des végétations à *Liparis de Loesel* en 2017, sur les sites de Blangy (Bl) Fort-Mahon-Plage (Fm) et Saint-Quentin-en-Tourmont (Sq)

Figure 20 : Dendrogramme basé sur une matrice de distance par l'indice de Sorensen des placettes suivies dans le cadre du suivi des végétations à *Liparis de* 3 sites du département de la Somme

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résultat du bootstrapping pour des effectifs d'*Anémone* générés virtuellement sur les Gimonts, après 600 simulations de tirages de n échantillons

Tableau 2 : Synthèse des résultats obtenus à l'issue des 2 campagnes de comptages d'effectifs d'*Anémone sauvage* sur le site des Gimonts

Tableau 3 : Résultat du bootstrapping réajusté pour les populations d'*Anémone sauvage* des Gimonts, après 600 simulations via tirage de n cellules

Tableau 4 : Synthèse des sites étudiés pour tester le protocole de suivi des végétations à *Liparis*

Tableau 5 : Synthèse des informations recueillies à l'issue des suivis de placettes permanentes pour les végétations à *Liparis de Loesel* des 3 sites du département de la Somme

Sommaire

Introduction	1	
I	Contexte	3
I.1	Historique des méthodes de suivis employées par le CBNBL	3
I.2	Descriptif des espèces étudiées	4
I.3	Suivis réalisés entre 2010 et 2016 par le CBNBL et ses partenaires	5
II	Matériel & Méthodes	7
II.1	Estimation des effectifs de la population totale d'Anémone sauvage	7
	Définition de la méthode à mettre à l'épreuve	7
	Site étudié	8
	Délimitation des aires de présence d'Anémone sauvage	9
	Génération des effectifs d'une population virtuelle par Bootstrapping pour une estimation totale du nombre d'individus	9
	Mise en application sur le terrain	10
	Analyses statistiques à l'issue de 2 campagnes de terrain sur l'année 2017	10
II.2	Suivi des végétations à Liparis de Loesel	11
	L'outil phytosociologique pour caractériser les végétations	11
	Sites étudiés et végétations associées	11
	Une grille stratifiée à l'aide de l'historique des aires de présence de Liparis de Loesel	12
	Taux d'occupation de l'espèce	14
	Stratégie d'échantillonnage retenue des végétations	14
	Mise en application du protocole : Réalisation des relevés phytosociologiques	15
	Traitement des relevés phytosociologiques	16
	Indices de diversité retenus pour l'analyse des données	16
	Traitement multivarié	17
III	Résultats	19
III.1	Estimation des effectifs d'Anémone sauvage sur le site des Gimonts	19
	Caractérisation des Aires de présence des populations	19
	Bootstrapping réalisé en amont du comptage	20
	Résultats des comptages des effectifs d'Anémone sauvage	21
	Réajustement du bootstrapping après une première application du protocole	25
III.2	Suivi des végétations à Liparis de Loesel à l'échelle de 3 sites suivis dans le département de la Somme	27
	Stratification des zones de prospection	27
	Taux occupation de Liparis de Loesel sur chaque site	33
	Localisation des placettes permanentes pour le suivi des végétations à Liparis de Loesel	34
	Synthèse des résultats après mise à l'épreuve du protocole de suivi de ces végétations	36
	Analyses multivariées	37
IV	Discussion	42
IV.1	Protocole d'estimation de la population totale d'Anémone sauvage	42
	Un échantillonnage par tirage aléatoire pour estimer la taille des populations	42
	La délimitation des aires de présence pour illustrer la répartition spatiale de l'Anémone sauvage	43
	Un compromis dans le choix du pas de la grille utilisée	44
IV.2	Protocole de suivi des végétations retenu	44
	De l'intérêt d'un échantillonnage stratifié par choix préférentiel	44
	Vers la mise en place d'un dispositif de surveillance des végétations associées aux espèces protégées	45
Conclusion		46
Bilan de stage		48
Références bibliographiques		49

Introduction

Dans un contexte d'érosion graduelle de la biodiversité énoncé par la Convention sur la diversité biologique (CDB) en 1992, la Loi pour la reconquête de la biodiversité de la nature et des paysages a pour ambition de renouveler les principes d'actions autour de la protection de la biodiversité (JORF, 2016). En effet, la « Directive Habitats Faune Flore » ayant permis d'identifier les habitats et les espèces à protéger en priorité à l'échelle européenne (Anon., 1992), l'état français a la nécessité de rendre compte à l'Europe, par l'intermédiaire des Directions régionales de l'Environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL), de l'état de conservation des habitats et des populations d'espèces protégées identifiés sur son territoire. C'est dans ce contexte qu'intervient le Conservatoire botanique national de Bailleul (CBNBL), dont la mission principale consiste à apporter la connaissance sur le patrimoine floristique remarquable à l'échelle de son territoire d'agrément.

En Europe, les annexes II et IV de la Directive Habitats Faune Flore identifient 632 espèces de flore d'intérêt communautaire (Anon., 1992) dont 57 présentes au niveau national et 4 au niveau régional : le Dicrane vert (*Dicranum viride* (Sull. & Lesq.) Lindb.), l'Ache rampante (*Apium repens* (Jacq.) Lag.), le Liparis de Loesel (*Liparis loeselii* (L.) L.C.M. Rich.) et le Sisymbre couché (*Sisymbrium supinum* L.) (Hauguel & Toussaint, 2012). À l'échelle nationale, l'Anémone sauvage (*Anemone sylvestris* L.) protégée au titre de l'annexe II de l'arrêté du 20 janvier 1982 (JORF, 2016), et plus particulièrement l'une des plus grandes populations de France, a été identifiée dans l'Aisne par le Conservatoire des espaces naturels de Picardie (CEN Picardie, 2012). En complément, une protection régionale est définie pour 137 espèces du territoire picard afin de prévenir de la disparition des milieux et des plantes menacées (Hauguel & Toussaint, 2012).

La mission principale confiée au cours de ces 24 semaines au sein de l'antenne Picardie du Conservatoire botanique national de Bailleul (CBNBL), consiste à élaborer puis à mettre à l'épreuve un protocole afin de suivre dans l'espace et le temps les populations d'espèces à forte responsabilité, ici l'Anémone sauvage, le Liparis de Loesel et l'Ache rampante. L'objectif est de retenir à l'issue de ce stage, une voire plusieurs stratégie(s) d'échantillonnages standardisée(s) permettant d'évaluer la taille et la dynamique spatiotemporelle des populations des espèces étudiées. Un autre axe de cette mission cherche à mettre en relation l'historique des effectifs observés de ces espèces avec les végétations dont elles dépendent.

Il s'agit ici dans un premier temps d'effectuer un bilan de connaissances des méthodes d'échantillonnages pour le suivi de populations végétales et le suivi de végétations. Ces informations récoltées, un protocole est élaboré selon l'espèce traitée et ses caractéristiques écologiques propres. L'étape suivante consiste à mettre à l'épreuve les stratégies retenues, analyser les données recueillies, tester la robustesse statistique de la méthode pour enfin évaluer sa pertinence. Afin d'assurer la reproductibilité de tels protocoles, chaque stratégie de suivi est construite avec une contrainte pratique du dimensionnement de cette mission par le CBNBL : à raison de 2 jours maximum passés sur chaque site présentant une des espèces protégées énoncées plus haut (comm.pers : Levy, 2017).

I Contexte

Le territoire picard regroupe trois départements situés au nord de la France : l'Aisne, l'Oise et la Somme. Cette région représente plus de 19000 km², dont plus de 60 % sont occupés par des milieux agricoles (INSEE, 2016). Les reliefs y sont peu marqués, avec pour point culminant le Bois de Watigny dans l'Aisne à 295 m d'altitude. Le territoire se compose d'une partie littorale avec ses falaises et ses dunes, du pays de Bray (sud-ouest) et ses paysages vallonnés, de la Thiérache (nord-est), de plateaux à l'est et de vallons et de plaines au sud, où sables, argiles et calcaires se sont déposés sur la craie. La majeure partie du territoire est composée de plateaux crayeux (Somme et Oise), de plateaux argileux (nord-est de l'Aisne) et de plateaux calcaires (sud de l'Aisne). Ces types de sols sont dus aux deux entités géologiques dominantes dans cette région : un faciès de craie issu du Crétacé supérieur (pour la Somme, le nord de l'Aisne et l'ouest de l'Oise) et un faciès sableux et argileux, issu du Tertiaire, déposé sur un substrat crayeux (pour le sud de l'Aisne et l'est de l'Oise).

La région picarde abrite des milieux classiquement retrouvés tels que des pelouses, des prairies, des landes, des forêts, des zones humides, des dunes et des champs. Le climat régional tempéré, qualifié de « climat océanique dégradé des plaines du centre et du nord » (Joly et al., 2010), est soumis aux influences maritimes : à l'origine de 700 mm/an de précipitations à l'intérieur des terres jusqu'à 1200 mm/an sur le littoral. Plus de 2 000 plantes sauvages sont connues, dont environ 1433 espèces indigènes présentes. Ce nombre représente 30 % de la flore française indigène. Parmi ces 1433 espèces, 25,5 % sont considérées comme menacées soit 364 espèces, dont 178 vulnérables, 111 en danger et 75 en danger critique d'extinction (Hauguel & Toussaint, 2012).

1.1 Historique des méthodes de suivis employées par le CBNBL

Initialement, un suivi des populations de 13 espèces d'intérêt patrimonial – dont la répartition semblait très circonscrite ou indicatrice d'un habitat particulier – était commandé par le Conseil général de la Somme (Levy & al, 2010). Le but premier étant de suivre des populations d'intérêt à l'échelle du département de la Somme, aucun cadre méthodologique n'a été défini en amont des suivis pour étudier celles-ci (effectif annuel, état phénologique de l'espèce...). De plus, la succession de différents observateurs au cours des campagnes de suivi était à l'origine d'une méthode de comptage variable d'une année à l'autre. Un premier protocole standardisé initié en 2010 par le Conservatoire botanique national Alpin a permis de définir et évaluer l'état de conservation de quelques espèces dont le *Liparis de Loesel* dès 2010 (Fort & Bonnet, 2011), protocole

ultérieurement étendu à l'échelle nationale. Par la suite, le CBNBL s'est inspiré de ce protocole afin d'estimer la taille des populations de trois espèces de la Directive Habitats présentes sur son territoire : le Liparis de Loesel, l'Ache rampante et le Sisymbre couché.

1.2 Descriptif des espèces étudiées

Le Liparis de Loesel est une plante hémicryptophyte de la famille des Orchidacées (Käzermann & Moser, 1999), à répartition circumboréale, en fort déclin sur le territoire picard. Son occurrence restant « exceptionnelle » (E) en Picardie, celle-ci est classée « en danger » (EN) (Hauguel & Toussaint, 2012). Cette espèce héliophile s'exprime dans des végétations rases sur sables riches en humus, allant de pannes littorales, marais tourbeux alcalins en passant par des marais arrière-littoraux (CBNBL, 2011). En fleur entre juin et juillet, le Liparis de Loesel (fig.1) est une espèce « à éclipses » : une espèce dont les individus s'expriment ou non d'une année à l'autre en fonction des conditions écologiques (Käzermann & Moser, 1999). Localement, la répartition du Liparis de Loesel consiste en des patches le plus souvent agrégés, liés à une faible capacité de dispersion de l'espèce.



Figure 1 : Photographie d'un individu fleuri de Liparis de Loesel

L'Ache rampante (fig.2) est une plante hémicryptophyte de la famille des Apiacées, à répartition subatlantique, très rare (RR) en Picardie (CBNBL, 2005). Classée « vulnérable » (VU) (Hauguel & Toussaint, 2012), l'Ache rampante est une espèce de milieu humide à végétations rases typiques de prairies oligotrophes pâturées, bas marais dunaires, voire de berges de mares de chasses. Sa floraison s'étend de juin à septembre. L'espèce a la particularité de former des tapis très denses par reproduction végétative (CBNBL, 2005). De fait, un dénombrement des individus est difficile étant donné la distinction difficile entre 2 individus.



Figure 2 : Photographie d'un individu fleuri d'Ache rampante

L'Anémone sauvage (fig.3), plante géophyte à répartition continentale dans sa limite occidentale en Picardie, se retrouve dans le sud Amiénois, le Laonnois et l'Aisne. De la famille des Renonculacées, cette espèce à forte responsabilité régionale se trouve en lisière forestière calcicole thermophile et également sous chênaies pubescentes, pour former des patchs denses d'individus en fleur d'avril à juin (Hauguel & Toussaint, 2012).



Figure 3 : Photographie d'une Anémone sauvage en fleur

I.3 Suivis réalisés entre 2010 et 2016 par le CBNBL et ses partenaires

Concernant le Liparis de Loesel, un comptage annuel « pied à pied » est effectué étant donné le nombre, la répartition des individus et la superficie des sites sur l'ensemble territoire picard. Quant à l'Ache rampante, le dénombrement complet et la distinction des individus restant difficile, c'est une estimation de son recouvrement au sein d'une zone de prospection qui est effectuée de manière annuelle et ce depuis 2010. La zone de prospection correspond au(x) habitat(s)

favorable(s) à l'expression de l'espèce (Fort & Bonnet, 2011). Dans les deux cas, la méthode consiste à caractériser via 1 à 5 observateurs les aires de présence de l'espèce, soit l'occurrence d'un ou plusieurs individu(s). Deux groupes d'individus différents se distinguent par une distance minimale de 4 mètres entre 2 individus. Ceci permet d'obtenir des patches d'individus : délimités par des piquets puis relevés via un point ou un polygone (CBNBL, 2011) à l'aide d'un Global positioning system (GPS).

Les populations d'Anémone sauvage, comme celles d'Ache rampante, ne peuvent pas faire l'objet d'un suivi pied à pied vu leur nombre, leur densité, la superficie des sites prospectés et le dimensionnement de la mission de suivi par le CBNBL. Pour l'Anémone sauvage, les suivis effectués par le Conservatoire des espaces naturels de Picardie (CEN Picardie) correspondent à une compilation sur 3 ans de points représentant des patches d'Anémone sauvage dont le nombre d'individus estimés visuellement oscille entre 1 à 500. Sans approximation autre que visuelle des effectifs exprimés à une année donnée, c'est autour de cette espèce protégée nationale que la recherche d'une méthode d'estimation de la taille de ses populations s'est révélée pertinente, recherche initié en 2015 par un précédent stagiaire du CBNBL.

II Matériel & Méthodes

Le Système d'information géographique (SIG) Quantum GIS (QGIS Development Team, 2009) est utilisé pour la gestion des données spatialisées et la composition de cartes, et le logiciel de traitement statistique R pour la gestion des données (R Core Team, 2017).

II.1 Estimation de la population totale d'Anémone sauvage

Définition de la méthode à mettre à l'épreuve

Une phase préalable de bibliographie a permis de synthétiser des méthodes d'échantillonnages adaptées à l'estimation de la taille de populations finies. C'est à partir de différentes stratégies d'échantillonnages (systématique, en présence-absence, aléatoire simple, aléatoire double, aléatoire stratifié avec allocation fixe, aléatoire stratifié avec allocation proportionnelle, préférentiel simple, adaptatif, en grappes, par transects continus fixes, par transects point-contact) qu'ont pu être choisies, après plusieurs essais sur une population virtuelle d'Anémone sauvage via QGIS, les modalités les plus pertinentes à la conception d'une méthode d'échantillonnage (Villejoubert, 2015). Le choix de la méthode testée suit les conclusions des travaux du précédent stagiaire, qui portaient sur un échantillonnage aléatoire simple bistratifié.

Cette méthode nécessite de découper les aires de présence en 2 groupes homogènes de densité, appelés « strates » (Krebs, 2014), selon une densité des individus par unité de surface constante. Permettant de répartir l'effort d'échantillonnage dans une zone de prospection donnée, cette méthode de stratification via une grille de pas de cellule fixe s'adapte à différents patrons de répartition des individus (isolés comme agrégés) d'une espèce. Les strates définies ici correspondent donc à un ensemble de cellules de la grille de densité différente d'individus. Un échantillonnage aléatoire et sans remise dans chaque strate formée permet une estimation totale de la taille de la population, via cette méthode d'échantillonnage simple stratifiée (Levy & Lemeshow, 2008). Cependant, reproduire une stratification sur le terrain n'est pas envisageable : une caractérisation préalable de la densité de toutes les cellules de la grille restant trop chronophage. Face à ce problème, un échantillonnage aléatoire non stratifié simple sans remise de n échantillons indépendants a été mis à l'épreuve.

Site étudié

Le site d'étude correspond au Centre d'entraînement en zone urbaine (CENZUB) de Sissonne dans l'Aisne. Ce camp militaire d'un peu plus de 5000 hectares, présente des habitats en régression à l'échelle des plaines du nord de la France, comme des ourlets et des prés-bois thermophiles, accueillant l'Anémone sauvage (Conservatoire des espaces naturels de Picardie CEN Picardie, 2012). Ce site à fort enjeu écologique fait l'objet d'opérations de restauration par le CEN Picardie, qui participe également aux suivis floristiques en collaboration avec le CBNBL. Le protocole présenté ci-après vise à estimer la répartition, le nombre d'individus et à terme la dynamique d'une année à l'autre de la population d'Anémone sauvage du site, protocole testé courant 2017 dans une zone de prospection située sur une partie accessible du site, nommée les Gimonts (fig.4).

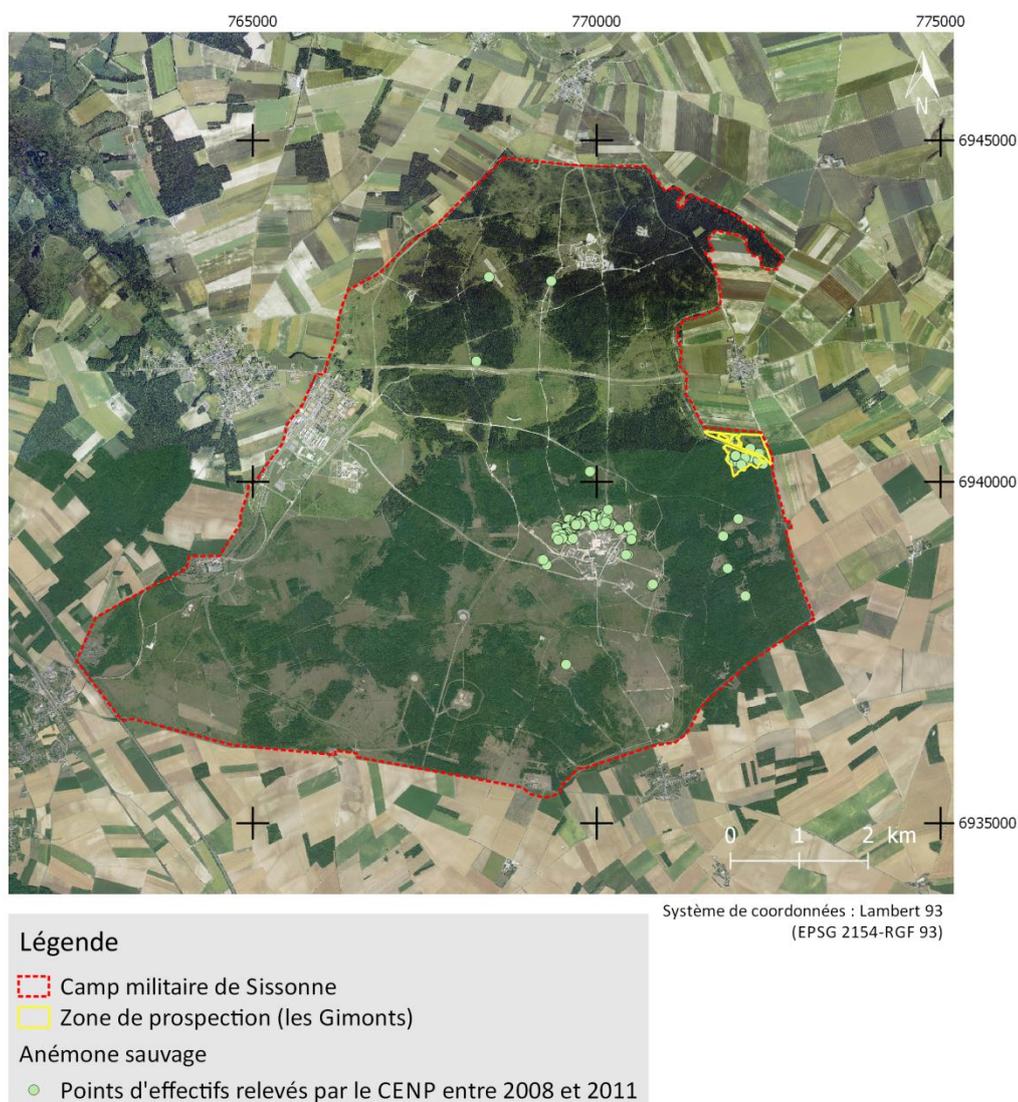


Figure 4 : Carte représentant le CENZUB de Sissonne, la zone de prospection (en jaune) et les données du CEN Picardie utilisées pour mettre à l'épreuve le protocole d'estimation de population

Délimitation des aires de présence d'Anémone sauvage

L'intégralité de la zone de prospection d'Anémone sauvage sur le site des Gimonts est parcourue via des transects orientés nord-sud espacés de 5 mètres chacun, afin de rechercher à vue des individus d'Anémone sauvage. Cette première étape permet de distinguer dans cette zone de prospection – selon la méthode du CBNBL explicitée en 1.3 – les aires de présence et d'absence de l'espèce à une année donnée. Cette étape du protocole est effectuée à la période optimale de floraison de l'Anémone sauvage, identifiée entre mi-mai et début juin. Plusieurs individus dont le recouvrement est inférieur à une surface de 16 m² sont représentés par un point, liée à une contrainte de précision du GPS de ± 4 m. Le cas contraire, un polygone est effectué (CBNBL, 2011).

Génération des effectifs d'une population virtuelle par Bootstrapping pour une estimation totale du nombre d'individus

Les aires de présence d'Anémone sauvage, représentées sous la forme de couches shape (.shp) de points et de polygones, sont intersectées avec une grille fixe dont le pas de cellule égale 2 mètres : compromis entre la précision du système GPS utile à la localisation d'une cellule, le nombre de cellules formées dans l'aire totale de présence de l'espèce ainsi que le temps pour compter tous les individus présents dans une même cellule. Chaque cellule de 4 m² incluse à plus de 75% dans cette aire (soit une surface supérieure ou égale à 3 m²) est conservée, ce qui permet d'obtenir un découpage des aires de présence de l'Anémone sauvage en cellules de surface constante sur le site des Gimonts en 2017. Un nombre de points aléatoires compris entre 1 et 100 a été généré dans chacune des cellules conservées, pour simuler un nombre total théorique des individus dans cette aire de présence totale. Cette gamme de 1 à 100 provient d'une première estimation à vue des individus sur le terrain lors de l'étape de délimitation des aires de présence. Cette opération a permis de dégager des effectifs théoriques à l'intérieur des cellules de la grille formée, outil permettant de tester les modalités de l'échantillonnage.

A partir d'un tel outil que sont ces données d'effectifs, un bootstrapping a été réalisé afin de définir un nombre optimal de cellules à prospecter (noté n) pour approximer une valeur d'effectif total de la population. Le bootstrapping est une méthode consistant à répéter S simulations par tirage aléatoire avec remise de n cellules du jeu de données initial (Rao & Wu, 1988 ; Mashreghi, 2016), pour étudier la loi de distribution suivie par les effectifs. Cette technique de ré-échantillonnage, avec un nombre de simulations S fixé à 600 reste pertinente afin d'estimer un paramètre d'une population (Lazar & al, 2008 ; Thompson, 2004). Cette démarche permet de calculer la moyenne, sa dispersion (variance et écart-type) en plus d'une estimation du nombre

d'individus par calcul de l'intervalle d'effectifs après S simulations. Plusieurs essais avec un nombre de cellules à échantillonner n variable [n = 25, 30, 40, 50, 75, 100...] ont été effectués afin de confronter l'effectif total de la population d'Anémone estimé par rapport à un intervalle. Les formules suivantes ont été utilisées afin de calculer ces différents paramètres :

$$\text{Moyenne } \mu = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (\text{effectif}_i)$$

$$\text{Variance } \sigma^2 = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (\text{effectif}_i - \mu)^2$$

$$\text{Écart-type } \sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Effectif total = Moyenne bootstrap x nombre_{total} de cellules (Wang & Thompson, 2012)

Mise en application sur le terrain

Sous logiciel SIG, les centroïdes de n cellules et leurs coordonnées respectives sont extraits puis exportés sur un GPS. Les points identifiés sur le site, on procède pour chacun d'entre eux à l'application d'un carré de 4 m² orienté nord à l'aide de piquets, avant un comptage exhaustif des individus exprimés. Deux campagnes de terrain distinctes à une semaine d'intervalle ont été effectuées en juin 2017 pour confronter les résultats obtenus par bootstrapping à la réalité de terrain. Cette opération permet de tester cette méthode d'estimation annuelle de l'effectif total des populations d'Anémone sauvage. Les bordereaux utilisés rassemblent l'identifiant de la cellule prospectée (l'échantillon), le nombre d'individus comptabilisés, ainsi qu'une estimation du temps de prospection d'une cellule en minutes.

Analyses statistiques à l'issue de 2 campagnes de terrain sur l'année 2017

Le tirage lors d'une campagne de terrain permet d'obtenir le nombre d'individus au total dans une zone de prospection. Si cette valeur d'effectif total n'est pas comprise dans l'intervalle obtenu par bootstrapping, on notera une différence significative entre la distribution théorique des effectifs (obtenue par bootstrapping) et la distribution réelle des effectifs sur le terrain. Les résultats d'un tirage font l'objet d'un test Shapiro-Wilk de normalité puis d'un test non paramétrique de comparaison de moyennes de k échantillons indépendants non appariés : le test de Kruskal Wallis (Millot, 2011). Ce test permet d'attester d'une différence significative (ou non) des effectifs d'une année à l'autre. Ici, deux tirages sont effectués la même année : cette démarche permet d'attester si la méthode mise à l'épreuve produit une estimation similaire quelles que soient les cellules échantillonnées pour même une année, c'est-à-dire tester l'impact de l'erreur d'échantillonnage au cours d'un tirage. Pour les campagnes de terrain des années futures, le test

post-hoc du Kruskal-Wallis est à systématiser, pour attester d'une différence significative dans les effectifs comptés d'Anémone sauvage obtenus pour chaque campagne de terrain annuelle.

II.2 Suivi des végétations à Liparis de Loesel

L'outil phytosociologique pour caractériser les végétations

La phytosociologie, science de l'étude des groupements végétaux ou syntaxons, s'organise autour d'un système de classification hiérarchique : le synsystème (Géhu, 1991). L'approche sigmatiste de cette science, définie par les travaux de Braun-Blanquet, repose sur le caractère intégrateur d'une espèce végétale en réponse à l'ensemble de facteurs écologiques (Géhu, 1980). Son objectif réside dans la description de la composition, structure et diversité floristique d'une végétation, en réponse à des variations de conditions environnementales et/ou au processus spontané de succession écologique (Mandal & Joshi, 2014). L'association végétale, désignant un groupement de composition floristique déterminée et de conditions stationnelles homogènes, est représentée sur le terrain par l'individu d'association (Géhu, 1991) : autrement dit le relevé de végétation. Le caractère à la fois descriptif et prédictif de la phytosociologie (Mandal & Joshi, 2014) est ici pertinent pour l'analyse des végétations rencontrées où s'exprime l'espèce étudiée.

Pour un relevé de végétation, la surface inventoriée répond obligatoirement à une exigence d'homogénéité phytosociologique, floristique et écologique (Géhu, 1991). De plus, la notion d'aire minimale – correspondant à une surface au-delà de laquelle le nombre d'espèces végétales rencontrées n'augmente plus de manière significative – doit être respectée (Géhu, 1991). Dans la bibliographie, un exemple de surface relevée pour des végétations de bas-marais consiste en une surface de 5 à 20 m² (De Foucault, 1986).

Sites étudiés et végétations associées

Dans un respect de la forme de ce rapport, seuls les résultats obtenus pour le Liparis de Loesel sont présentés ici. Trois sites connus au sein du territoire picard et plus précisément dans le département de la Somme présentent cette espèce : La Réserve naturelle nationale (RNN) de la Baie de Somme à Saint-Quentin-en-Tourmont, le « Grand marais » à Blangy-Tronville et la « Pointe de Routhiauville » à Fort-Mahon-Plage. Le premier présente une mosaïque d'habitats, allant de bas fourrés inondables à Saule argenté (*Acrocladio cuspidati* – *Salicetum arenariae* Braun-Blanquet & de Leeuw 1936), roselières à phragmites (*Solano dulcamarae* – *Phragmitetum australis* (Krausch 1965) Succow 1974), cariçaies à Laîche trinervée (*Drepanocladio-adunci* – *Carietum trinervis* Duvigneaud 1947 prov.), pannes dunaires, bas marais arrière littoraux (*Samolo*

valerandi – *Baldellietum ranunculoidis* (Müller – Stoll & Görz 1962) H.Passarge 1999, *Carici pulchellae* – *Agrostietum « maritimae »* (Wattez 1975) de Foucault 2008) (François & al, 2012). Des végétations similaires se retrouvent sur le site de Fort-Mahon-Plage, autour d'anciennes mares de chasses. Quant au site de Blangy-Tronville, celui-ci présente des végétations allant de prairies à Hydrocotyle commune et Jonc à fleurs obtuses (*Hydrocotylo vulgaris* – *Juncetum subnodulosi* Wattez 1968) de Foucault in Royer & al. 2006), cariçaies à laïche paniculée (*Caricetum paniculatae* Wangerin 1916), roselières turficoles à Fougère des marais et Phragmites (*Thelypterido palustris* – *Phragmeitium australis* Kuyper 1957 em. Segal & Westholff in Westhoff & den Held 1969) jusqu'à des fourrés préforestiers à Saule cendré et Fougère des marais (*Alno glutinosae* – *Salicetum cinereae* Passarge 1956) (François & al, 2012). De tels habitats à dynamique forte, relative aux différentes pressions sur le site (actions biotiques, variations des conditions environnementales), entraîne la formation d'un paysage très variable dans le temps.

Une grille stratifiée à l'aide de l'historique des aires de présence de *Liparis loeselii*

Pour chacun des 3 sites à Liparis de Loesel, les zones de prospection de l'espèce sont délimitées à l'aide de photographies aériennes (IGN, 2015), d'anciennes cartes d'habitats et/ou des précédents relevés de populations effectués par le CBNBL, le CEN Picardie ou encore le Syndicat mixte Baie de Somme – Grand littoral picard (SMBSGLP) entre 2010 et 2017. C'est sur la zone de prospection de chaque site qu'est projetée une grille fixe de pas de cellule égal à 5 mètres, soit des cellules de 25m², respectant la notion d'aire minimale du relevé pour les végétations concernées. Les cellules incluses à moins de 80% dans cette zone (soit une surface inférieure à 20m²) et celles hors d'accès voire non pertinentes à échantillonner (zones d'eaux, zones perturbées...) sont supprimées. La grille obtenue fait l'objet d'une stratification selon l'historique entre 2010 et 2017 de la présence d'individus de Liparis de Loesel dans chacune des cellules formées. Pour illustration, la compilation des suivis de populations, données de base utiles au processus de stratification, est représentée ci-après avec l'exemple du site de Blangy-Tronville (fig.5).

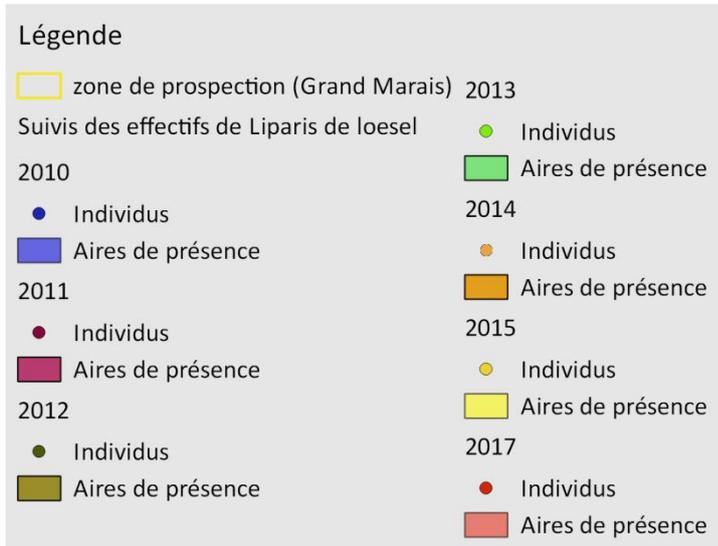
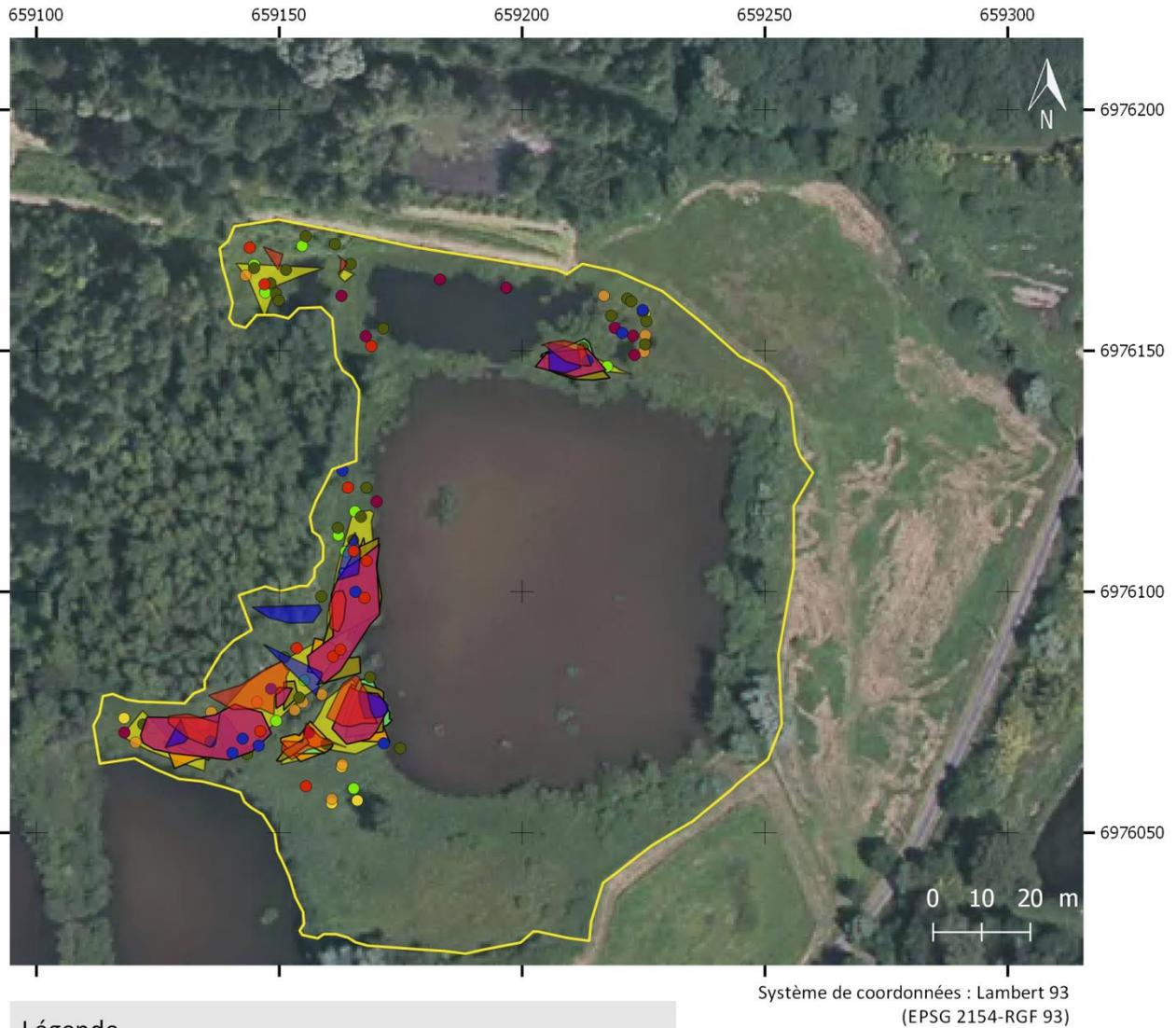


Figure 5 : Carte représentant la compilation des suivis de populations entre 2010 et 2017 de *Liparis de Loesel* par le CBNBL et le CEN Picardie, dans le Grand marais de Blangy-Tronville (80)

L'intersection d'une grille avec les occurrences d'individus et les différentes aires de présence de l'espèce permet de récapituler l'historique de la présence du Liparis de Loesel par cellule. A chaque cellule créée est associée une donnée binaire de présence (1) ou non (0) de Liparis de Loesel au cours d'une année de suivi des populations. Cette opération permet de définir 3 strates : une première strate de « présence potentielle », correspondant aux cellules de la grille où aucune occurrence de Liparis n'a été retrouvée dans une zone de prospection entre 2010 et 2017, une strate « d'occurrence(s) ponctuelle(s) » définie par 1 une à 2 occurrence(s) de Liparis entre 2010 et 2017, et une strate de « densité stable » définie par les cellules où des individus de Liparis ont été rencontrés lors de 3 années de suivis ou plus dans une zone de prospection. Une distinction supplémentaire a été faite dans les strates formées pour notifier la récence des observations de Liparis : par la mention d'occurrence systématique, ponctuelles ou absentes de l'espèce dans une cellule au cours des 3 dernières années de suivis les plus récentes. Cette opération met donc en évidence 6 strates.

Taux d'occupation de l'espèce

L'étape de stratification permet de formuler un indice T, le ratio du nombre de cellules présentant l'espèce à une année donnée par le nombre total Nt de cellules ayant présentées celle-ci entre 2010 et 2017, soit $T = \frac{n}{N_t}$. Cet indice permet de quantifier l'état d'occupation de l'espèce à une année donnée dans la grille, par rapport à une référence d'occupation de l'espèce sur un cumul de 8 ans.

Stratégie d'échantillonnage retenue des végétations

La stratégie employée pour ce suivi des végétations correspond à un échantillonnage stratifié avec allocation fixe des relevés pour chaque site : un relevé phytosociologique pour chaque strate mise en évidence selon l'occurrence de Liparis de Loesel entre 2010 et 2017. A noter que les cellules n'ayant pas accueilli de Liparis de Loesel en 8 ans, soit la strate de présence potentielle, n'ont pas été échantillonnées. Un choix préférentiel des relevés a été fait dans le respect des contraintes d'étude de ces végétations, afin de suivre différents foyers de Liparis de Loesel dispersés sur chaque site, selon :

- la présence d'une végétation en dehors d'écotones, visuellement non perturbée et homogène sur la totalité de la surface de la cellule

- la pertinence d'une cellule par rapport aux cellules voisines grâce au résultat de stratification (au centre d'un regroupement de cellules de strate similaire ou à l'interface entre 2 groupements de strates identiques par exemple)

Les cellules de prospections choisies, une extraction de leurs centroïdes et de leurs coordonnées respectives permet de localiser les quadrats, aussi appelées placettes permanentes. Du fait du caractère non-aléatoire de la sélection des cellules de la grille pour le relevé des végétations, il est nécessaire de préciser que l'utilisation de tests statistiques est ici inadaptée pour traiter les différents paramètres des végétations (Lajer, 2007).

Mise en application du protocole : Réalisation des relevés phytosociologiques

Les placettes permanentes géolocalisées consistent en des carrés de 25 m² orientés nord. Une prise de vue, dont un exemple ci-dessous (fig.6), de chacun d'entre eux est faite afin de conserver un enregistrement instantané de la végétation à une année, en plus de donner une trace visuelle du repérage de la placette.



Figure 6 : Photographie d'une placette permanente sur le site de la Réserve naturelle nationale de la Baie de Somme (Saint-Quentin-en-Tourmont)

La placette balisée par des piquets, l'ensemble des données descriptives : à savoir le numéro d'identifiant du relevé, la pente, le recouvrement des strates herbacée et muscinale, la hauteur moyenne de végétation ainsi que des remarques éventuelles, est reporté dans des bordereaux. Un

inventaire exhaustif des espèces végétales contenues dans la zone de relevé ainsi que l'attribution d'un coefficient d'abondance/dominance – traduisant l'importance de chaque espèce dans l'individu d'association étudié (de Foucault, 1986) – sont établis. Toute espèce appartenant aux cormophytes vasculaires non déterminée sur site fera l'objet d'une identification ultérieure à l'aide de différents ouvrages de détermination, principalement *Flora Gallica* (Tison & De Foucault, 2014) et la Nouvelle flore de Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du nord de la France et des régions voisines (Lambinon & al, 1992).

Traitement des relevés phytosociologiques

La première étape consiste à rassembler en un tableau l'intégralité des relevés en colonne et les espèces rencontrées en ligne avec, à l'interface des deux, la mention des coefficients d'abondance attribués lors de l'inventaire. Les espèces de cette matrice sont regroupées manuellement selon leurs affinités sociologiques et classées par abondance/dominance décroissante. Cette manipulation permet d'aboutir à un tableau dans lequel apparaissent des sous-ensembles d'espèces (Géhu, 1980). A terme, il est possible de rattacher chaque relevé à un syntaxon du système phytosociologique : avec une précision allant de l'ordre, l'alliance voire le syntaxon selon le cortège inventorié, à l'aide d'ouvrages dont le « Guide des végétations des zones humides de Picardie » (François & al, 2012).

Indices de diversité retenus pour l'analyse des données

L'appui d'indices synthétiques permet ici de décrire les différents relevés de placettes d'une même année de suivi. Quatre indices ont été calculés :

- la richesse spécifique R, correspond au nombre total d'espèces identifiées dans un relevé (Magurran, 1988)
- l'indice de Shannon H, est un indice de diversité α , calculé par la formule :

$$H = - \sum_{i=1}^R (f_i \times \ln(f_i))$$

Celui-ci prend en compte le nombre et l'abondance des espèces identifiées dans un relevé, ici obtenue grâce aux coefficients d'abondance-dominance de chaque espèce. Un relevé où une seule espèce est fortement représentée possède une valeur de H faible. À l'inverse, un relevé caractérisé par plusieurs espèces ayant des abondances similaires montre une valeur de H maximale (Grall & Coïc, 2006).

- l'indice d'Evenness E, dérive de l'indice précédent par la formule : $E = H / \ln R$

Cet indice, pondéré par la valeur de la richesse spécifique à l'échelle du relevé de végétation, mesure la répartition des individus pour chaque espèce. Sa valeur varie de 0, correspondant à la dominance d'une seule espèce, à 1, soit l'état d'équirépartition où les individus des différentes espèces sont introduits dans les mêmes proportions (Grall & Coïc, 2006). Les indices H et E permettent ici de rechercher un lien entre l'agencement du cortège et l'occurrence de *Liparis* de Loesel.

- Le coefficient de similitude asymétrique de Sørensen S, est obtenu par la formule :

$$S = \frac{2c}{(a + b)}$$

Ici « a » représente le nombre total d'espèces du premier relevé, « b » celui du second relevé et « c » le nombre d'espèces communes aux deux relevés choisis. Cet indice de diversité β , quantifie en % la ressemblance entre deux quadrats (Kouassi & al, 2010). Plus il est élevé, plus les deux relevés sont similaires. Cet indice a été choisi afin de ne pas surestimer la similarité entre 2 relevés : la formule employée ne considérant pas la double-absence d'une espèce dans deux relevés comme indicatrice de ressemblance (Saxenaa & al, 2017). Cet indice permettra d'effectuer des comparaisons interannuelles des quadrats permanents une fois le dispositif de suivi des placettes permanentes mis en place : pour expliciter la variation des espèces d'une même placette d'une année par rapport à l'année précédente. S'agissant de la première mise en application de ce protocole, cet indice n'a pas été pas utilisé pour une comparaison interannuelle, mais comme métrique de distance pour une analyse présentée ci-après.

Traitement multivarié

Une analyse factorielle des correspondances (AFC), puis une classification ascendante hiérarchique (CAH) par la méthode UPGMA (Unweighted pair group method with arithmetic mean) ont été effectuées afin de représenter de manière synthétique les relevés, leur composition floristique et par extension leurs similitudes. La première est une méthode factorielle de réduction de dimensions dans un espace, à partir d'une table de contingence en présence-absence : un tableau des relevés et des espèces avec à la rencontre des deux, la présence ou l'absence d'une espèce dans un relevé donné (Saxenaa & al, 2017). En résumant l'information contenue dans ce tableau, cette méthode permet de projeter les espèces rencontrées lors du suivi des végétations à *Liparis*, et les différents relevés dans un espace factoriel. Il est à noter que la suppression des espèces

dont l'occurrence dans les relevés est inférieure à 5 % permet ici d'atténuer un effet Guttman, soit une projection plus dispersée des données dans le plan factoriel (Camiz, 2004).

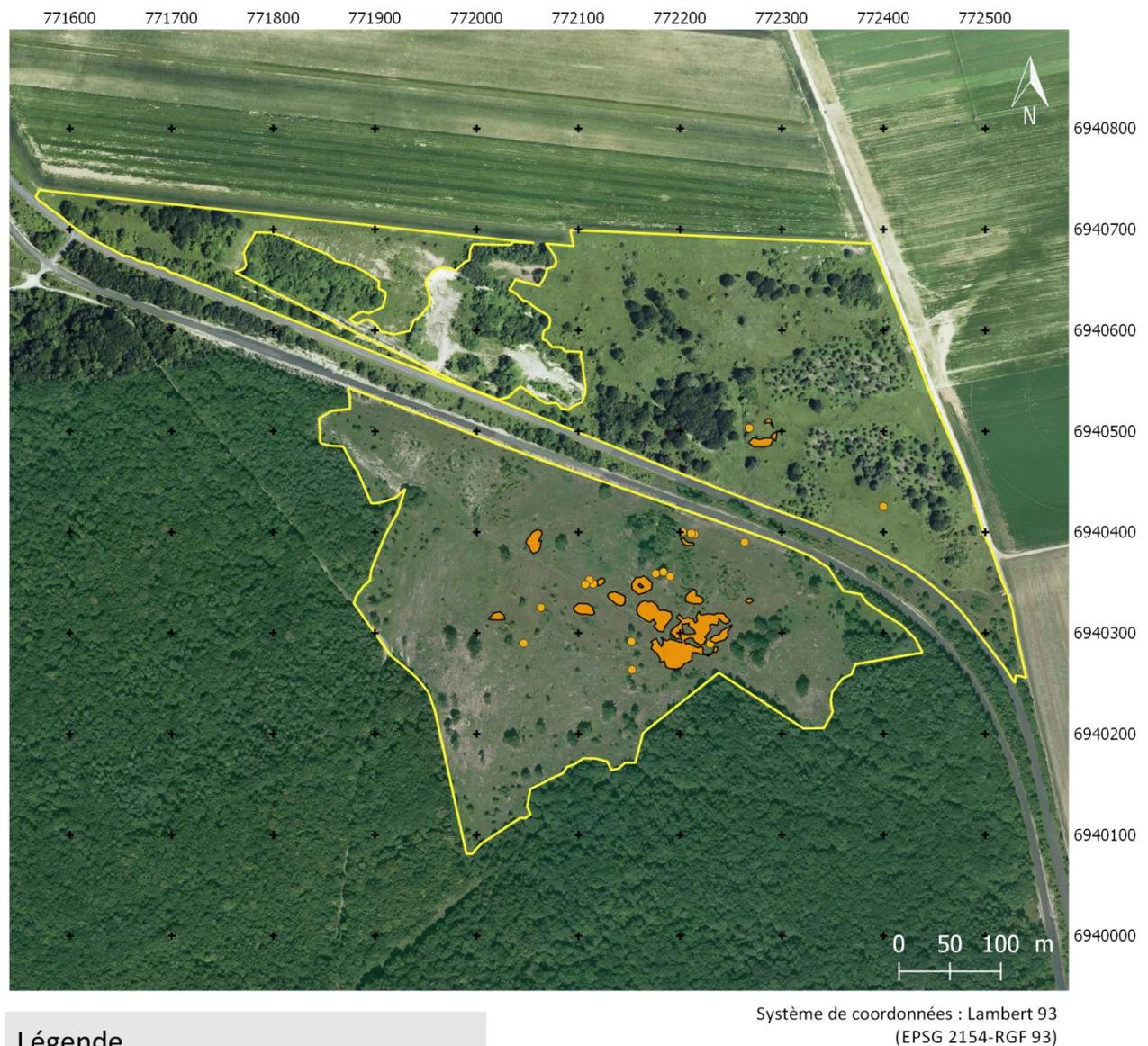
La seconde analyse est une méthode agrégative basée sur une métrique de similarité via l'indice de Sørensen. A l'aide d'une matrice de distance par l'utilisation de cet indice, une représentation synthétique dans un espace euclidien des relevés sous la forme d'un dendrogramme (Schmidtlein & al, 2010) est obtenue. Ainsi, deux relevés reliés par une distance faible des branches du dendrogramme créé indiquent deux relevés proches en terme de composition floristique, et inversement. Ces deux représentations consistent en une représentation graphique simple de l'état de référence des végétations à Liparis suivies en 2017, permettant également d'interpréter les facteurs écologiques expliquant l'occurrence d'une espèce de la Directive Habitats Faune Flore dans une placette donnée.

IV Résultats

IV.1 Estimation des effectifs d'Anémone sauvage sur le site des Gimonts

Caractérisation des Aires de présence des populations

La figure suivante présente les aires de présence de l'Anémone sauvage en 2017 dans la zone de prospection du site des Gimonts (fig.7).



Légende

Anémone sauvage

- Zone de prospection sur les Gimonts
- Aires de présence de l'espèce (2017)
- + points de présence de l'espèce (2017)

Figure 7 : Carte des aires de présence d'Anémone sauvage en 2017 dans la zone de prospection des Gimonts, sur le camp militaire de Sissonne

Cette espèce s'exprime le plus souvent sous la forme de tapis denses, rarement sous la forme d'individus isolés. Ici les aires de présence en 2017 couvrent une surface totale de 2588 m², à proximité des lisières dans des végétations de hauteur moyenne.

Bootstrapping réalisé en amont du comptage

Les résultats du bootstrapping sont reportés dans le tableau suivant (tab.1).

Tableau 1 : Résultat du bootstrapping pour des effectifs d'Anémone générés virtuellement sur les Gimonts, après 600 simulations de tirages de n échantillons

		Tirage de 25 échantillons	Tirage de 30 échantillons	Tirage de 40 échantillons	Tirage de 50 échantillons
Effectif total créé	331 14				
Intervalle bootstrap		45,43 ; 67,84	46,99 ; 67,11	45,99 ; 64,46	42,61 ; 56,51
Effectif total recréé		29393 ; 43892	30403 ; 43420	29756 ; 41706	27569 ; 36562
Effectif total recrée moyen μ		36643	36911	35731	32065
Variance totale σ^2		52557208	42364738	35701163	20219861
Dispersion des individus σ autour de μ		± 7250	± 6509	± 5975	± 4497
σ (%)		20 %	18 %	17 %	14 %

Cette étape de bootstrapping permet, selon une gamme arbitraire en entrée de 1 à 100 individus par cellule, d'estimer une valeur d'effectif total et sa dispersion selon le nombre d'échantillons effectués. Il est à noter que les intervalles d'effectifs estimés possèdent une dispersion réduite avec l'augmentation du nombre d'échantillons effectués. Le temps passé pour le suivi et les moyens humains à disposition comme contraintes de dimensionnement de cette mission, un nombre maximal de 40 cellules à échantillonner a été fixé. Un tel protocole respecte les contraintes imposées et fournit un résultat en une journée de terrain pour un observateur, sur la base du comptage des individus dans une cellule effectué en 15 min. L'intervalle correspondant représente une estimation d'effectif total comprise entre 29756 et 41706 individus (35731 ± 5975), avec une dispersion de l'écart-type de l'ordre de 17% autour de la valeur moyenne.

Résultats des comptages des effectifs d'Anémone sauvage

La carte suivante présente la localisation des 40 cellules d'un premier tirage aléatoire dans l'aire de présence totale de l'Anémone sauvage sur le site des Gimonts composée de 647 cellules (fig.8). Un histogramme des effectifs d'Anémone comptabilisés par cellule lors de cette première campagne de terrain est obtenu après ce premier comptage en 2017 (fig.9).



Figure 8 : Carte de la première campagne de terrain en 2017 dans la grille projetée sur l'aire de présence de l'Anémone sauvage, en vue d'un comptage des individus dans 40 cellules de 4m²

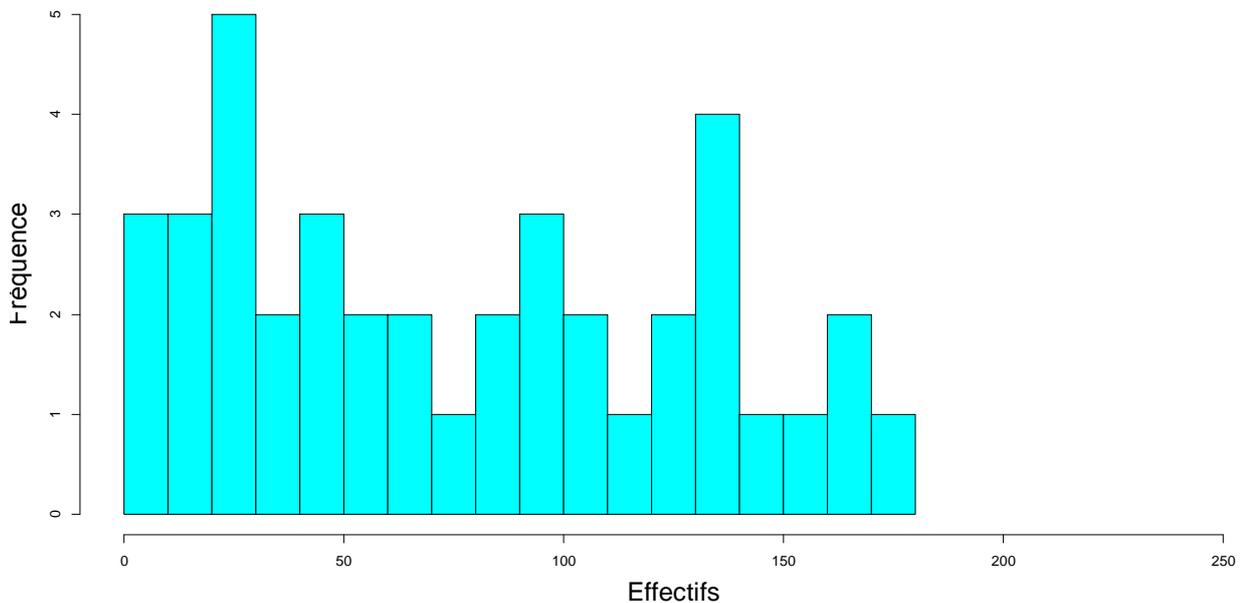
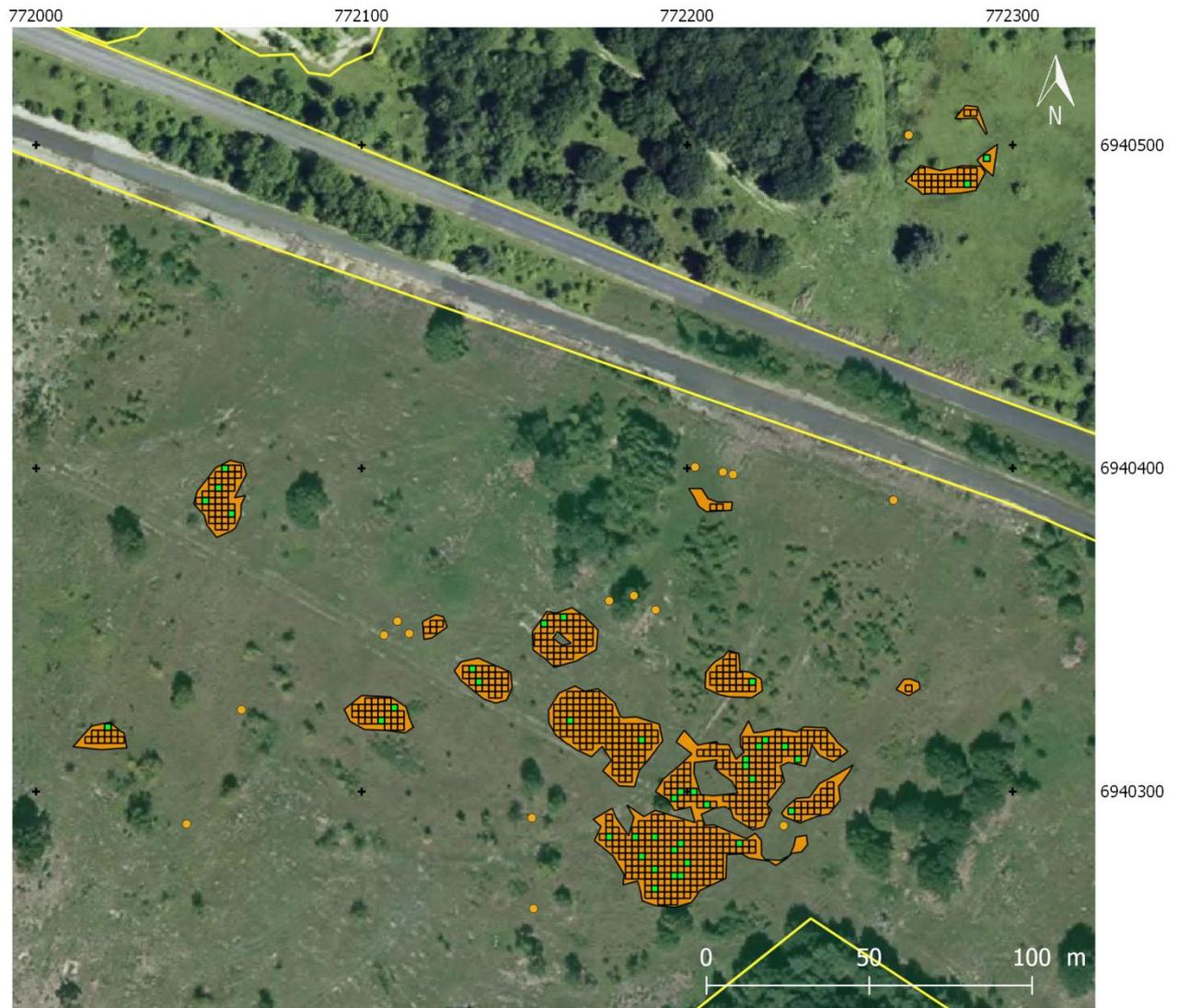


Figure 9 : Histogramme des effectifs d'Anémone sauvage comptabilisés lors de la première campagne de terrain

Cette représentation des résultats de la première campagne de terrain met en évidence des effectifs par surface constante de 4 m² compris entre 1 et 180 individus. La distribution des effectifs relevés ne suit pas une loi normale (Shapiro-Wilk : p-value<0.05), et montre deux lots caractérisés par des effectifs faibles (entre 30 et 40 individus) ou plus élevés (entre 130 et 140 individus). L'estimation de l'effectif moyen correspond ici à une valeur de 77 ± 52 individus exprimés, pour une valeur de la population totale à l'échelle du site de 49900 individus. Cette valeur ne rentre pas dans l'intervalle issu du bootstrapping présenté ci-avant (entre 29756 et 41706 individus), du fait d'une gamme de valeur des effectifs plus étendue (de 1 à 180 individus) que celle définie en amont du bootstrapping (de 1 à 100 individus).

Les résultats de la seconde campagne de terrain sont reportés ci-après. La carte ci-dessous présente la localisation des 40 cellules issues du second tirage aléatoire dans l'aire de présence totale d'Anémone sauvage sur le site des Gimonts (fig.10). Un histogramme des effectifs obtenus après cette seconde campagne de terrain a été tracé (fig.11).



Système de coordonnées : Lambert 93
(EPSG 2154-RGF 93)

Légende

Anémone sauvage

- Zone de prospection sur les Gimonts
- Aires de présence de l'espèce (2017)
- points de présence de l'espèce (2017)
- Tirage aléatoire sans remise de cellules (n=40)
- Grille contenue dans les aires de présence

Figure 10 : Carte de la seconde campagne de terrain en 2017 dans la grille projetée sur l'aire de présence de l'Anémone sauvage, en vue d'un comptage d'individus dans 40 cellules de 4m²

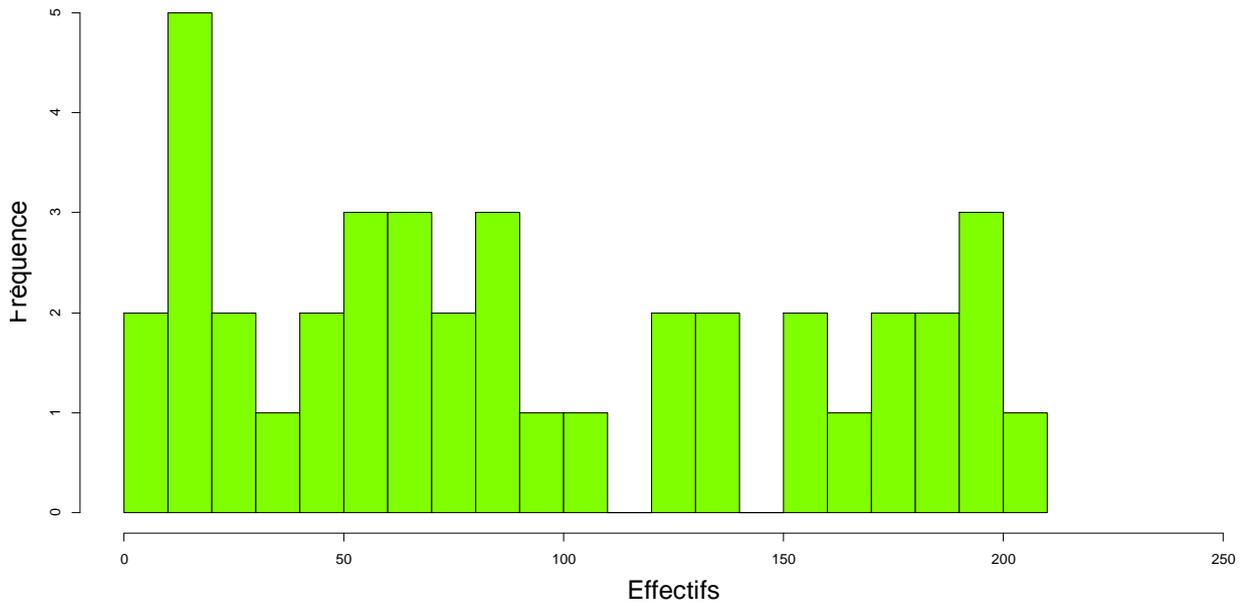


Figure 11 : Histogramme des effectifs d'Anémone sauvage comptabilisés lors de la seconde campagne de terrain

L'historgramme des effectifs lors de la seconde campagne met en évidence une gamme de valeur des effectifs par surface constante de 4 m² plus étendue (de 5 à 201 individus) que celle obtenue après une première campagne (de 1 à 180 individus). La distribution des effectifs relevés ne suit pas non plus une loi normale (Shapiro-Wilk : p-value<0.05), et montre un lot principal caractérisé par des effectifs faibles (entre 10 et 20 individus). L'estimation de l'effectif moyen correspond ici à une valeur de 93 ± 63 individus exprimés, soit population à l'échelle du site de 60721 individus. Cette valeur ne rentre pas non plus dans l'estimation en sortie de bootstrapping (entre 29756 et 41706 individus), étant donné une gamme de variation deux fois plus étendue qu'estimée avant l'opération des 2 tirages sur le terrain pour les Gimonts. Les résultats des 2 campagnes ont été synthétisés dans le tableau suivant (tab.2).

Tableau 2 : Synthèse des résultats obtenus à l'issue des 2 campagnes de comptages d'effectifs d'Anémone sauvage sur le site des Gimonts

Tirage	1	2
Effectif minimum	5	1
Effectif maximum	180	201
Effectif moyen	77 ± 52	93 ± 63
Effectif total estimé	49900	60721
Temps passé moyen par cellule (min)	$12 \pm 3,5$	

La distribution des effectifs ne suivant pas une loi normale même après transformation des données (Shapiro-Wilk : p-value <0.05), un test de Kruskal Wallis n'a montré aucune différence significative entre les effectifs de ces 2 campagnes de terrain ($X^2= 1.1826$, p-value >0.05). Il n'y a donc pas de différence significative d'une campagne à l'autre au sein d'une même année, quelles que soient les cellules de prospection tirées aléatoirement. Cela étant, les effectifs réels retrouvés au sein d'une cellule de prospection varient davantage (entre 1 à 201 individus) en comparaison de la gamme arbitraire définie en amont du suivi (entre 1 et 100 individus). Les résultats du bootstrapping réalisé en amont des campagnes de comptages sur le terrain, ne sont donc pas représentatifs de la réalité de la répartition des effectifs.

Réajustement du bootstrapping après test du protocole

Les 2 valeurs d'effectif total de la population d'Anémone sauvage sur le site des Gimonts après les 2 campagnes de terrain ne rentrent pas dans l'intervalle issu du bootstrapping réalisé avant les comptages (initialement compris entre 29756 et 41706 individus). Un réajustement de cette technique de ré-échantillonnage a donc été effectué (tab.3) avec une gamme de valeurs prises par les effectifs d'Anémone dans chaque cellule compris entre 1 et 205 individus. A terme, une nouvelle estimation de la population totale du site, plus proche que celle obtenue par une gamme de valeurs arbitraire de 1 à 100 individus par cellule, est mise en évidence dans le tableau suivant (tab.3).

Tableau 3 : Résultat du bootstrapping réajusté pour les populations d'Anémone sauvage des Gimonts, après 600 simulations via tirage de n cellules

	TO-TAL	Tirage de 40 échantillons	Tirage de 50 échantillons	Tirage de 75 échantillons	Tirage de 100 échantillons	Tirage de 125 échantillons	Tirage de 150 échantillons	Tirage de 200 échantillons	Tirage de 400 échantillons	Tirage de 600 échantillons
Effectif total créé	65719									
Intervalle bootstrap		52,9 ; 139,1	72,4 ; 143,1	76,3 ; 132,7	76,8 ; 126,9	80,7 ; 124,7	84,6 ; 121,4	87,4 ; 118,2	89,1 ; 112,4	94,5 ; 107,6
Effectif total recréé		34220 ; 89998	46810 ; 92586	49366 ; 85857	49690 ; 82104	52232 ; 80681	54756 ; 78546	56548 ; 76475	57641 ; 72723	61135 ; 69617
Effectif total recrée moyen μ		62109	69698	67612	65897	66457	66651	66512	65182	65376
Variance totale σ^2		777792695	523843378	332894621	262678194	202330568	141493285	99277310	56863438	17986802
Dispersion des individus σ autour de μ		± 27889	± 22888	± 18245	± 16207	± 14224	± 11895	± 9964	± 7541	± 4241
σ (%)		44,9%	32,8%	27,0%	24,6%	21,4%	17,8%	15,0%	11,6%	6,5%

L'utilisation d'une nouvelle gamme de valeurs d'effectifs par cellule (entre 1 et 205 individus) met en évidence, par la prise en compte d'une variabilité obtenue après 2 campagnes de terrain, une dispersion des effectifs 2 fois plus importante que celle prévue en amont des comptages (entre 1 et 100 individus). Un effectif total de la population compris entre 34220 et 89998 individus (62019 ± 27889) est obtenu pour un tirage de 40 échantillons dans l'aire de présence totale de l'Anémone sauvage. Cet intervalle est presque 4,5 fois plus étendu que celui en sortie du premier bootstrapping (35731 ± 5975) et montre une dispersion de l'ordre de 44 % autour la valeur d'effectif total recréé moyenne.

Suite à ce réajustement, la dispersion totale σ (en %) en fonction du nombre d'échantillons effectués au cours d'un tirage a été représentée par la figure suivante (fig.12).

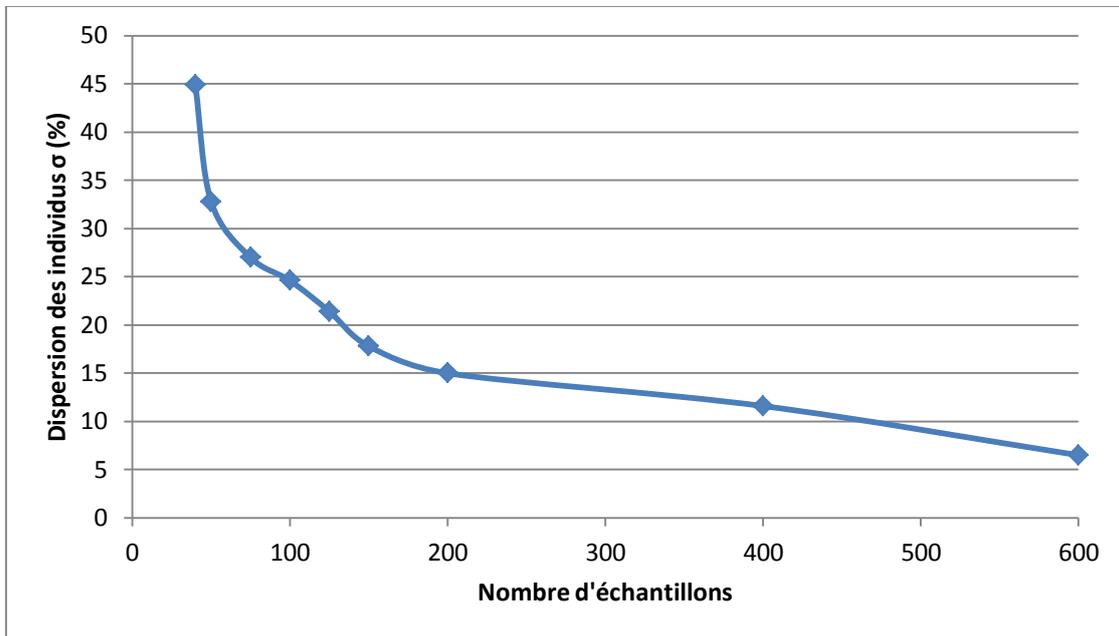


Figure 12 : Courbe représentant la dispersion du nombre d'individus (en % par rapport à une valeur moyenne) liée aux intervalles d'effectifs totaux obtenus par bootstrapping, en fonction d'un nombre d'échantillons tirés pour un comptage

En plus d'observer la réduction de la dispersion (ici une valeur d'écart-type) avec l'augmentation du nombre d'échantillons effectués, on remarque que celle-ci semble atteindre un seuil à 15% passé un tirage de 200 échantillons. Avec un effort d'échantillonnage supplémentaire, il devient plus difficile de gagner en précision dans l'estimation de l'effectif total des populations via un intervalle. L'application de ce protocole avec 40 échantillons est insuffisante vu la dispersion de l'estimation associée, pour donner une valeur représentative de la population totale d'Anémone sauvage sur les Gimonts comme déceler une différence interannuelle dans l'expression de cette espèce.

IV.2 Suivi des végétations à *Liparis loeselii* à l'échelle de 3 sites suivis dans le département de la Somme

Le tableau suivant (tab.4) regroupe les 3 sites présentant des individus de *Liparis de Loesel* qui ont fait l'objet d'un test du protocole de suivis des végétations.

Tableau 4 : Synthèse des sites étudiés pour tester le protocole de suivi des végétations à *Liparis*

Département	Commune	Lieu-dit	Abréviation utilisée
80	Blangy-Tronville	Grand marais	Bl
80	Fort-Mahon-Plage	Pointe de Routhiauville	Fm
80	Saint-Quentin-en-Tourmont	RNN de la baie de Somme	Sq

Stratification des zones de prospection

La carte suivante présente le résultat de stratification via l'historique des occurrences de *Liparis* obtenu pour le site du Grand marais de Blangy-Tronville (fig.13).

Ce « Grand marais » correspond au site le plus important en terme de populations de *Liparis de Loesel* de la Somme (et par extension du territoire picard). On y retrouve de grandes zones de densité stable et récente de *Liparis de Loesel* (symbolisées par un figuré bleu foncé au centroïde rouge) agrégés aux détours de plans d'eau, autour desquelles se rencontrent des occurrences ponctuelles récentes et moins récentes (respectivement représentées par un figuré bleu clair au centroïde orange et blanc) de *Liparis de Loesel*.



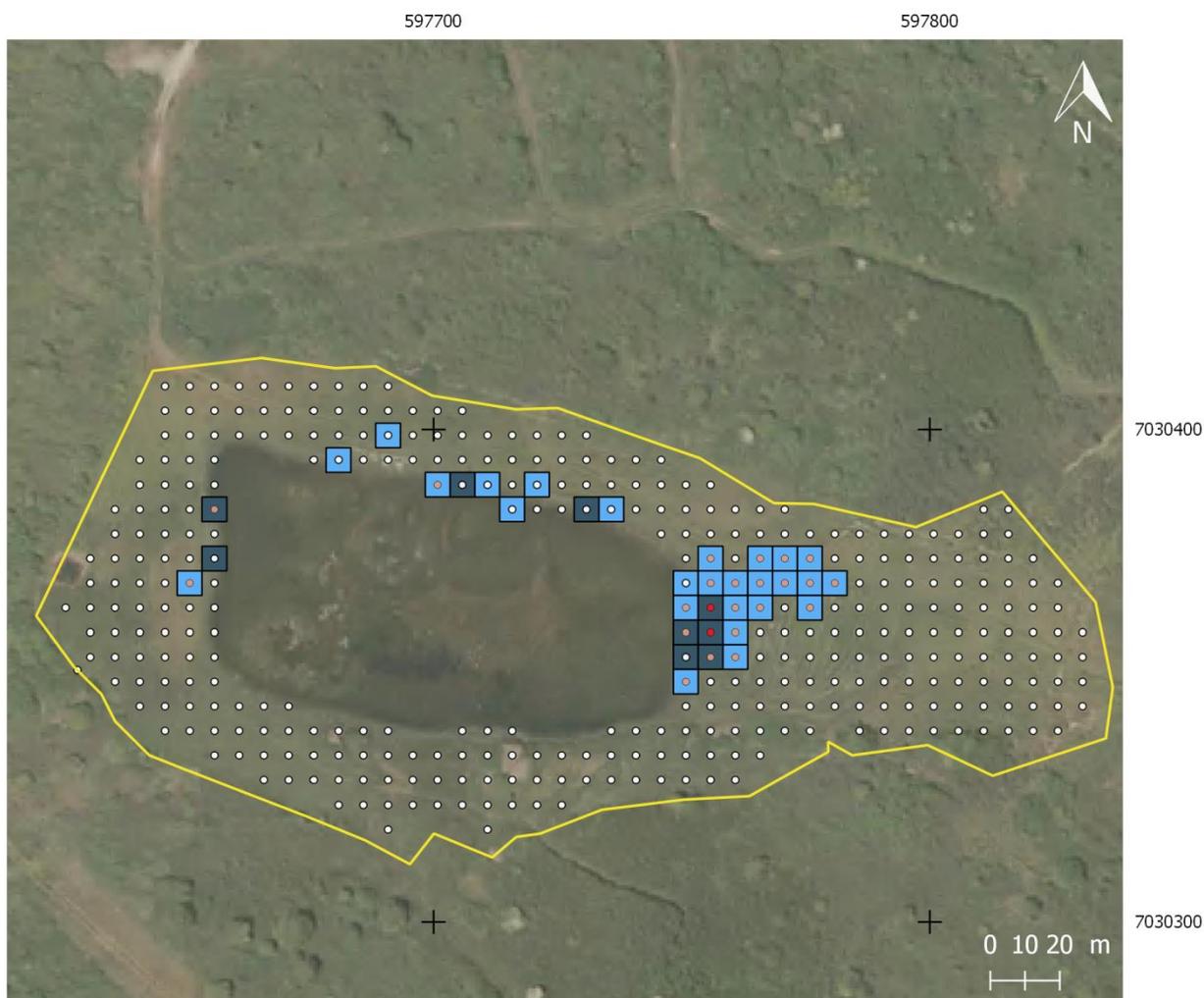
Légende

- zone de prospection sur le site de Blangy-Tronville (80)
- Historique entre 2010 et 2017 de la présence de l'espèce
- zones de présence potentielle
- zones d'occurrence(s) ponctuelle(s)
- zones de densité stable
- Occurrence de l'espèce au cours des 3 dernières années
- 0 occurrence
- 1 à 2 occurrence(s)
- 3 occurrences (systématiques)

Figure 13 : Carte de la stratification sur la base d'une compilation des suivis de populations de Liparis de Loesel par le CBNBL et le CEN Picardie entre 2010 et 2017, dans le « Grand marais » à Blangy-Tronville

La carte suivante (fig.14) présente le même résultat de stratification pour le site de la « Pointe de Routhiauville » (à Fort-Mahon-Plage). De surface moindre, ce site témoigne d'un foyer unique de densité stable de Liparis récent, entourés de quelques occurrences ponctuelles de Liparis de Loesel. Certains de ces foyers de densité stable ne présentent plus de Liparis de Loesel de-

puis 3 ans (symbolisées par figuré bleu foncé au centroïde blanc), et la population semble en légère expansion à l'est du plan d'eau, vu des occurrences ponctuelles plus récentes de Liparis de Loesel (symbolisées par un figuré bleu clair au centroïde orange).



Système de coordonnées : Lambert 93
(EPSG 2154-RGF 93)

Légende

zone de prospection sur le site de Fort-Mahon-Plage (80)

Historique entre 2010 et 2017 de la présence de l'espèce

zones de présence potentielle

zones d'occurrence(s) ponctuelle(s)

zones de densité stable

Occurrence de l'espèce au cours des 3 dernières années

○ 0 occurrence

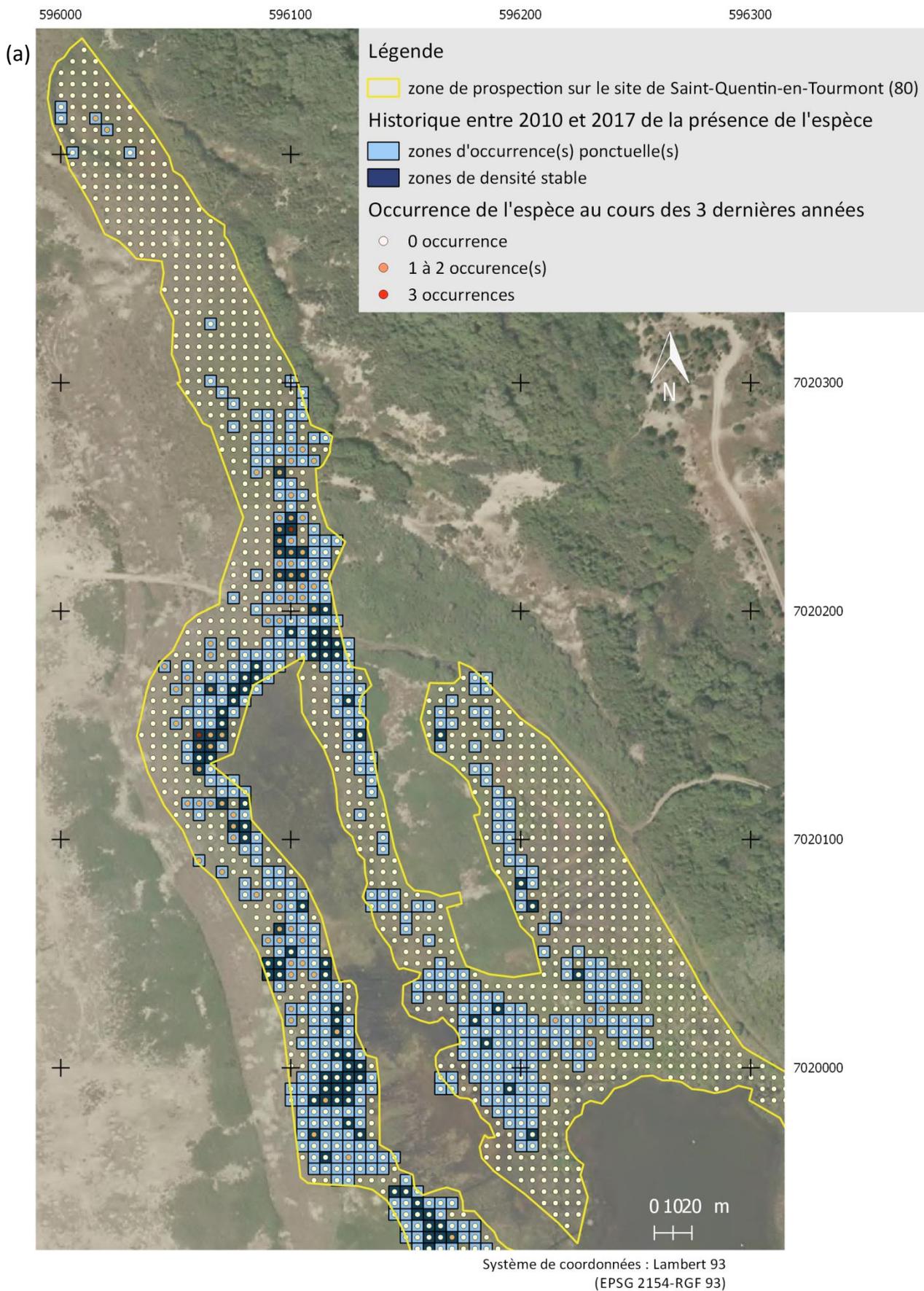
● 1 à 2 occurrence(s)

● 3 occurrences (systématiques)

Figure 14 : Carte de la stratification sur la base d'une compilation des suivis de populations de Liparis de Loesel entre 2010 et 2017, sur le site de la « Pointe de Routhiauville » à Fort-Mahon-Plage

Quant à la figure suivante (fig.15), elle présente la stratification effectuée au nord puis au sud de la Réserve naturelle nationale (RNN) de la Baie de Somme, localisée à Saint-Quentin-en-Tourmont. Le plus étendu en termes de surface, ce site montre des individus de *Liparis de Loesel* plus dispersées dans le temps comme dans l'espace.

En plus de rares zones de densité stable récentes au nord, on remarque surtout une multitude d'anciennes zones stables de *Liparis de Loesel* (symbolisées par un figuré bleu foncé au centroïde blanc) et d'occurrences ponctuelles passées (représentées par un figuré bleu clair et d'un centroïde blanc) sur tout le site, traduisant une contraction des aires de présence de l'espèce sur le site. La majorité des zones d'occurrences ponctuelles récentes (en bleu clair et centroïde orange) se rencontrent au nord du site, de manière tout aussi éparpillée. Sachant que la partie sud du site reste davantage marquée par des occurrences passées d'individus de l'espèce, la présence du *Liparis de Loesel* y est plus ponctuelle voire en réduction ces 3 dernières années.



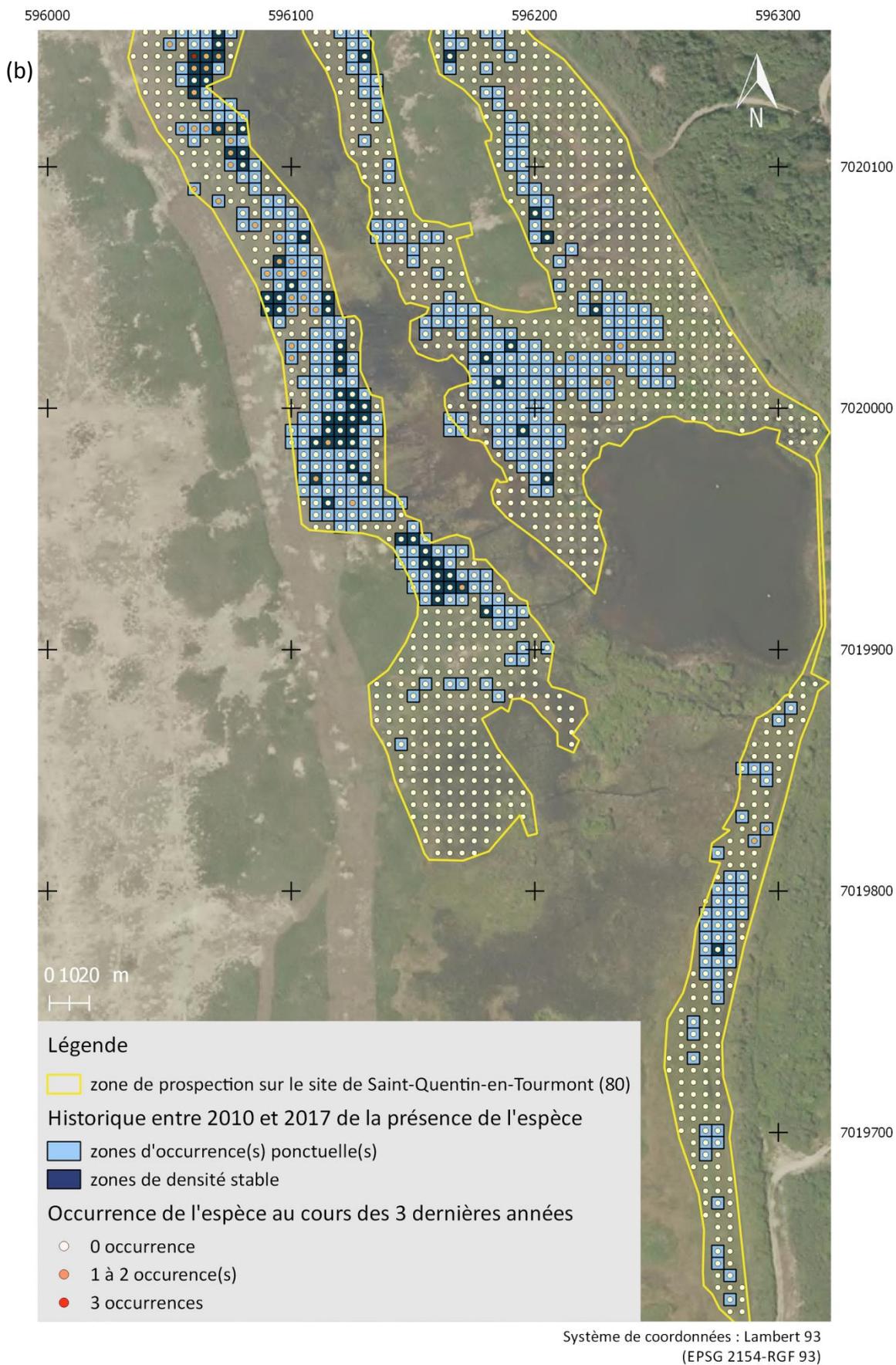


Figure 15 : Cartes de la stratification sur la base d'une compilation des suivis de populations de Liparis de Loesel entre 2010 et 2017, au nord (a) et au sud (b) du site RNN de Saint-Quentin-en-Tourmont

Taux occupation de l'espèce protégée sur chaque site

Le taux d'occupation T des individus de Liparis de Loesel par année sur chacun des 3 sites a été représenté via la figure suivante (fig.16).

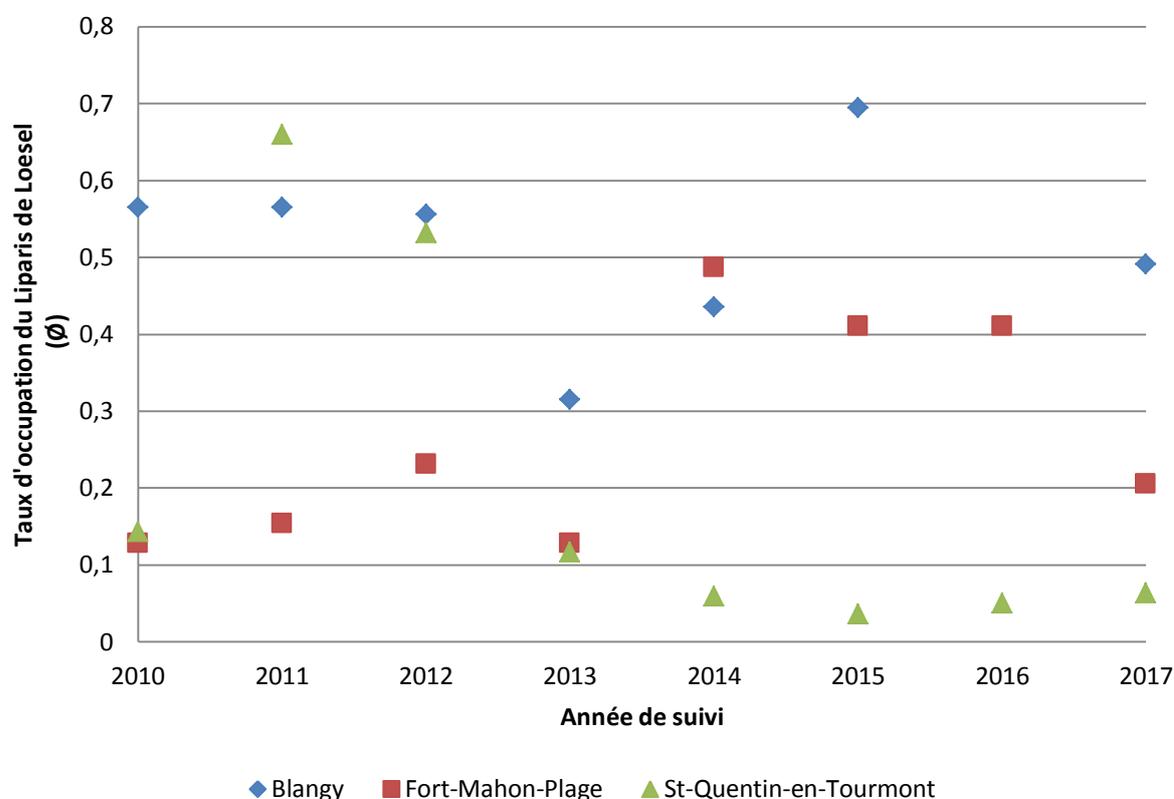


Figure 16 : Représentation du taux d'occupation annuel du Liparis de Loesel pour chacun des sites suivis

Le taux d'occupation correspond à la proportion d'occupation du Liparis par rapport une occupation maximale de référence entre 2010 et 2017. Celui-ci subit de fortes variations annuelles, propres selon le site considéré. Il est à noter que l'année 2013 tous sites confondus n'a pas été propice à une forte expression du Liparis de Loesel (avec $0,1 < T < 0,3$). Dans le cas de la population retrouvées sur la RNN de la Baie de Somme à Saint-Quentin-en-Tourmont, on observe une très forte augmentation entre 2011 et 2012 de ce taux pour fortement décroître jusqu'à une valeur seuil de 0,04 les autres années. Vu l'amplitude des valeurs prises par T, ce site présente du Liparis de Loesel de manière moins stable que les autres. Le taux d'occupation semble se maintenir dans le cas de la population du site de Blangy-Tronville, avec une augmentation notable en 2015 (0,6). Quant au site de Fort-Mahon-Plage, le taux d'occupation du Liparis de Loesel croît entre 2010 et 2012 pour atteindre un maximum en 2014 (0,5), et redescendre en 2017 (0,2).

Localisation des placettes permanentes pour le suivi des végétations à *Liparis de Loesel*

La localisation des 5 placettes définies pour chacun des 3 sites a été représentée dans la carte suivante (fig.17). La nomenclature de celles-ci a été défini par un code correspond à l'abréviation du nom du site et une information issue de la stratification : « D2 » désigne une zone de densité stable de *Liparis*, « D1 » une zone d'occurrence ; « H2 » désigne une occurrence systématique de *Liparis de Loesel* en 3 ans, « H1 » une à deux occurrences en 3 ans et « H0 » aucune en 3 ans. Par exemple, « FmD2H2 » désigne une placette sur le site de Fort-Mahon-Plage, dans la strate de densité stable de *Liparis*, dont l'occurrence reste systématique depuis les 3 dernières années de suivis des populations. « BID1H1 » désignera une placette sur le site de Blangy-Tronville, correspond à une zone d'occurrence(s) ponctuelle(s) récente de *Liparis de Loesel* etc.

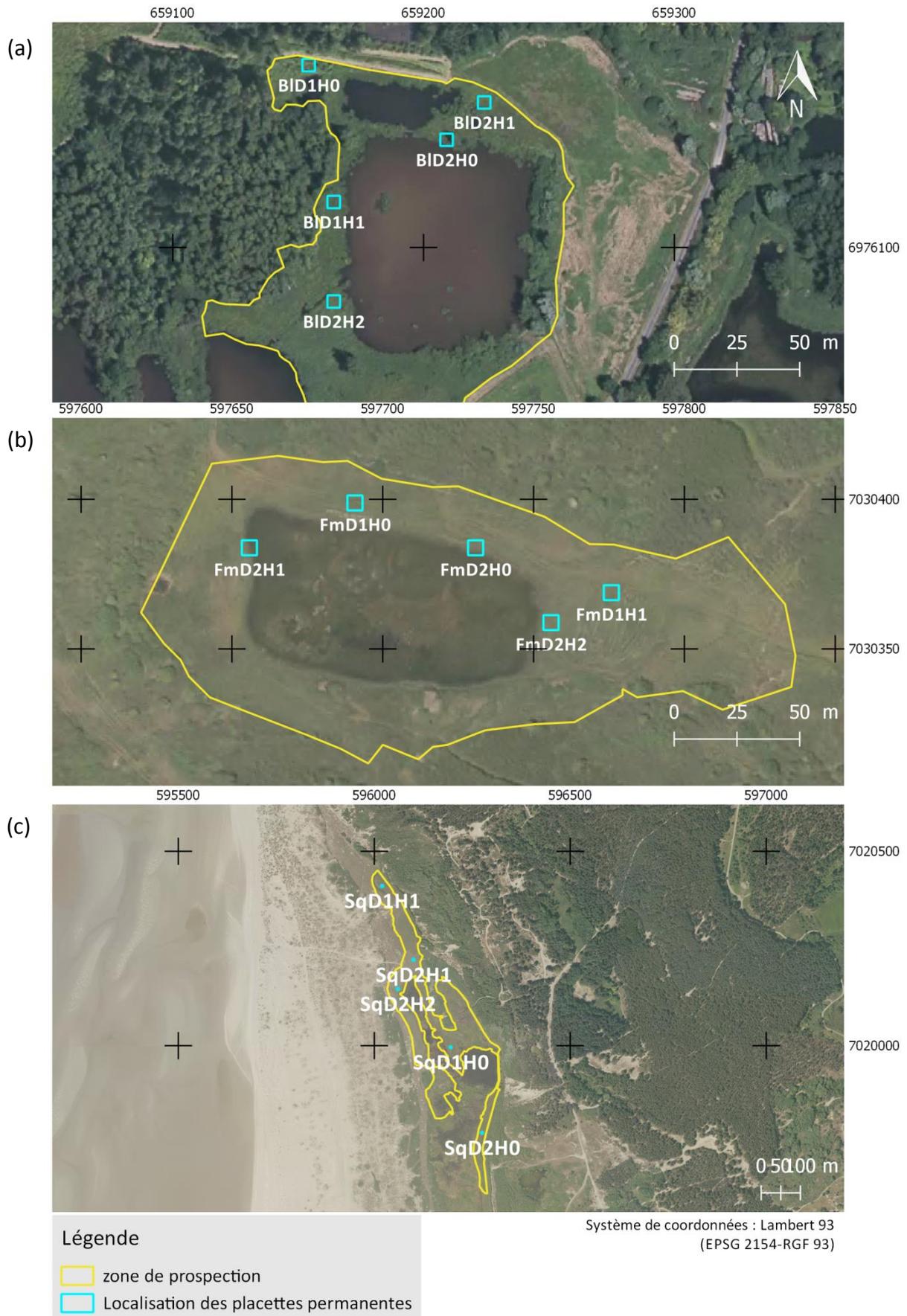


Figure 17 : Cartes des localisations respectives des placettes permanentes pour le suivi des végétations à Liparis de Loesel sur les sites de Blangy (a), Fort-Mahon-Plage (b) et Saint-Quentin-en-Tourmont (c)

Synthèse des résultats après mise à l'épreuve du protocole de suivi de ces végétations

Le tableau suivant (tab.5) regroupe les placettes inventoriées pour chaque site et les données recueillies de recouvrement, de richesse, d'indices de diversité (H et E), avant la mention de l'habitat identifié grâce au cortège exprimé en 2017.

Tableau 5 : Synthèse des informations recueillies à l'issue des suivis de placettes permanentes pour les végétations à *Liparis* de Loesel des 3 sites du département de la Somme

Site	Blangy					Saint-Quentin-en-Tourmont					Fort-Mahon-Plage											
Placette permanente	BID 2H 1	BID 2H 2	BID 1H 0	BID 2H 0	BID 1H 1	SqD 2H 2	SqD 1H 1	SqD 1H 0	SqD 2H 1	SqD 2H 0	Fm D2 H2	Fm D1 H0	Fm D2 H1	Fm D2 H0	Fm D1 H1							
Recouvrement moyen herbacé (%)	80	70	75	70	75	65	80	75	70	80	70	90	80	60	80							
Recouvrement moyen muscinal (%)	10	10	10	10	10	25	5	5	10	5	10	10	0	5	5							
Hauteur moyenne de végétation (m)	0,25	0,5	0,55	0,3	0,5	0,15	0,1	0,35	0,2	0,25	0,1	0,15	0,15	0,1	0,15							
Richesse spécifique R	17	15	21	27	28	29	27	26	26	28	27	26	28	27	27							
Indice de Shannon H	2,47	2,42	2,79	3,14	3,20	3,09	3,01	2,91	2,98	2,95	2,97	2,86	3,01	3,04	2,96							
Indice d'Evenness E	0,87	0,89	0,92	0,96	0,96	0,92	0,92	0,89	0,92	0,89	0,90	0,88	0,90	0,92	0,90							
Habitat identifié	<i>Alno glutinosae - Salicetum cinereae</i>		<i>Thelypterido palustris - Phragmitetum australis</i>			<i>Alno glutinosae - Salicetum cinereae</i>					<i>Acrocladio cuspidati - Salicetum arenariae</i>		<i>Hydrocotylo vulgaris - Juncetum subnodulosi</i>		<i>Carici pulchellae - Agrostietum 'maritimae'</i>		<i>Hydrocotylo vulgaris - Schoenenion nigricantis</i>		<i>Carici pulchellae - Agrostietum 'maritimae'</i>		<i>Hydrocotylo vulgaris - Schoenenion nigricantis</i>	

Les végétations des placettes inventoriées sont couvertes de 65 à 90 % et la hauteur moyenne de celles-ci n'excède pas 55 cm. La strate muscinale est faiblement représentée dans les relevés. La caractérisation de chaque placette via l'outil phytosociologique a permis de dégager différents habitats définis jusqu'au syntaxon, voire jusqu'à l'alliance dans le cas de l'*Hydrocotylo*

vulgaris - *Schoenenion nigricantis*. Trois végétations dominantes ont été identifiées pour Blangy contre deux pour Fort-Mahon-Plage et Saint-Quentin-en-Tourmont. La richesse spécifique, relativement élevée dans les relevés, est comprise entre 15 et 29 espèces identifiées. Les indices de Shannon et l'indice d'Evenness (E) sont relativement similaires : étant donné des fortes valeurs d'Evenness ($0.87 < E < 0.96$), caractéristiques d'un cortège où les espèces sont exprimées dans des proportions similaires. Cela étant, on remarque que les valeurs d'Evenness de placettes où le *Liparis* s'exprime de manière récente à Blangy (BID2H2 et BID2H1) sont toujours inférieures à celles des autres placettes du même site. A l'opposé, l'Evenness est supérieur dans le cas des placettes de Fort-Mahon-Plage et Saint-Quentin-en-Tourmont où le *Liparis* de Loesel est retrouvé récemment.

Analyses multivariées

En premier lieu une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été effectuée sur les données de présence/absence des espèces dans l'ensemble des 15 placettes permanentes inventoriées au cours du suivi des végétations à *Liparis* de Loesel. Deux axes ont été conservés afin de représenter les données dans un plan factoriel en 2 dimensions. L'inertie totale s'élève ici à 42,09 % : avec 26,36 % pour le premier et 15,73 % pour le second axe. La projection dans un plan de la répartition des espèces identifiées lors du suivi (fig.18) et des placettes permanentes (fig.19) est reportée ci-après.

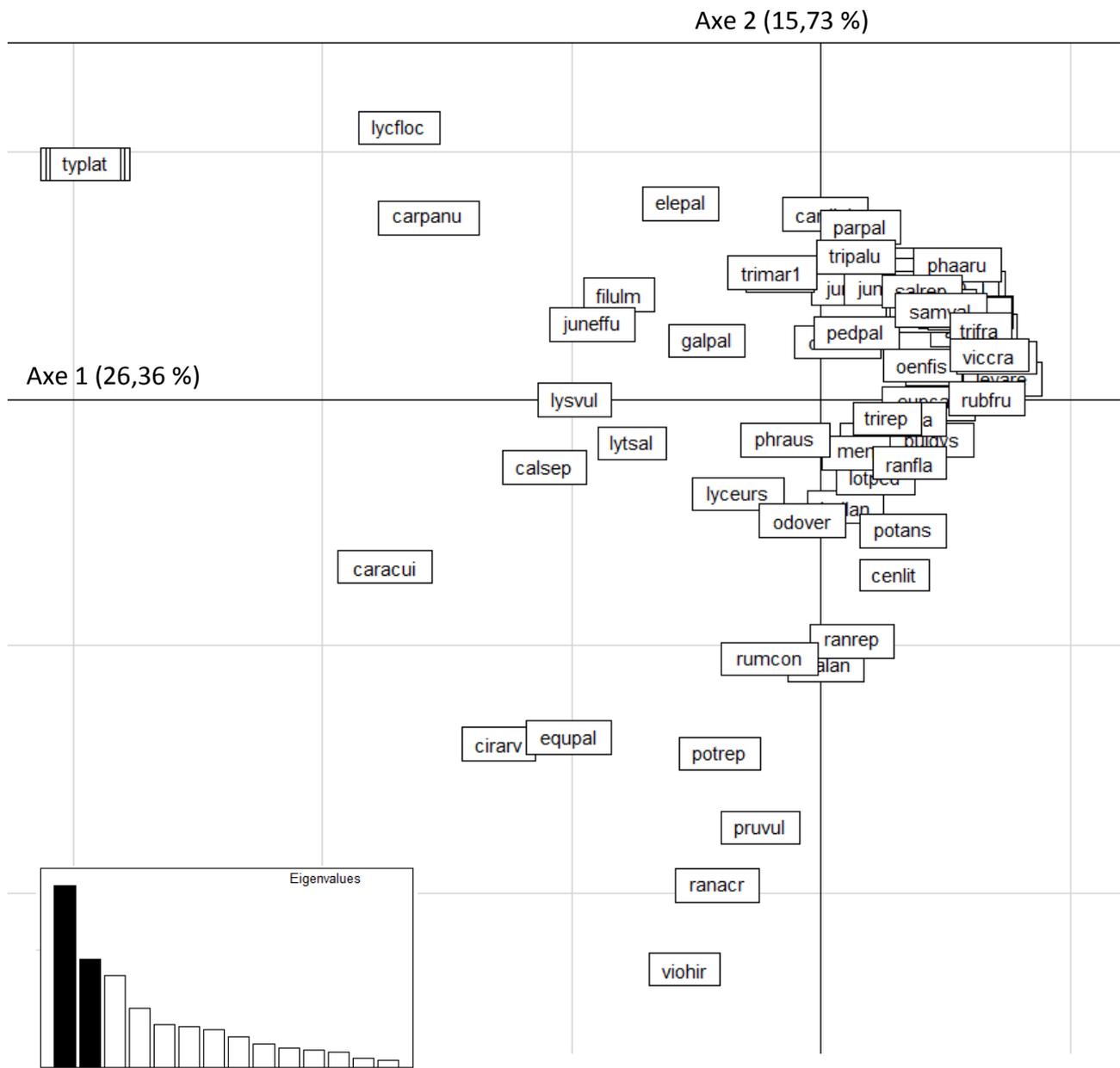


Figure 18 : Plan de projection (AFC) des espèces retrouvées à 95% dans les relevés 2017 des placettes permanentes pour le suivi des végétations à Liparis de Loesel

Cette analyse permet de faire ressortir les espèces caractéristiques des axes explicatifs, et celles des différentes placettes inventoriées. L'interprétation des axes du plan permet d'identifier un axe 1 résumant de gauche à droite un facteur de granulométrie croissante, et pour l'axe 2 de bas en haut un facteur lié au caractère hygrophile des espèces projetées.

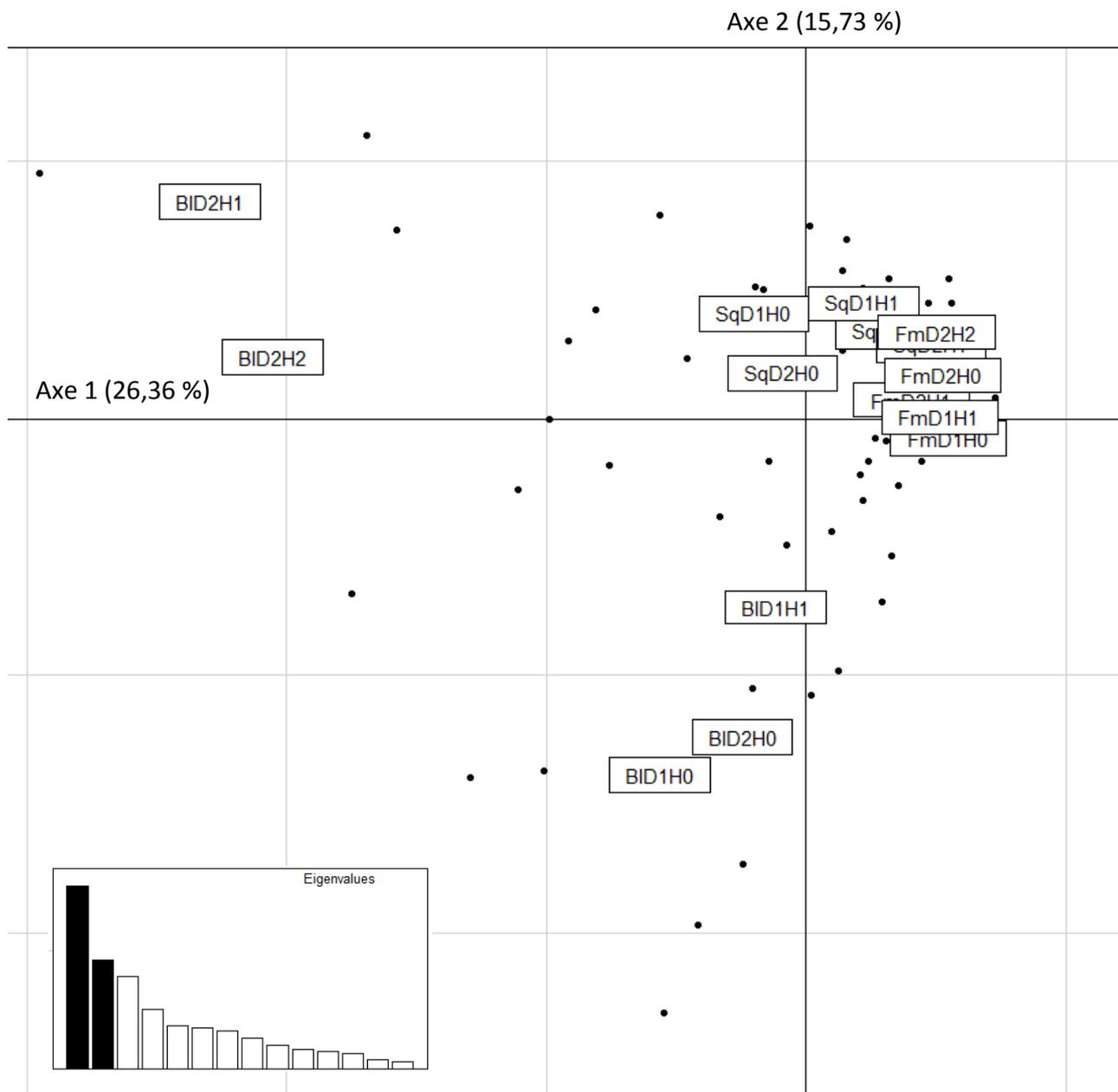


Figure 19 : Représentation l'AFC des placettes permanentes définies dans le cadre du suivi des végétations à Liparis de Loesel en 2017, sur les sites de Blangy (BI) Fort-Mahon-Plage (Fm) et Saint-Quentin-en-Tourmont (Sq)

L'AFC met en évidence 3 lots de placettes : un premier lot en haut à gauche de la projection caractérisé par les végétations pourvues d'une occurrence récente de Liparis de Loesel sur le site de Blangy. En bas à droite se retrouvent les végétations présentant historiquement du Liparis de Loesel sur le même site. Ce site montre un cortège tout à fait différent des 2 autres. Quel que soit l'historique de présence du Liparis de Loesel dans les placettes inventoriées, les placettes de Fort-Mahon-Plage et Saint-Quentin-en-Tourmont montre un cortège similaire d'après cette analyse. Les placettes de Blangy sont bien caractérisées par un lot d'espèces différentes (*Carex acutiformis*, *Carex paniculata*, *Typha latifolia*...) que celles de Fort-Mahon-Plage et Saint-Quentin-en-Tourmont

(*Pedicularis palustris*, *Triglochin palustris*, *Oenanthe fistulosa*...). Afin de mieux représenter les similitudes entre les cortèges des placettes de chaque site et pour chaque historique de présence du *Liparis de Loesel*, un dendrogramme (CAH) a été représenté comme état de référence des placettes en 2017 (fig.20).

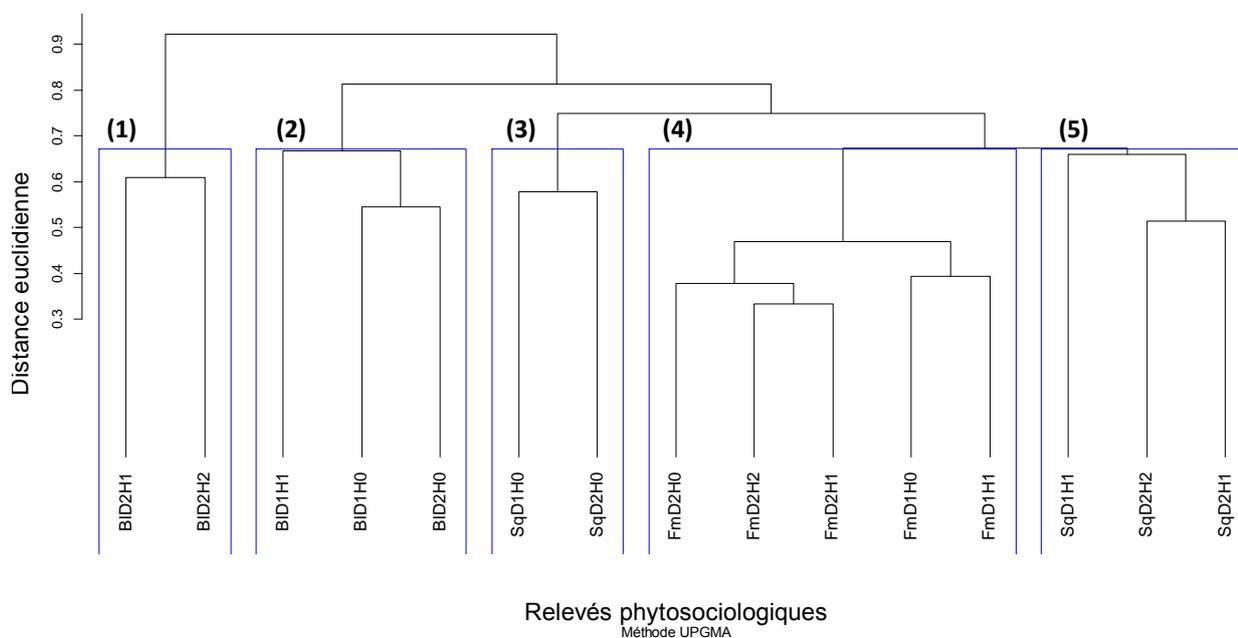


Figure 20 : Dendrogramme basé sur une matrice de distance par l'indice de Sorensen des placettes suivies dans le cadre du suivi des végétations à Liparis de 3 sites du département de la Somme

Ce dendrogramme met en évidence les similitudes des cortèges de chaque placette permanente. Cinq regroupements ont été faits sur la base de la caractérisation phytosociologique, avec : le *Thelypterido palustris - Phragmitetum australis* de Blangy-Tronville (1), l'*Alno glutinosae - Salicetum cinereae* pour le site de Blangy-Tronville (2), le *Juncetum subnodulosi - Hydrocotylo vulgaris* mêlé à l'*Acrocladio cuspidati - Salicetum arenariae* sur le site de Saint-Quentin-en-Tourmont (3), le *Carici pulchellae - Agrostietum 'maritimae'* et l'*Hydrocotylo vulgaris - Schoenenion nigricantis* caractéristiques du site de Fort-Mahon-Plage (4), et enfin l'*Acrocladio cuspidati - Salicetum arenariae* de Saint-Quentin-en-Tourmont (5). Les végétations présentant une occurrence stable et récente de *Liparis de Loesel* (codifiées par « D2H2 » et « D2H1 ») considèrent les végétations les plus favorables à l'occurrence de l'espèce. Celles-ci, quel que soit le site considéré, montrent un cortège très semblable entre elles et dissemblable des autres placettes. Seul le cas du site de Fort-Mahon-Plage montre des végétations relativement semblables quel que soit l'historique de présence de *Liparis de Loesel* par rapport aux 2 autres sites considérés. Cette analyse multivariée corrobore, à l'exception de l'*Acrocladium cuspidati - Salicetum arenariae*, les résultats de caractérisa-

tion phytosociologique des placettes, avec cependant plus de précision. On peut conclure sur la forte typicité du *Liparis de Loesel* aux syntaxons que sont *Thelypterido palustris - Phragmitetum australis*, *Acrocladio cuspidati - Salicetum arenariae et Carici pulchellae - Agrostietum 'maritimae'*. Par extension, les autres végétations sont moins favorables à la présence de *Liparis de Loesel* en 2017.

IV Discussion

IV.1 Protocole d'estimation de la population totale d'Anémone sauvage

IV.1.1 Un échantillonnage par tirage aléatoire pour estimer la taille des populations

Le protocole permet d'obtenir un nombre total d'individus d'une espèce difficilement dénombrable dans une zone de prospection sur la base de n échantillons. L'un des problèmes majeurs dans l'élaboration d'un protocole reste la détermination de ce nombre d'échantillons (Levy & Lemeshow, 2008) afin d'obtenir une estimation précise d'un paramètre (Palm, 2002), comme l'effectif moyen par unités de surface constante. Plus le nombre d'échantillons augmente, plus l'écart-type formé par les effectifs diminue, et plus l'estimation du nombre total d'individus de l'espèce suivie dans ses aires de présence devient précise. Un premier test du protocole avec un échantillonnage aléatoire de 40 cellules d'une grille fixe entraîne une estimation de l'effectif total de la population d'Anémone sur le site des Gimonts insuffisante : l'intervalle formé étant trop important pour mettre en évidence une différence dans l'expression annuelle de l'Anémone sauvage.

Le bootstrapping réalisé en amont de comptage, soit le ré-échantillonnage de valeurs d'effectifs théoriques générés dans une gamme de valeur de 1 à 100 individus par cellule montre une dispersion des effectifs relativement faible. Après mise à l'épreuve sur le terrain du protocole, l'étendue de cette gamme est 2 fois supérieure (de 1 à 201 individus par cellule). De fait, les estimations de l'effectif total d'Anémone sauvage via un premier bootstrapping ne représentaient pas la réalité de la distribution des effectifs. Un réajustement de cette méthode entraîne une meilleure estimation du nombre optimal d'échantillons à effectuer dans le but de quantifier la population totale d'Anémone sauvage sur une zone de prospection donnée.

Un nombre constant d'échantillons doit être effectué d'années en années. Afin de respecter les contraintes de temps et de moyens humains imposées pour ce suivi, le protocole retenu nécessite un comptage de 50 cellules par 3 observateurs. Un total de 150 échantillons par comptage annuel sur le site des Gimonts fixé, après la considération des résultats du bootstrapping réajusté et du temps moyen de prospection d'une cellule de 4 m². Ainsi ces modalités autorisent une prospection accrue et une dispersion de l'intervalle d'effectif total de l'ordre de 17 %. Dans une tentative de fournir dès cette année une valeur plus proche de la réalité de l'effectif total des populations d'Anémone sauvage sur le site des Gimonts, les résultats des deux campagnes de terrain ont été fusionnés, après suppression des (5) cellules identiques entre celles-ci. Permettant

d'obtenir un échantillon final de 75 cellules, la population totale s'élève à 59184 individus sur le site des Gimonts en 2017.

Quel que soit le nombre d'échantillons retenu, la dispersion de l'intervalle formé résulte d'une erreur (MacKenzie & al, 2006) relative à la sélection aléatoire de cellules pour le comptage (Szaro & King, 1990), mais surtout à la dispersion des valeurs d'effectifs dans une surface de 4 m². Cela étant, l'absence de différence significative par un test de Kruskal Wallis entre les effectifs des 2 campagnes de comptages par tirage de 40 échantillons effectués en 2017 montre que cette erreur d'échantillonnage n'a pas d'effet lors d'un comptage basé sur au moins 40 échantillons. D'autre part, il reste toujours une incertitude autour de la gamme réelle du nombre d'individus compris dans une surface d'échantillonnage de 4m². 40x2 échantillons ont été effectués pour suivre l'Anémone sauvage sur le site des Gimonts, échantillons qui ne représentent qu'une portion de la dispersion de la densité d'individus d'Anémone sauvage par unité de 4 m². Seule une application de ce protocole dans les années à venir permettra d'obtenir une meilleure impression de cette dispersion à mesure des tirages et comptages de cellules.

IV.1.2 La délimitation des aires de présence pour illustrer la répartition spatiale de l'Anémone sauvage

Définir les aires de présence de l'espèce permet d'évaluer sa répartition fine à l'échelle d'un site. Parcourir l'intégralité de la zone de prospection permet un gain en exhaustivité par la caractérisation de zones de présence. Traiter cette notion d'aire(s) de présence par l'intermédiaire d'une grille fixe d'unités spatiales constantes (ici des cellules de 4 m²), permet également l'analyse de l'occupation spatiale de l'espèce au fil des années. En effet, attribuer aux cellules de la grille une donnée d'occurrence en présence-absence de l'espèce pour chaque année permet d'illustrer son taux de changement (Gotelli, 2000) : soit l'illustration fine de la dynamique spatiale interannuelle de l'Anémone sauvage par cartographie dans une zone de prospection donnée.

Cette approche basée sur la caractérisation des aires de présence repose sur le postulat que si l'espèce n'est pas détectée, c'est que celle-ci n'est pas présente. En d'autres termes, cela suppose que sa probabilité de détection est constante et égale à 1 (Kéry, 2002) au cours de chaque suivi et quel que soit l'observateur. Cette hypothèse n'est pas vérifiée sur le terrain : la détectabilité est variable selon des facteurs liés à l'état phénologique de l'espèce, l'accessibilité du site et de ses végétations, les conditions météorologiques (MacKenzie & al, 2006), l'expérience et la fatigue de l'observateur, etc.. Cette notion de détectabilité hétérogène est ici compensée par un effort de prospection équivalent pour toutes les zones de prospections suivies en 1 jour.

Un compromis dans le choix du pas de la grille utilisée

La surface des cellules joue un rôle essentiel dans l'estimation de la taille de population : plus cette surface est petite, plus l'estimation de l'effectif total est précise et la dispersion de l'intervalle généré par bootstrapping petite. Une surface de 4 m² par cellule a été testée pour une estimation optimale de l'effectif total. Plus le pas de la grille projetée est petit, plus la taille des cellules formées diminue, plus le nombre de cellules intersectées avec les aires de présence de l'espèce augmente. Ceci contraint à échantillonner plus de cellules, pour obtenir une estimation plus fine de l'effectif total. Diminuer le nombre de cellules à échantillonner reste difficile, mais diminuer la taille de la cellule permet de réduire le temps consacré au comptage des individus contenus dans celle-ci. En effet, plus la cellule formée est petite, plus l'espèce y est facilement détectable, le nombre d'individus à compter faible et le temps de comptage réduit. Cela étant, une diminution du pas de la grille engendre une imprécision plus grande dans le repérage GPS des cellules sur site : d'où la conservation d'un pas de 2 m pour ce protocole.

Il faut également considérer les zones rognées par l'application de cette grille. En effet, seules les cellules incluses à 75% dans les aires de présence de l'espèce ont été conservées pour l'échantillonnage. Cette limite de l'utilisation d'une grille entraîne une perte de ces cellules non incluses, en marges des aires de présence. Que pensez de ces cellules supprimées, présentant une faible proportion d'individus de l'espèce suivie ? L'utilisation d'un pas plus petit de la grille diminuerait la surface des zones rognées en marges des aires de présence. De la même façon, conserver plus de cellules incluses à un pourcentage inférieur à 75% permettrait de réduire de telles zones en marges.

IV.2 Protocole de suivi des végétations retenu

De l'intérêt d'un échantillonnage stratifié par choix préférentiel

Le protocole de suivi des végétations accueillant une espèce protégée au titre de la Directive Habitats Faune Flore a été mis à l'épreuve dans le but de mettre en relation les végétations en place avec la présence d'individus de *Liparis de Loesel*. Une première étape de stratification résume sous la forme d'une grille de pas fixe, l'occurrence de *Liparis de Loesel* pour chaque cellule de la grille et pour chaque année de suivi. En plus d'obtenir la répartition annuelle de l'espèce, la stratification permet d'observer les mouvements des populations (par comparaison au fil des ans) et d'identifier les foyers de populations plus ou moins stables de l'espèce sur site. En délimitant de telles zones de présence stable, ponctuelle et potentielle de *Liparis de Loesel*, il est possible d'inventorier un panel de cortèges typiques selon un historique de présence de l'espèce. La strati-

fication d'une grille permet un échantillonnage dit stratifié. Un échantillonnage par choix préférentiel dans les strates répartit l'effort d'échantillonnage : par l'allocation optimale d'un relevé de végétation et la diminution de répliques écologiques (Whitman & Ambrose, 2000). Le protocole permet un suivi de 5 placettes permanentes par site accueillant du *Liparis de Loesel*, inventoriées en une demi-journée par un observateur. La limite d'un tel effort d'échantillonnage considère des végétations, associées à la présence de *Liparis de Loesel* dans chacune des strates, basées sur les observations d'un seul échantillon : la cellule de 25 m².

A l'issue d'une première application, ce protocole n'est pas adapté à l'utilisation de la phytosociologie sigmatiste. En effet, les cellules choisies ne présentent pas systématiquement une végétation homogène sur le terrain. Le diagnostic des végétations par la phytosociologie sigmatiste renseigne néanmoins la végétation la plus dominante au sein d'une cellule (la placette), et ce avec une précision variable selon le cortège en place. C'est l'analyse des occurrences des espèces végétales identifiées dans les placettes qui se révèle pertinente afin d'étudier la dynamique des végétations à *Liparis de Loesel*.

Vers la mise en place d'un dispositif de surveillance des végétations associées aux espèces protégées

L'analyse multivariée donne une représentation synthétique des relevés de végétations en fonction de l'historique de présence du *Liparis de Loesel*. Cette analyse permet d'obtenir un état de référence de la composition des placettes en 2017 et la typicité de l'espèce protégée dans les végétations inventoriées pour l'étude de la dynamique des végétations dans le temps. C'est l'utilisation du coefficient de Sorensen d'ici la campagne de suivi 2018 qui permettra la comparaison des cortèges inventoriés dans les placettes de manière annuelle. Cet indice et une nouvelle analyse multivariée fourniront une représentation de la dynamique des végétations exprimées dans les placettes permanentes, et à terme son influence sur l'occurrence de *Liparis de Loesel*. Ce protocole de suivi par unités permanentes reste le point de départ de la mise en place d'un dispositif de « suivi des végétations associées à une espèce rare », selon Wiser & Rose (1997).

Conclusion

Deux protocoles de suivi pour les deux axes de la mission confiée au cours de ce stage ont pu être élaborés, dans le respect de contraintes imposées aux suivis d'espèces gravement menacées sur le territoire picard par le CBNBL.

Le premier protocole considère un suivi effectué dans le but d'estimer chaque année l'effectif total d'une population dont le dénombrement complet reste impraticable. Mis à l'épreuve pour l'Anémone sauvage, celui-ci consiste à la délimitation des aires de présence de l'espèce dans une zone de prospection selon le protocole du CBNBL initialement instauré pour les espèces de la Directive Habitats Faune Flore. Grâce à des outils cartographique et statistique, il a été possible de tester les modalités de méthode d'échantillonnage les plus pertinentes. Un premier recul sur les limites de ce premier protocole mis à l'épreuve consiste en un réajustement du pas de la grille, et celui de la gamme de valeurs d'effectifs par unité de surface au fil des campagnes de comptages d'années en années. Par ailleurs, il est essentiel de préciser que les valeurs d'effectifs totaux estimés sont propres à chaque zone de prospection suivie. Seule la méthode peut être reproduite à l'échelle d'une zone de prospection d'une espèce dont le dénombrement pied à pied est difficile, voire humainement impossible. Par exemple, ce protocole peut être étendu à une autre zone de fortes concentrations d'individus d'Anémone sauvage, plus au centre du camp militaire de Sissonne. De même, ce protocole peut être appliqué à l'estimation de la population d'une autre espèce protégée à forte responsabilité sur le territoire picard : le Rossolis à feuilles rondes (*Drosera rotundifolia* L.) sur les landes de Versigny dans l'Aisne.

Le second protocole permet de suivre la dynamique des végétations associées à l'occurrence d'une espèce protégée par la Directive Habitats Faune Flore. En représentant par une grille fixe l'occurrence d'une espèce à forte responsabilité comme le Liparis de Loesel ou l'Ache rampante, l'historique de la présence de l'espèce à l'échelle d'une zone de prospection entraîne une représentation simple de la dynamique de ses populations. Une telle étape met en évidence les différents foyers de populations à l'échelle d'un site. Le suivi de placettes permanentes localisées dans ces foyers, sur un pas de temps fixé sur 5 ans, permettra d'observer la réponse des végétations face à un processus de succession spontanée mais aussi face à l'impact de la gestion. Grâce à la comparaison de la composition des cortèges dans le temps, la mise en place de ce protocole engendre des données pertinentes dans le cadre d'une conservation à l'échelle de l'habitat, en faveur de l'expression d'une espèce à forte responsabilité sur un territoire donné. Mis à l'épreuve

pour le Liparis de Loesel et pour l'Ache rampante en 2017, ce protocole pourra aussi être appliqué au Sisymbre couché par le CBNBL d'ici 2018.

Bilan de stage

Le bilan de cette expérience professionnelle de six mois au sein de l'antenne Picardie du CBNBL est plus que positif. Le sujet de mon stage, relatif à la conception de stratégies d'échantillonnage, que ce soit pour l'estimation de la taille de populations difficilement dénombrables ou pour l'illustration de la dynamique de végétations associées à une espèce protégée m'a véritablement passionné, vu les tenants et aboutissants de ces suivis utiles à la conservation du patrimoine floristique. Comprendre et m'investir dans une mission de cette envergure est considérablement enrichissant. De plus, concevoir un protocole tout en respectant des contraintes établies reste un travail complexe, qui allie pragmatisme et rigueur scientifique.

J'ai eu l'opportunité de développer mes compétences en conception de suivis, en cartographie, traitement statistique de données écologiques, phytosociologie mais surtout en botanique. J'ai pu travailler sur certains aspects essentiels à la mise en place d'un suivi comme la nécessité d'organisation, de communication et de gestion du temps. Échanger sur des problématiques diverses avec les différents collaborateurs du CBNBL ainsi que d'autres intervenants (principalement du CEN Picardie et du SMBSGLP) m'a également permis de renforcer ma vision de la préservation de la biodiversité et de la conservation durable des milieux semi-naturels. Dans sa globalité, ce stage de fin d'études est très formateur, autant sur le plan professionnel que sur le plan humain.

Ressources bibliographiques

Articles

- ANON. (1992) « Directive 92/43CEE du Conseil, relatif à la conservation des habitats naturels et de la faune et la flore forestière » Journal officiel des Communautés européennes
- BALMFORD A., CRANE P., DOBSON A., RHYS E., GREEN M. et GEORGINA M. (2005) « The 2010 challenge: data availability, information needs and extraterrestrial insights » Philosophical Transactions : Biological Sciences, 360, Issue 1454, pp.221-228
- BRAUN-BLANQUET J. & DE LEEUW W.C (1936) « Vegetationsskizze von Ameland. Overgedrukt uit het Nederlansch Kruikundig Archief » Station internationale de Géobotanique méditerranéenne et alpine de Montpellier, 46, pp.359-393
- Conservatoire botanique national de Bailleul CBNBL (2005) « Plantes protégées de la région Picardie » Centre régional de Phytosociologie agréé Conservatoire national de Bailleul, p.124
- Conservatoire botanique national de Bailleul CBNBL (2011) « Protocole de suivi des plantes vasculaires inscrites au titre de la Directive Habitats-faune-flore du nord-ouest de la France – Déclinaison pour les plantes présentes en Picardie et proposition de déclinaison à l'échelle du territoire d'agrément du CBNBL » Centre régional de Phytosociologie agréé Conservatoire national de Bailleul, Direction régionale de l'Environnement, de l'aménagement et du logement en Picardie, Conseil régional de Picardie, Conseils généraux de l'Aisne, l'Oise et la Somme, p.4
- DE FOUCAULT B. (1986) « Petit manuel d'initiation à la phytosociologie sigmatiste » Société linnéenne du Nord de la France, Amiens p.49
- DUVIGNEAUD, P. (1947) « Remarques sur la végétation des panes dans les dunes littorales entre la Panne et Dunkerque » Bull. Soc. Roy. Bot. Belg., 79, pp.123-140
- FORT N. et BONNET V. (2011) « Réseau des acteurs de la conservation de la flore Aples-Ain – Rapport d'activités 2011 » Conservatoire botanique national Alpin, p.53
- FRANÇOIS R, PREY T., HAUGUEL J.C., CATTEAU E., FARVACQUES C., DUHAMEL F., NICOLAZO C., MORA F., CORNIER T. et VALET J.F.M. (2012) « Guide des végétations des zones humides de Picardie » Centre régional de Phytosociologie agréé Conservatoire national de Bailleul, p.656
- GÉHU J.M. (1980) « La phytosociologie d'aujourd'hui, Méthodes et orientations » Not. Fitosoc., 16, pp.1-16
- GÉHU J.M. (1991) « L'analyse symphytosociologique et géosymphytosociologique de l'espace - Théorie et méthodologie » Collection Phytosociologique XVII, Phytosociologie et paysages, pp.12-46
- GOTELLI N.J. (2000) « Null model analysis of species co-occurrence patterns » Ecology, 81, pp.2606-2621
- HAUGUEL J.C. et TOUSSAINT B. (2012) « Inventaire de la flore vasculaire de la Picardie (ptéridophytes et spermatophytes) : Raretés, protections, menaces et statuts [version 4d] » Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul, Société Linnéenne de Picardie, p.132
- JOLY D., BROSSARD T., CARDOT H., CAVAIHES J., HILAL M. & WAVRESKY P. (2010) « Les types de climats en France, une construction spatiale » Cybergeog : European journal of geography, p.23

- KÄSERMANN C. et MOSER D.M. (1999) « Fiches pratiques pour la conservation – Plantes à fleurs et fougères » Office fédéral de l'environnement, des forêts et des paysages, pp.264-265
- KÉRY M. (2002) « Inferring the absence of a species : a case study of snakes » *Journal of Wildlife Management*, 66, pp.330-338
- KREBS C.J. (2014) « Ecological methodology, 3rd edition » En préparation de publication (version .pdf), p.745
- LAJER K. (2007) « Statistical Tests as Inappropriate Tools for Data Analysis Performed on Non-Random Samples of Plant Communities » *Geobotanica*, 42, Issue 2, pp. 115-122
- LAMBINON J., DE LANGHE J.E., DELVOSALLE L. et DUVIGNEAUD J. (1992) « Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du nord de la France et des régions voisines » Edition du patrimoine du Jardin botanique national de Belgique, p.1092
- LAZAR R., MEEDEN L. et NELSON D. (2008) « A noninformative Bayesian approach to finite population sampling using auxiliary variables » *Survey Methodology*, 34, Issue 1, pp.51-64
- LEVY P.S. et LEMESHOW S. (2008) « Sampling of populations : Methods and Applications » Wiley Series in Survey Methodology - Fourth Edition, p.576
- LEVY V. (2017) Communication personnelle
- LEVY V., HAUGUEL J.C. et VALET J.M. (2010) « Tableau de bord de la flore patrimoniale préservée du département de la Somme » Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul pour le Conseil régional de la Somme, le Conseil régional de Picardie et la DREAL Picardie, p.53
- MACKENZIE D., NICHOLS D., ROYLE J., POLLOCK K., BAILEY L. et HINES J. (2006) « Occupancy Estimation and Modeling Inferring Patterns and Dynamics of Species Occurrence » Academic Press from Elsevier, p.343
- MAGURRAN A.E (1988) « Ecological Diversity and its Measurement » Edition Springer Netherlands, p.179
- MANDAL G. et JOSHI S.P. (2014) « Analysis of vegetation dynamics and phytodiversity from three dry deciduous forests of Doon Valley, Western Himalaya » *India Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 7, pp.292-304
- MASHREGHI Z. (2016) « A survey of bootstrap methods in finite population sampling » *Statistics Surveys*, 10, pp.1-52
- MEDDOUR R. (2011) « La méthode phytosociologique sigmatiste ou Braun blanqueto-tüxenienne » Université de Tizi Ouzou Algérie, p.40
- MILLOT G. (2011) « Comprendre et réaliser les test statistiques à l'aide de R – Manuel de biostatistiques » De boeck Belgique, 2^e édition, p.767
- MÜLLER T. et GÖRS S. (1960) « Pflanzengesellschaften stehender Gewässer in Baden-Württemberg » Sonderdruck aus Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland, 19, Issue 1, pp.60-100
- PALM R. (2002) « Utilisation du bootstrap pour les problèmes statistiques liés à l'estimation des paramètres » Biotechnology, Agronomy, Society and Environment, 6, pp.143-153
- PASSARGE H. (1956). « Vegetationskundliche Untersuchungen in Wäldern und Gehölzen der Elbaue » Sonderdruck aus Archiv für Forstwesen, 5, Issue 6, pp.339-358

- RAO J.N.K. et WU C.F.J. (1988) « Resampling Inference with Complex Survey Data », Journal of the American Statistical Association, 83, Issue 401, pp.231-241
- SAXENAA A., PRASADB M., GUPTAC A., BHARILLD N., PRAKASH O.P., TIWARID A., ERE M.J., DINGF W. et LINB C.T. (2017) « A Review of Clustering Techniques and Developments » Neurocomputing en cours de validation
- SCHMIDTLEIN S., TICHY L., FEILHAUER H. et FAUDE U. (2010) « A brute-force approach to vegetation classification » Journal of Vegetation Science, 21, Issue 6, pp. 1162-1171
- SCOTT J.M., HEGLUND P.J., MORRISSON M.L., HAUFLE J.B., RAFAEL M.G., WALL W.A. et SAMSON F.B. (2002) « Predicting species occurrences : Issues of Accuracy and Scale » Islands Press Washington D.C.
- SUCCOW M. (1974) « Vorschlag einer systematischen Neugliederung der mineralbodenwasserbeeinflussten wachsenden Moorvegetation Mitteleuropas unter Ausklammerung des Gebirgsraumes » Fédération de Répertoires, 85, pp.57-113
- SZARO R. et KING R. (1990) « Sampling intensity and species richness: Effects on delineating southwestern riparian plant communities » Forest Ecology and Management, 33, pp.335-345
- SZWAB A., HENDOUX F., VALENTIN B. et DESTINÉ B. (2001) « Plan de conservation de l'Ache rampante [*Apium repens* (Jacq.) Lag.] pour la région Nord Pas-de-Calais » Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul, p.68
- THOMPSON S.K. (2004) « Sampling rare and elusive species : Concepts, designs and techniques for estimating population parameters » Islands Press, p.429
- TISON J.M., DE FOUCAULT B. (2014) « Flora Gallica – Flore » Edition Biotope Mèze, p.1196
- VILLEJOURBERT, G. (2015) « Élaboration et mise en œuvre de méthodes d'échantillonnage destinées à évaluer la taille des populations des espèces les plus menacées en Picardie » Mémoire de Master 2 Gestion de la Biodiversité aquatique et terrestre Université de Toulouse III
- WANG Z. et THOMPSON M.E. (2012) « A resampling approach to estimate variance components of multilevel models » The Canadian Journal of Statistics, 40, Issue 1, pp.150–171
- WATTEZ J.R. (1968) « Contribution à l'étude de la végétation des marais arrière-littoraux de la plaine alluviale picarde » Thèse présentée à la Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie de Lille pour l'obtention du diplôme de Docteur en Pharmacie d'Etat pp. 1-378
- WATTEZ J.R. (1975) « La végétation pionnière des panes de dunes situées entre Berck et Merlimont - Pas-de-Calais » Coll. Phytosoc., 1, pp.117-131
- WESTHOFF V. et KETNER P. (1969) « Milieu en vegetatie van *Carex hartmanii* Caj. op Terschelling, in het kader van een oecologische vergelijking tussen deze soort en *Carex buxbaumii* » Wahlenb-Gorteria, 3, Issue 8, pp.119-126
- WHITMAN A. et AMBROSE R.E. (2000) « Sampling patchy distributions : Comparison of sampling designs in rocky intertidal habitats » Marine Ecology Progress Series, 196, pp.1-14
- WISER S.K. et ROSE A.B. (1997) « Two permanent plots methods for monitoring changes in grasslands : A field manual » New Zealand Department of Conservation – Landcare New Zealand Research Ltd

Webographie

CAMIZ S. (2004) « The Guttman effect: its interpretation and a new redressing method » Université de Rome La Sapienza, Département de Mathématiques <http://www.researchgate.com/> consulté le 07/08/2017

Conservatoire botanique national Sud-Atlantique CBNSA (2013) « Dispositifs de suivi de la végétation et de l'état de conservation des habitats en Aquitaine » <http://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr> consulté le 13/06/17

Conservatoire des espaces naturels de Picardie (2012) <http://conservatoirepicardie.org/> consulté le 31/05/17

Convention pour la Diversité Biologique (1992) <http://www.un.org/fr> mise à jour en 2015 consulté le 07/04/17

Grall & Coïc (2006) : http://www.rebent.org//medias/documents/www/contenu/documents/Grall_Synthese_indicateurs_benthos.pdf consulté le 26/06/17

Institut national de l'information géographique et forestière IGN (2015) <http://www.IGN.fr/> consulté le 31/05/17

Institut national de la statistique et des études économiques INSEE (2016) <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1302258> consulté le 21/08/17

Journal officiel de la République française (2016) <https://www.legifrance.gouv.fr> consulté le 07/04/17

Union internationale pour la conservation de la Nature UICN (2012) « Liste rouge des espèces menacées en France – Flore vasculaire de France métropolitaine », Commission de Surveillance des Espèces, Gland & Cambridge p.34 <http://iucn.org/> consulté le 29/05/17

Logiciels et Dispositif

GPS GARMIN[®] (1996-2008) Garmin Iberia

QGIS Development Team version 2.18.14 (2009) QGIS Geographic Information System Open Source Geospatial Foundation

R Core Team version 3.3.3 (2017) R: A language and environment for statistical computing R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria

Annexes

Annexe I : Présentation de la structure d'accueil

Le Conservatoire botanique national de Bailleul (CBNBL) fait partie de la Fédération des Conservatoires botaniques nationaux, parmi les 10 autres CBN de France métropolitaine. Bénéficiant de financements européens (FEDER, INTERREG), nationaux (Ministère du développement durable), régionaux (Normandie et Hauts de France), départementaux (Nord, Pas-de-Calais, Oise, Aisne, Somme, Seine-Maritime et Eure) et communaux (Communauté de communes de Flandres Intérieure et Ville de Bailleul), cette association loi 1901 regroupe des acteurs publics territoriaux, gérée par un conseil d'administration. Le territoire d'action du CBNBL s'agence autour des régions Normandie et Hauts de France.

C'est dans cette dernière région, et plus particulièrement dans les départements de la Somme, l'Aisne et l'Oise que se concentrent les activités de l'antenne de Picardie. Dirigée par Jean-Christophe HAUGUEL, cette antenne regroupe 5 collaborateurs : Rémi FRANÇOIS, Aymeric WATTERLOT, Vincent LEVY, Timothée PREY, et Raphaël COULOMBEL. Les principales missions du CBNBL ainsi que ses différentes antennes consistent en : la connaissance et l'inventaire de la flore et des habitats sur son territoire d'agrément, le développement de la phytosociologie sigmatiste, la préservation via conservation *ex situ* et *in situ* de la flore et de ses habitats, la lutte contre les espèces exotiques envahissantes, l'assistance technique et scientifique via expertises et un travail de sensibilisation lié à la biodiversité et la gestion des milieux naturels à semi-naturels (publications, conférences, animations, jardins thématiques...) auprès de particuliers comme de professionnels.

Annexe II : Protocole de suivi des espèces de la Directive Habitats Faune Flore du CBNBL (cité en I.3)



Picardie est cofinancé par l'Union européenne. L'Europe s'engage en Picardie avec le Fonds européen de développement régional

Protocole de suivi des plantes vasculaires inscrites au titre de la directive Habitat-Faune-Flore du Nord-Ouest de la France



Déclinaison pour les plantes présentes en Picardie / Proposition de déclinaison à l'échelle du territoire d'agrément du CBNBI

Mars 2011 Version 1.2

Conservatoire Botanique National



CENTRE RÉGIONAL DE PHYTOSOCIOLOGIE
AGRÉÉ CONSERVATOIRE BOTANIQUE NATIONAL

BAILLEUL

Note préliminaire

Ce protocole est destiné, dans un premier temps, à suivre les populations des plantes vasculaires (trachéophytes) inscrites au titre de l'Annexe II de la Directive Habitats-Faune-Flore présentes sur le territoire Picard. Il est destiné à être appliqué à l'ensemble des populations des espèces concernées par la même Directive à l'échelle du territoire d'agrément du Conservatoire botanique national de Bailleul. Ce protocole est en partie inspiré des protocoles communs de suivi développés par le Conservatoire botanique national Alpin (Noémie Fort, Véronique bonnet, « Document de synthèse des réflexions 2008/2009-protocoles communs de suivi, décembre 2009-février 2010).

1. DÉFINITION DE L'AIRE DE PRESENCE

Afin de faciliter l'évaluation des surfaces occupées par une espèce, une méthode basée sur l'identification de « surfaces continues » a été adoptée. Elles sont l'équivalent d'un herbier en milieu aquatique ou d'une « tache » en milieu terrestre et sont nommées **Aires de Présence (AP)**. Elles représentent donc une surface (exprimée en m²) dans laquelle l'espèce faisant l'objet du suivi est présente. Il s'agit d'une unité de mesure de terrain ne représentant pas exactement la surface occupée par une espèce (recouvrement) mais permettant de comparer de façon interannuelle sa répartition sur le site. Selon l'espèce concernée, des paramètres complémentaires seront mesurés (voir partie 5).

Afin de limiter les contraintes de mesures sur le terrain et le biais d'observation (biais issu de l'interprétation personnelle de chaque observateur), une distance entre ce qu'il faut considérer comme représentant deux AP distinctes est définie en fonction de l'espèce suivie.

Espèce	Distance minimale entre deux Aires de Présence
<i>Apium repens</i>	4 m
<i>Liparis loeselii</i>	4 m
<i>Sisymbrium supinum</i>	4 m
<i>Luronium natans</i>	Non établie en 2010

Une première année de test du protocole (2010) a permis d'établir un état initial (année 0 du suivi), d'un certain nombre de populations des trois espèces inscrites au titre de la Directive Habitat-faune-Flore présentes en Picardie. L'expérience sur le terrain nous a ainsi montré qu'une distance de 4 m est adaptée pour les trois espèces concernées.

2. LOCALISATION DES AIRES DE PRESENCE

Chaque AP est localisée à l'aide de mesures GPS :

- les AP dont la surface semble visuellement inférieure à 20 m² sont localisées à l'aide d'un pointage GPS effectué au centre de celles-ci;
- les AP de classe dont la surface est visuellement supérieure à 20 m² sont matérialisées sur le terrain à l'aide de marques détournant les groupes d'individus et formalisées à l'aide d'une série de mesures GPS prises sur le périmètre de l'AP. Les points GPS sont exportés sous SIG et reliés afin de créer des polygones **sans indentations ni encoches**. Sur les cartes produites, chaque polygone représente ainsi une aire de présence (AP) de l'espèce concernée à laquelle est affectée une surface (en m²) et un coefficient, et dans le cas du *Liparis de Loesel*, un effectif. Ces données sont recueillies dans une fiche de suivi permettant d'affecter ces deux paramètres à un point ou une série de points GPS dans le cas de polygones.

Classe de taille de l'Aire de Présence	1	2	3	4	5	6
Surface	0-1m ²	1- 5 m ²	5-20m ²	20-50m ²	50-100 m ²	>100m ²

3. DEFINITION DE LA ZONE DE PROSPECTION

La zone de prospection (ZP) est la surface qui présente des conditions écologiques potentiellement favorables à l'espèce (milieux favorables) et comprenant la ou les aires de présence de l'espèce considérée. Cette ZP permet d'identifier des éventuelles apparitions ou progression d'AP au sein de la Zone de Prospection les années suivantes.

4. COLLECTE ET REPRÉSENTATION DES DONNÉES

Les données sont collectées (ou saisies d'après les notes papier réalisées sur le terrain) dans un tableur type Excel© contenant toutes les mesures prises sur le terrain : les points GPS associés aux surfaces des AP et à leurs effectifs. À l'aide du SIG, elles sont ensuite matérialisées sur orthophotoplan sous forme de polygones et de points affectés à la couleur de la classe de taille de l'AP.

5. DECLINAISONS SPECIFIQUES

En fonction de l'espèce suivie, différents paramètres seront renseignés pour chaque AP :

Liparis loeselii :

-Surface (en m²)

-Effectif : Nombre d'individus stériles et nombre d'individus fertiles

Sisymbrium supinum :

-Surface (en m²)

-Effectif : Ce paramètre est issu d'une estimation réalisée au sein de chaque AP (non aboutit en 2010)

Apium repens :

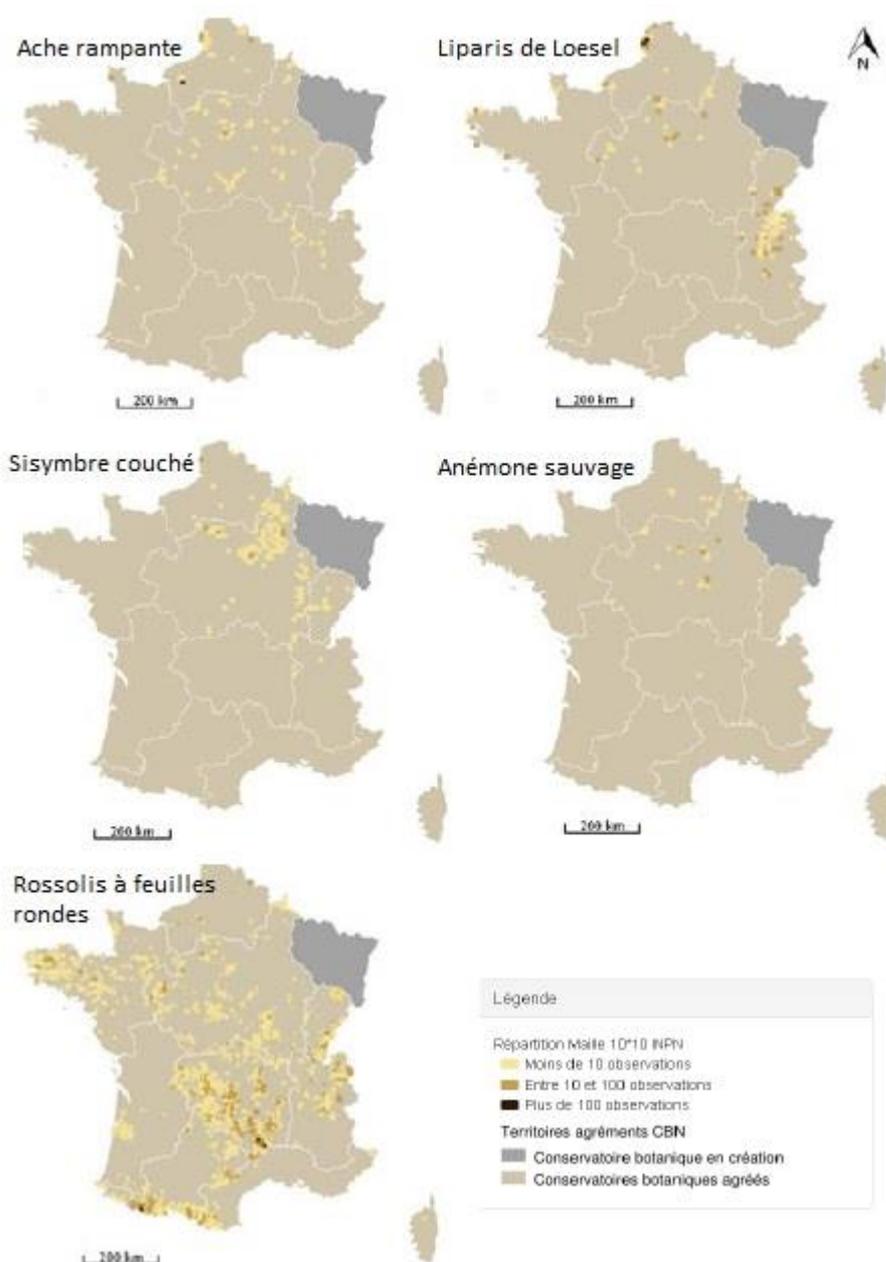
-Surface (en m²)

-Recouvrement de l'espèce : Ce paramètre est issu d'une estimation au sein de chaque AP (non aboutit en 2010).

Luronium natans

Cette espèce, connue uniquement en Haute-Normandie au sein d'une seule station n'a pas encore fait l'objet d'un état initial. Il est prévu dès 2011 d'effectuer une déclinaison spécifique pour ce taxon et d'effectuer un état initial de la station (année 0 du suivi).

Annexe III : Répartition nationale par maille de 10 km² des populations des espèces étudiées



Sources: © FCBN 2016, Système d'information nationale flore, fonge, végétation et habitats, données du réseau des CBN en cours d'intégration et de qualification nationale
© IGN 2013, BD CARTO - © SANDRE 2013, SIE - © Muséum national d'Histoire naturelle 2013, Espaces protégés, TAXREF v7.0 - © GEOSIGNAL 2013, Carte routière

Annexe IV : Résultats du premier tirage d'Anémone sauvage sur les Gimonts

Taxon	Anemone sylvestris	Obs : Antoine HEBERT, Laura BLERVAQUE	
Date	01/06/2017		
Site	Sissonne – Gimonts (02)		
Waypoint	Effectif	Tps (min)	Remarques
1	61	20	dans enclos
2	21	20	dans enclos
3	15	17	dans enclos
4	1	8	dans enclos
5	28	12	dans enclos
6	87	10	dans enclos
7	142	12	dans enclos
8	95	12	dans enclos
9	95	12	dans enclos - fin enclos
10	169	13	
11	61	13	
12	88	12	
13	127	13	
14	35	12	
15	111	13	
16	137	14	
17	30	10	
18	59	12	
19	35	10	
20	169	12	
21	133	11	
22	139	10	
23	54	10	
24	127	11	
25	108	12	
26	43	10	
27	14	7	
28	41	10	
29	47	7	
30	23	5	
31	75	8	
32	104	8	
33	13	5	
34	1	7	
35	140	9	
36	152	10	
37	97	11	
38	6	5	
39	180	17	
40	22	7	

Annexe V : Résultats du second tirage d'Anémone sauvage sur les Gimonts

Taxon	Anemone sylvestris		Observateurs Antoine HEBERT
Date	08/06/2017		
Site	Sissonne – Gimonts (02)		
Waypoint	Effectif	tps (min)	Remarques
1	198	10	dans enclos
2	77	15	dans enclos
3	49	15	dans enclos
4	74	14	dans enclos
5	16	12	dans enclos
6	5	10	dans enclos
7	86	12	dans enclos
8	82	10	dans enclos
9	48	12	dans enclos
10	7	8	dans enclos
11	131	15	dans enclos
12	23	10	dans enclos - fin enclos
13	94	14	
14	20	11	
15	56	12	
16	66	11	
17	16	5	
18	199	15	
19	130	12	
20	136	11	
21	173	10	
22	63	7	
23	40	7	
24	63	7	
25	160	10	
26	82	13	
27	153	11	
28	14	5	
29	129	9	
30	55	8	
31	186	15	
32	101	8	
33	25	8	
34	173	18	
35	165	15	
36	198	15	
37	187	15	
38	14	13	
39	201	15	
40	59	15	

Annexe VI : Compilation de l'ensemble des relevés recueillis au cours des suivis de végétations à Liparis, les espèces rencontrées et les abréviations utilisées

Site suivi		Blangy					Saint-Quentin-en-Tourmont					Fort-Mahon-Plage				
		Bl D2 H1	Bl D2 H2	Bl D1 H0	Bl D2 H0	Bl D1 H1	Sq D2 H2	Sq D1 H1	Sq D1 H0	Sq D2 H1	Sq D2 H0	Fm D2 H2	Fm D1 H0	Fm D2 H1	Fm D2 H0	Fm D1 H1
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	agr sto			3	2	+	1	+	1	2	2	+	2	1	1	3
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	al- ngl u	2	1													
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	alo pra			2												
<i>Anagallis tenella</i> (L.) L.	an ate n						1	2		+	+					
<i>Angelica sylvestris</i> L.	an gsy l									+						
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	an- to- do							+				+	+	+	+	+
<i>Apium nodiflorum</i> (L.) Lag.	api no d										+					
<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Huds.	bla per						+			+						
<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla	bol ma r							+				+		+	1	
<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth	ca- le- pi							+				2		2	2	
<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Brown	cal sep	+		+										+		

<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.	ca- ra- cui	1	2	1	+											
<i>Carex cuprina</i> (Sándor ex Heuffel) Nendtvich ex A. Kerner	car cu p						+	+	+	+		+		1	+	+
<i>Carex disticha</i> Huds.	car disi							+	+							
<i>Carex flacca</i> Schreb.	car flac		1								+	1	1	2	2	1
<i>Carex hirta</i> L.	car hirt				+											
<i>Carex lepidocarpa</i> Tausch	car le- pi	+														
<i>Carex paniculata</i> L.	car pa nu	3	3						3		+					
<i>Carex pseudocyperus</i> L.	car pse c					+										
<i>Carex viridula</i> Michaux	car vir					+		+		+		3	+		3	
<i>Centaurium littorale</i> (D. Turn.) Gilm.	cen lit					+							+			
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	ci- rar v		+	1	+											
<i>Dactylorhiza fuchsii</i> (Druce) Soó	dac fuc						+									
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult.	ele pal	+						1			+	2				

<i>Juncus articulatus L.</i>	ju- nar t				1	+	+	+			+	+		+	+	+
<i>Juncus bufonius L.</i>	jun buf					+										
<i>Juncus effusus L.</i>	ju- nef fu	+				2			1		3					
<i>Juncus inflexus L.</i>	ju- nin f															+
<i>Juncus maritimus Lam.</i>	jun ma r							1								
<i>Juncus subnodulosus Schrank</i>	jun sub n							2			+					
<i>Juncus tenuis Willd.</i>	jun te- nu										+	+				
<i>Leontodon saxatilis Lam.</i>	leo sax							+	+	1		+	+	+	+	+
<i>Leymus arenarius (L.) Hochst.</i>	ley are												+		+	
<i>Linum catharticum L.</i>	lin- cat							+	+	1	+	+	+			+
<i>Liparis loeselii (L.) L.C.M. Rich.</i>	li- plo e		+					+	+			+		+		
<i>Lotus pedunculatus Cav.</i>	lot pe d			1	1	+			+	2	+	1	+	1	+	2
<i>Lychnis flos-cuculi L.</i>	lycf loc	+							+							

<i>Lycopus europaeus L.</i>	lyc eur s		+	+		+	+								+	+	
<i>Lysimachia vulgaris L.</i>	lys vul	1	+	1		+		+	+		+						
<i>Lythrum salicaria L.</i>	lyts al	+	1	+	+	+	+	+	+		+						
<i>Mentha aquatica L.</i>	me na qu			+	1	1	2	1	1		1	1	+	1	+	1	
<i>Odontites vernus (Bel- lardi) Dum.</i>	od ov er			+	+			+	+		+		1				
<i>Oenanthe fistulosa L.</i>	oe nfi s					+		+	+			+	+	+	+	+	
<i>Parnassia palustris L.</i>	par pal						+	+	+								
<i>Pedicularis palustris L.</i>	pe dp al					1	+	1	+	1	+						
<i>Phalaris arundinacea L.</i>	ph aar ru						+			+							
<i>Phragmites australis (Cav.) Steud.</i>	phr aus		1		+	+	+		2						+	+	+
<i>Plantago lanceolata L.</i>	pla lan			+	1	1				+							1
<i>Plantago media L.</i>	pla me da					+											
<i>Poa pratensis L.</i>	po apr a												+				

<i>Potentilla anserina L.</i>	po- tan s			2	+							+	+	+	+	+
<i>Potentilla reptans L.</i>	po- tre p			+	2						+					
<i>Prunella vulgaris L.</i>	pru vul				+	+										
<i>Pulicaria dysenterica (L.) Bernh.</i>	pul dys				2	1	+				+	3	1	3	1	+
<i>Ranunculus acris L.</i>	ra- nac r			1	+	+										
<i>Ranunculus flammula L.</i>	ran fla				1	1					+	1	+	+	+	
<i>Ranunculus repens L.</i>	ran rep			2	1	+							+	+		+
<i>Rhinanthus minor L.</i>	rhi mi n										+		1		+	+
<i>Rosa canina aggr.</i>	ros can n				+											
<i>Rubus fruticosus L.</i>	rub fru												4	2		+
<i>Rumex conglomeratus Murray</i>	ru mc on				1	+										
<i>Salix cinerea L.</i>	sal cin	+	2													
<i>Salix repens subs du-nensis Rouy</i>	sal- rep						3	3	3	3	+	+		+	1	+

Résumé

Dans le cadre de sa mission d'apport de connaissance sur le patrimoine floristique de son territoire d'agrément, le Conservatoire botanique national de Bailleul (CBNBL) assure le suivi annuel des populations d'espèces protégées au titre de la Directive Habitats Faune Flore présentes dans les départements de la Somme, l'Aisne et l'Oise. La mission principale confiée par l'antenne Picardie du CBNBL consiste ici à élaborer des méthodes d'échantillonnage capables d'estimer la taille de populations d'espèces à forte responsabilité dont le dénombrement des individus reste impraticable, et ce avec une marge d'erreur jugée satisfaisante. Un autre axe de cette mission a pour objectif de mettre en relation l'historique des effectifs observés de ces populations d'espèces protégées avec les végétations dont elles dépendent. Dans le respect de contraintes de temps et de moyens humains imposées aux suivis d'espèces gravement menacées sur le territoire picard par le CBNBL, deux protocoles ont pu être formalisés.

Le premier permet une estimation annuelle de la population totale à l'échelle d'une zone de prospection donnée, mis à l'épreuve pour l'Anémone sauvage. Après délimitation des aires de présence de l'espèce, n cellules d'une grille de pas fixe intersectée avec ces aires sont échantillonnées selon un tirage aléatoire simple sans remise. Un comptage des individus contenus dans ces cellules permet d'estimer le nombre total d'individus de l'espèce. Le second protocole permet de suivre la dynamique des végétations associées à l'occurrence d'une espèce protégée par la Directive Habitats Faune Flore, mis à l'épreuve pour le Liparis de Loesel et l'Ache rampante. La stratification d'une grille selon l'historique de présence de l'espèce suivi est effectuée. Les différents foyers de populations à l'échelle d'une zone de prospection mis en évidence, le suivi de placettes permanentes localisées dans ces foyers permet d'illustrer la dynamique des végétations, avec pour état de référence l'année 2017. A terme, une mise en application ou un réajustement des stratégies testées est à considérer pour être retenues par le CBNBL, dans le cadre du plan de suivi de cette flore protégée à l'échelle du territoire picard.

Flore – Végétations – Populations – Échantillonnage – Phytosociologie

Abstract

One of the main missions of the National Botanical Conservatory of Bailleul (CBNBL) consists in surveying protected species of the EU Habitats Directive yearly, to gain knowledge of the patrimonial flora of Somme's Aisne's and Oise's districts. The aim of this training period in the CBNBL is to elaborate sampling protocols to estimate the number of individuals of an high responsibility species. This number of individuals cannot be counted exhaustively here, so the estimation needs to include a satisfying margin error. Another aim is to link the presence of a species protected by the EU Habitats Directive with the vegetations encountered with it. Two protocols taking into account prior constraints of time and ressources have been tested.

The first one gives an estimation of the total number of individuals in a given area of survey for the snowdrop anemone. After delimiting the areas of presence of the species, n cells of a set grid are drawn by a random sampling without replacement. Counting the number of individuals inside each cells enables to estimate the total number of individuals inside the areas of presence of the snowdrop anemone. The second protocol monitors the dynamic of vegetations associated with the presence of an EU Habitats Directive species (like the creeping marshwort or the yellow widelip orchid). To sum up the presence of the species, a set grid is established. The different spots of individuals in the survey area help to follow the dynamic of vegetations thanks to permanent plots established in 2017. Eventually, the different strategies tested will have to be applied or reajusted before being selected by the CBNBL : to be a part of the survey plan for protected species in Somme, Oise and Aisne.

Flora – Vegetation – Populations – Sampling – Phytosociology