



**HAL**  
open science

## Protocoles de suivis des espèces rares

Olivier Bardet, Luc Berrod, Eric Fedoroff

► **To cite this version:**

Olivier Bardet, Luc Berrod, Eric Fedoroff. Protocoles de suivis des espèces rares. MNHN-CBNBP. 2023. ⟨hal-04204769⟩

**HAL Id: hal-04204769**

**<https://hal.science/hal-04204769v1>**

Submitted on 12 Sep 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization



CONSERVATOIRE  
BOTANIQUE NATIONAL  
BASSIN PARISIEN

MUSÉUM NATIONAL  
D'HISTOIRE NATURELLE

## PROTOCOLES DE SUIVI DES ESPECES RARES

Retour sur 10 ans de tests en Bourgogne

RÉGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE  
COMTÉ

  
PRÉFET  
DE LA RÉGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE-COMTÉ  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

Côte  
d'Or  
LE DÉPARTEMENT

l'Europe  
s'engage  
en Bourgogne

**Ce document a été réalisé par le Conservatoire botanique national du Bassin parisien, sous la responsabilité de :**

Frédéric HENDOUX, directeur du CBN du Bassin parisien  
Muséum national d'Histoire naturelle  
61 rue Buffon CP 53, 75005 Paris Cedex 05  
01 40 79 35 54  
cbnbp@mnhn.fr

Olivier Bardet, Responsable de la délégation Bourgogne  
Conservatoire botanique national du Bassin Parisien  
Muséum national d'Histoire naturelle  
61 rue Buffon CP 53, 75005 Paris Cedex 05  
Tel. : 03 86 78 79 60  
E-mail : [cbnbp\\_bou@mnhn.fr](mailto:cbnbp_bou@mnhn.fr)

**Inventaire de terrain :** Eric FEDOROFF, Luc BERROD, Olivier BARDET, Céline HOUDE

**Rédaction :** Olivier BARDET, Luc BERROD, Eric FEDOROFF

**Cartographie :** Olivier BARDET, Luc BERROD, Céline HOUDE

**Gestion des données et analyse :** Eric FEDOROFF, Luc BERROD, Olivier BARDET, Céline HOUDE

**Relecture :** Emmy PLANQUAIS

Partenaires de ce travail :

Conseil Régional de Bourgogne  
4 sq Castan, CS 51857  
25031 BESANCON CEDEX

DREAL BFC  
5 Voie Gisèle Halimi  
25000 Besançon

Conseil Départemental 21  
53 Bis Rue de la Préfecture  
21035 Dijon

Ainsi que le programme FEDER de l'Europe

### Référence bibliographique

BARDET O. & BERROD L. (2023). – Protocoles de suivis des espèces rares. Retour sur 10 ans de tests en Bourgogne. Conservatoire botanique national du Bassin parisien. Paris. 91 p.

### Date de réalisation

Janvier 2023

### Photographie de couverture

*Valeriana tuberosa* - © O. BARDET - CBN du Bassin parisien

## SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	3
INTRODUCTION .....	4
1. APPROCHE GENERALE.....	5
1.1. QUELLES EST LA QUESTION ?.....	6
1.2. LES TESTS DEVELOPPES PAR LA DELEGATION BOURGOGNE.....	8
2. EXEMPLES PRIS CHEZ LES TRACHEOPHYTES.....	9
2.1. <i>GAGEA VILLOSA</i> .....	9
2.2. <i>ASPERULA TINCTORIA</i> .....	12
2.3. <i>VALERIANA TUBEROSA</i> .....	0
2.4. <i>CREPIS PRAEMORSA</i> .....	7
2.5. <i>GASPARRINIA PEUCEDANOIDES</i> .....	8
2.6. <i>OROBANCHE ELATIOR</i> .....	10
2.7. <i>BISCUTELLA DIVIONENSIS</i> .....	13
2.8. <i>BISCUTELLA LAEVIGATA SUBSP. VARIA</i> .....	16
2.9. <i>PILOSELLA PELETERIANA SUBSP. LIGERICA</i> .....	19
2.10. <i>LIGULARIA SIBIRICA</i> .....	27
2.11. <i>LURONIUM NATANS</i> .....	31
3. EXEMPLES PRIS CHEZ LES BRYOPHYTES .....	34
3.1. <i>NECKERA MENZIESII</i> .....	34
3.2. <i>RICCIA CRUSTATA</i> .....	38
3.3. <i>HYDROGONIUM CROCEUM</i> ET <i>ORTHOTHECIUM RUFESCENS</i> .....	44
4. SUIVIS FONCTIONNELS.....	49
4.1. SUIVI DE LA FONCTIONNALITE DES TOURBIERES.....	49
4.2. ETAT DE CONSERVATION DES VEGETATIONS DE CORNICHE CALCAIRE .....	57
5. SYNTHESE GENERALE .....	61
5.1. NOTION D'INDIVIDU.....	61
5.2. TYPE BIOLOGIQUE .....	62
5.3. VARIABLES ET INDICATEURS ASSOCIES .....	62
5.4. ASPECTS PRATIQUES DE LA MISE EN OEUVRE.....	64
5.5. CONCEVOIR UN PROTOCOLE .....	66
6. CONCLUSION.....	69
BIBLIOGRAPHIE .....	71
ANNEXES .....	73

## RÉSUMÉ

Lors du renouvellement de son agrément en 2015, le CBNBP s'est doté d'une stratégie globale de conservation des populations d'espèces les plus rares et menacées. Cette stratégie se base sur une évaluation patrimoniale de la flore vasculaire permettant d'identifier les actions à mener pour chacune des populations concernées.

Cette démarche globale repose en grande partie sur le fait de disposer de données fiables sur l'évolution dans le temps des populations des différentes espèces concernées. En effet, s'appuyer sur des approches objectives est devenu un impératif pour répondre aux objectifs généraux du CBNBP en matière de suivi des espèces menacées.

Un programme de réflexion méthodologique sur les protocoles de suivi de la flore menacée a donc été engagé en 2014. La démarche fut de se confronter directement à la réalité du terrain, en dédiant du temps à quelques espèces tous les ans de façon à balayer le plus grand nombre de situations possibles et surtout de disposer du temps de réflexion en amont et en aval des tests méthodologiques.

L'objectif du document est de dégager, sur la base de cas concrets étudiés, les problématiques de fond des suivis d'espèces dans le contexte des besoins régionaux et de proposer un canevas de réflexion pour la mise en place des protocoles de suivi.

### Mots clés

Suivis scientifiques ; Espèces végétales menacées ; Liste rouge ; Echantillonnage ; Suivi de population

## INTRODUCTION

Lors du renouvellement de son agrément en 2015, le CBNBP s'est doté d'une stratégie globale de conservation des populations d'espèces les plus rares et menacées. Cette stratégie se base sur une évaluation patrimoniale avec les Listes rouges de la flore vasculaire et l'élaboration de Tableaux de bords régionaux permettant d'identifier les actions à mener pour chacune des populations concernées.

Les objectifs sont de prioriser les inventaires et les suivis selon les degrés de menaces et la responsabilité territoriale en partageant la démarche avec les acteurs régionaux de la gestion pour préserver ou restaurer *in situ* la fonctionnalité des populations les plus menacées. En parallèle, l'action *ex situ* se développe pour pallier d'éventuelles extinctions : stratégie de collecte / conservation en rapport aux enjeux, culture et amplification dans des jardins conservatoires selon les programmes.

Cette démarche globale repose en grande partie sur le fait de disposer de données fiables sur l'évolution dans le temps des populations des différentes espèces concernées. En effet, s'appuyer sur des approches objectives est devenu un impératif pour répondre aux objectifs généraux du CBNBP en matière de suivi des espèces menacées, à savoir :

- Mesurer l'évolution des populations régionales, en définissant les métriques appropriées (effectifs, fréquence, surface d'occupation ?) pour répondre aux rapportages (NATURA, bilans de conservation, PNA, ...) et aux questions des partenaires régionaux ;
- Actualiser les statuts de menaces (Liste rouge) ;
- Mieux connaître l'écologie et la dynamique des espèces.

Depuis le début des activités du CBN, des données de comptage sont fréquemment (pas systématiquement) associées aux données de présence des espèces les plus rares. Pourtant, le constat a été fait, notamment lors de la rédaction de la Liste rouge régionale des espèces menacées en Bourgogne (Bardet & Auvert 2015), que les données disponibles dans la base de données du CBNBP ne répondent pas au standard de ce qui est attendu pour des données devant supporter des décisions de priorisation de conservation, avec :

- Des manques flagrants en termes qualitatifs et quantitatifs en raison de méthodes de comptages pas forcément fiables et reproductibles, de tranches d'effectifs trop larges, etc., faits compréhensibles dans le cadre d'une prise d'information opportuniste lors d'inventaires communaux généraux ;
- Le problème de la réactualisation des données, même en simple présence / absence, car cela n'avait pas été envisagé sur un aussi grand nombre de taxons à enjeux de conservation, ni avec un tel besoin de précision, et donc de temps de réalisation ;
- De la faiblesse du temps consacré à la réflexion, l'acquisition de compétences, les échanges, la mutualisation de l'information et la coordination des actions.

Un programme de réflexion méthodologique sur les protocoles de suivi de la flore menacée a donc été engagé en 2014 dont les résultats devaient être partagés auprès de tous les acteurs bourguignons. Car en parallèle, les autres acteurs régionaux, gestionnaires d'espaces en particulier, ont pu développer leurs propres approches, limitées parfois à quelques taxons et sites mais avec souvent des objectifs plus précis que ceux du CBN, à savoir :

- Appréhender la dynamique des populations à l'échelle d'un ou plusieurs sites : augmentation, réduction, stabilité, viabilité, etc. ;

- Mieux connaître l'écologie et la biologie des espèces pour envisager des actions de gestion conservatoire appropriées ;
- Mesurer les effets des modalités de gestion sur les populations.

La démarche fut de se confronter directement à la réalité du terrain, en dédiant du temps à quelques espèces tous les ans depuis 2014 de façon à balayer le plus grand nombre de situations possibles et surtout de disposer du temps de réflexion en amont et en aval des tests méthodologiques.

Cette démarche initiale a ensuite été amplifiée par la mise en œuvre de suivis pour certains gestionnaires d'espaces, en particulier des réserves naturelles et par le retour d'expérience rendu possible par un retour régulier sur les stations suivies. La démarche a même été étendue, avec ces mêmes réserves naturelles, à des suivis sur des espèces rares de Bryophytes pour vérifier l'applicabilité des principes développés.

L'objectif du document est de dégager, sur la base de cas concrets étudiés, les problématiques de fond des suivis d'espèces dans le contexte des besoins régionaux et de proposer un canevas de réflexion pour la mise en place des protocoles de suivi.

## 1. APPROCHE GENERALE

Tout d'abord, il est nécessaire de préciser que l'objectif de ce document n'est pas de refaire un manuel complet des méthodes de suivi des espèces végétales. Des ouvrages existent qui décrivent déjà synthétiquement les différents types de protocoles : Hill *et al.* 2005, Carpenter *et al.* 1999 ou Fiers *et al.* 2003 pour ne citer que les plus synthétiques et les plus complets. Ces ouvrages sont des bases incontournables. Il existe également des propositions simplifiées pour le choix des protocoles (Godat & Rometsch 2011, voir l'annexe 3) mais qui ne détaillent pas les mises en œuvre pratiques et ne permettent pas de comprendre le "pourquoi" des choix faits.

Il ne sera pas non plus question de développer la partie des analyses biostatistiques, pour laquelle le CBN n'a pas de plus-value à apporter.

L'objectif du document est bien de faire un retour d'expérience sur différents cas d'espèces qui ont été traités à la délégation Bourgogne du CBNBP, certains spécifiquement mis en œuvre et développés pour acquérir cette expérience et d'autres dans le cadre de suivis plus classiques.

Un aspect important qui a structuré les essais et tests sur les espèces depuis 2014 à la délégation a été le « Tableau de bord des espèces menacées de Bourgogne », un outil interne au CBN faisant la synthèse des données populationnelles de toutes les espèces de la Liste rouge régionale. C'est ce travail qui a montré la qualité assez médiocre des données populationnelles sur les espèces et qui a conduit à une réflexion pour améliorer la situation.

Au lancement de cette démarche en 2014, l'expérience de nos collègues du Conservatoire Botanique National Alpin a été déterminante pour orienter nos premières réflexions. Le Pôle conservation du CBNA avait déjà structuré sa réflexion autour des différentes échelles d'approche des suivis, avait développé les liens avec les gestionnaires pour optimiser les suivis et avait proposé des protocoles simples à partager au sein de son réseau. Puis, sur la base des données accumulées, le CBNA a également eu un regard critique sur ses propres données pour améliorer ses protocoles.

C'est en repartant de propositions formulées par le CBNA, en les mettant en œuvre, en suivant aussi d'autres pistes et en ayant ce même retour critique que la présente synthèse a pu émerger.

## 1.1. QUELLES EST LA QUESTION ?

Dès le début, en reprenant les réflexions du CBNA (Fort & Bonnet 2011), trois échelles d'approche sont apparues pour les suivis, à la fois évidentes et complémentaires, mais aussi difficiles à concilier / prioriser en fonction des espèces ou des types d'acteurs. Ces trois niveaux de suivis correspondent à trois types de questions fondamentales.

### 1.1.1. SUIVI TERRITOIRE

---

**L'objectif est ici de répondre à la question : quelle est la tendance d'évolution de l'espèce à l'échelle régionale : est-elle stable, en expansion ou en régression ?**

---

C'est le niveau de question qui est fondamental pour le CBN. En tant qu'organisme référent sur la flore, le CBN doit pouvoir donner cette indication pour guider les politiques de conservation des espèces, aux collectivités comme aux gestionnaires. C'est cette tendance qui doit servir de « baromètre » pour toute la région.

Ce suivi utilise les données agrégées récoltées sur l'ensemble des stations de toute la région. C'est un premier point de difficulté pour l'élaboration de ce suivi : plus une espèce comportera de stations régionales et plus le suivi sera lourd (et inversement !). Pour une espèce encore assez répandue, il sera nécessaire d'arriver à couvrir toutes les localités si possible la même année pour diminuer les effets annuels (climatiques essentiellement) et potentiellement d'agréger des suivis menés par plusieurs observateurs d'où le besoin d'une certaine simplicité dans le protocole de base et une grande clarté dans son partage entre acteurs.

L'interprétation de ce niveau de suivi se fera grâce à l'analyse des variables explicatives correspondant à des facteurs globaux (température, durée d'enneigement, précipitations, altitude, exposition, géologie, etc.).

### 1.1.2. SUIVI STATION

---

**L'objectif est ici de répondre à la question : quelle est la tendance d'évolution de l'espèce à l'échelle d'une population : est-elle stable, en expansion ou en régression ?**

---

Cette échelle est la plus évidente et intuitive, c'est aussi la plus simple à mettre en œuvre puisque le protocole est adapté au site et peut être mené indépendamment des autres. C'est l'approche menée par le CBN lors de ses évaluations de populations antérieures, avec des comptages ponctuels de populations à l'occasion de leur découverte ou de leur contrôle. C'est également l'approche qui intéresse le plus les gestionnaires d'espaces, pour qui le site est l'entité de travail la plus importante. Les suivis d'espèces sont d'ailleurs inclus dans les documents de gestion.

Mais ce niveau de suivi n'est pas sans difficulté, la principale étant la définition de la population sur le terrain : plusieurs taches contiguës ou proches forment une population mais quelle est la distance au-delà de laquelle on doit considérer les populations comme différentes ? quels liens unissent les petites zones de présence ? Faut-il prendre l'aire de leur habitat comme point commun ? Comment prendre en compte le flux de gènes ?

Devant ces questions, dont certaines sont insolubles avec nos moyens, une approche pragmatique a été pour Fort & Bonnet (2011) de choisir une distance arbitraire par espèce (mais on pourrait aussi la définir par groupes d'espèces ou types biologiques). Au-delà de cette distance, un nouveau protocole est déclenché.

L'interprétation de ce niveau de suivi sera cherchée dans l'analyse de données de certains paramètres environnementaux locaux ciblés (mésologie : niveau d'eau, etc.) ou par des données sur la gestion mise en place, sur la dynamique de végétation de l'habitat, etc. Ceci pose d'emblée la question des variables environnementales à relever en plus de l'occurrence de l'espèce dans le protocole choisi.

### 1.1.3. SUIVI INDIVIDU CENTRE

---

**L'objectif est ici de répondre à la question : comment évoluent les individus d'une population dans le temps ? quels facteurs influencent la démographie d'une population ?**

---

Cette échelle est la plus précise et la plus lourde à mettre en place. Elle est généralement réservée aux espèces de plus haute patrimonialité, c'est à dire sur lesquelles un réel besoin de connaissances démographiques s'exprime. Elle nécessite le marquage et/ou la localisation de chaque individu pour le suivre dans le temps. De ce fait ce niveau ne s'applique pas aux annuelles.

L'interprétation de ce niveau de suivi sera cherchée dans l'analyse de données de démographie de l'espèce (individus fleuris, non fleuris, germination/adultes/juveniles localisés dans une placette...) Ceci pose d'emblée la question des variables complémentaires à celles relevées sur les individus de l'espèce dans le protocole choisi.

### 1.1.4. EN RESUME

En résumé, deux grandes orientations se dessinent pour les suivis d'espèces menacées, selon la nature des acteurs.

Pour le CBNBP et les autres organismes non gestionnaires les priorités sont :

- Mesurer l'évolution des populations régionales, quantifier ces évolutions (en nombre, surface d'occupation) pour répondre aux différents rapportages (NATURA, bilans de conservation, PNA, etc.) et actualiser les statuts de menaces (LRR) ;
- Mieux connaître l'écologie et la dynamique des taxons, la sensibilité des stations, pour prioriser les actions de conservation.

Pour les gestionnaires de sites, les objectifs sont de fait plus précis :

- Appréhender la dynamique des populations dans les différents sites : augmentation, réduction, stabilité, viabilité ;
- Mieux connaître l'écologie et la biologie des espèces pour envisager des actions de gestion conservatoire appropriées ;
- Mesurer les effets des modalités de gestion sur les populations des différents sites.

## 1.2. LES TESTS DEVELOPPES EN BOURGOGNE

Répondre aux différentes questions posées ci-dessus nécessite des approches terrain très différentes et adaptées aux différentes espèces possibles. Des espèces ont donc été choisies, successivement au cours des années, pour balayer différentes situations écologiques, différents types biologiques. Les espèces étudiées sont rassemblées dans le tableau 1.

ESPECE	ANNEE DEBUT	ANNEE FIN	TYPE SUIVI
<i>Anemone sylvestris</i> L., 1753	2006		Territoire /individu
<i>Asperula tinctoria</i> L., 1753	2014	2016	Territoire /station
<i>Asplenium fontanum</i>	2011	2022	Station
<i>Athamanta cretensis</i> L., 1753	2015	2020	Station
<i>Biscutella divionensis</i> Jord., 1864	2007	2021	Individu
<i>Biscutella laevigata</i> subsp. <i>varia</i> (Dumort.) Rouy & Foucaud, 1895	2015	2022	Station
<i>Crepis praemorsa</i> (L.) Walther, 1802	2013	2021	Territoire /station
<i>Cynoglossum dioscoridis</i> Vill., 1779	2014	2022	Territoire /individu
<i>Cypripedium calceolus</i> L., 1753	-	-	Station
<i>Deschampsia media</i> (Gouan) Roem. & Schult., 1817	2018	-	Station
<i>Dictamnus albus</i> L., 1753	2015	2019	Territoire /station
<i>Gagea pratensis</i> (Pers.) Dumort., 1827	2015	2019	Territoire /station
<i>Gagea villosa</i> (M.Bieb.) Sweet, 1826	2016		Territoire /station
<i>Gasparrinia peucedanooides</i> (M.Bieb.) Thell., 1926	2013	2021	Station
<i>Lathyrus pannonicus</i> (Jacq.) Garcke, 1863	2014	2021	Territoire /station
<i>Ligularia sibirica</i> (L.) Cass., 1823	2000	2015	Territoire /station
<i>Linaria alpina</i> (L.) Mill., 1768	2006	2018	Territoire /station
<i>Luronium natans</i> (L.) Raf., 1840	2015		Station
<i>Minuartia viscosa</i> (Schreb.) Schinz & Thell., 1907	2006		Station
<i>Neckera menziesii</i> Drumm., 1828	2016	2018	Territoire /station
<i>Orobanche elatior</i> Sutton, 1798	2015	2022	Station
<i>Pilosella peleteriana</i> subsp. <i>ligerica</i> (Zahn) B.Bock, 2012	2019		Territoire
<i>Trichophorum cespitosum</i> (L.) Hartm., 1849	2018	-	Territoire /station
<i>Vaccinium microcarpum</i> (Turcz. ex Rupr.) Schmalh., 1871	2018	-	Territoire /station
<i>Valeriana tuberosa</i> L., 1753	2013	2021	Station
<i>Luzula nivea</i> (Nathh.) DC., 1805	2015		Station
<i>Papaver cambricum</i> L., 1753	2018		Station
<b>Bryophytes</b>			
<i>Orthothecium rufescens</i> (Dicks. ex Brid.) Schimp., 1851	2019	2020	Station
<i>Hydrogonium croceum</i> (Brid.) Jan Kucera, 2013	2019	2020	Territoire /station
<i>Riccia crustata</i> Trab.	2021	-	Territoire /station

Tableau 1 : Liste des espèces ayant fait l'objet de tests méthodologique à des degrés divers.

Dans chaque cas, le test a inclus une phase de bibliographie, une recherche effective des stations de l'espèce, des échanges méthodologiques avec les gestionnaires ou d'autres structures ayant travaillé sur l'espèce, (...) et bien sûr la définition du niveau de suivi qui fera l'objet du test.

Certaines espèces ont été traitées sur deux voire trois ans d'affilé pour profiter de l'analyse des données de l'année et de la réflexion hivernale pour améliorer le protocole ou pour valider la stabilité du protocole. D'autres ont été suivies à quelques années d'intervalle dans le cadre de partenariat avec des espaces protégés.

## 2. EXEMPLES PRIS CHEZ LES TRACHEOPHYTES

### 2.1. GAGEA VILLOSA

Ce premier cas d'espèce permettra à la fois de décrire le protocole du CBNA qui a servi de support aux premiers tests méthodologiques et d'en illustrer certaines limites. Conformément aux propositions du CBNA, l'inventaire préalable à la mise en place d'un suivi conduit à l'établissement, pour chaque station d'espèce (Figure 1) :

- D'une Zone de Prospection (ZP), qui correspond à l'aire totale dans laquelle l'espèce a été recherchée ;
- Et d'une (ou plusieurs) Aire de Présence (AP), incluse dans la Zone de prospection, qui représente l'unité de base de la recherche et des comparaisons futures.

Au sein des Aires de Présence, était préconisé de placer 2 transects en croix, perpendiculaires, le long des plus grandes longueur et largeurs de l'AP. Le long de ces transects, non permanents, une levée de la fréquence de l'espèce cible est menée par la méthode des points contacts. Voir Fort & Bonnet (2011) pour le détail de la méthode.

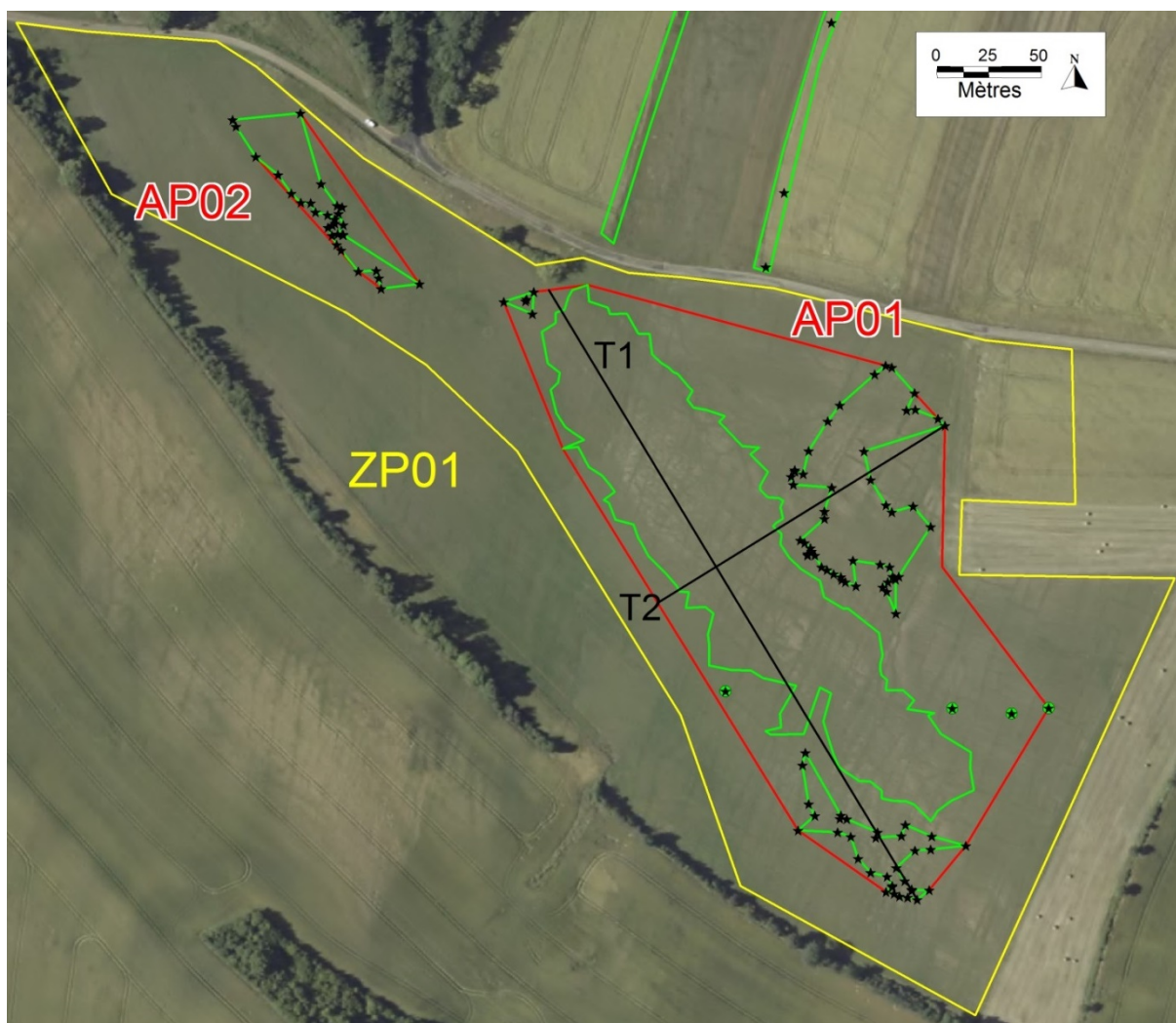


Figure 1 : Station de *Gagea villosa* et illustration des différentes aires descriptives de la population (ZP en jaune, AP en rouge, individus de Gagée = points noirs, T1&T2 = transects de suivi).

La Figure 1 montre déjà très bien :

- L'intérêt majeur de matérialiser la zone de prospection, en particulier ici pour une espèce dont l'habitat potentiel est énorme sur ce plateau cultivé (champs de céréales d'hiver). LA ZP permet de documenter et transmettre à un futur opérateur du suivi quelles ont été les limites de la recherche ;
- Le problème lié au choix de la distance minimale pour définir deux AP différentes : dans une distribution des individus très hétérogène au sein de l'habitat potentiel comme ici, plus cette distance sera grande et plus les AP définies seront hétérogènes (cas de l'AP01 de la figure à comparer avec l'AP02). Diminuer la distance permet de compenser ce point mais augmente le nombre d'AP et donc le nombre de transects à effectuer pour le suivi. Le coût du suivi augmente ;
- Que les transects de suivis, posés arbitrairement, risquent de ne pas être très représentatifs de la population observée. Mais il ne faut pas négliger que la lecture d'un transect, faite très attentivement, peut révéler des présences qu'un parcours général de la zone ne détecterait pas.

La mise en œuvre des transects a alors été testée sur 2 AP de *Gagea villosa*, avec différentes modalités pour enregistrer la présence (« contact ») :

- Point contact strict, en ne différenciant pas les pieds stériles et les pieds fleuris ;
- Surface contact de 1 m<sup>2</sup> (en différenciant pieds stériles et pieds fleuris) ;
- Surface contact de 10 m<sup>2</sup>, ronde, 1.78m de rayon (en différenciant pieds stériles et pieds fleuris) ;

Les résultats de ces différentes approches sont synthétisés dans le Tableau 2 : Résultats des différentes approches de mesures de la fréquence de la Gagée des champs dans 2 AP différentes (4 transects), pour les 2 AP testées.

	GagVill_Civry_ZP01_AP01 102 points			GagVill_Civry_ZP02_AP01 111 points		
	Points de présence	% (moyenne des 2 transects)	Nombre d'individus	Points de présence	% (moyenne des 2 transects)	Nombre d'individus
Point-contact (Fl + Veg.)	3	2,9	3	4	3,6	4
1m <sup>2</sup> fleuri	12	11,8	13	9	8	12
1m <sup>2</sup> végétatif	75	73,5	536	20	18	x
1m <sup>2</sup> fleuri + végétatif	77	75,5	549	24	21,6	x
10m <sup>2</sup> fleuri	50	49	104	29	26	63
10m <sup>2</sup> fleuri + 1m <sup>2</sup> vég.	82	80	640	37	33	x

Tableau 1 : Résultats des différentes approches de mesures de la fréquence de la Gagée des champs dans 2 AP différentes (4 transects).

Le Tableau 2 présente le nombre de points « positifs » le long du transect selon les différentes approches : sans surprise, plus la taille de la surface contact augmente et plus le nombre de points positifs augmente. Mais plus la taille de la surface contact augmente et plus le temps de mise en œuvre augmente (donc le coût) et, plus gênant, plus le risque de ne pas détecter un individu augmente, ce qui peut altérer le calcul de fréquence.

A partir du nombre de points positifs peut être calculée une fréquence d'occurrence par rapport au nombre de points total. Les données sur la ZP01 montrent que :

- la méthode de point contact simple donne une estimation de la fréquence très basse, ce chiffre ne pourra pas servir de base à un calcul de tendance. Pour qu'une tendance soit enregistrée correctement il est recommandé d'obtenir lors de la mesure initiale une fréquence entre 20% et 80%. Si la fréquence est trop basse, on ne pourra pas clairement enregistrer une baisse et si elle est trop haute, on ne pourra pas enregistrer de hausse ;
- les surfaces de 1m<sup>2</sup> donnent tout de suite une fréquence haute **à partir du moment où l'on intègre au comptage les formes végétatives** (la différence entre la fréquence végétative et la fréquence cumulant individus fleuris & végétatifs est très faible). Dans le cas présent, ces formes végétatives sont des petites feuilles filiformes, presque graminoides, très différentes des feuilles « adultes ». Cela pointe la nécessité de très bien connaître l'espèce. Ces formes sont difficiles à détecter à faible densité ;
- Les surfaces de 10m<sup>2</sup> n'apportent pas une grande progression de la fréquence totale mais permettent de pointer un biais possible du choix de trop grandes surfaces. L'opérateur a été confronté au temps de lecture de chaque surface contact, notamment pour prendre en compte les formes végétatives filiformes. Il a donc proposé de combiner à chaque point une détection des pieds fleuris (bien visibles) sur 10m<sup>2</sup> et une recherche des formes végétatives sur 1m<sup>2</sup> seulement (dernière ligne).

La partie droite du tableau, pour la ZP02, montre des résultats assez différents du fait d'une densité de présence de l'espèce beaucoup plus basse. Même les surfaces contact de 1 ou 10m<sup>2</sup> ne permettent pas d'obtenir des fréquences élevées.

Le cas de la Gagée des champs pose également la question de la détectabilité de l'espèce sous ses différentes formes comme on l'a vu. Pour aller plus loin sur ce point, l'opérateur du test a prolongé les transects préconisés au-delà des AP, dans des zones donc où l'espèce n'avait pas été détectée normalement. Le résultat de cette extension est donné dans le Tableau 3.

GagVill_Civry_ZP01_AP01 : 37 points hors AP		
	Points de présence en plus	Nombre d'individus
1m <sup>2</sup> fleuri	3	4
1m <sup>2</sup> végétatif	18	65
1m <sup>2</sup> fleuri + végétatif	19	69
10m <sup>2</sup> fleuri	10	18
10m <sup>2</sup> fleuri + 1m <sup>2</sup> végétatif	20	83

Tableau 2 : Apport de la réalisation de 37 points hors station

Le Tableau 3 montre clairement que la détection de l'espèce lors de la réalisation initiale de l'AP a été imparfaite, même, comme à l'intérieur de l'AP, si ce sont surtout des individus végétatifs filiformes qui font l'essentiel de la différence.

Ce test additionnel permet des constats qui peuvent être généralisables à tout suivi :

- les résultats des transects sont radicalement différents selon que l'on observe les individus matures (fleuris = donnant une descendance l'année du suivi) ou les individus végétatifs et stériles, filiformes, dont une part infime va évoluer vers des individus reproducteurs. Il est donc indispensable pour une bonne interprétation des résultats de distinguer ces stades lors des suivis ;
- le problème de détectabilité de l'espèce cible ne doit pas être sous-estimé, même de la part d'un observateur aguerrri. Il doit être pris en considération dans l'état initial et lors de la mise en œuvre du protocole. D'autant qu'avec le nombre de répétitions et la routine qui peut s'installer lors de la mise en œuvre, la capacité de détection peut faiblir : une réalisation à 2 observateurs peut être une solution de sécurité ;
- ce problème de détectabilité montre aussi l'intérêt d'un protocole employant des petites surfaces contact, qui focalisent l'œil de l'observateur et limite fortement le biais de détection. Car en plus de biaiser le résultat l'année N de la lecture, le problème de détectabilité va de fait entraîner un problème de reproductibilité du protocole à l'année N+x, donc du calcul de tendance d'évolution.
- Les tests additionnels montrent l'intérêt de la définition claire et précise d'une Aire potentielle (qui correspond à un habitat favorable à l'espèce) pour la mise en place de tout suivi. La définition de cette aire potentielle permet d'anticiper des déplacements de population (dans la limite de son habitat potentiel à un instant T) ainsi que de donner une base plus robuste à l'échantillonnage.

Ce premier niveau de test de la méthode CBNA initiale a apporté un véritable cadre méthodologique à l'approche du suivi d'une station d'espèce. Même si des biais ou des limites ont été mis au jour, ce test a permis de rentrer réellement dans ce que doit être un suivi protocolé et les questions qu'il soulève.

## **2.2. ASPERULA TINCTORIA**

### **2.2.1. PRESENTATION DU PROTOCOLE**

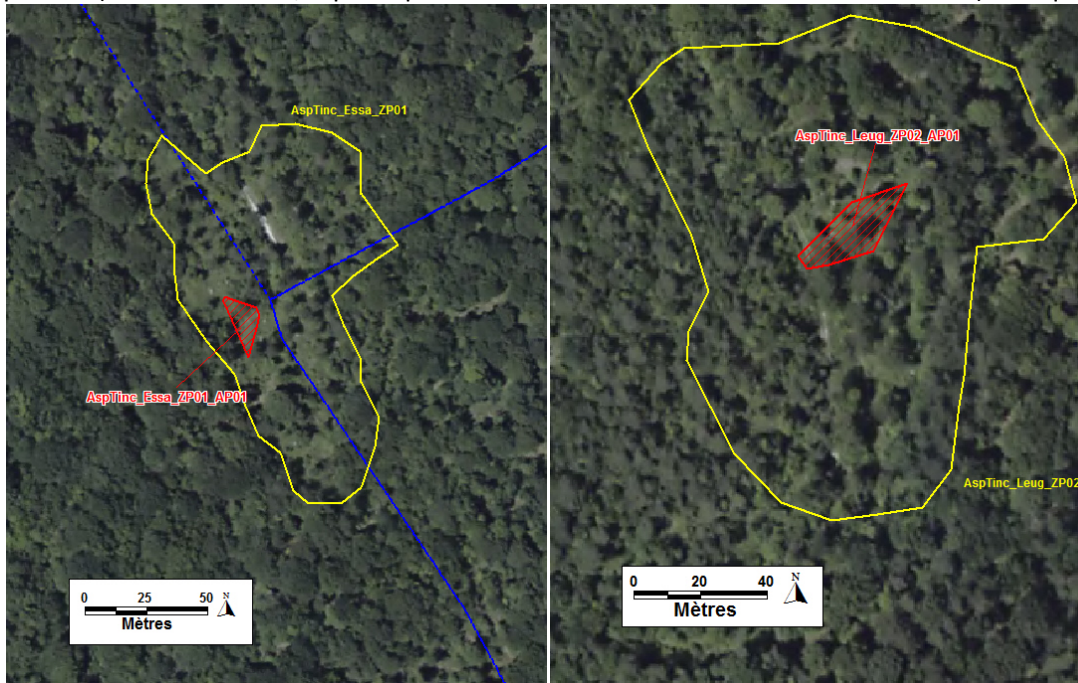
A l'occasion du bilan stationnel en 2016, le constat de l'extrême faiblesse des effectifs a conduit à mettre en place un système de suivi sur cette espèce.

L'espèce a été reconfirmée sur deux sites, avec des Aires de Présence restreintes à 175m<sup>2</sup> pour l'une et 358m<sup>2</sup> pour l'autre (Figure 2). La question s'est ensuite posée de savoir comment comptabiliser l'espèce : les AP très restreintes posent le problème de la précision de localisation et le type biologique de l'espèce (vivace, stolonifère) pose le problème de ce qu'est un individu.

Dans chaque AP, l'espèce se répartit en petites taches d'un faible nombre de tiges distantes de quelques mètres. L'impossibilité de distinguer les individus nous a donc conduit à choisir de dénombrer les « tiges » en séparant, par principe, celles fleuries à la date du suivi, des autres dont nous n'avons pas vérifié si elles fleurissaient plus tardivement. La répartition de l'espèce et ses faibles effectifs nous ont conduit à choisir un dispositif « exhaustif » plutôt que par échantillonnage.

Pour la station la plus limitée, la localisation des tiges ne pouvait se faire par pointage GPS : Le GPS disponible à l'époque avait une précision trop faible par rapport au mode d'agrégation de l'espèce (groupes de tiges très proches).

Le comptage/positionnement des tiges s'est fait à partir de deux points de référence physiquement implantés (aimants enfouis, repérés par GPS et localisables avec un détecteur ad hoc). Chaque tige est



positionnée à partir du point de référence par une distance (précision 1-2 cm) et un azimut (précision 0,5-1 degré). Cela permet de dessiner les contours des stations et suivre finement l'usage de l'espace par l'espèce (Figure 3).

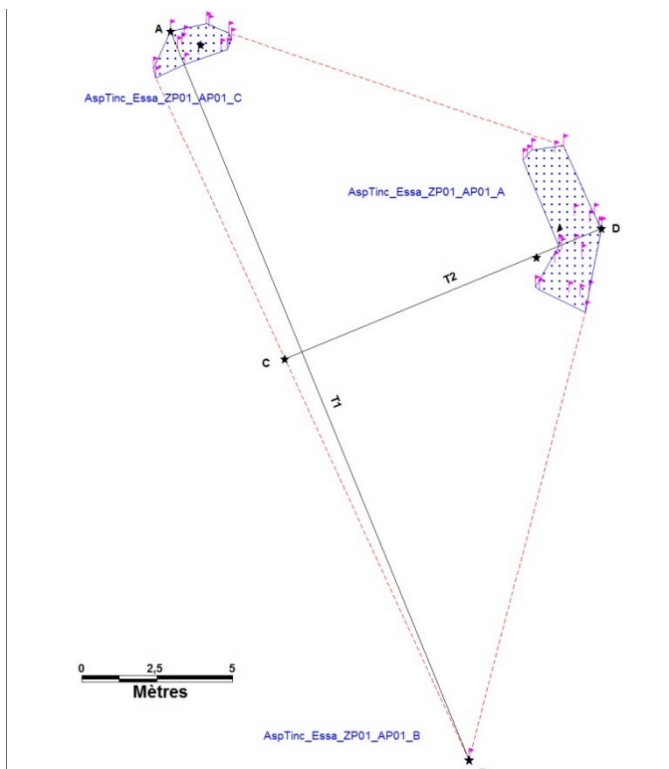


Figure 2 : Aire de présence d'*Asperula tinctoria* sur la station d'Essarois (a : gauche) et Leuglay (b : droite). AP en rouge et ZP en jaune.

Figure 3 : Positionnement des tiges d'Aspérule par la méthode distance / azimut. AP en pointillés.

## 2.2.2. RETOUR D'EXPERIENCE

Ce suivi, d'abord envisagé selon les principes de mise en place de Fort & Bonnet (2011) vus précédemment, a montré rapidement que ces principes s'appliquaient mal pour les stations concernées d'Aspérule. Le principal problème était les AP petites mais très hétérogènes par la dispersion des individus et par la mosaïque d'habitats qui ne se prêtait pas à la mise en place de transects représentatifs.

En revanche, si un système d'échantillonnage avait été choisi (en grille systématique par exemple) Le problème de la notion d'individu aurait pu être contourné : il aurait suffi de noter la présence / absence de l'espèce, sans interpréter. La donnée du suivi aurait été une fréquence brute, non rattachable à des individus mais permettant de calculer des évolutions tout de même. Avec un dispositif en grille, il aurait également pu être calculé une évolution sur l'aire occupée. Mais ici encore, la taille des AP rendait difficile le travail en grille : impossible de travailler avec une grille inférieure à 10m sur Tablet PC portable (précision du GPS intégré) et lourdeur de mise en place d'une grille physique sur le terrain (piquets, filins, décamètres, cadre mobile...).

Cette prise de position par la méthode distance / azimuth a été conduite de façon « artisanale » avec une boussole à visée et un télémètre laser et a nécessité la participation de 2 personnes. L'usage d'un tachéomètre aurait permis une levée bien plus rapide mais avec le même besoin de positionner des repères fixes et l'emploi de 2 personnes.

A la date d'écriture de cette synthèse, de nouveaux outils pourraient se révéler très efficaces pour éviter une levée par la méthode distance / azimuth. Les GPS différentiels à bas coût basés sur le réseau Centipède RTK, de précision **centimétrique** seraient idéaux. Ils présentent encore actuellement une faiblesse par le nombre réduit de stations fixes de référence, ce qui ne permet pas d'obtenir les performances maximales partout sur le territoire régional.

## 2.3. VALERIANA TUBEROSA

L'étude de cette espèce et les tests méthodologiques qui ont porté dessus ont été réalisés dans le cadre du partenariat avec la Réserve naturelle régionale du Val Suzon.

### 2.3.1. 2013

Sur une des deux stations de Valériane tubéreuse connues du gestionnaire (ONF), un inventaire a été réalisé :

- Parcours de la zone de présence et repérage des principales taches de présence de l'espèce ;
- Sur chacune des zones où l'espèce est détectée, piquetage de tous les pieds visibles ;
- Comptage exhaustif des pieds rencontrés en séparant les pieds fleuris des rosettes stériles.

Le recourt au piquetage s'est avéré nécessaire car le nombre de pieds était beaucoup plus important que prévu, notamment du fait de la prise en compte des pieds stériles.

L'étude du site a été complétée par une observation plus détaillée des préférences écologiques apparentes de la Valériane et d'une évaluation des potentialités des différentes parties des sites pour l'espèce.

La population sur le site se composait donc en 2013 de 18 pieds fertiles (matures) plus 310 pieds

stériles. Les effectifs notés nous ont « surpris » car le gestionnaire évoquait 15 à 20 individus. Seuls les pieds fleuris étaient comptabilisés antérieurement.

Il est apparu important de comptabiliser les rosettes stériles mais nous ne comprenions pas si ces rosettes correspondaient à des jeunes plants ou des rejets autour d'un pied mature. En effet les pieds stériles étaient systématiquement agrégés en groupes et non répartis aléatoirement. Souvent ces groupes étaient centrés sur un individu plus robuste.

La connaissance exacte de la signification des différentes formes de la plante est très importante pour l'évaluation de sa taille et donc des risques qui pèsent sur elle. Rappelons que dans une évaluation de type liste rouge, seuls les pieds matures sont comptabilisés comme participant réellement à la survie de la plante.

Nous avons donc cherché à comprendre ce que représentaient les pieds stériles. Nous en avons déterré certains pour vérifier qu'ils correspondent bien à des individus et non à des repousses issues du rhizome : à priori ce sont bien des individus différents, correspondant à des germinations de l'année. Nous n'avons pas déterré de pied stérile plus robuste pour vérifier la taille du rhizome (évaluer ainsi la probabilité qu'il puisse passer d'une année à l'autre).

A l'issue de cette première année, nous posons les questions pour le suivi :

- La population du site est-elle stable ?
- Les pieds les plus robustes sont-ils stables dans le temps ?
- Comment évolue le taux de floraison ?
- Que deviennent les petites pousses stériles d'une année sur l'autre ?
- Quel est l'indicateur le plus pertinent à suivre (juste les pieds fleuris ? le nombre de groupes ? le nombre total ?).

### 2.3.2. 2014

Cette année la seconde population de la RNR est étudiée, de la même manière que l'autre station l'année précédente. Par ce complément, on obtient une vision de l'état de l'espèce à l'échelle de la RNR ce qui correspond au bilan stationnel qui est préconisé au niveau régional avant la mise en place de tout suivi.

**Sur la station étudiée en 2013**, nous avons essayé de comprendre plus finement comment fonctionnaient les pieds matures et pieds juvéniles. Nous avons creusé le long d'un pied fleuri entouré de deux rosettes stériles (Figure 4).

Les pieds matures présentent plusieurs rhizomes tubérisés massifs (B & C de la Figure 4). Ils sont situés entre 3 et 7 cm de profondeur mais les racines plongent plus profondément. Ils sont considérablement plus robustes que ceux des jeunes pieds.

Les rosettes stériles sont bien des individus différents, mais elles ne correspondent pas forcément à des germinations de l'année ou de l'année précédente comme nous l'avancions en 2013. Leurs rhizomes (A, Figure 4) sont trop gros pour être de l'année.

La notion d'individus de l'espèce est donc précisée pour les comptages et l'on sait que les rosettes non fleuries sont des individus en cours de croissance, dont une partie seulement pourra fleurir un jour.



Figure 4 : Parties souterraines d'un pied fleuri de *Valeriana tuberosa*

### 2.3.3. 2015

Cette année les suivis effectifs sont mis en place sur les deux stations de la RNR. Deux méthodes sont testées, une sur chaque site.

Sur le premier site la méthode de suivi mise en œuvre est la suivante :

- Définition d'un transect traversant l'ensemble de la clairière accueillant l'espèce en 2014 ;
- Matérialisation du transect par un point GPS à chaque extrémité (basé sur un arbre, marqué à l'occasion) et par un filin (Figure 5a) ;
- Pose d'un multi-décamètre le long du filin ;
- Positionnement d'un quadrat de comptage (1m x 1m) à chaque valeur ronde (Figure 5a) le long du décimètre, avec report du quadrat de chaque côté du ruban, autant de fois que nécessaire pour couvrir toute la surface occupée par l'espèce ;
- Comptage des pieds fleuris et rosettes stériles dans chaque quadrat de 1m x 1m ;
- Report sur un schéma de chaque pied observé dans chacun des quadrats (fleuri / stérile) (Figure 6) ;
- Photographie de chaque quadrat pour permettre des contrôles ou vérifications ultérieures des schémas et données (Figure 5b).

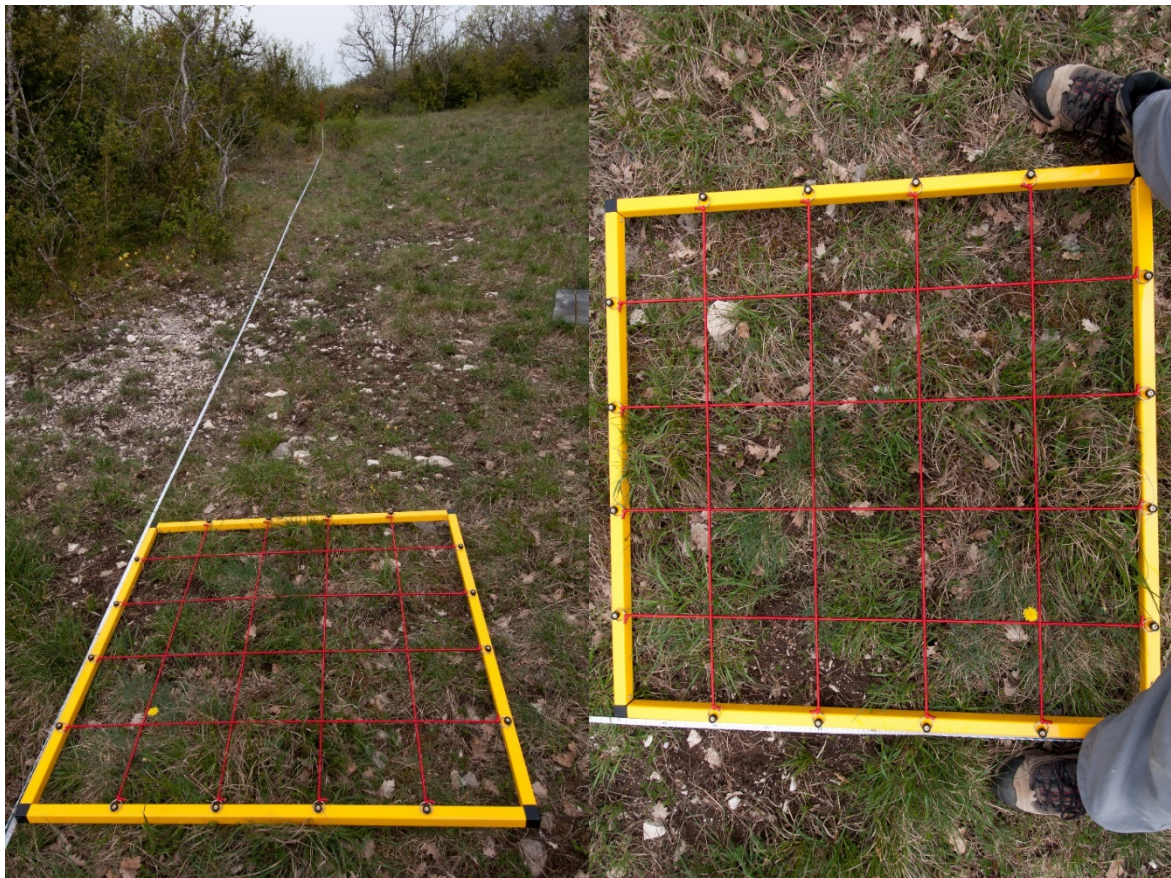


Figure 5 : a= Transect matérialisé par le filin guide + décimètre ; b= Pose du Quadrat

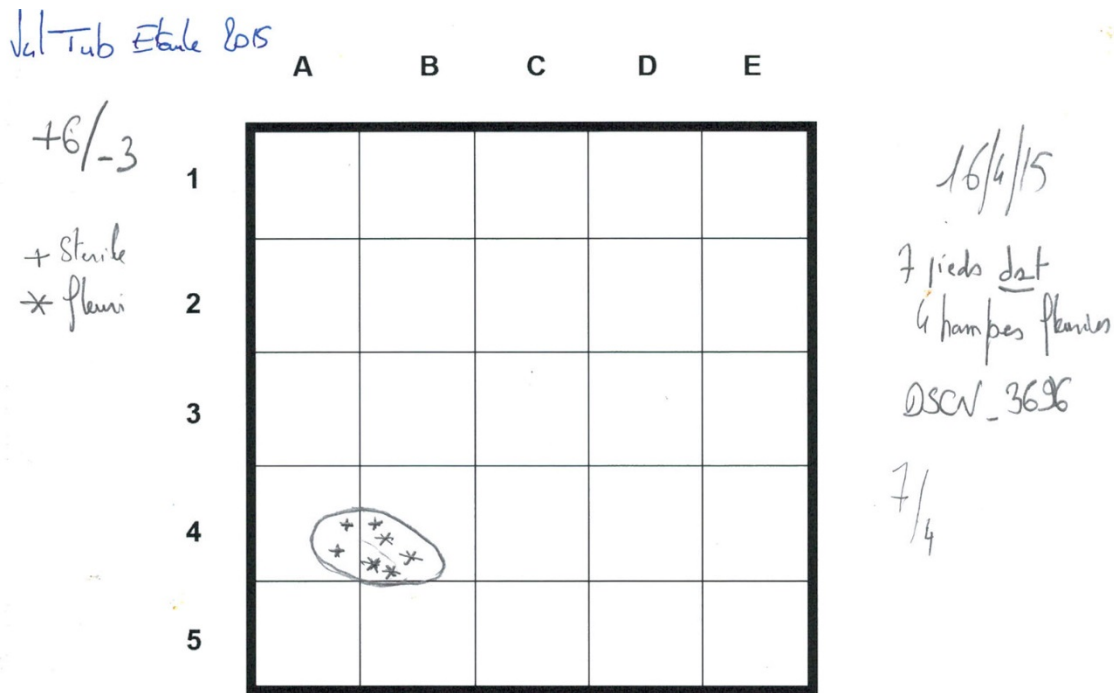


Figure 6 : Extrait d'une fiche de terrain de report des individus au sein d'un quadrat.

Le transect défini mesure 70 m. les résultats synthétiques du comptage, en pieds stériles et en pieds fleuris sont donnés dans l'annexe 1 sous forme d'une matrice. Ce sont 355 rosettes stériles et 34 individus fleuris qui ont été recensés.

Il est possible à partir des données de calculer une valeur en fréquence de l'espèce, soit sur l'ensemble de l'aire couverte, soit sur le transect, en prenant les quadrats positifs des colonnes 0 et -1 des tableaux de l'annexe 1 (soit une bande de 2m de largeur sur 70m de longueur). La fréquence est alors de 0.1 (10%) sur ce transect.

Si on regarde autrement, ce protocole revient à faire une lecture de la population en grille systématique de 1x1m sur l'ensemble de son AP.

Dans ce protocole, on dépasse l'objectif de faire de l'échantillonnage à la station, l'approche est quasi exhaustive et à la limite de la méthode individu-centrée. On peut en effet repositionner le transect et les cadres avec une erreur assez faible et contrôler la présence des individus notés sur les dessins de terrain. Ce protocole est assez lourd et a nécessité une journée complète pour une personne.

---

**Le protocole permet une lecture quasi exhaustive de la population sur les effectifs et permet une localisation et donc un suivi de l'évolution spatiale de la population dans son habitat. Dans les deux cas, on peut individualiser le comportement des individus matures / fleuris de celui des rosettes stériles.**

---

Sur la **seconde station**, un protocole plus léger est mis en place, il s'agit à la base du protocole « CBNA » décrit dans la partie 2.1 pour la Gagée des champs avec :

- Prospection exhaustive du secteur de pelouse avec pointage GPS de tous les pieds observés ;
- Positionnement cartographique des points GPS et définition de l'AP (création d'un polygone à partir des points les plus externes de la population) ;
- Choix de deux transects **fixes** perpendiculaires matérialisant environ la plus grande longueur et la plus grande largeur de la zone de présence (Figure 7) ;
- Matérialisation des transects par un filin + décimètre ;
- Positionnement d'un quadrat de comptage (1m x 1m) à chaque valeur ronde le long du décimètre, et comptage à chaque fois du nombre d'individus fleuris et stériles.



Figure 7 : Suivi de la population de *Valeriana tuberosa* : points verts = groupes d'individus ; ligne rouge = Aire de présence ; lignes jaunes = transects de comptage.

Par rapport au protocole initial du CBNA, nous avons opté pour des transects fixes repérés au GPS et par des arbres, et la lecture ne s'est pas faite en point contact mais en bande-transect par report du quadrat de suivi pour augmenter la détection.

Il est choisi ici de faire dépasser le transect de l'AP, au moins dans les parties d'habitat favorables, suite aux observations faites dans le cas de la Gagée des champs sur la détectabilité. Par ailleurs, un choix de transect strictement calé sur l'AP de l'année est logique pour des transects non fixes, redéfinis chaque année de suivi (c'est le protocole initial CBNA) mais dans le cas de transects fixes une longueur de transect trop restreinte ne permettra pas d'anticiper une extension de l'AP.

Cette année-là, le résultat de l'estimation de la fréquence de l'espèce sur les transects est de 0.314 (28 quadrats positifs pour 89 quadrats observés).

#### 2.3.4. 2021

Après les phases tests de 2015, les suivis ont été renouvelés en 2021 avec le même protocole sur les deux stations qu'en 2015.

Le suivi en grille de 1m<sup>2</sup> de la **première station** a montré une chute de l'espèce en fréquence et surtout une très forte chute en densité sur son AP. La régression touche plus les individus stériles (les effectifs 2021 représentent 20% de ceux de 2015) que fleuris (40% de 2015). Il est très difficile d'attribuer cette différence à une cause précise.

Le renouvellement du protocole a posé quelques problèmes techniques : la gestion des franges de la pelouse avait entraîné la coupe d'un des arbres repère du transect (mais le repositionnement était possible sur sa souche). Il est donc nécessaire de bien documenter les points de départ et d'arrivées des transects fixes pour anticiper ces situations. On peut combiner les points GPS (attention précision), marquage sur repère sur sites et par exemple localisation par triangulation à partir de repères plus éloignés non labiles (bâtiment, rocher, point remarquable du paysage) en levant les azimuts précis de ces repères.

Le suivi de la **seconde station** n'a posé aucun problème, les repères de transects ont été retrouvés très vite. Le résultat de l'estimation de la fréquence de l'espèce sur les transects est de 0.383 (66 quadrats positifs pour 172 quadrats observés), contre 0.314 en 2015.

#### 2.3.5. CONCLUSION

La mise en place des protocoles de suivi de la Valériane tubéreuse dans la RNR du Val Suzon s'est étalée sur 3 ans, permettant ainsi :

- De réaliser un état des lieux (bilan stationnel) complet des deux stations et de l'Aire de présence de l'espèce sur les deux sites ;
- De définir les questions auxquelles on souhaitait répondre et auxquelles il paraissait possible de répondre ;
- De clarifier la notion d'individu pour l'espèce, et de comprendre comment interpréter les chiffres obtenus en comptage ;
- De mettre en place des protocoles tests mais dont les données seraient utilisables et compatibles entre sites (il reste possible de transformer les données du site 1 en données de bande-transect).

Les protocoles se sont dans les deux cas tournés vers des systèmes fixes, de grille et de transect, abandonnant l'idée des systèmes repositionnés chaque année de suivi. Ceci a semblé logique en cours de réalisation, à la fois du fait :

- De la nature de l'espèce, vivace et stable dans ses stations ;
- De la nature de l'habitat de l'espèce, des pelouses permanentes, stables dans le temps (et dont le maintien est un objectif du plan de gestion de la RNR) ;
- Des premiers retours obtenus par le CBN Alpin sur ses propres suivis, montrant que les dispositifs fixes permettaient d'obtenir des informations plus fiables sur des pas de temps plus courts.

Le temps le plus important a été consacré lors de la conception des protocoles, leur réalisation en routine sur des bases connues étant désormais assez légère (1/2 journée par site pour le terrain).

## 2.4. CREPIS PRAEMORSA

En Bourgogne, l'espèce est rarissime avec seulement deux populations connues depuis les années 2000 et bon nombre déjà disparues. Les deux stations actuelles sont sur des accotements et talus de petites routes départementales forestières sur plateau calcaire. Elles partagent donc la même écologie et les mêmes pressions.

Un premier bilan stationnel de l'espèce a été réalisé en 2014, avec test d'un protocole de suivi sur l'une des stations. La population choisie a d'abord été inventoriée très largement, avec repérage des individus, pour une vision complète de l'extension de la population (AP).

La population suivie étant en bord de route, avec une bonne partie en accotement, la répartition des individus est très linéaire. Nous avons donc testé différentes approches sur une base de transect / point ou surface contact.

Une ligne fixe est placée sur l'accotement (un multi-décamètre) et la présence de l'espèce est notée à distance fixe par différents procédés (point contact tous les mètres, carré contact de 20cm x 20cm tous les mètres et carré contact de 100cm x 100cm tous les 5 m). Le résultat général est un ensemble de points "positifs" et "négatifs" dont on peut extraire un rapport donc une fréquence. Le dispositif a été mis en place sur le cœur de la population, sur 100 m de longueur. Les résultats des estimations sont donnés dans le Tableau 4.

Méthode	Résultat brut	Nbre d'individus contactés	Fréquence	Densité estimée
Point contact	6 contacts / 100 points	6	6 %	60 ind./m <sup>2</sup>
Carré contact (20x20 cm) 1/m	23 contacts / 100 points	76	23 %	19 ind./m <sup>2</sup>
Carré contact (100x100 cm) 5/5m	6 contacts / 20 points	32	30 %	1.6 ind./m <sup>2</sup>

Tableau 3 : Résultats des différents modes d'échantillonnage de la population.

Quelques réflexions et retours sur cet essai :

- De façon classique, plus la taille de la surface échantillon augmente et plus la détection est efficace. La méthode au point est très simple mais demande de multiplier les points (tous les 10 cm par exemple) ;
- Nous avons compté les individus captés par les différents modes d'échantillonnage mais les extrapolations restent peu intéressantes, la donnée de fréquence est plus simple à manipuler et à comparer statistiquement ;
- Ces dispositifs sont très légers à mettre en œuvre, quel que soit le choix de l'unité d'échantillonnage ;
- Avec le recul, une bande transect de 1m ou 50cm de largeur serait sans doute encore plus intéressante. Elle sera testée lors du retour sur la station en 2023.

Voir également *Gasparrinia peucedanoides* pour un autre exemple de suivi en ligne-transect.

## 2.5. GASPARRINIA PEUCEDANOIDES

Le Séséli faux-peucédan est très rare en Bourgogne mais très présent dans la RNR du Val Suzon, où nous avons développé le suivi de l'espèce. Elle fréquente essentiellement les layons forestiers et peut se trouver dans des zones soumises à gestion forestière. L'espèce fait partie des espèces prioritaires dans le plan de gestion de la RNR et fait l'objet d'un suivi depuis 2015.

### 2.5.1. DESCRIPTION DU PROTOCOLE

La démarche a débuté en 2014 par une prospection très large de la RNR pour compléter la répartition de l'espèce (Bilan stationnel local). Trois secteurs ont ensuite été choisis pour faire l'objet d'un suivi, sur la base de leur importance (taille de la population) et pour couvrir différentes nuances sur l'habitat utilisé par l'espèce.

Sur ces trois sites, l'espèce occupe essentiellement des ourlets calcicoles thermophiles au bord de layons forestiers ou en lisière de fourrés / manteaux forestiers. Le mode d'occupation de l'espace nous a conduit à choisir un système de suivi en ligne-transect.

Le protocole de suivi mis en œuvre est le suivant :

- Sélection d'un secteur de présence de l'espèce ;
- Définition d'un transect (entre 10 et 30 m selon configuration de la station), matérialisé par un point GPS à chaque extrémité et par le ruban d'un multi-décamètre ;
- Notation en présence / absence le long du ruban tous les 10cm sur une surface contact de 5cm de rayon (Figure 8) ;
- A l'échelle d'un site, plusieurs répétitions sont faites (par exemple Figure 9).

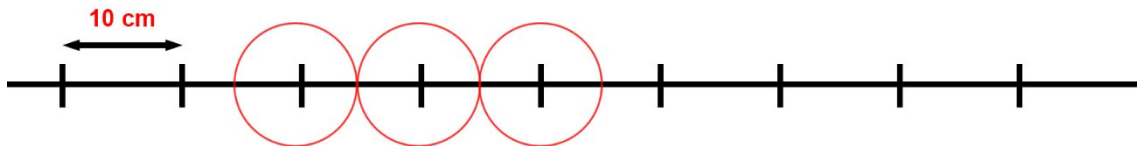


Figure 8 : Schéma d'organisation des zones de contact le long du transect.

**NB :** Nous avons mis ici en application les résultats des tests sur le *Crepis praemorsa*, datant de 2014, montrant la meilleure efficacité des surfaces contacts et la nécessité de densifier les surfaces échantillons pour les protocoles en ligne.

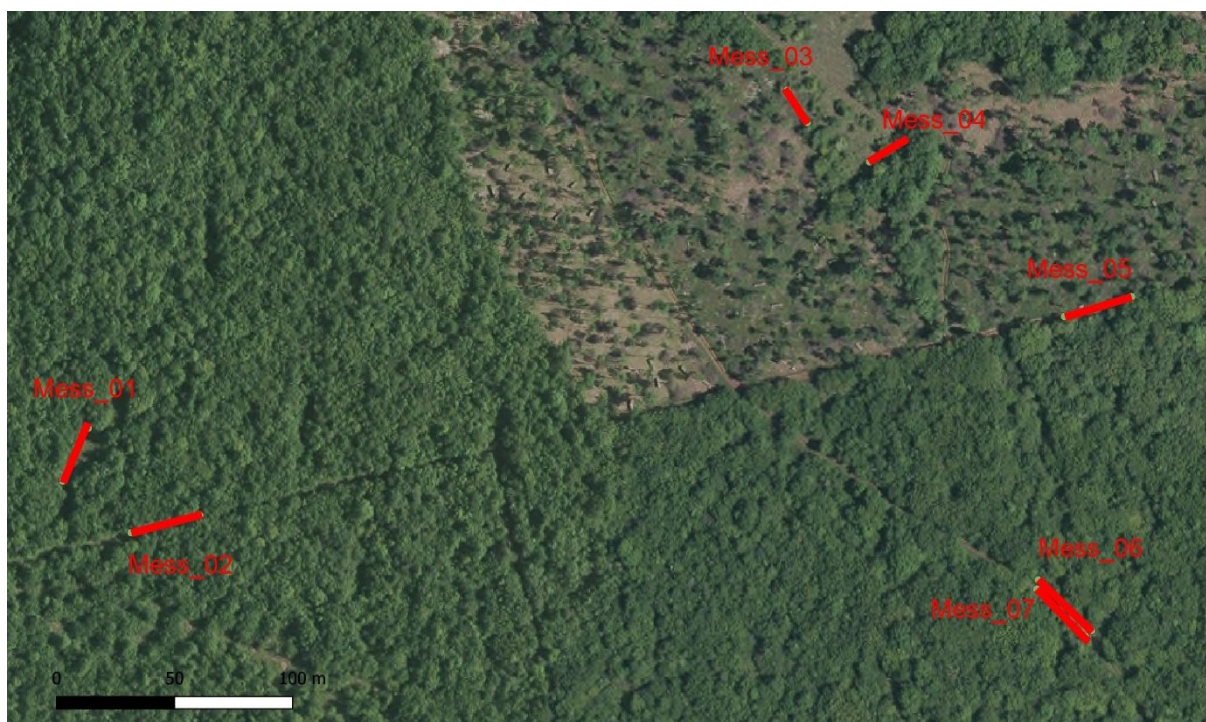


Figure 9 : Localisation des transects sur un des sites étudiés.

Le suivi des transects a été reconduit en 2020 : une synthèse des résultats est proposée dans le Tableau 5.

Transect	Longueur (m)	Nbr points d'observation	Contacts positifs 2020	Freq 2015	Freq 2020	Tx de floraison 2020
Mes_01	26	261	8	0,07	0,03	25%
Mes_02	30	301	2	0,05	0,01	50%
Mes_03	17	171	5	0,11	0,03	0%
Mes_04	16	161	12	0,07	0,07	17%
Mes_05	30	301	24	0,04	0,08	42%
Mes_06	30	301	9	0,06	0,03	11%
Mes_07	30	301	10	0,05	0,03	0%
Chat_01	15	151	2	0,1	0,01	0%
Chat_02	16	161	6	0,13	0,04	33%
Chat_03	9	91	10	0,33	0,11	50%
Chat_04	11	111	16	0,17	0,14	56%
Darois_01	15	151	17	0,23	0,11	35%
Darois_02	30	301	38	0,3	0,13	87%

Tableau 4 : Résultat des mesures de fréquence de *G. peucedanoïdes* en 2015 & 2020.

## 2.5.2. RETOUR D'EXPERIENCE

Les aspects pratiques de mise en œuvre restent très intéressants comme toujours pour les lignes ou bandes transects : matériel simple et léger, mise en œuvre aisée pour une personne...

Le choix de placettes contact rondes repose sur un côté pratique : le point central est matérialisé par un clou le long du ruban gradué et un cercle peut être posé autour (tronçon de tuyau PVC) ou bien on utilise une cordelette pour mesurer le rayon, ce qui peut s'adapter à toute taille de placette (plus intéressant pour les grandes placettes que pour les très petites). Mais un petit cadre de 10cm est également simple à manipuler en le plaçant le long du ruban.

Malgré la densité de points par transect (surfaces contact contiguës tous les 10cm), la méthode par ligne ne permet de capter que très peu la présence de l'espèce. Les fréquences obtenues sont très faibles. Le nombre de répétition compense en partie ce point mais il restera très difficile de donner une tendance fiable, a fortiori à la baisse, sur ces bases. La taille des surfaces échantillon rend par ailleurs le dispositif assez sensible aux erreurs de repositionnement du transect, quelques centimètres de décalage peuvent induire de fortes différences de détection.

Une fois de plus, le système qui semble à la fois le plus pratique et le plus efficace en détection semble la bande transect, largement mise en œuvre pour d'autres suivis ultérieurs. La question se pose ici de basculer vers ce système pour la suite des suivis.

## 2.6. **OROBANCHE ELATIOR**

### 2.6.1. PRESENTATION DU SUIVI

La grande Orobanche (*Orobanche elatior*) est une espèce qui a fait l'objet d'un bilan stationnel en Bourgogne - Franche-Comté en 2022. L'espèce est une géophyte avec une forte variabilité du nombre d'individus visibles en fonction des années.

D'un point de vue détectabilité la grande Orobanche est visible de « loin » (quelques mètres environ), des prospections à vitesse de marche normale permettent de repérer tous les individus. Ces individus sont par ailleurs souvent bien séparés les uns des autres. Cet aspect est primordial car il permet d'avoir des données exhaustives quant à répartition de l'espèce dans son aire de présence.

Un premier jeu de données avait été collecté en 2017 (Réserve Naturelle Régionale du Val Suzon – Messigny et Ventoux) par pointages d'individus au GPS. L'année d'inventaire a été décidée au vu de la très bonne expression de l'espèce après 3 ans de surveillance quasi sans aucun individu visible.

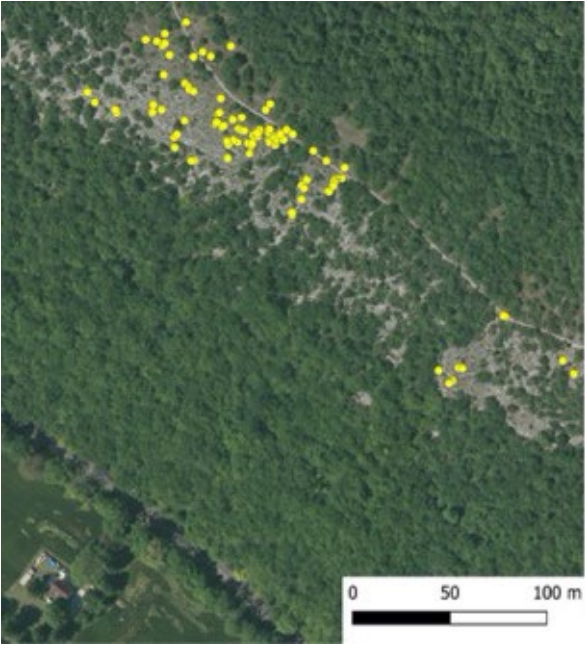
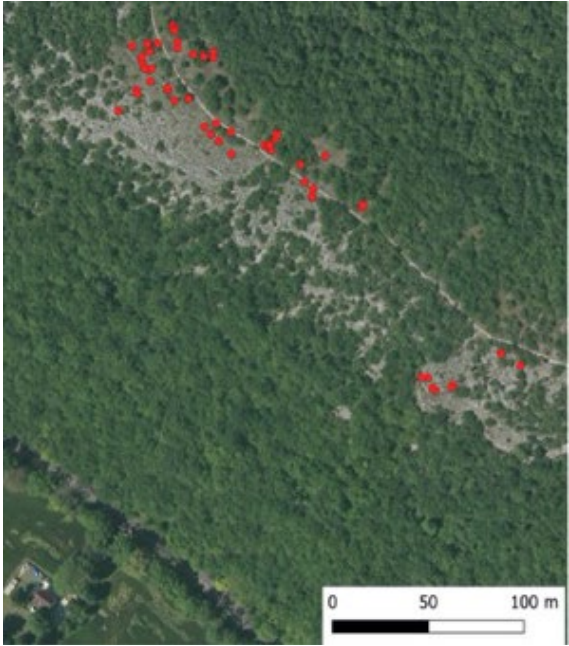
Lors du bilan stationnel de 2022, également une bonne année pour l'espèce, l'opérateur (le même qu'en 2017) a réalisé 2 campagnes de pointage à quelques jours d'intervalle : un premier passage a été réalisé avec une prospection exhaustive de l'aire de présence avec pointage GPS des individus contactés. Quelques jours après, devant le constat que de nouveaux individus étaient apparus, un second passage exhaustif a été fait dans les mêmes conditions.

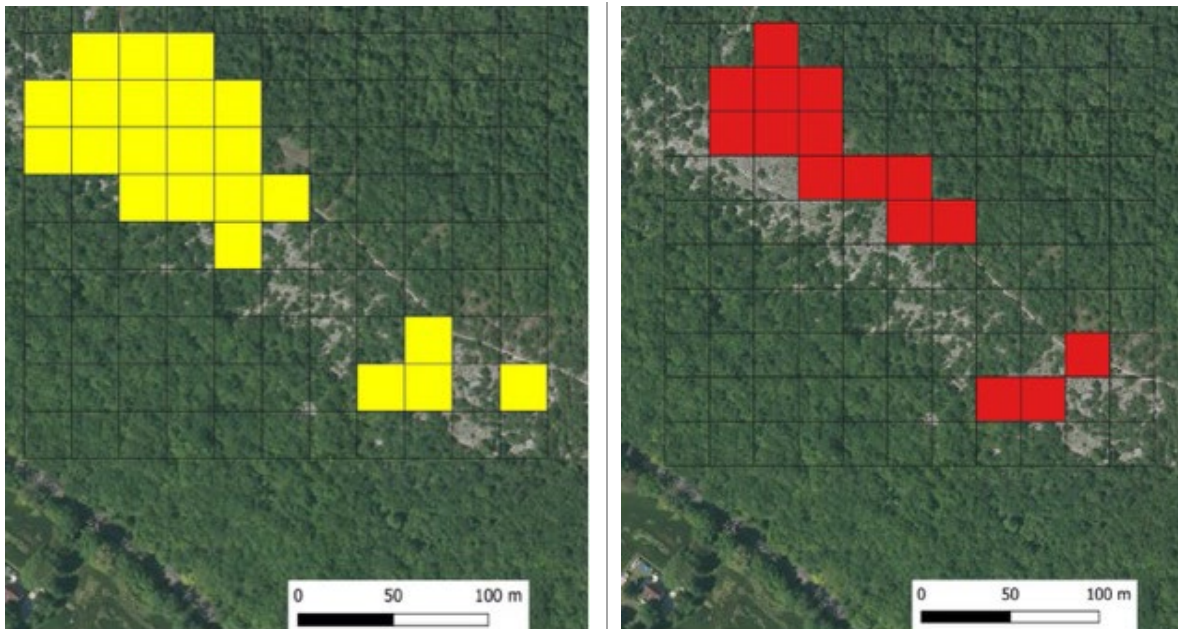
La principale question posée est « comment évolue la population sur le site de Roche Château au fil des années ? ».

Afin de répondre à la question, il est nécessaire de comparer les données de 2017 aux données de 2022. Deux démarches sont possibles :

- Evolution du nombre d'individus (= pointages) mais avec en arrière-plan la question de l'exhaustivité suite au constat de 2022 (est-ce qu'un troisième passage en 2022 aurait permis de détecter de nouveaux individus ? Est-ce que d'autres passages en 2017 auraient permis de trouver d'autres individus ?)
- Evolution de l'occupation spatiale de l'espèce à partir des pointages en divisant l'habitat favorable en mailles. Cette option dégrade l'information en données de présence / absence (des informations de densité peuvent tout de même être déduites de ce type d'approche).

Les figures ci-dessous permettent de comparer les deux approches pour des mailles de 25x25m :

<b>Évolution du nombre d'individus</b>	
<b>2017</b>	<b>2022</b>
122 individus pointés	98 individus pointés
	
<b>Évolution de l'aire de présence (maille de 25 m × 25 m)</b>	
<b>2017</b>	<b>2022</b>
22 mailles de présence	15 mailles de présence



## 2.6.2. REMARQUES SUR LE PROTOCOLE

L'approche par maille permet de mesurer une évolution spatiale de l'espèce (évaluation du dynamisme de la population à travers la conquête ou la perte de mailles, mailles de présence permanente) qui est moins impactée par le problème de l'exhaustivité du comptage.

Il s'agit d'une procédure *a posteriori*, qui peut être utile dans des cas où on se rend compte après coup que la détectabilité de l'espèce a été mal évaluée ou qu'elle est problématique. C'est donc une méthode "de secours", qui n'est pas optimale dans une procédure normale de mise en place d'un suivi où normalement ce facteur détectabilité doit être pris en compte en amont. Son application ici représente surtout un test de principe, mais pourrait s'avérer utile si le problème du pic d'apparition des individus est mal maîtrisé.

Ici, la dégradation de l'information en présence / absence par maille a été réalisée en post traitement à partir des pointages sur le terrain. Si l'on accepte l'imprécision du GPS pour le pointage des individus (ici précision métrique) – cette méthode permet d'avoir des résultats fiables et comparables sur des mailles de 25x25 m. L'autre alternative pour obtenir le même résultat est soit d'utiliser un maillage directement sur le terrain (mais avec un temps/coût de mise en place important) soit d'utiliser une grille sur SIG et tablette de terrain (voir 3.2). L'option choisie avec GPS de randonnée est légère et permet de se concentrer sur la recherche de l'espèce et non sur la gestion "technique" de la tablette et des données, ce qui est un problème récurrent avec les solutions mobiles.

Les effectifs dénombrables d'une espèce peuvent évoluer rapidement dans le temps (2 campagnes de relevés à quelques jours d'intervalle montrent un différentiel dans le nombre d'individus contactés) ce qui peut modifier complètement les résultats du suivi. Pour une espèce vivace avec des parties végétatives visibles, le problème existe rarement. Pour des espèces dont la totalité de l'individu peut apparaître rapidement, le problème est très fort. Les orobanches sont un cas extrême dans cette catégorie. Pour s'approcher au mieux de l'effectif "réel", il faut soit multiplier les campagnes de relevé au sein d'une même année soit disposer de relais d'informations (gestionnaires, correspondants bénévoles, etc.) pour intervenir à l'optimum. Cela montre à l'inverse que si l'on intervient sans trop savoir où en est l'expression de l'espèce (sur une station difficile d'accès par exemple), le suivi peut

être affecté d'une forte incertitude.

## 2.7. BISCUTELLA DIVIONENSIS

Cette Biscutelle est la seule plante endémique stricte de Bourgogne. Elle est très proche morphologiquement de *Biscutella laevigata ssp varia*. La seule population connue actuellement se situe sur un pinacle rocheux en ubac de la Combe Lavaux, dans la Réserve naturelle de la Combe Lavaux – J. Roland. La totalité des pieds de Biscutelle sont présent dans une falaise calcaire verticale, dans une végétation typique du *Potentillion caulescentis*.

L'étude de l'espèce a débuté en 2007 et s'insère dans le suivi fin de l'espèce projeté durant le premier plan de gestion de la réserve. Depuis lors, le suivi de l'espèce a été fait en 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2015, 2018 et 2021.

Le suivi mis en place est **de type individu-centré** et doit permettre de définir finement la dynamique de cette population (mortalité, recrutement, développement des individus, production de graines, etc.) afin de juger des menaces qui pourraient peser sur elle.

La méthode choisie, compte tenu de la valeur de l'espèce et du faible nombre de pieds présents, est la suivante :

- Prospection exhaustive de la population (en rappel, la population étant située dans une falaise d'une quarantaine de mètres de hauteur) ;
- Identification individuelle de chaque pied par une étiquette fixe assortie d'un numéro ;
- Notation de la position de chaque pied sur une photographie de la falaise ;
- Notation des paramètres suivants pour chaque pied : nombre de rosettes végétatives, nombre de tiges florifères.

Un exemple d'état de la population à deux dates est fourni en annexe.

L'étude de cette espèce a été la première de type individu centré pour nous et a permis de progresser sur les points suivants :

- Géolocalisation d'individus en paroi verticale ;
- Technique de marquage des individus ;
- Réflexion sur les traits suivis par individu ;
- Impact du suivi sur la dynamique de la population.

### 2.7.1. GEOLOCALISATION D'INDIVIDUS EN PAROI VERTICALE

De façon évidente, les techniques de localisation habituellement utilisées pour repérer précisément les individus d'une population d'un terrain plat (GPS, pointage sur Orthophotoplan...) ne fonctionnent pas sur paroi verticale.

Dans le cas présent, et par la suite dans plusieurs autres cas en Bourgogne, nous avons réalisé des photographies haute définition de la falaise à étudier, depuis un point de vue du versant opposé. Ceci est possible en Bourgogne car les falaises sont souvent des versants de vallon assez étroits. Cette situation n'est pas transposable partout. Sans versant en vis-à-vis, un drone peut permettre de réaliser ces images.

Pour une définition maximale, les images sont faites par assemblage (mosaïque) de plusieurs photos de détail prises avec une focale moyenne. Le même traitement peut être appliqué aux images issues d'un drone.

Pratiquement, l'image est imprimée et utilisée lors des descentes en rappel pour repérer chaque individu. Elle permet dans le cas de la Biscutelle de Dijon, de localiser les individus par rapport à des fins détails de la falaise (fissures, tache de couleur, touffe de plante, etc.) avec une précision inférieure de 10cm environ. Le support produit est ensuite réutilisé tous les ans. Une réactualisation du support est possible, nous l'avons refaite en 2021 par exemple, en reprenant le même point de vue. Il est donc utile de prendre un point GPS de celui-ci.

La précision de localisation reste malgré tout compliquée à conserver pour des individus très proches : il est indispensable de compléter avec un marquage individuel (sauf cas de populations très éparse sans recouvrement des individus).

Le suivi de populations verticales par pointage photo a été testé avec succès pour *Asplenium fontanum*, sur des petites falaises, les photos étant prises avec un smartphone et les individus pointés directement sur le terrain. En revanche pour une espèce au turn-over plus rapide comme *Draba aizoides*, la technique fonctionne mais l'exploitation des données est quasi impossible si les suivis sont trop éloignés dans le temps.

## 2.7.2. TECHNIQUE DE MARQUAGE DES INDIVIDUS

Le marquage individuel des plantes est totalement dépendant du type biologique ou architectural de l'espèce. La Biscutelle de Dijon a posé plusieurs problèmes : identifier correctement les individus, plusieurs tiges souterraines d'un même individu pouvant émerger à des endroits proches du substrat ; marquer des individus fragiles (de l'année) ; ne pas altérer les individus par le marquage.

En 2007, le marquage a été fait avec des étiquettes plastiques et une inscription au marqueur permanent, attachées par un lien fin en fil inox. En 2008, la plupart des inscriptions étaient effacées et une renumérotation complète a dû être faite, cette fois au crayon de papier sur les mêmes étiquettes. Ce système a donné d'excellents résultats, les étiquettes étant encore lisibles en 2021. A partir de 2018, nous avons systématisé l'usage d'étiquettes en aluminium utilisées en foresterie : l'inscription au crayon engrave l'étiquette et devient ineffaçable (Figure 10).



Figure 10 : étiquette aluminium utilisée pour la Biscutelle.

L'étiquette était posée en entourant la tige sous les rosettes de feuille, avec le fil inox. Ainsi cachées, les étiquettes n'étaient pas soumises au vent et ne pouvaient abimer les plantes mais étaient plus difficiles à reconstrôler. L'étiquetage des très jeunes individus a été problématique et le fil a parfois été fixé sur une plante proche pour éviter de sectionner la tige.

### 2.7.3. TRAIT SUIVIS PAR INDIVIDU

Les critères envisagés, notés pour chaque individu, étaient vastes mais une sélection a conduit à ne retenir que le nombre de rosettes végétatives et le nombre de hampes florales. Ce choix a été fait pour des raisons essentiellement pratiques. Le comptage initialement imaginé de production de graines de certains individus s'est révélé difficile à mettre en œuvre en falaise, long et aléatoire en fonction de la phénologie annuelle.

Le nombre de rosettes chez les Biscutelles semble bien corrélé à leur âge (vérifié par le marquage individuel) et donne donc une idée de la structure de la population. Ces gros individus avec beaucoup de rosettes produisent par ailleurs beaucoup de graines et sont essentiels pour le maintien de la population.

Le nombre de hampes a été retenu comme un bon proxy de la qualité de la production annuelle de graines. Ces hampes sont visibles même après la date optimale de visite (les inflorescences sont souvent cassées par le vent ou les orages mais les hampes sont toujours visibles à la base).

La production de graine a parfois été mesurée sur des individus pour des récoltes de graines, par la pose de mousselines, permettant d'être sûr de récupérer toute la production d'une hampe par exemple (Figure 11).



Figure 11 : Mousseline pour la récolte de graines.

### 2.7.4. IMPACT DU SUIVI SUR LA DYNAMIQUE DE LA POPULATION

Les résultats des comptages de la population ont été les premières années en constante progression,

ce qui a été d'abord vu comme une bonne nouvelle. Mais plusieurs éléments ont attiré l'attention : grand nombre de jeunes recrues notées sur la partie pelousaire de la population, disparition progressive des très gros individus et disparition des individus sur des secteurs complets de la falaise. Ces indices ont été interprétés comme un impact de l'observateur sur la partie pelousaire de la population, avec perturbation du tapis végétal et création de niches de germination pour l'espèce. En 2015, il a été décidé de laisser plus de temps entre les suivis. Les effectifs notés en 2018 et 2021 ont été historiquement bas (Figure 12).

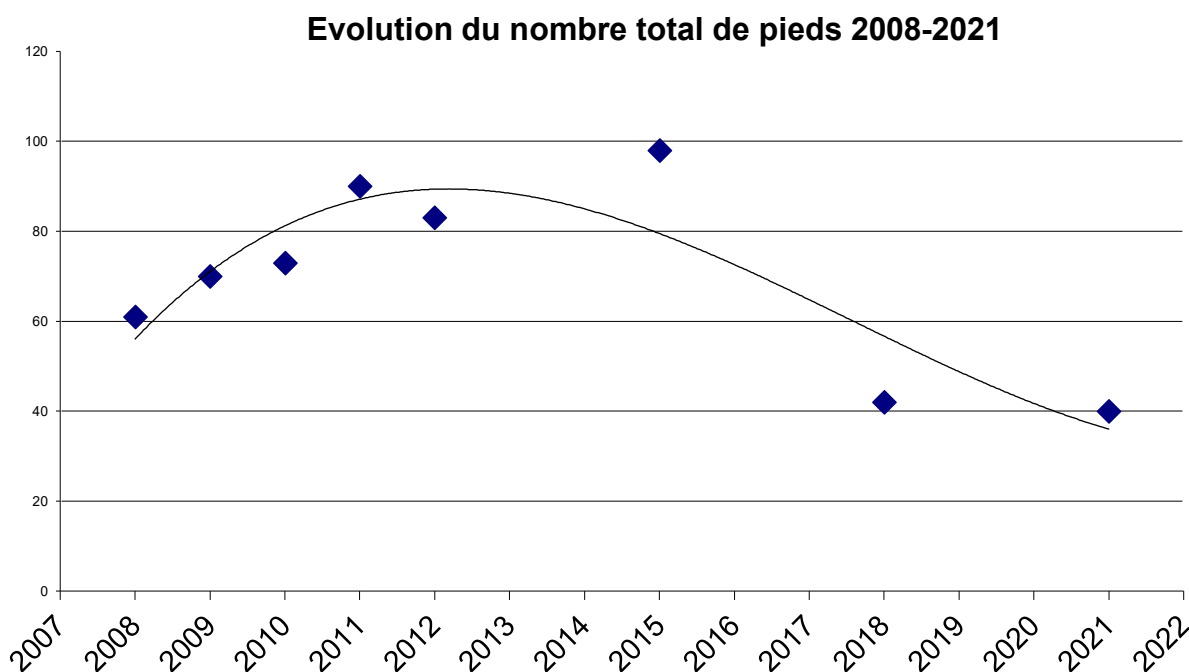


Figure 12 : évolution de la population principale en nombre de pieds (avec la courbe de tendance 2008-2021).

## 2.8. *BISCUTELLA LAEVIGATA SUBSP. VARIA*

L'étude de ce taxon a débuté par des campagnes de bilan stationnel en 2009. L'identité taxonomique des diverses populations de Biscutelles a évolué au cours des dernières années et ce sont aujourd'hui 3 populations qui sont connues pour le taxon, dont une a été suivie finement car incluse dans la RNR du Val Suzon, qui nous en a confié le suivi.

Le suivi de la population de la RNR du Val Suzon a débuté en 2016. La commande passée par le gestionnaire était de mettre en place un dispositif de suivi pluriannuel, dans un esprit proche de celui mis en place pour la Valériane tubéreuse (voir 2.3) : pouvoir suivre la dynamique des individus par leur pointage individualisé et obtenir un indicateur fréquentiel compatible avec les méthodes proposées par le CBNBP dans le cadre du tableau de bord régional des espèces menacées.

Dans le contexte de 2016, nous avons approché le suivi avec les principes du CBN Alpin, déjà exposé pour d'autres espèces (voir 2.1, 2.3 par exemple) avec en préalable :

- Prospection exhaustive du secteur de présence connue ou potentielle avec pointage GPS de tous les individus (ou groupes d'individus) observés ;

- Notation pour chaque individu du nombre de rosettes végétatives et du nombre de hampes fertiles.
- Positionnement cartographique des points GPS sur SIG et définition de la zone de présence de la Biscutelle (création d'un polygone à partir des points les plus externes de la population).

### 2.8.1. METHODE PCQM

La population étant répartie entre des zones d'éboulis abrupts, des pelouses et des barres rocheuses, au sein de la même AP, il n'est pas paru pertinent de mettre en œuvre un suivi à l'échelle de chaque AP. Nous avons choisi des secteurs d'habitats homogènes et, en guise de test, essayé d'appliquer le protocole PCQM (Cottam & Curtis 1956), qui vise à calculer des densités de population et qui permettrait donc de calculer la taille de population échantillonnée. Ce protocole a plutôt été conçu pour évaluer des densités d'arbres en forêt à l'origine.

Le protocole PCQM (Point Centered Quarter Method) consiste à implanter un transect au travers de la population à évaluer, d'y répartir au moins 20 points et sur chaque point, de mesurer la distance de l'individu le plus proche dans chacun des quadrants autour du point (Figure 13).

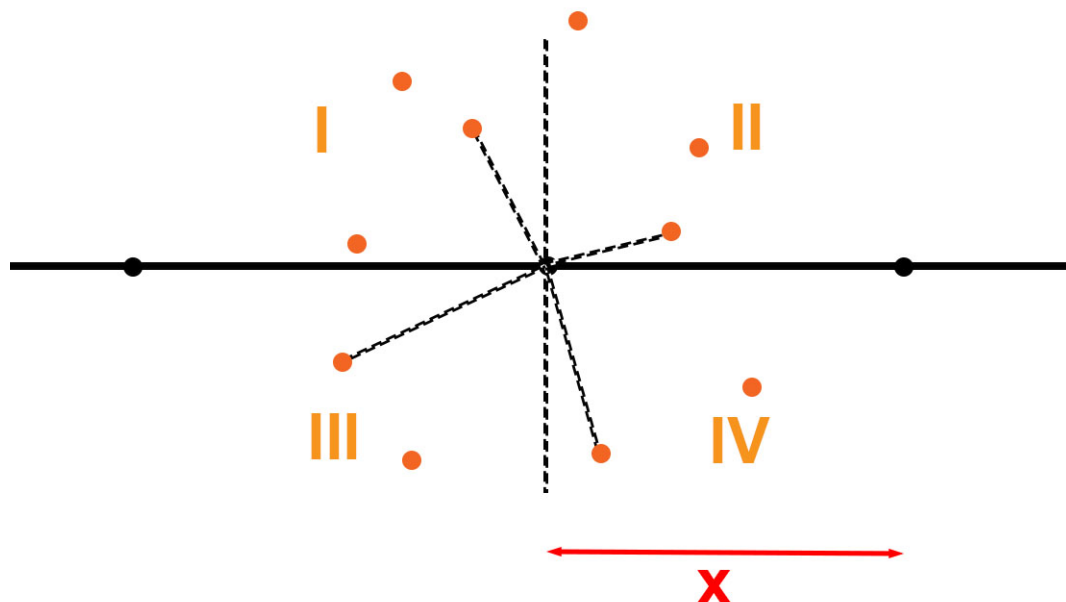


Figure 13: Schéma de principe du protocole PCQM

La seule précaution à prendre est de ne considérer, pour un point donné, que les individus situés dans un rayon égal à la moitié de l'inter-point ( $1/2$  de  $x$  sur la Figure 13), de façon à ce qu'il n'y ait pas de doubles comptages.

Le résultat du calcul sur les données de 2015 est de 9235 tiges/ha soit 0,92 tiges par  $m^2$ . Rapporté à la taille de l'AP\_01 (289  $m^2$ ), cela impliquerait la présence de 266 individus. Le comptage en plein en donnait 65. Comme pour toute méthode d'échantillonnage, l'esprit de la méthode n'est pas d'obtenir forcément un chiffre absolu. Pour autant, du fait que c'est la spécificité de cette méthode de produire des densités / effectifs, le facteur 4x obtenu ici invalide cette méthode.

Nous n'avons pas depuis réemployé la méthode sur des espèces ou des configurations différentes pour en mesurer l'intérêt plus avant.

## 2.8.2. RETOUR SUR LE SUIVI EN 2022

Pour le retour sur le suivi de la population, nous avons commencé par reconduire les premières étapes : prospection exhaustive, pointage GPS, détermination de l'AP et notation des traits (rosettes / hampes).

La comparaison inter-passage peut se baser sur la taille de chaque AP et sur les effectifs dénombrés :

- Surface 2022 de l'AP\_01 : 1668 m<sup>2</sup> (1016 m<sup>2</sup> en 2016) : +64%
- Surface 2022 de l'AP\_02 : 2023 m<sup>2</sup> (1933 m<sup>2</sup> en 2016) : +4%
- Nombre de pieds comptabilisés dans l'AP\_01 : 368 (268 en fleur / 100 sans hampe)
- Nombre de pieds comptabilisés dans l'AP\_02 : 247 (187 en fleur / 60 sans hampe)

Les deux zones AP010 et AP02 sont plus grandes qu'en 2016 mais l'espace couvert globalement par les AP reste similaire à l'échelle de l'ensemble du site, avec deux pôles distincts.

Cette première façon d'aborder la population du site avec ses deux AP est assez grossière mais simple à mettre en œuvre et surtout intégrable à d'autres suivis régionaux, elle est donc nécessaire dans une approche au-delà du site.

Pour compléter ces données nous avons repris la zone de test du protocole PCQM de 2016 mais en appliquant un système largement éprouvé sur d'autres suivis d'espèces de la RNR, le système par bande transect. Le protocole mis en œuvre est le suivant :

- Définition d'un transect traversant une partie d'habitat homogène de l'AP1 (Figure 14) ;
- Matérialisation du transect par un point GPS à chaque extrémité (basé sur un arbre, marqué à l'occasion) et par un filin et un multi-décamètre le long du filin ;
- Positionnement d'un quadrat de comptage (1m x 1m) à chaque valeur ronde le long du décimètre, avec report du quadrat de chaque côté du ruban, autant de fois que nécessaire pour couvrir toute la surface occupée par l'espèce ;
- Comptage des pieds fleuris et rosettes stériles dans chaque quadrat de 1m x 1m ;

La bande matérialisée représente 36 m de longueur pour 2m de largeur. Pour ce qui est des résultats synthétiques :

- Nbre tiges fleuries : 65
- Nbre tiges non fleuries : 42
- Nbre total tiges : 107
- Nbre mailles positives : 42

La fréquence calculée sur la bande-transect est de 42 mailles positives pour 74 mailles relevées soit 56.75%. Cette valeur médiane se situe dans la bonne plage pour envisager les évolutions potentielles de la population échantillonnée.



Figure 14 : Position du transect (en noir) utilisé pour le suivi 2022 de l'AP1 (en rouge).

Le défaut essentiel de la méthode appliquée est de n'échantillonner qu'une partie de la population. L'autre AP pose de réelles difficultés pour concevoir un protocole, de par l'hétérogénéité extrême des milieux utilisés.

## 2.9. *PILOSELLA PELETERIANA SUBSP. LIGERICA*

### 2.9.1. MISE EN ŒUVRE 2019

Cette première année du bilan stationnel a permis de prendre en compte plusieurs éléments nécessaires à la construction d'un protocole d'échantillonnage :

- Évaluation de la détectabilité de l'espèce ;
- Définition et évolution des habitats favorables ;
- Test de méthode (dénombrement exhaustif, réflexion sur un protocole d'échantillonnage).

La détectabilité s'est avérée être un problème critique, chaque individu nécessite un examen attentif pour exclure *Pilosella officinarum* F.W.Schultz & Sch.Bip., 1862 ou l'hybride *Pilosella longisquama* (Peter) Holub., 1977 (*P. officinarum* x *P. peleteriana* subsp *ligerica*). Les premières investigations de terrain ont montré de nombreuses formes d'individus intermédiaires. Cet examen pied à pied est chronophage mais indispensable sous peine d'erreurs d'identification.

Le terrain réalisé en 2019 a permis de définir finement les habitats favorables à l'espèce, les habitats moyennement favorables et les habitats défavorables. Ce travail a été réalisé sur plusieurs bancs de sables de la Loire, ce qui a permis d'avoir une approche holistique du comportement de l'espèce.

Les premières méthodes déployées pour la réalisation du bilan stationnel ont été une prospection par transect des bancs de sable occupés par l'espèce.

La taille des bancs de sables, le temps d'identification de chaque individu et la découverte de nouvelles populations sur des bancs de sables vierges de données antérieures ont conduit à la remise en question de cette première approche. De plus, l'habitat favorable à l'espèce est très vaste et difficile d'accès (les bancs de sables dans le lit mineur du cours d'eau sont parfois inaccessibles car il faut traverser la Loire).

### 2.9.2. BILAN DE LA PHASE DE TERRAIN DE 2019 :

Au total 60 ha ont été prospectés en 6 jours, l'espèce est présente sur plus de 20 ha. Les zones d'habitat potentiel non prospectées sont très vastes (près de 700 ha).

Le rythme de prospection avec une méthode de pointage et de dénombrement exhaustif dans tous les habitats favorables potentiels ne peut être réalisé en une saison par un opérateur. La méthode « classique » de définition d'aire de présence, zone de prospection, identification des menaces et dénombrement des individus est extrêmement chronophage dans ce type de situation. Une adaptation de la technique de recherche était donc indispensable pour réaliser un bilan stationnel de l'espèce sur l'ensemble de son aire de répartition en Bourgogne.

### 2.9.3. REFLEXION SUR LA METHODOLOGIE

Au vu des éléments observés en 2019, notamment la taille de l'habitat potentiel et sa variation dans le temps, une approche par échantillonnage a été retenue. Pour qu'elle soit efficiente (rapport détectabilité et temps passé sur le terrain) et reproductible, plusieurs paramètres sont à prendre en compte dont l'évolution de l'habitat favorable dans le temps.

Des analyses réalisées sur l'évolution des bancs de sables de la Loire par rapport aux zones de présence (comparaison de photographies aériennes de 1957 à 2019) ont été menées durant l'hiver. Ces analyses montrent une forte évolution des bancs de sables au cours du temps. Cela témoigne de la capacité de l'espèce à coloniser de nouveaux terrains.

Cette évolution de l'habitat favorable conduit aux réflexions méthodologiques suivantes pour la mise en place de la méthodologie d'échantillonnage :

- Par placette fixe : très efficace d'un point de vue statistique pour le suivi des populations. Ce type d'échantillonnage n'est pas pertinent dans le cadre d'habitat changeant dans le temps et dans l'espace (des placettes pourraient se trouver rapidement dans le lit mineur du fleuve ou dans des formations végétales non favorables à l'espèce), la question du marquage permanent des placettes est également problématique sur un banc de sable.
- Par transects : ils peuvent être disposés de manière aléatoire, ou fixe mais en faisant alors de grands linéaires (traversant la totalité du lit). La principale difficulté est le choix de la taille et la mise en œuvre sur le terrain de ces derniers. S'ils sont fixes et longs, ils traverseront plusieurs habitats (ce qui est un plus pour l'échantillonnage car on augmente l'exhaustivité de ce dernier) mais leur mise en œuvre se révèle très complexe (traversée de zones forestières denses, du cours d'eau, d'îlots boisés, ...).
- Prospection de bancs de sable sur un temps fixe : permet uniquement de détecter et de comparer mais il existe un biais lié à la taille des bancs de sable (petits bancs sur-prospectés / grands bancs sous-prospectés, il existe alors un gros biais d'estimation dans les densités). Ce biais pourrait être compensé en réalisant un *pro rata* temps / surface du banc.
- Adaptative sampling : Cette méthode d'échantillonnage de proche en proche en fonction de la détection est particulièrement adaptée à des tailles d'habitat changeantes et à l'exploration de secteurs non connus. Elle se révèle donc bien adaptée à ce type de bilan stationnel. De plus,

les données récupérées en 2019 permettent de tester *ex situ* cette méthode et, *in fine*, d'établir une méthode de recherche adaptée à l'espèce.

Au final, la technique de l'Adaptative sampling a été retenue avec des placettes de relevé rondes (facilité de mise en œuvre sur des bancs de sables peu végétalisés).

L'échantillonnage a été défini sur l'ensemble du lit mineur de la Loire : de la commune où l'espèce a été citée le plus en amont à la commune où l'espèce a été citée le plus en aval. L'ensemble des habitats favorables a été digitalisé (147 bancs de sables) puis divisé selon les modalités suivantes :

- Secteurs connus (plusieurs mentions sur la ou les communes) – 74 bancs ;
- Secteurs non connus (pas de mention ou mention sporadique de l'espèce) – 82 bancs.

Le tableau suivant illustre la distribution des secteurs sur l'aire de répartition de l'espèce.

Modalité de secteurs	Distribution géographique	Nombre de bancs de sables
Non connu	Vitry sur loire	6
	↓ Saint-Hilaire-Fontaine	
Connu	Lamenay-Sur-Loire	46
	↓ Saint-Ouen-Sur-Loire	
Non connu	Imphy	34
	↓ Fourchambault	
Connu	Germigny-Sur-Loire	15
	↓ Tronsanges	
Non connu	La Marche	9
	↓ La Charité sur Loire	
Connu	Mesve-Sur-Loire	7
Non connu	Pouilly-Sur-Loire	22
	↓ Myenne	
Connu	La Celle-Sur-Loire	6

Il est évident que l'ensemble des bancs de sables ne pouvait être prospecté. Ainsi, un tirage aléatoire de 50 bancs de sable a été réalisé (25 en secteurs connus et 25 en secteurs non connus).

La mise en place de l'échantillonnage a ensuite été pensée de la manière suivante :

**Nombre et distance inter-placette :** Les prospections de 2019 ont montré que dans les secteurs de forte présence, on contacte l'espèce par paquets d'individus à des intervalles de moins de 20m. Les placettes auront donc un rayon de 10 m et une superficie d'environ 315m<sup>2</sup>. Cette superficie apporte de bons résultats sur le test réalisé en 2019.

**Adaptative sampling :** C'est une méthode de recherche de proche en proche. Sa mise en place a suivi les principes suivants (disposition des Surfaces d'Etude) :

- La densité de surface d'étude initiale a été fixée selon une grille de points de 100 x 100 m comme le montre la Figure 15.

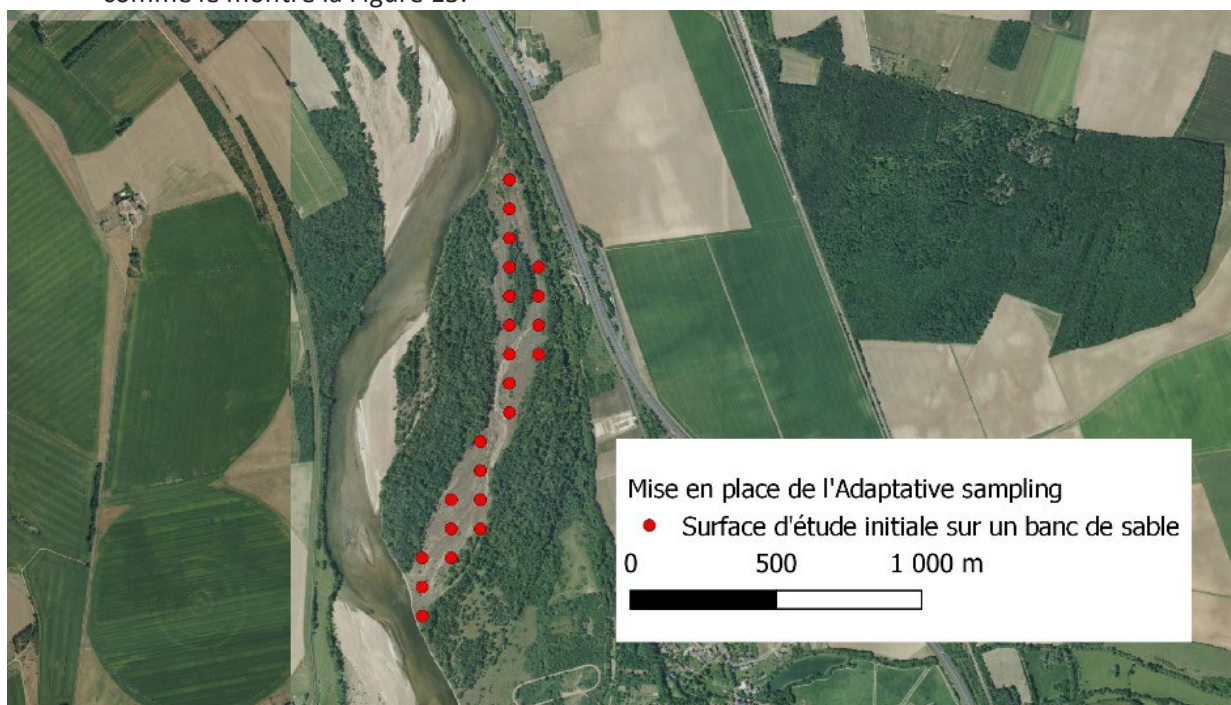


Figure 15 : disposition des surfaces d'études initiales sur un banc de sable sélectionné.

- Les placettes ne doivent pas se recouvrir. Une distance de 5 m est fixée entre chaque bordure de surface d'étude afin de pallier une erreur de GPS. Une marque au sol permet également de valider le non recouvrement entre placettes. La distance entre le centre de chaque placette est donc de 25m (Figure 16).

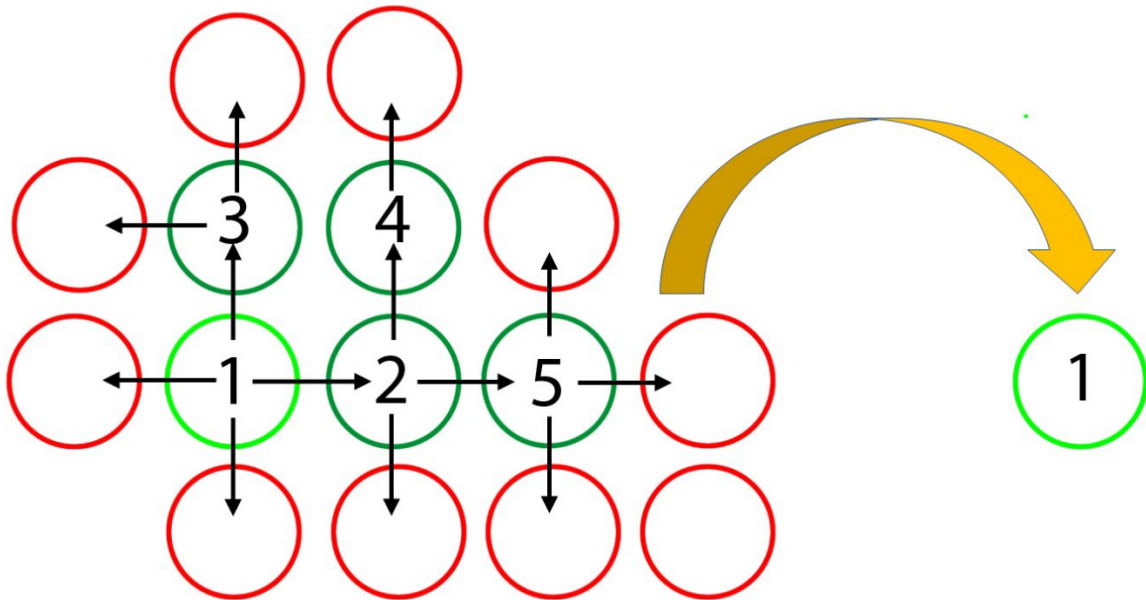


Figure 16 : disposition des placettes à partir de la placette initiale (vert clair) : présence de la Piloselle (vert) ; absence de la piloselle (rouge) puis redémarrage à une nouvelle placette initiale.

Déroulement du protocole :

1. L'observateur se rend sur la première surface d'étude initiale (point GPS selon la grille de 100x100m – point 1 de la Figure 16) ;
2. Recherche de l'espèce sur la surface d'étude initiale sur un rayon de 10m ;
3. **Si l'espèce est absente** : l'observateur passe tout de suite à une autre Surface d'étude initiale,
4. **Si l'espèce est présente** : le protocole définit la réalisation de surfaces d'études périphériques : une au nord, l'est, au sud et à l'ouest avec un décalage du centre de placette de 25m à chaque fois ;
5. Pour chaque placette inventoriée ensuite, on revient aux choix 3 ou 4 ci-dessus, jusqu'à couverture complète du banc de sable ou jusqu'à ce que toutes les placettes observées soient négatives.

Les informations consignées par surface d'étude sont la présence ou l'absence de la Piloselle de Loire ou de l'hybride ainsi que le pourcentage d'habitat favorable à l'espèce.

Dans le cas où il y aurait une forte présence du taxon, il est nécessaire de penser une limite du nombre de répétitions de l'adaptive sampling pour un gain de temps.

### Test d'une mesure d'arrêt

Afin de ne pas avoir à appliquer la totalité des relevés sur tout un banc de sable en cas de forte présence, une mesure d'arrêt peut être mise en place. Une telle mesure a été testée sur le banc de sable d'Avril-sur-Loire (Figure 17).

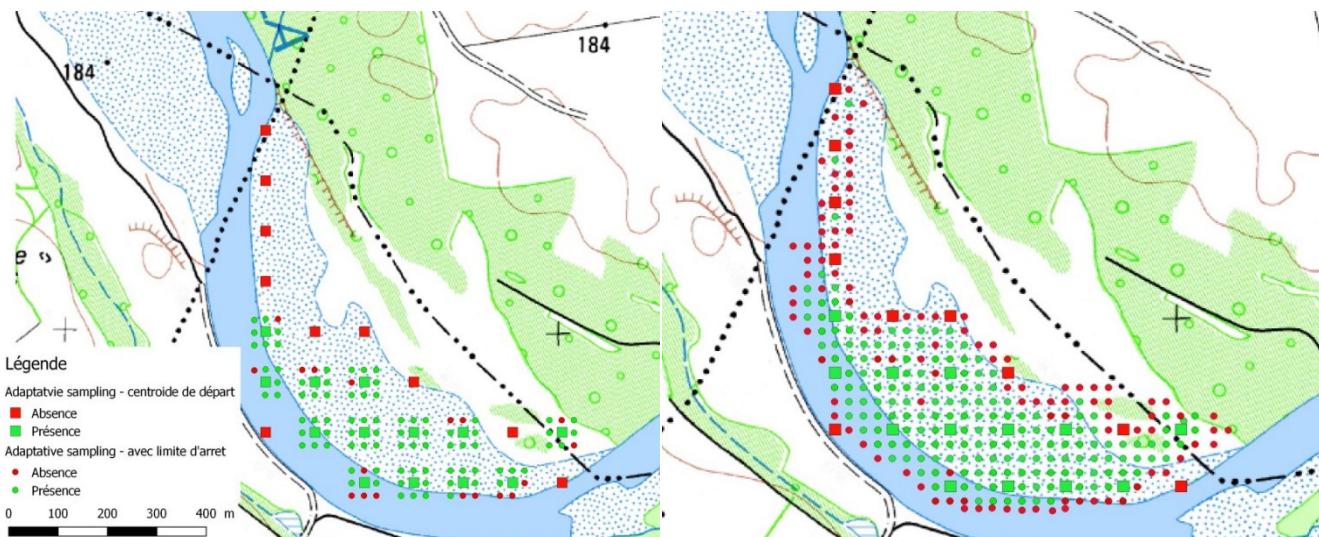


Figure 17 : Résultat de l'adaptative sampling avec (gauche) et sans (droite) mesure d'arrêt.

Les deux cartes présentent le même banc de sable. La première avec une limite au protocole et la seconde sans : chaque point a été diagnostiqué en présence / absence.

La règle choisie pour limiter le nombre de répétitions est de se restreindre aux 8 placettes entourant immédiatement la surface d'étude initiale (soit au final une matrice 3x3 dont la surface d'étude initiale est le centre).

La comparaison des méthodes nous amène aux observations suivantes :

- Un nombre de surfaces d'étude différent (qui induit un rendu différent) ;
- Une aire de présence qui n'est pas clairement définie et qui varie en fonction de la méthodologie employée.

Si l'on chiffre ces aspects :

	Adaptative sampling avec limite d'arrêt	Adaptative sampling sans limite d'arrêt
Nombre de surfaces d'étude (SE)	123	307
SE positive	96	190
SE négative	27	117
Temps passé	Non estimée	7h30

#### 2.9.4. BILAN

L'année 2019 a permis de poser un diagnostic sur la faisabilité d'un bilan stationnel « classique » (recherche de toutes les stations connues). Celui-ci aurait été très chronophage en raison de plusieurs éléments :

- Détectabilité de l'espèce (besoin de déterminer chaque individu pour exclure toute confusion) ;
- Superficie de l'habitat favorable potentiel ;
- Instabilité spatio-temporelle de l'habitat favorable (disparition / apparition de bancs de sable) ;
- Difficulté d'accès à certains bancs de sable.

Parallèlement aux difficultés de mise en œuvre d'un bilan stationnel classique, plusieurs données ont pu être récoltées sur le terrain et analysées afin de mener une réflexion sur la stratégie à adopter pour poursuivre le bilan stationnel :

- Distance du plus proche voisin ;
- Récolte d'individus pour définir l'hybride de l'espèce ;
- Habitats favorables et défavorables.

Les réflexions sur la méthodologie de prospection ont conduit à la mise en place d'un échantillonnage basé sur 2 modalités (secteurs connus / secteurs non connus). L'objectif a été d'échantillonner 50 bancs de sables (sur 147 digitalisés) avec une procédure d'échantillonnage par Adaptive sampling avec mesure d'arrêt.

La mise en œuvre des placettes d'échantillonnage a été simple en raison de l'habitat étudié (bancs de sables avec peu voire pas de végétation arbustive). L'échantillonnage mené en 2020 nous apporte la synthèse du Tableau 6 : résultats du bilan stationnel à l'échelle de l'aire de l'espèce en Bourgogne.

Modalité de secteurs	Distribution géographique	Présence de la Piloselle	Linéaire de tronçon (km)	Nombre de SE dans le tronçon	Fréquence SE positive	% moyen d'habitat favorable / SE
Non connu	Vitry-sur-Loire ↓ Saint-Hilaire-Fontaine	<b>Présente</b> (trouvée hors protocole)	19,085	2	0	37,5
Connu	Lamenay-Sur-Loire ↓ Saint-Ouen-Sur-Loire	<b>Présente</b>	38,998	397	<b>56,7</b>	54,9
Non connu	Imphy ↓ Fourchambault	Non observée	29,738	21	0	53,6
Connu	Germigny-Sur-Loire ↓ Tronsanges	Non observée	11,435	28	0	45,3
Non connu	La Marche ↓ La-Charité-sur-Loire	<b>Présente</b>	7,97	25	<b>4</b>	31
Connu	Mesve-Sur-Loire	Non observée	8,331	28	0	36,7
Non connu	Pouilly-Sur-Loire ↓ Myenne	Non observée	27,121	23	0	51,2
Connu	La Celle-Sur-Loire	Non observée	4,62	1	0	70

Tableau 5 : résultats du bilan stationnel à l'échelle de l'aire de l'espèce en Bourgogne.

La mise en place de cette méthode d'échantillonnage apporte des informations sur la chorologie de l'espèce au sein de son aire de répartition bourguignonne. La prospection de nombreux bancs de sable dans différents tronçons permet notamment de structurer l'échantillonnage et de renvoyer une image fiable de l'occupation de l'espèce en Bourgogne.

Le protocole a permis de contacter l'espèce dans 2 tronçons (dont un où l'espèce n'était pas connue). En revanche, l'échantillonnage mis en place n'a pas permis de détecter l'espèce dans un des tronçons où elle a été observée en dehors du protocole.

Quoi qu'il en soit, les résultats du protocole offrent :

- Une fréquence de présence par banc de sable et par modalité secteurs connus / non connus sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce en Bourgogne ;
- Une fréquence de présence à l'intérieur des bancs de sable.

Ces fréquences sont comparables dans le temps et permettent d'évaluer le dynamisme des populations (colonisation / extinction de bancs de sable), l'aire de répartition de l'espèce et l'évolution spatiale de la population.

## 2.10. *LIGULARIA SIBIRICA*

La Ligulaire de Sibérie est une espèce protégée en France et à enjeu de conservation majeur en Bourgogne. Elle n'est connue qu'en une localité qui bénéficie de plusieurs statuts de protection et où travaillent plusieurs acteurs dans l'objectif de préserver l'espèce.

Un protocole de suivi a été mis en place en l'an 2000, apportant beaucoup d'informations sur la dynamique de la population. Le gestionnaire a émis le souhait de diminuer le temps de travail de terrain concernant le suivi de la Ligulaire. D'autre part, plusieurs biais d'échantillonnage sont apparus dans le jeu de données ainsi que des questions quant à la viabilité de la population sur le site.

### 2.10.1. CONTEXTE ET PREMIER PROTOCOLE

La Ligulaire de Sibérie pousse sur des sols engorgés. Sur le site de Combe noire (unique station régionale), l'aire potentielle est délimitée par le relief (fond de la combe, caractérisé par un engorgement des sols plus ou moins permanent). L'aire de présence de l'espèce est plus ou moins égale à l'aire potentielle.

Ce constat a amené le gestionnaire, en l'an 2000, à créer un système de suivi basé sur des mailles de 10x10m fixes. Les mailles sont identifiées grâce à des piquets en bois permanent.

Les informations suivantes étaient notées :

- Nombre d'individus juvéniles ;
- Nombre d'individus adultes non-reproducteurs ;
- Nombre d'individus reproducteurs

La volonté initiale était de réaliser un comptage exhaustif de la station.

Parallèlement à ces informations, des relevés de type phytosociologique étaient réalisés dans quelques mailles identifiées.

Le suivi avait lieu tous les 3 ans, les relevés de végétation tous les 6 ans.

En 2012, une opération de réouverture du milieu a été mise en place. Le résultat, bien que non mesuré par un protocole type BACI (Before / After Control Impact), de cette opération semble positif puisque le nombre d'individus augmente dans les années qui suivent.

A partir de 2015, plusieurs éléments concernant les éléments suivis posent question, notamment au vu d'éléments de la biologie de l'espèce :

- Il apparaît que la notion « d'individus juvéniles » compté n'est pas la même pour tous les opérateurs ;
- La densité de pieds est importante, favorisant des doubles comptages et/ou des oublis, surtout dans la catégorie des individus adultes non reproducteurs ;
- Il existe un flou sur la définition d'individus reproducteurs : il apparaît que ce sont probablement des hampes florales qui ont été comptabilisées plus que des individus (des tests menés montrent qu'un individu possède en moyenne 1,9 hampe florale).

D'autres part, d'autres éléments sont à adapter :

- Les mailles fixes ne recouvrent pas l'intégralité de l'aire potentielle ;
- Le comptage des individus est chronophage.

## 2.10.2. LES NOUVEAUX PROTOCOLES

Une évolution du protocole a donc été souhaitée. Le protocole développé doit permettre de répondre aux questions suivantes :

- Quelle est la tendance d'évolution de la population de Ligulaire de Sibérie à Combe noire ?
- Quel est le degré de couverture arbustif et herbacé optimal pour le développement de la Ligulaire de Sibérie ?

Plusieurs éléments ont été pris en compte pour la réalisation d'un nouveau protocole :

- L'existence d'une série de données importante dont la continuité est un vrai plus ;
- L'existence d'un maillage déjà en place ;
- Des éléments de biologie montrant la difficulté de réaliser des comptages exhaustifs ;

Dans ce contexte, deux protocoles de suivi sont proposés.

**Le premier**, proche de l'existant, vise à maintenir une pression d'échantillonnage sur toute l'aire potentielle (environ 2000 m<sup>2</sup>), en comptant le nombre de hampes florale par maille (reprise des mailles existantes) et la présence / absence d'individus juvéniles et d'adultes non reproducteurs (le comptage exhaustif est trop incertain pour ces deux catégories). Le recouvrement de la végétation haute est estimé dans chaque maille grâce à des mesures standardisées au densiomètre de canopée (mesure à 1 m du sol au centre de la maille). Ce premier protocole a pour ambition de définir un taux de recouvrement optimal des strates arbustives et arborescentes pour l'espèce.

**Le second** est basé sur la réalisation de transects permanents avec pour objectif d'obtenir rapidement des données robustes de tendance. Le déploiement de 20 transects de 3 m avec une unité d'échantillonnage de 50 x 50cm de part et d'autre du transect paraît adapté à ce type de terrain et à la densité des individus à Combe noire (Figure 18).

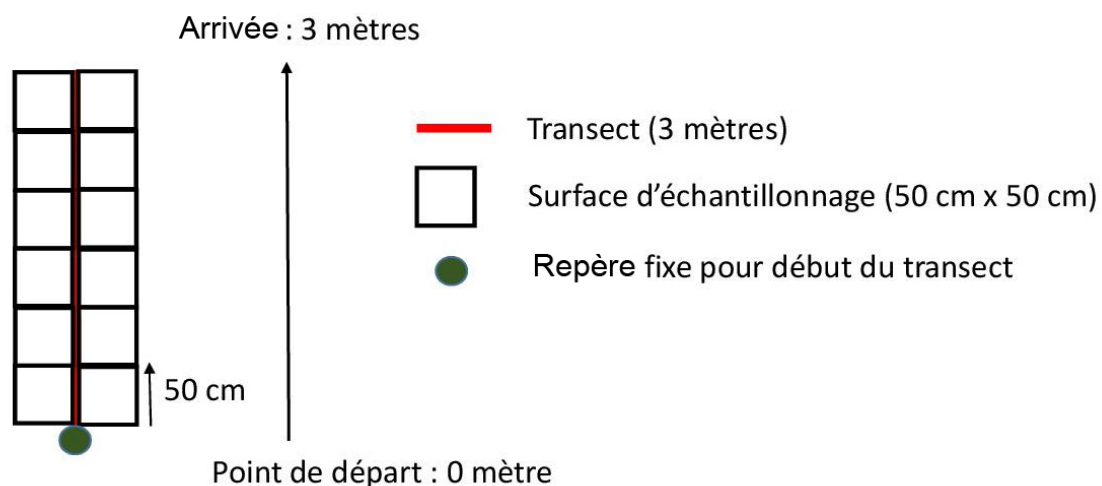


Figure 18 : Disposition des surfaces d'échantillonnage le long des transects.

Les informations notées dans chaque surface d'échantillonnage sont les suivantes :

- Présence / absence de juvéniles ;
- Présence / absence d'adultes non reproducteurs ;
- Présence / absence d'adultes reproducteurs.

La première surface d'échantillonnage commence à droite du transect.

L'espèce est notée en présence/absence, car la détectabilité des individus est un paramètre crucial dans une étude démographique : si la détectabilité au sein de l'unité d'échantillonnage n'est pas de 100 %, il y a de grandes chances pour que la conclusion de l'étude en question soit le déclin de l'espèce (Kéry & Gregg, 2003) ou que les résultats soient biaisés (Perret et al., 2022).

L'imbrication des individus, la tailles des juvéniles et leur enfouissement dans la végétation nécessite donc la mise en place d'unités d'échantillonnage de petite taille pour que l'observateur, même peu entraîné, assure une détection à 100%.

Une information en présence / absence des éléments visibles (feuilles de juvéniles, feuilles d'adultes non reproducteurs, adultes reproducteurs) permet de pallier un comptage qui ne peut être exhaustif au vu des éléments de biologie de l'espèce.

A partir des informations récoltées, seront calculées des fréquences annuelles pour établir des tendances d'évolution de la population au cours du temps. Les fréquences sont facilement comparables et apportent des réponses précises sur l'évolution des populations.

### 2.10.3. LOCALISATION ET NOMBRE DE TRANSECT

Afin d'avoir des retours rapides sur les tendances d'évolution de la population, maximiser le nombre de transects semble opportun (dans la limite du temps que l'on peut consacrer au protocole). Le choix de transects permanents est ici logique puisque leur localisation peut s'appuyer sur le système de repérage des mailles de suivis (piquets en bois pour le départ des transects et mise en place d'un élément physique pour l'arrivée (piquet ou aimant).

Il est proposé de tester la mise en place de 20 transects (ce chiffre peut être amené à évoluer en fonction du temps de réalisation effectif de la méthode).

La sélection de la localisation des transects a été opérée de la manière suivante :

1. Sélection aléatoire de 20 mailles (sur Q-gis) ;
2. Afin de rester dans l'aire potentielle de présence de l'espèce, les transects doivent partir du coin sud de la maille ;
3. La direction du transect est toujours la même : départ du coin sud (référence 0 cm) en direction du coin est ;

Les mailles sélectionnées sont celles en jaune sur la Figure 19 et le détail d'installation du transect dans la maille est donné par la Figure 20.

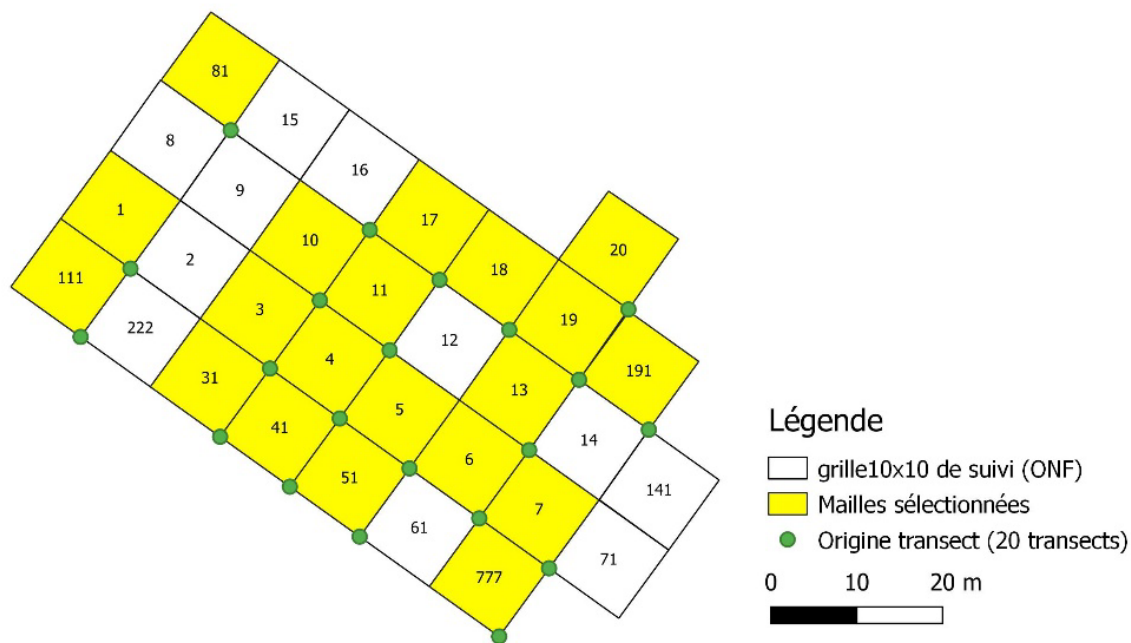


Figure 19 : Résultat de la sélection aléatoire des mailles supports pour le suivi en transects.

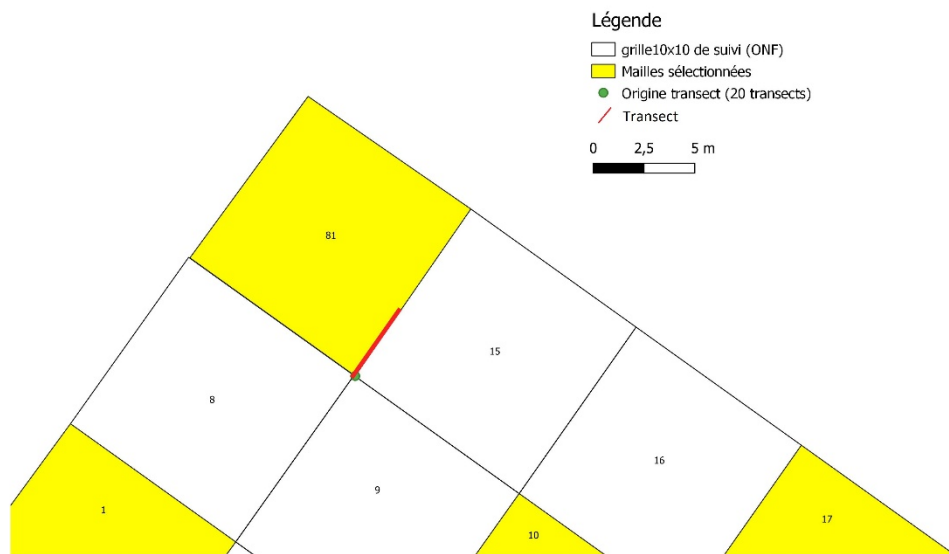


Figure 20 : Position d'un transect dans une maille sélectionnée.

D'un point de vue temporel, la mise en place des suivis peut continuer sur le rythme actuel (tous les 3 ans) afin de limiter les effets sur le milieu. Ce protocole sera testé en 2023 et adapté au besoin (mesure au densiomètre ; praticabilité des transects ; surface des unités d'échantillonnage).

## **2.11. LURONIUM NATANS**

Un bilan stationnel complet des populations de Bourgogne de l'espèce a été réalisé en 2017. Toutes les stations anciennement connues et retrouvées en 2013 ont été contrôlées en 2017. Les inventaires ont été menés selon le protocole développé au niveau national dans le cadre du Plan National d'Actions (Bardin 2012).

Nous développerons ici les suivis de la seule population de l'Étang de Préperny (Arleuf - 58, inclus dans la RNR des Tourbières du Morvan), les plus intéressants en termes de retours d'expérience. La population de l'étang a fait l'objet d'un suivi estival et d'un suivi hivernal.

### **2.11.1. SUIVI ESTIVAL**

Le protocole mis en œuvre est celui préconisé dans le cadre du PNA :

- Définition de l'aire de présence ;
- Au sein de l'AP, définition de 3 strates de densité (faible / moyenne / forte), sans définition précise des seuils de densité entre ces 3 classes. La délimitation des strates a pour unique but de rendre l'échantillonnage statistiquement valide en délimitant des strates de la population dans lesquelles la caractéristique relevée est homogène.
- Dans chaque strate de densité, on positionne aléatoirement 5 quadrats de 0,5x0,5m dans lesquels on relève le recouvrement du *Luronium* ainsi que d'autres informations sur la végétation présente. On veillera à placer des quadrats dans tous les patchs qui constituent la strate, mais surtout à prendre en compte l'hétérogénéité des autres caractéristiques dans une même strate, hétérogénéité pouvant avoir un effet sur le *Luronium* : hauteur de la lame d'eau, présence des autres macrophytes etc.

Dans le cas étudié, l'étang a été séparé en deux zones. Dans chacune des stations (Figure 21a = zone en eau libre = S1 ; Figure 21b = zone exondée = S2), ont été cartographiées les zones de densité différentes observées dans la limite de 3 densités (sur la Figure 21 : faible = D1 en jaune, moyenne = D2 en orange, forte = D3 en rouge). Cette séparation des zones aquatiques et terrestres est un premier point qui n'avait pas été envisagé dans le protocole.

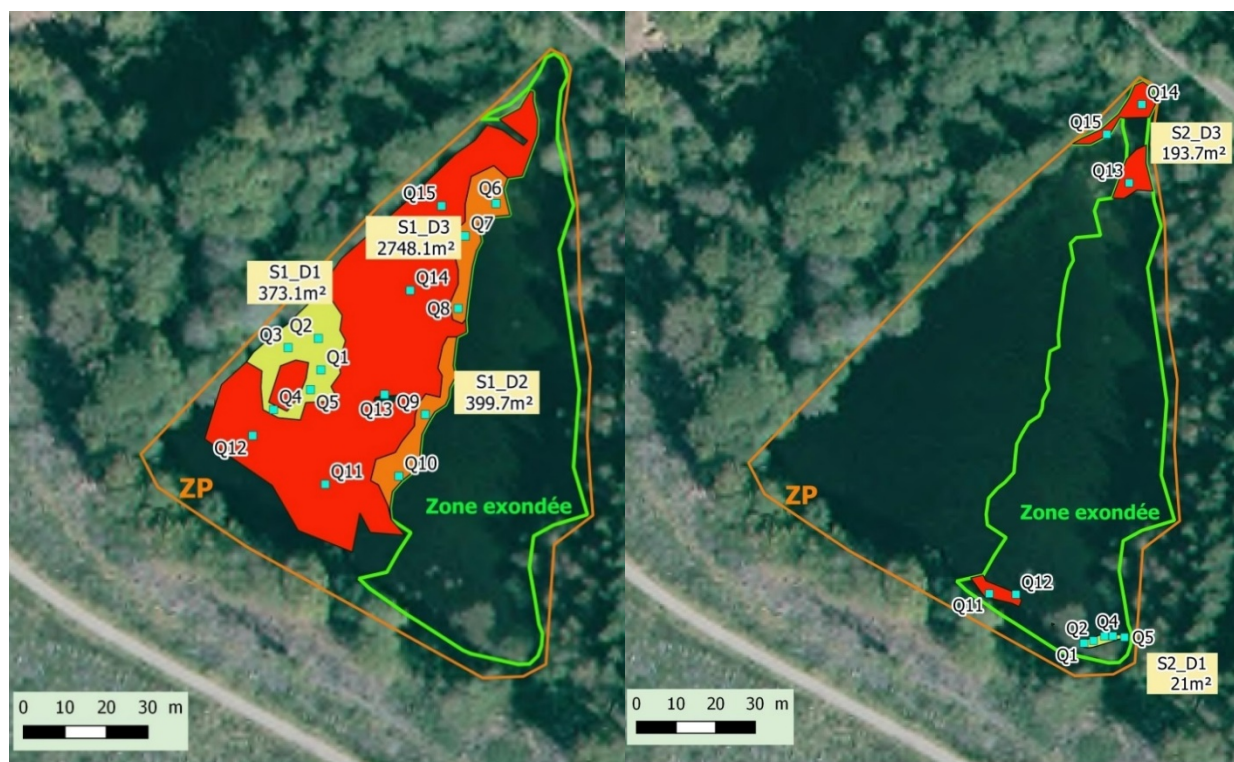


Figure 21 : a (gauche), dispositif de suivi dans la partie inondée (S1) ; b (droite), dispositif de suivi dans la partie exondée (S2).

Connaissant les surfaces exactes de chaque zone, on extrapole ensuite le recouvrement du *Luronium* à partir de la moyenne des 5 quadrats, ce qui suppose que ces zones soient homogènes pour obtenir un résultat fiable.

Les extrapolations faites à partir du protocole conduisent à estimer la surface occupée par le *Luronium* (surface ramenée à 100% de recouvrement) à 2391m<sup>2</sup> alors que les estimations faites "à dire d'expert" aboutissaient à 2940m<sup>2</sup>. Compte-tenu du faible nombre de quadrats par zone de densité, du temps gagné par rapport à l'estimation de chaque zone "à vue" et de la reproductibilité de la méthode, les résultats ont paru très satisfaisants. La fiabilité apportée par le protocole pour les populations de grandes surfaces est très intéressante. D'autres configurations de stations seraient à tester.

### 2.11.2. SUIVI HIVERNAL

Le protocole PNA *Luronium* envisage des suivis hivernaux avec la même approche qu'en été. Par rapport au protocole initialement imaginé pour le PNA plusieurs problèmes de mise en œuvre et d'imprécision sont apparus lors du suivi estival. Il a alors été décidé de tester une autre approche.

Déroulement du protocole :

- Création d'une grille de 10x10m couvrant tout l'étang sur SIG ;
- Parcours de toutes les mailles en bateau, avec la grille en référence sur une Tablet-PC, et visualisation de la position en temps réel sur le SIG de la tablette ;
- Arrêt au centre approximatif de la maille, pose d'un quadrat de 50x50cm et estimation de la densité du *Luronium* par classe d'abondance / dominance. L'observation se fait à l'aquascope, sous l'eau.

La restitution des résultats est donnée par la Figure 22. La concordance avec les zones de densité notées en été est évidente.

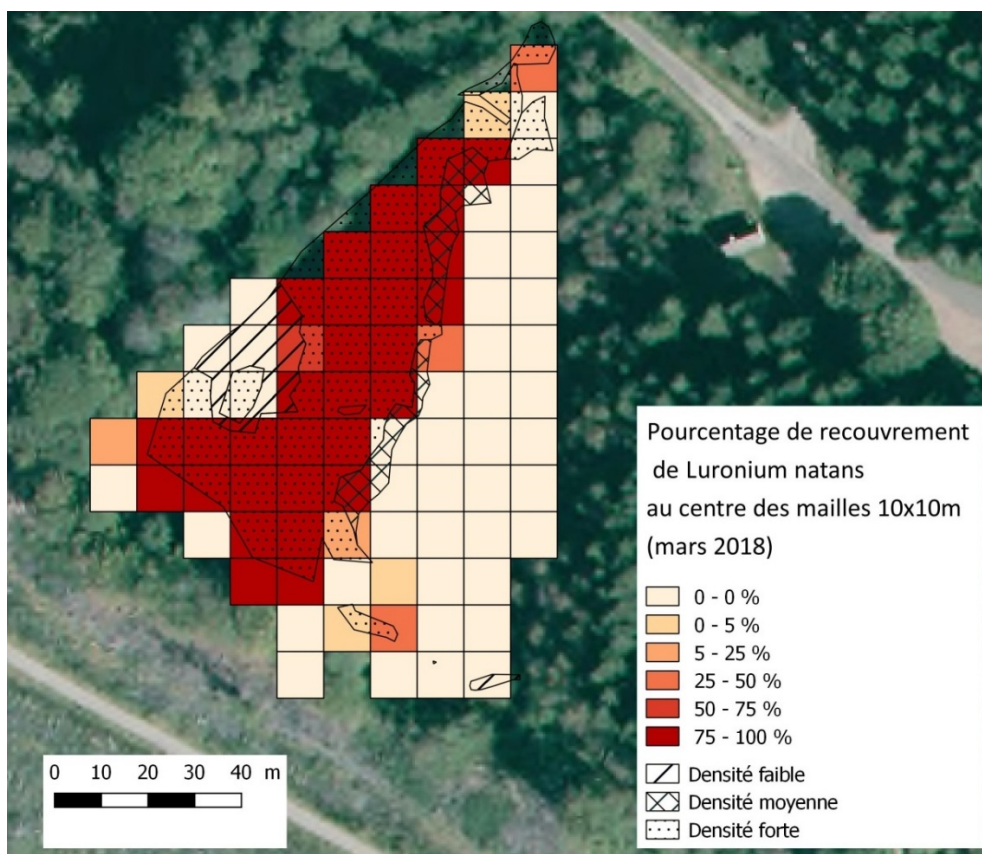


Figure 22 : Résultats du test de suivi hivernal (mars 2018) selon un échantillonnage systématique, superposé aux zones de densités observées en été (trait fin noir).

Par rapport au protocole initial et au suivi estival, le gain de temps est important. L'étang est suivi dans sa globalité sans à priori. L'estimation des surfaces occupées (en taille et en localisation) est moins fine dans le protocole en maille que dans le protocole initial, ce qui peut constituer un critère de choix selon l'exigence cherchée.

L'imprécision du GPS de la tablette (2m au mieux) peut dans certaines configurations poser problème mais l'important dans le protocole est avant tout de poser la surface échantillon de façon systématique et non choisie. Si le nombre de mailles total échantillonné est assez grand (<1-15 mailles ?), ce point ne doit pas poser de problème.

Dans une optique de suivi territoire, les indicateurs produits par les deux méthodes sont parfaitement pertinents (aire de présence, fréquence en maille, superficie calculée, superficie cumulée des mailles, etc. au choix).

### 3. EXEMPLES PRIS CHEZ LES BRYOPHYTES

#### 3.1. *NECKERA MENZIESII*

*Neckera menziesii* est la première espèce de Bryophytes à avoir fait l'objet d'un protocole de suivi, dans la RNR du Val Suzon comme en Bourgogne ou même dans le territoire du CBN. Toutefois, l'espèce a été retenue au regard de certaines caractéristiques : c'est une espèce de grande taille (pour une mousse), visible toute l'année et déterminable sur le terrain. Cela la rapproche donc de beaucoup de Trachéophytes, notamment de certaines fougères.

Dès le début, il a été convenu avec le gestionnaire de la RNR que la démarche serait nécessairement exploratoire et s'est étalée sur trois ans. Il a été convenu de consacrer une première année à différents tests de faisabilité avant d'arrêter le protocole et de le reconduire totalement sur les nouvelles bases 2 années de suite.

##### 3.1.1. METHODE

L'espèce est strictement saxicole et rupicole. Le suivi doit donc se dérouler sur des portions de falaises verticales. Étant donné par ailleurs que la notion d'individu ne peut pas être utilisée pour l'espèce (tapis d'individus intriqués, dont une part sont peut-être des clones), nous nous sommes orientés vers un échantillonnage semi-quantitatif des falaises après repérage de l'extension exacte de la station.

L'objectif du suivi est de pouvoir suivre à long terme l'évolution de l'abondance de l'espèce, ou, autrement exprimé, son recouvrement sur la portion de falaise. L'idée est bien de pouvoir détecter d'éventuelles fluctuations de population.

Nous avons donc retenu le protocole suivant :

- Prospection exhaustive du secteur de présence connue ou potentielle par le pied de falaise (ce repérage avait démarré les années précédentes dans le cadre du travail avec cette RNR) => définition de la portion de falaise accueillant effectivement l'espèce ;
- Positionnement de transects descendant dans la falaise. En pratique, le transect est matérialisé par la corde servant au rappel. La corde est doublée par un décamètre à ruban ;
- Marquage des arbres sur lesquels la corde est arrimée ;
- Photographie de la zone d'installation de la corde et mesure de l'azimut de la corde par rapport à l'arbre, pour pouvoir la replacer une année ultérieure ;
- Descente le long du transect avec arrêt tous les 2m, positionnement d'un cadre de suivi de 1x1m, divisé en 25 carrés de 20x20cm (Attention, la mesure de longueur est prise depuis l'arbre de fixation de la corde, il ne s'agit pas d'une hauteur absolue de la barre rocheuse) ;
- Comptage et dessin des carrés de présence au sein du cadre (détermination visuelle et vérification à la loupe de terrain).

L'idée est de pouvoir calculer une fréquence relative de l'espèce dans la falaise, à la fois à l'échelle du nombre de cadres et du nombre de petits carrés de 20cm.

Ce protocole rappelle beaucoup les bandes transects déjà exposées (2.3 ou 2.8) mais en version verticale et sans faire toute la bande de façon continue. Il est d'ailleurs tout à fait envisageable de faire des bandes continues, c'est une question de temps disponible et de nombre de placettes échantillons nécessaires.



Figure 23 : Déroulement du suivi.



Figure 24 : vue du cadre de mesure et du décimètre

Le déroulement et la mise en œuvre du suivi sont illustrés par la Figure 23 et la Figure 24. La conduite du suivi est obligatoirement faite en binôme pour des raisons de sécurité.

### 3.1.2. RESULTATS

Les fréquences calculées de l'espèce pour les trois années de suivi sont présentées dans le Tableau 7.

	2016	2017	2018	Moy
Fréquence "cadre"	0,323	0,419	0,355	0,366
Fréquence "carré 20cm"	0,075	0,088	0,115	0,092

Tableau 6 : Fréquence de *N. menziesii* calculées de 2016 à 2018 par 2 méthodes.

La différence d'appréciation de la fréquence de l'espèce au travers des deux mesures faites est très forte. Cela tient à la finesse de l'unité échantillonnée, le cadre étant plus englobant, un carré de 20x20cm positif suffit à rendre le cadre 1x1m positif.

On rappellera que l'objectif des trois années d'application du protocole est d'établir un point "zéro" de suivi et de valider sa reconduction. Dans le temps des 3 années de suivi, il est supposé que l'espèce ne présente pas de dynamique majeure, ce qui constitue une hypothèse importante pour tester la stabilité des résultats.

Le récapitulatif des trois années de suivi par la méthode des transects n'est pas repris exhaustivement ici mais les tableaux des trois années mis côte à côte (Tableau 8) montrent que malgré les imprécisions de positionnement des transects ressenties lors des suivis, les résultats par transect sont cohérents. Les cadres positifs ou négatifs sont globalement les mêmes d'une année à l'autre au sein des différents transects.

Descentes	Carrés_2016	Carrés_2017	Carrés_2018	Descentes	Cadres_2016	Cadres_2017	Cadres_2018
1	0	0	0	1	0	0	0
2	15	24	23	2	2	2	2
3	2	5	4	3	1	1	1
4	15	5	22	4	2	2	2
5	19	22	29	5	3	3	3
6	0	0	0	6	0	0	0
7	0	4	5	7	0	1	1
8	7	8	6	8	2	4	2

Tableau 7 : nombre de carrés (20x20cm) et de cadres (1x1m) positifs pour les 8 descentes sur les 3 années de suivi.

Les variations d'abondance mesurées par carré de 20x20 cm sont toutefois importantes. La sensibilité de ce mode de comptage a été exposée les années précédentes. Par ailleurs la fréquence calculée est si faible (env 1%) que sa variation ne saurait être interprétée de façon fiable si l'on reconduisait le protocole dans x années. En revanche, la fréquence calculée avec les cadres positifs est dans une gamme permettant de mesurer aussi bien des augmentations que des diminutions de la population.

Ces premières remarques sont confirmées par l'analyse des données du Tableau 8. Un test (Wilcoxon ; séries de données avec des distributions non normales) appliqué aux deux blocs de données du

tableau montre un effet année pour le suivi par petit carré de 20cm (notamment entre les années 2016 et 2018) alors qu'il n'en montre pas pour les suivis par cadre. Cela signifie que les fréquences annuelles calculées ne présentent pas de différences statistiquement significatives et donc que le suivi basé sur la présence / absence par cadre de l'espèce donne des résultats stables et fiables sur les trois années d'expérimentation.

La poursuite du suivi pourra se faire uniquement sur la base de la présence / absence par cadre, dans les conditions de mise en œuvre déjà décrites. Un essai sera sans doute fait pour transformer les 8 "descentes" en bandes transects complètes, pour voir si la fréquence de détection au niveau des carrés 20x20 passe à une valeur plus haute.

### 3.1.3. RETOUR D'EXPERIENCE

La mesure au petit carré 20x20 est plus fine mais aussi plus sensible aux aléas de positionnement de la corde d'une année sur l'autre. Ceci a été confirmé au fur et à mesure des années de suivi. L'expérience de 2017 puis 2018 montre que l'on retrouve facilement les arbres repères et les positionnements de corde mais que cela ne garantit pas que la descente se fasse précisément le long des mêmes transects ! Ce point est le plus problématique du protocole proposé. Du fait de la configuration de la station, en combe boisée, il n'est pas possible de prendre des repères depuis le versant opposé pourtant très proche. C'est ce qui avait été présenté pour la Biscutelle de Dijon mais aussi pour un autre suivi de communautés rupicoles sur la commune de Brochon (Figure 25), non développé ici.

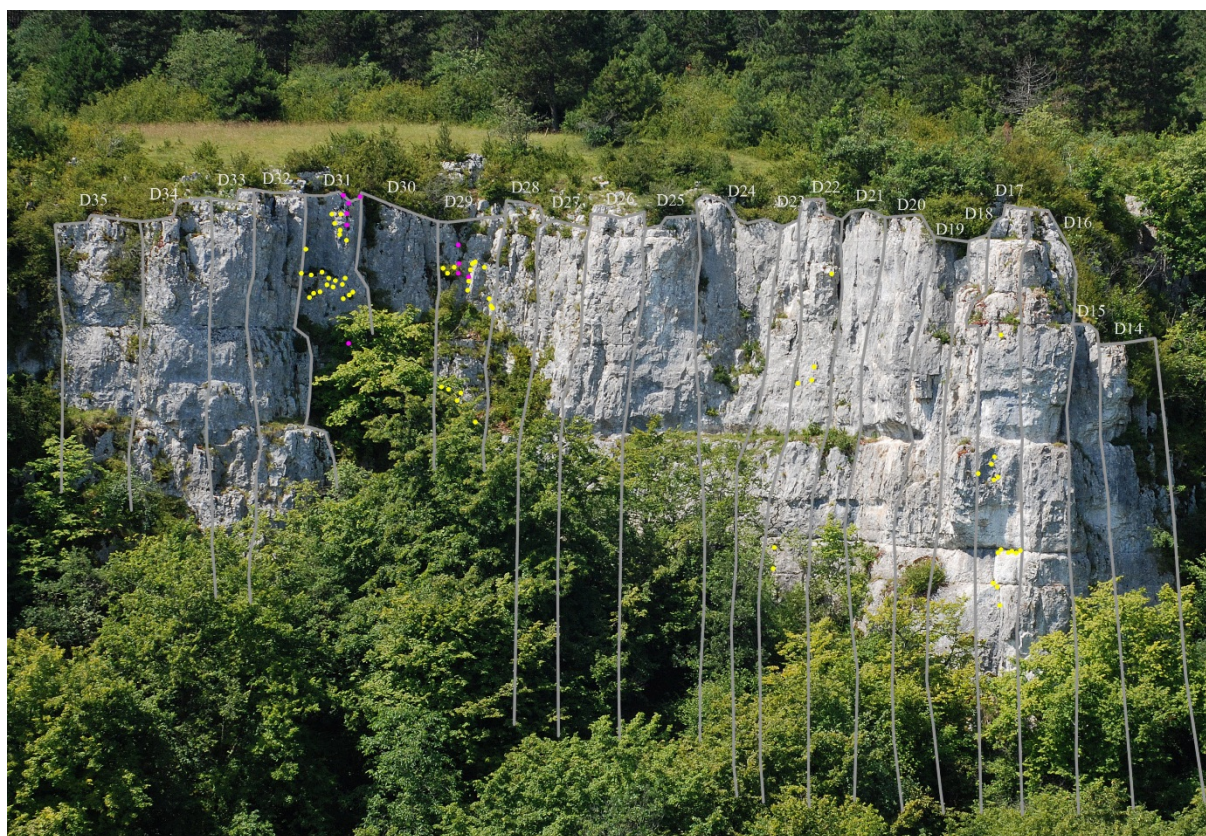


Figure 25 : exemple d'utilisation de la photographie pour le positionnement de transects de relevés (séparés en gris) et d'espèces (points jaunes et roses).

Un autre point à anticiper est l'impact des suivis sur l'espèce suivie : cet impact a été montré pour le suivi d'autres espèces rupicoles (*Biscutella divionnensis* voir 2.7). Les milieux rupicoles sont extrêmement peu perturbés et les interventions même minimales sont ressenties. L'impact peut être positif ou négatif mais n'est jamais nul malgré les précautions. Pour le minimiser, la seule solution est de ne pas réaliser les mesures tous les ans sur une longue période.

### 3.2. *RICCIA CRUSTATA*

*Riccia crustata* Trab. n'est connue en Bourgogne – Franche-Comté que dans la Réserve naturelle de la Combe Lavaux. L'espèce est notée Vulnérable dans la liste rouge européenne (HODGETTS et al. 2019) et en Danger Critique dans la Liste rouge régionale de Bourgogne (BARDET 2021). Il n'y a actuellement que 3 foyers de l'espèce en France, dans le Var, l'Ardèche et celle de la Réserve.

Elle est présente dans les mares temporaires thermophiles, dans un secteur déjà connu pour accueillir des Trachéophytes remarquables. Dans le plan de gestion 2019-2028, une mesure de suivi est prévue sur les espèces remarquables du secteur, incluant *Riccia crustata*.

Avant de définir et d'arrêter le protocole, une estimation assez précise de l'aire de présence a dû être faite, les précédentes mentions n'étant que ponctuelles. Un parcours de l'ensemble du site a été réalisé pour établir cette aire. Cette dernière zone s'est avérée correspondre à peu près à la zone de présence d'*Allium schoenoprasum* dans les secteurs les plus humides en hiver.

Du fait de l'étendue de l'Aire de présence, proche d'un hectare, et du caractère assez discret de l'espèce, il n'est pas possible d'utiliser des méthodes basées sur le comptage d'individus (la notion d'individu est impossible à définir sur le terrain par ailleurs). Nous avons donc développé une approche à deux échelles.

#### 3.2.1. ÉVALUATION DE LA FREQUENCE DE L'ESPECE DANS L'AIRE DE PRESENCE

Le protocole repose ici sur une grille de 10x10m (Figure 26) :

- La grille est chargée sur une tablette de terrain avec le Logiciel Qgis, le GPS de la tablette permettant de se positionner en temps réel sur le terrain ;
- Chaque maille est parcourue, sur la base de la position GPS, sans matérialisation fixe (il y a régulièrement des erreurs de positionnement en fonction de la réception GPS, il a parfois été nécessaire de se "recaler" sur des limites visibles sur l'Orthophotoplan) ;
- Un temps minimal de prospection de chaque maille est respecté en cas de non observation (5 min minimum pour les situations manifestement défavorables comme les ourlets et pelouses, parfois 10 min dans les cas paraissant favorables) ;
- Toutes les espèces de *Riccia* sont notées, en présence simple, sans recouvrement. Sachant qu'au moins une autre espèce que *rustata* est patrimoniale, *Riccia gougetiana* (seule station connue de Bourgogne) et que de toute façon toute *Riccia* est regardée, il a semblé intéressant d'avoir une approche large et de noter tout ce qui était déterminé.



Figure 26 : Grille de 10x10m utilisée pour le suivi des *Riccia*.

Le suivi a été conduit sur les 109 mailles de la grille. Le résultat est présenté sur la Figure 27. Le suivi a permis d'enregistrer la présence de 5 espèces différentes de *Riccia*.

La figure montre que l'aire occupée réellement par *R. crustata* est un peu plus contractée que l'aire définie initialement pour le suivi (39 mailles sur 109). À l'intérieur des mailles "positives", certaines sont densément occupées et dans d'autres, l'espèce est bien plus rare.

Ce premier niveau de suivi permet de préciser l'AP de l'espèce, de donner une fréquence globale d'occurrence de l'espèce à l'échelle de son AP et de couvrir d'autres espèces remarquables. Dans une telle approche on pourrait étendre la notation dans chaque maille à plusieurs autres espèces, y compris trachéophytiques, pour "optimiser" le passage.

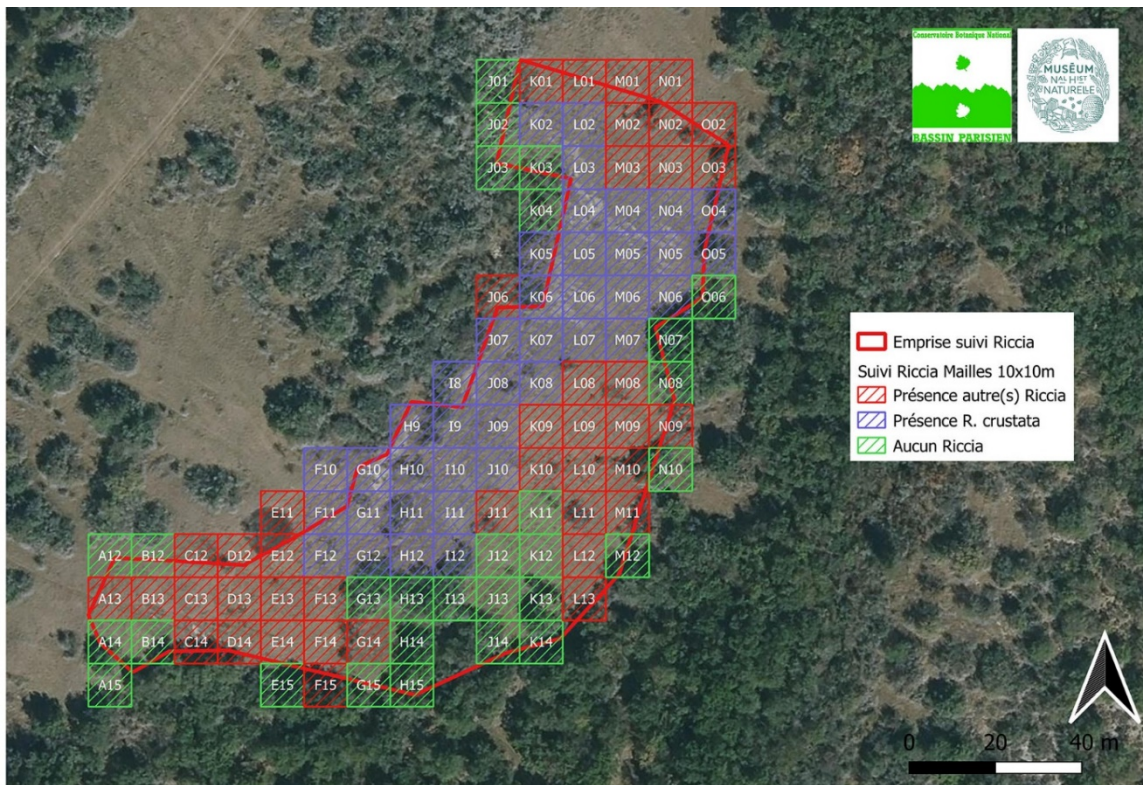


Figure 27 : Résultat du suivi des *Riccia* en 2021. Les mailles à *Riccia crustata* sont en violet.

### 3.2.2. FREQUENCE DE RICCIA CRUSTATA LE LONG DE TRANSECTS

L'idée initiale de ce suivi était d'affiner la quantification de la présence de l'espèce dans son aire de présence. Nous avons testé au printemps (juin) un protocole utilisant 10 transects de 10m tirés au hasard dans l'aire de présence. Les résultats ont été décevants avec un faible taux de détection (plusieurs transects dans des habitats peu favorables). Le positionnement de chaque transect était assez imprécis et les manipulations de mise en œuvre étaient compliquées même à deux personnes.

Nous avons donc fait une saisie des données du suivi en maille pour en avoir une première analyse. Sur la base de l'aire réellement occupée par l'espèce et des contraintes de mise en œuvre constatées au printemps, nous avons revu le protocole comme suit :

- Définition de deux transects en croix dans l'aire optimale de présence de 50m chacun (l'objectif était de réaliser 100m de transect dans une aire initiale de 1ha). Ces transects sont appuyés sur des lignes de la grille 10x10m (Figure 28).
- Matérialisation sur le terrain des transects par un ruban de décimètre, tendu entre deux piquets (le repérage fin des points de départ et arrivée se fait avec l'orthophotoplan).



Figure 28 : Transects utilisés pour le suivi de *Riccia crustata*.

Pour chaque transect :

- Utilisation d'un cadre de suivi de 1x1 m, divisé en 4 carrés de 50x50cm. Chaque sous carré est nommé par rapport au centre du carré : NW, NE, SW et SE (Figure 29) ;
- Positionnement du cadre successivement à chaque mètre du décimètre (de 0 à 1m, puis de 1 à 2m, etc.) (Figure 30) ;
- Recherche de *Riccia crustata* dans chaque sous-carré de 50x50 cm. Notation en présence / absence.

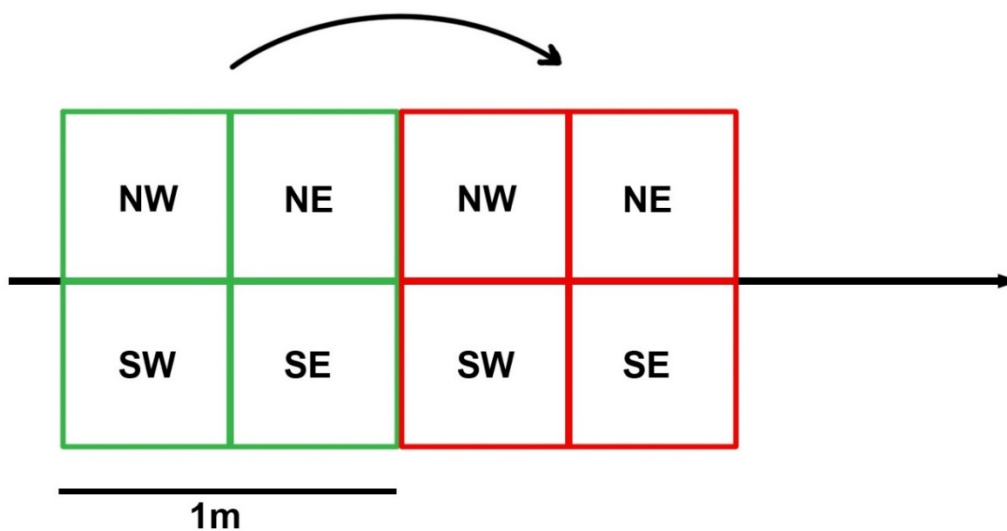


Figure 29 : Schéma de positionnement successif des cadres le long du transect.

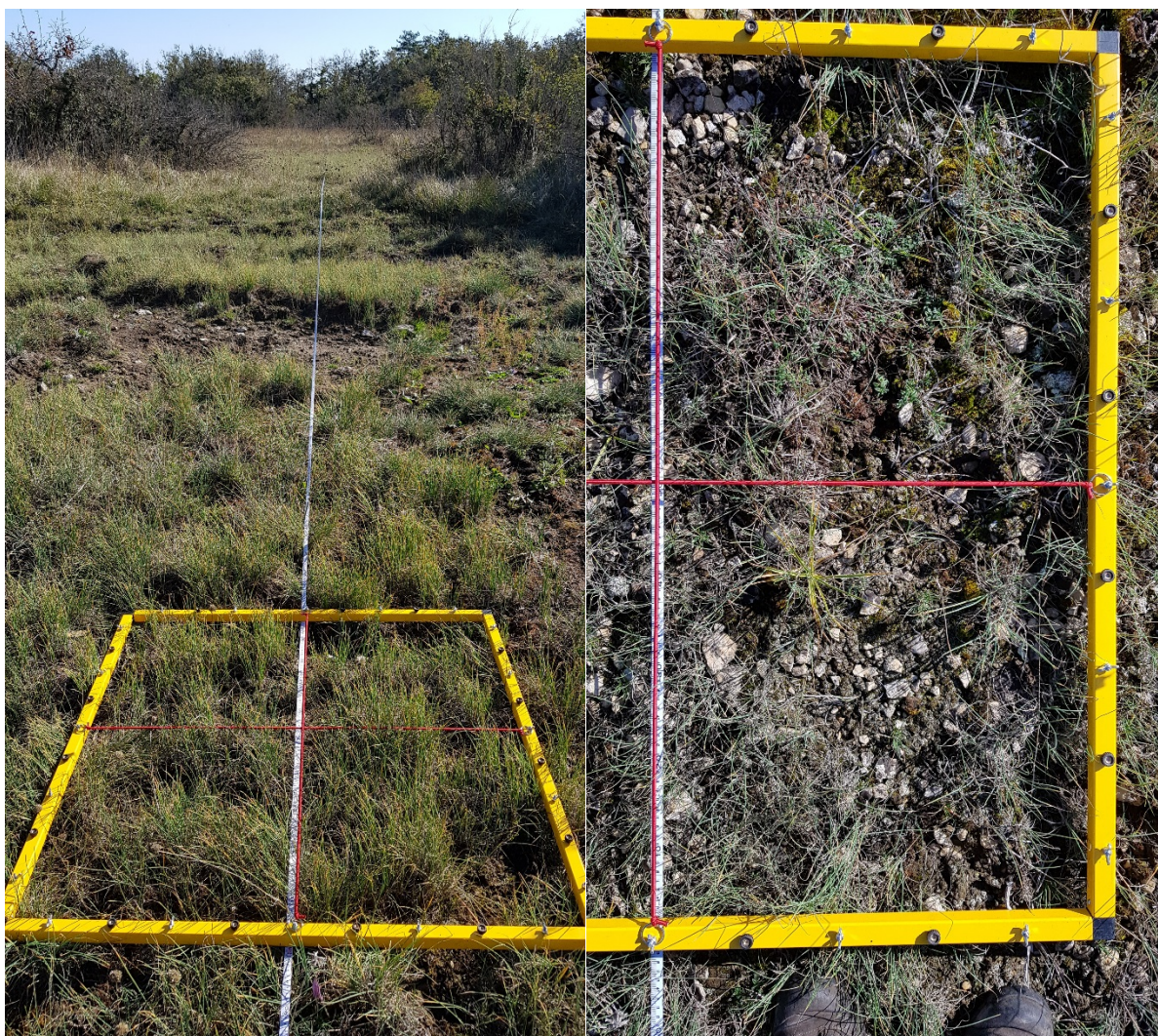


Figure 30 : positionnement du cadre de suivi le long du décimètre (à gauche) et aspect des carrés de 50x50cm lors du suivi (à droite).

Chaque transect génère 50 positions du cadre soit 200 carrés de 50x50cm contrôlés, soit 400 carrés contrôlés pour une "croix" de 2 transects.

**Attention**, il est important de respecter le sens de réalisation des transects si l'on veut comparer la répartition de *R. crustata* en inter-passage (diachronique). Le sens de réalisation et la position de l'observateur par rapport au cadre définit notamment quel sous-carré est nommé "NW" ou autre. Si l'on ne cherche qu'à utiliser la donnée de fréquence à l'échelle du transect, le respect du sens n'a pas d'importance.

Le suivi définitif a été mis en œuvre le 8/10/21 après la redéfinition du protocole évoquée plus haut. Seul les transects T1 et T2 sont rapportés ici. La synthèse des présences par tronçon de 10m de transect est donnée dans le Tableau 9.

	Sous-carrés 50cm positifs	Fréq. Transect
T1.1 (Nord de F11)	2	5%
T1.2 (Nord de G11)	26	65%
T1.3 (Nord de H11)	25	63%
T1.4 (Nord de I11)	40	100%
T1.5 (Nord de J11)	3	8%
T2.1 (est de I11)	0	0%
T2.2 (est de I10)	30	75%
T2.3 (est de I09)	18	45%
T2.4 (est de I08)	37	93%
T2.5 (est de I07)	5	13%
<b>Total</b>	<b>186</b>	<b>47%</b>

Tableau 8 : Occurrences et fréquences de *R. crustata* sur les transects T1 et T2 (entre parenthèse, rappel de la maille supportant la portion de transect).

### 3.2.3. RETOUR SUR EXPERIENCE

Ce protocole avec deux échelles d'approche apporte une vision très intéressante sur l'espèce :

- **Aire de présence estimée objectivement** par le cumul des présences en maille : le temps passé en cumul de toutes les mailles inventoriées est très important par rapport à une prospection à vue sans méthode ; et le fait de devoir faire systématiquement chaque maille, avec une attention concentrée sur une surface déterminée, est décisif pour la détection ;
- **Écologie de l'espèce affinée** par la chorologie fine en maille : l'impression initiale de cohérence *Allium schoenoprasum* / *Riccia crustata* a été contredite ;
- **Possibilité d'inclure des espèces annexes** à la recherche de l'espèce principale (ici les autres *Riccia* voire des Trachéophytes) ;
- **Production de trois indicateurs de suivi complémentaires** : fréquence en maille, aire occupée en cumul des mailles, fréquence sur les transects. On pourra aussi analyser l'évolution de la répartition de l'espèce au long des transects si ceux-ci sont reconduits dans le bon sens.

Sur les aspects pratiques, le retour d'expérience est également positif :

- La mise en œuvre des 2 protocoles peut se faire à une seule personne, l'implantation des dispositifs est très légère. Toutefois, une partie du suivi transect a été fait à deux et le gain de temps est appréciable ;
- Aucun impact sur l'habitat n'est apporté par le protocole (par de borne, pas de piquet...) ce qui était un des éléments du cahier des charges du côté du gestionnaire (par d'artificialisation visible) ;

- Dans l'absolu, le protocole est assez facile à déléguer au gestionnaire si besoin, une fois l'espèce bien repérée. La totalité des *Riccia* ne pourra pas être suivie comme dans la mise en œuvre présentée mais le suivi de l'espèce principale *Riccia crustata* semble possible avec un taux d'erreur acceptable (cela peut dépendre de la personne formée) ;
- Le matériel nécessaire reste assez limité : nous avons utilisé un système Tablet-PC assez onéreux mais une solution plus légère (tablette type Android ou smartphone avec Qfield par exemple) reste valide sachant que la précision de localisation sera du même ordre de grandeur ;
- La localisation au sein des mailles a été particulièrement aisée ici du fait des multiples détails visibles sur l'orthophotoplan (buissons, zones de sol nu, etc.) qui permettaient de recalibrer l'observation ; et du travail sur plateau dégagé avec une très bonne visibilité des satellites GPS.

### 3.3. **HYDROGONIUM CROCEUM ET ORTHOTHECIUM RUFESCENS**

Comme dans le cas des autres espèces de Bryophytes traitées ici, *Orthothecium rufescens* (Dicks. ex Brid.) Schimp., 1851 et *Hydrogonium croceum* (Brid.) Jan Kucera, 2013, ne sont connues que d'une station en Bourgogne, dans la RNR du Val Suzon dans le cas précis. Le suivi de la station correspond donc aussi au suivi à l'échelle du territoire.

S'agissant d'une mise en place sur des taxons mal connus, deux années ont été consacrées à la mise au point du protocole et à sa mise en œuvre.

La mise en place du protocole s'est appuyée sur 2 années de recherche des espèces lors de prospections assez poussées de leur habitat préférentiel (= bilan stationnel), les barres calcaires intra-forestières exposées au nord, sur l'ensemble de la RNR. Cette prospection n'a pu être menée de façon aussi intense à l'échelle de toute la côte dijonnaise mais cet habitat en particulier est assez intensément prospecté du fait de son fort potentiel bryologique.

#### 3.3.1. MISE EN PLACE 2019

Les deux espèces partagent la même station, au pied d'une barre rocheuse d'une dizaine de mètres. Il a donc été décidé de concevoir un protocole pour suivre les deux espèces en même temps.

Avant la mise en place du protocole, l'ensemble des falaises du site a été contrôlé afin d'évaluer la répartition exacte des deux espèces, pour être sûr que le suivi intégrerait l'ensemble des individus. Sur ce versant, deux ressauts rocheux se succèdent, mais seul celui le plus bas dans le versant héberge les espèces, sur 90m de longueur environ.

Une fois le développement de la station déterminée, un système de bande-transect, horizontal et plaqué à la paroi, a été mis en place, en partant d'un point fixe situé à l'extrémité est de la barre rocheuse (arbre, marqué dans l'écorce et repéré au GPS).

Le transect est matérialisé juste le temps du suivi par un décamètre à ruban, déroulé vers l'ouest et maintenu à environ 1m du pied de la roche dure. En bout de ruban (30m) un point fixe dans la roche est placé (piton d'alpinisme) pour redémarrer le tronçon suivant (Figure 31). Quelques mètres ont été intégrés dans le transect avant et après les premiers et derniers pieds d'*Orthothecium rufescens* pour pouvoir enregistrer des éventuels nouveaux individus dans des zones non colonisées initialement.



Figure 31 : Matérialisation du transect lors du suivi.

On s'arrange lors de la progression le long du transect pour que le pied de la roche soit intégré aux zones relevées, sachant que c'est la position privilégiée d'*Orthothecium rufescens*.

La première année de test, les espèces n'ont été relevées que par tranche de 50cm, sur 1m au-dessus et en dessous de la ligne matérialisée par le décimètre (Figure 32), dans la zone où tous les individus étaient initialement repérés. L'abondance est notée sur une échelle empirique 0-1-2-3 tous les 50cm.

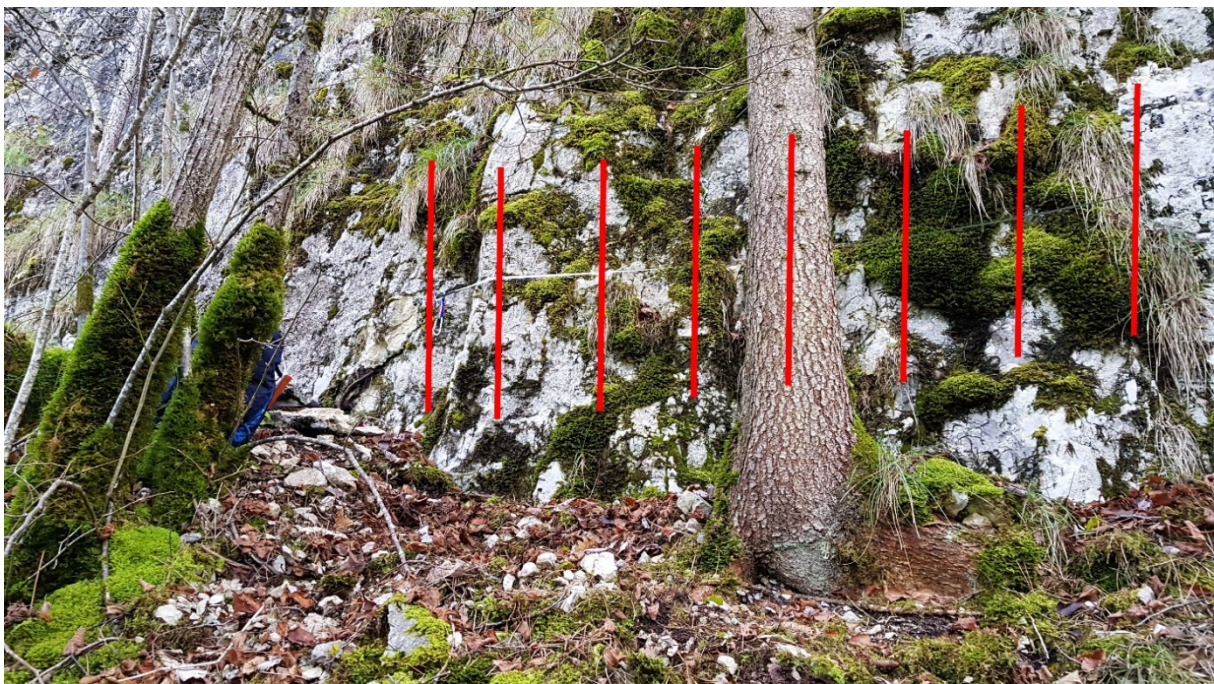


Figure 32 : délimitation des zones de dénombrement des espèces le long du transect en 2019

Résultats pour 2019 (Tableau 10).

	Ort_ruf	Hyd_cro	Ort_ruf	Hyd_cro
Première section	26	7	43%	12%
Deuxième section	37	11	62%	18%
Troisième section	26	0	43%	0%
Total	<b>89</b>	<b>18</b>	<b>49%</b>	<b>10%</b>

Tableau 9 : Résultats 2019 en présence / absence et en fréquence.

La fréquence globale d'*Ortothecium rufescens* est assez élevée et même "idéale" pour évaluer à la fois une progression ou une régression. Dans le cas d'*Hydrogonium croceum*, les choses sont plus délicates car la fréquence déjà très basse va rendre difficile la mesure d'une éventuelle régression, en tout cas à un niveau significatif statistiquement.

La donnée d'abondance notée (classes 0.1.2.3) n'est pas valorisable en tant que telle sauf pour déterminer les portions de tronçon les plus importants pour chacun des deux taxons. En revanche sur le long terme, dans l'objectif de détecter toute dynamique affectant les espèces, la mention d'une abondance est importante. On peut en effet détecter la diminution des niveaux importants de recouvrement (classe 2-3) avant que les espèces ne diminuent en fréquence globale.

Dans le détail, on remarque des zones assez longues sans présence d'aucune des deux espèces. Ces zones sont en fait défavorables car non verticales (pied de falaise en gradin +/- éboulé) et ne porteront jamais les espèces. Il faut se poser la question de les sortir des calculs de fréquence.

Même dans ce cas, les fréquences des deux espèces passent à 59% pour *Ortothecium rufescens* et à 12% pour *Hydrogonium croceum*. Cette fréquence reste basse pour un suivi de long terme.

### 3.3.2. MODIFICATIONS 2020

Des recherches lors du suivi d'autres espèces de la falaise ont montré que *Hydrogonium croceum* était présent plus en hauteur, souvent inaccessible pour un suivi depuis le pied de falaise. Par ailleurs, un passage en janvier 2020 a montré que *Hydrogonium croceum* était beaucoup plus détectable à cette saison, en raison de l'émission de très nombreuses propagules, le rendant immédiatement reconnaissable au sein de la communauté. Les choses restaient inchangées pour l'*Ortothecium*.

Nous avons effectué des changements dans la méthode en 2020 sur les points suivants :

- Nous avons réalisé le suivi beaucoup plus tôt au printemps pour profiter de la période optimale de détectabilité de l'*Hydrogonium* (avec propagules) ;
- Nous avons augmenté le temps passé par carré, en vérifiant beaucoup plus systématiquement les touffes de *Trichostomum brachydontium* dans lesquelles l'*Hydrogonium* se développe parfois en mélange ;
- Pour tenir compte de la présence de l'*Hydrogonium* au-dessus de la zone de pied de falaise, nous avons testé un élargissement de la bande de suivi, avec une notation différente de la présence/abondance dans une bande de +/- 50cm et au-delà. Cela donne donc 4 valeurs par tranche de 50cm ;

Le système mis en place en 2019 est donc conservé dans ses grandes lignes et dans la façon de le repérer (arbres, pitons, décamètre). Mais la levée des informations s'est faite selon une organisation différente (Figure 33 et Figure 34).

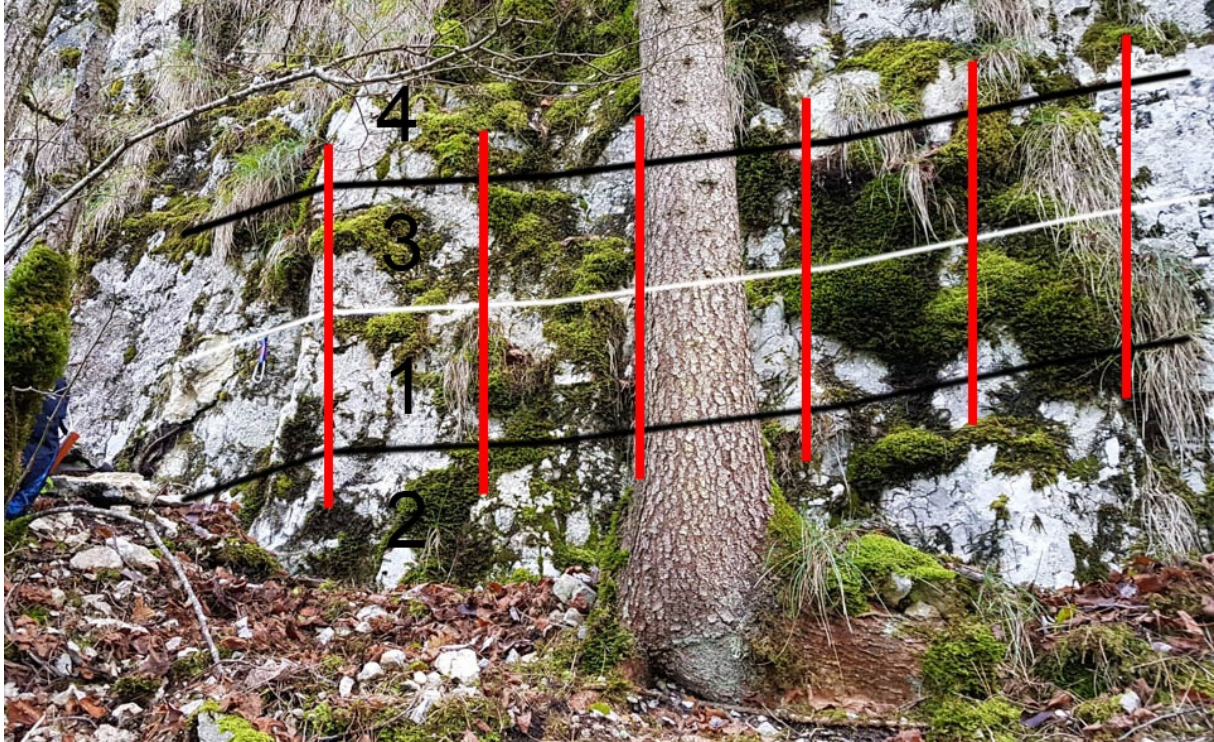


Figure 33 : délimitation concrète des zones de dénombrement des espèces le long du transect.

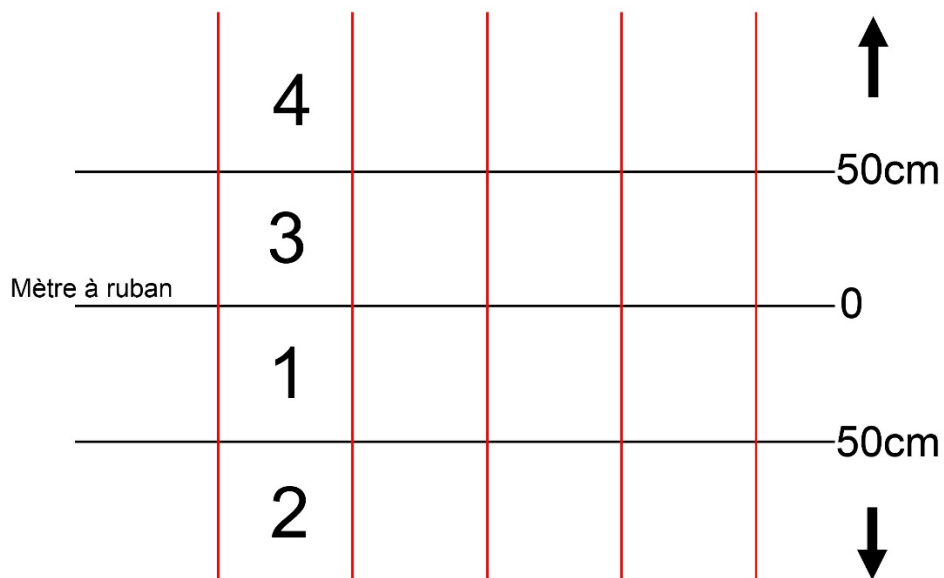


Figure 34 : Schéma de principe des zones de notation des espèces pour le suivi des Bryophytes. Les barres rouges correspondent à des intervalles de 50cm.

Résultats pour 2020 (Tableau 11)

	Ort_ruf	Hyd_cro	Ort_ruf	Hyd_cro
Première section	24	11	40%	18%
Deuxième section	34	12	57%	20%
Troisième section	22	0	37%	0%
Total	80	23	44%	13%

Tableau 10 : Résultats 2020 en présence / absence et en fréquence.

La comparaison des résultats pour les deux années conforte globalement la possibilité d'établir un suivi de long terme par ce protocole. Les chiffres en légère hausse pour *Hydrogonium* en 2020 traduisent sans doute la recherche plus assidue lors des relevés, la meilleure détectabilité (date) et l'élargissement de la bande de recherche. La baisse de fréquence pour l'*Orthothecium* est moins évidente à interpréter.

Il est en tout cas normal que les deux espèces évoluent différemment entre les deux années en lien avec l'évolution de la méthode. *Hydrogonium croceum* occupe la falaise de façon assez homogène (même s'il est plus visible dans la partie basse) et aucune différence statistique n'est observée entre les séries de données correspondant aux bandes de hauteur (-0.5,-1, 0.5, 1), quelles que soient les combinaisons analysées. L'élargissement de la bande de transect a donc permis de faire rentrer dans le dispositif des colonies nouvelles. L'espèce a même été découverte dans la barre rocheuse supérieure, lors des suivis d'*Athamanta cretensis* (hors suivi).

*Orthothecium rufescens* est concentré en pied de falaise comme le montre les cumuls de données des trois sections, dégressives du bas vers le haut. Il existe également une différence hautement significative entre les séries de données correspondant aux bandes de hauteur -1 / +1, et -1 / +0.5, non significatives entre les autres.

### 3.3.3. RETOUR D'EXPERIENCE

D'un point de vue méthodologique, le point noir reste la reproductibilité dans le positionnement du ruban lors du suivi. Sa hauteur peut varier de quelques centimètres mais ce n'est pas trop problématique. En revanche, la falaise n'étant pas plate, il est difficile de conserver le ruban bien appliqué à la paroi et, de ce fait, des décalages se produisent sur le positionnement des zones de relevé. En clair, une portion de roche peut être relevée dans la bande 28m/28.5m une année et 27.5/28 ou 28.5/29 l'année suivant. Ce point n'est pas très grave au global (fréquence) mais empêche d'utiliser des tests statistiques pour données appariées. Il faut en revanche l'avoir en tête pour interpréter les éventuelles évolutions d'occupation spatiale des espèces. Ce point peut être compensé pour tout ou partie en utilisant des piquets dans les zones de "creux" de la falaise.

Concernant la visibilité des espèces, une amélioration a été notée pour *Hydrogonium*, comme prévu, par la présence de propagules à la date du suivi (mai). Ces propagules disparaissent assez vite et en mai-juin, il en reste très peu. Il faut donc viser une date précoce de suivi. Un temps minimal de recherche de l'espèce dans chaque zone échantillonnée est nécessaire pour limiter les "faux-négatifs".

Concernant *l'Orthothecium* en revanche, la date très précoce n'est pas optimale car la coloration rouge de l'espèce est peu développée. Il n'y a donc pas de date idéale si l'on veut combiner les deux espèces mais il semble plus pertinent de privilégier la date favorable pour *l'Hydrogonium*, plus difficile à détecter dans l'absolu.

Le suivi de *l'Orthothecium* ne pose aucun problème particulier, l'espèce étant localisée strictement au pied de la falaise, donc visible, et étant par ailleurs une vivace assez de taille moyenne, détectable en toute période de l'année. Ce sont donc les spécificités de suivi pour *l'Hydrogonium*, l'espèce la plus contraignante, qui pilotent la mise en œuvre du protocole, mais sans impact sur les résultats pour *l'Orthothecium*.

## 4. SUIVIS FONCTIONNELS

### 4.1. SUIVI DE LA FONCTIONNALITE DES TOURBIERES

La Réserve Naturelle Régionale des Tourbières du Morvan (RNRTM) est constituée d'un réseau de douze sites distribués sur le massif du Morvan au sein du Parc naturel régional du Morvan. Sur ces 12 sites, quatre reposent sur des massifs de tourbe conséquents (quelques hectares au total), représentant la quasi-totalité des tourbières acides de Bourgogne. Le CBNBP est donc fortement impliqué dans la vie et le fonctionnement de la RNR depuis sa création.

Le premier plan de gestion pose comme objectif à long terme de "Maintenir ou restaurer la fonctionnalité des massifs de tourbes" avec comme actions le suivi de la flore caractéristique des massifs de tourbe (C.S 1.4) et le suivi des Bryophytes indicateurs de l'état de la turfigénèse (C.S 1.5). Une réflexion a été engagée en 2019 pour produire les protocoles de suivis correspondants.

Nous nous concentrerons ici sur le suivi des Bryophytes indicateurs de l'état de la turfigénèse.

Les objectifs de l'action sont :

- Suivre la dynamique des espèces de Bryophytes induisant la formation de tourbe ;
- Compléter les connaissances sur les populations, la répartition dans la RNR et l'écologie des espèces visées.

L'hypothèse de travail de cette action est qu'un suivi spatialisé des espèces édifcatrices de tourbe permet d'apprécier le dynamisme de la turfigénèse et ses éventuelles hétérogénéités au sein des sites. Cette voie d'étude repose elle-même sur l'hypothèse que la production de biomasse en surface par les Bryophytes se traduit plus ou moins rapidement, plus ou moins complètement, par une production de tourbe (ou un maintien du stock existant).

Les espèces concernées sont :

- Toutes les espèces de sphaignes ;
- Les Mousses comme *Polytrichum commune* et *Polytrichum strictum*, constituant des touradons et contribuant à la turfigénèse ;
- Certaines espèces plus communes traduisant des phénomènes intéressants ou des altérations fonctionnelles (*Aulacomnium palustre*, *Pseudoscleropodium purum*, *Hypnum* sp.).

La mise au point des protocoles a débuté par une revue bibliographique et des contacts avec plusieurs

collègues de CBN ailleurs en France. La revue bibliographique a plutôt remonté des protocoles orientés recherche peu adaptés à la question posée. Les contacts avec le CBN du Massif central, qui possède une grosse expérience de suivi de sites tourbeux, ont été déterminants. Une journée sur le terrain dans le Morvan avec J. Celle du CBNMC et la consultation de plusieurs études ont permis de dégrossir les problématiques et de cerner les protocoles à tester.

Trois protocoles ont été identifiés comme intéressants et testés en 2019, répondant à trois échelles spatiales, que nous développerons dans les parties suivantes :

- Suivi général des Bryophytes turficoles, suivi à l'échelle du site complet ;
- Suivi des dynamiques d'évolution des habitats des Bryophytes turficoles, sur une sélection de cas précis au sein des sites ;
- Suivi de la croissance des sphaignes, sur quelques touradons particuliers.

#### 4.1.1. SUIVI GENERAL DES BRYOPHYTES TURFICOLES

Ce premier protocole est le moins fin, et vise à couvrir l'essentiel des massifs de tourbe pour en suivre la dynamique de moyen à long terme. L'idée est d'échantillonner le cœur tourbeux des quatre sites étudiés et de connaître la répartition spatiale des sphaignes et de quelques autres Bryophytes pour les suivre dans le temps, avec l'idée de croiser cette spatialisation avec des évolutions du couvert boisé, de l'hydrologie, etc.

Le protocole testé se base sur une grille de 50x50m appliquée sur SIG à l'ensemble du périmètre des 4 sous-entités suivies. Les points de relevés sont les intersections de cette grille. Les points retenus sont centrés sur les massifs de tourbe et leurs marges boisées ou prairiales (annexe 2). Les points ne sont pas matérialisés sur le terrain mais juste stockés dans un GPS de randonnée (ou une Tablet-PC ou un projet Qfield). Au pas de 50m et avec la précision du GPS, cette grille de points peut être considérée comme fixe pour les futures comparaisons.

Différentes surfaces échantillon ont été testées avec des rayons de 1m, 1.78m (surface de 10m<sup>2</sup>), 2m et 3m. De façon évidente le nombre d'espèces contactées augmente avec le rayon mais le temps de relevé et le nombre de cas problématiques (habitat inhomogène) augmente également. Le point le plus problématique est l'estimation du recouvrement des sphaignes, proches morphologiquement. La forme en cercle est retenue par soucis de simplicité : un seul point à définir et un rayon qui peut être matérialisé par une ficelle de la bonne longueur.

A chaque point un relevé simplifié est effectué sur un bordereau (Figure 35). Toutes les sphaignes sont relevées (colonnes 1&2) ainsi que certaines autres espèces de Bryophytes utiles pour comprendre les dynamiques ou la structure de l'habitat (colonne 3-4). L'abondance / dominance des espèces n'est pas notée. A ces Bryophytes, sont ajoutées 5 Trachéophytes pour les besoins du suivi des espèces et de la structure de végétation.

Code point				
<input type="checkbox"/> angustifolium	<input type="checkbox"/> palustre	<input type="checkbox"/> Aul_pal	<input type="checkbox"/> Pol_str	<input type="checkbox"/> Eri_vag
<input type="checkbox"/> capillifolium	<input type="checkbox"/> papillosum	<input type="checkbox"/> Bra_rut	<input type="checkbox"/> Pse_pur	<input type="checkbox"/> Vac_oxy
<input type="checkbox"/> cuspidatum	<input type="checkbox"/> rubellum	<input type="checkbox"/> Cal_cus		<input type="checkbox"/> Cal_vul
<input type="checkbox"/> fallax	<input type="checkbox"/> subnitens	<input type="checkbox"/> Hyl_spl		<input type="checkbox"/> Mol_cae
<input type="checkbox"/> fimbriatum		<input type="checkbox"/> Hyp_cup		<input type="checkbox"/> Car_ros
<input type="checkbox"/> flexuosum		<input type="checkbox"/> Hyp_jut		
<input type="checkbox"/> inundatum		<input type="checkbox"/> Ple_sch		
<input type="checkbox"/> magellanicum		<input type="checkbox"/> Pol_com		

Figure 35 : bordereau utilisé à chaque point de relevé.

Toutes ces données sont ensuite saisies directement dans la table SIG de localisation des points, permettant ainsi une analyse spatiale des répartitions d'espèce et de leurs évolutions.

L'année 2019 a été consacrée aux tests de mise au point de la méthode, avec essai des différentes tailles de point de relevé, mesure du temps correspondant, évaluation pratique du protocole imaginé. Tous les relevés ont été faits par un opérateur seul.

Le premier retour sur le test a été d'arrêter la taille de la placette de relevé. Le rayon retenu est 2m, représentant un compromis entre les contraintes décrites plus haut.

La grille de 50m a également été évaluée (25m, 30m...) mais uniquement a posteriori sur SIG, pour voir combien de points seraient à couvrir et les conséquences en temps pour le suivi. La maille de 50m a été conservée.

L'année 2020 a vu le protocole mis en œuvre complètement. Ce sont au total 162 points qui sont suivis sur les 4 sites.

16 espèces de sphaignes ont été notées (uniquement sur les points) : *Sphagnum angustifolium*, *auriculatum*, *capillifolium*, *cuspidatum*, *divinum*, *fallax*, *fimbriatum*, *flexuosum*, *inundatum*, *medium*, *palustre*, *papillosum*, *rubellum*, *russowii*, *subnitens* et *subsecundum*. La diversité de sphaignes par point est donnée par exemple pour l'un des sites sur la Figure 36.

Pour les espèces les plus fréquentes (*palustre*, *capillifolium*, *angustifolium*, *fallax*, *flexuosum*, *inundatum*, *magellanicum* aggr.) le suivi de l'évolution dans le temps devrait être pertinent. Pour les espèces plus rares, les tendances ne devraient pas être significatives compte tenu du moindre nombre de données.



Figure 36 : Carte de la diversité de sphaignes par point pour le site du Vernay (58).

Si l'on regarde maintenant les espèces turfigènes (Sphaignes + Polytrics), la situation est très proche, avec des nuances selon les sites (Figure 37).



Figure 37 : Carte de la diversité d'espèces turfigènes par point pour le site du Vernay (58).

Les données et fréquences des espèces indicatrices de perturbation ont été synthétisées (Tableau 12).

	Vernay		Champgazon		Furtiau		Lamberts		Total	
	occur.	fréq.	occur.	fréq.	occur.	fréq.	occur.	fréq.	occur.	fréq.
Br. rutabulum	9	24,3%	12	34,3%	24	68,6%	4	11,4%	49	30,2%
Pl. schreberi	10	27,0%	22	62,9%	6	17,1%	2	5,7%	40	24,7%
Ps. purum	6	16,2%	25	71,4%	13	37,1%	11	31,4%	55	34,0%
Hy. jutlandicum	10	27,0%	35	100,0%	9	25,7%	15	42,9%	69	42,6%
Ca. cuspidata	1	0,027	0	0	10	0,27	9	0,243	20	12,3%

Tableau 11 : Occurrences et fréquences des différentes espèces traduisant des perturbations fonctionnelles sur les sites suivis.

Les chiffres synthétisés dans le Tableau 12 seront analysés lors du renouvellement du suivi pour vérifier qu'ils constituent un indicateur pertinent. En l'état, les chiffres plutôt bas pour le Vernay et très hauts pour Champgazon, pour ne prendre que deux sites assez proches par leurs habitats, traduisent bien la perception empirique des différences existant entre ces deux sites : un site de Champgazon dont les

haut-marais semblent en évolution rapide vers l'assèchement et le boisement et le site du Vernay qui évolue lentement et dont le haut-marais se maintient globalement.

#### **Retour sur la méthode :**

La mise en œuvre de 2020 confirme les tests de 2019 : le protocole s'applique de façon très efficace, y compris pour un opérateur seul. Le positionnement des points par GPS a été testé avec plusieurs outils (GPS Etrex20 rando, Smartphone + Qfield et tablette PC durcie + QGis). Des différences existent essentiellement en fonction de la date (nombre de satellites disponibles) mais assez peu en fonction de l'outil.

Le principal problème d'application reste la bonne détection des espèces de sphagnes sur le terrain, ce qui fait exploser le temps de détermination. Le groupe *palustre* / *papillosum* s'est avéré indistinguable sur le terrain, les indices macroscopiques étant régulièrement contredits par les vérifications au microscope. Le groupe "*recurvum*" (*angustifolium* / *fallax* / *flexuosum*), bien connu pour être assez polymorphe au sein des espèces, s'est aussi révélé particulièrement compliqué à traiter sur le terrain. Dans ce cas en revanche, la signification écologique de ces espèces est proche et il restera toujours la possibilité de fusionner les données en cas d'incohérences.

#### **4.1.2. SUIVI DES DYNAMIQUES D'EVOLUTION DES HABITATS TURFICOLES**

Ce protocole a pour objectif de comprendre les dynamiques plus fines à la limite de certains habitats, qui mettent souvent en jeu des évolutions spatiales d'espèces entre elles. Il est directement inspiré de protocoles développés au CBNMC (Celle 2016, 2018 ; Hugonnot 2017).

Le suivi repose sur la lecture de la végétation comprise à l'intérieur d'un quadrat de 1 x 1m déplacé successivement pour couvrir une placette de 2x2m ou 2x4m selon les besoins. L'emprise générale de la placette est matérialisée de façon fixe (piquets en bois). Ce quadrat de 1m est divisé en 4 carrés de 50 cm de côté dans un but de repérage des colonies d'espèces.

La méthode de suivi scientifique par quadrats est préconisée lorsque l'on souhaite appréhender, en plus des variations de la composition floristique, les mécanismes spatiaux de la dynamique à des échelles fines.

La détermination de la taille appropriée d'un quadrat permanent comporte une part de subjectivité. La taille optimale pour suivre des végétations bryophytiques est théoriquement de l'ordre de 0,1m<sup>2</sup> (Hugonnot 2017). Dans le cas présent, le suivi porte sur des communautés majoritairement turficoles qui présentent des structures mosaïquées, dont la maille est de l'ordre du m<sup>2</sup> ou plus. De plus, augmenter le nombre de mailles permet certes d'augmenter la finesse de lecture mais avec un coût élevé en temps d'inventaire. Le choix s'est donc porté sur le protocole de Celle 2018.

Sur chaque carré de 50x50cm, un relevé rapide est réalisé, reprenant le même bordereau support que le suivi général (annexe 1), en notant les recouvrements de chacune des espèces. Une photographie de chaque carré sera faite systématiquement. La présence, lorsqu'elle est évidente, de certaines espèces d'hépatiques sphagnicoles pourra être notée mais sans recherche spécifique.

Une fois défini l'espace à couvrir par la placette, le déroulement est le suivant (Figure 38) :

- Un piquet est planté en (1) avec une étiquette en aluminium gravée (Alutag) pour identifier le quadrat ;
- Le cadre de suivi est positionné contre le piquet, un bord orienté approximativement au nord ;
- On procède au relevé de chaque carré du cadre 1 : SE / SW / NE / NW ;
- On décale le cadre en position 2, en gardant l'alignement du bord (avec un piquet par exemple) ;
- On procède au relevé de chaque carré du cadre 2 : SE / SW / NE / NW ;
- On décale le cadre en position 3, en repassant par la position 1 pour reprendre l'alignement du cadre ;
- On procède au relevé de chaque carré du cadre 3 : SE / SW / NE / NW ;
- On décale le cadre en position 4, en gardant l'alignement du bord ;
- On plante un piquet en position 4 pour marquer la diagonale du carré 2x2m général.

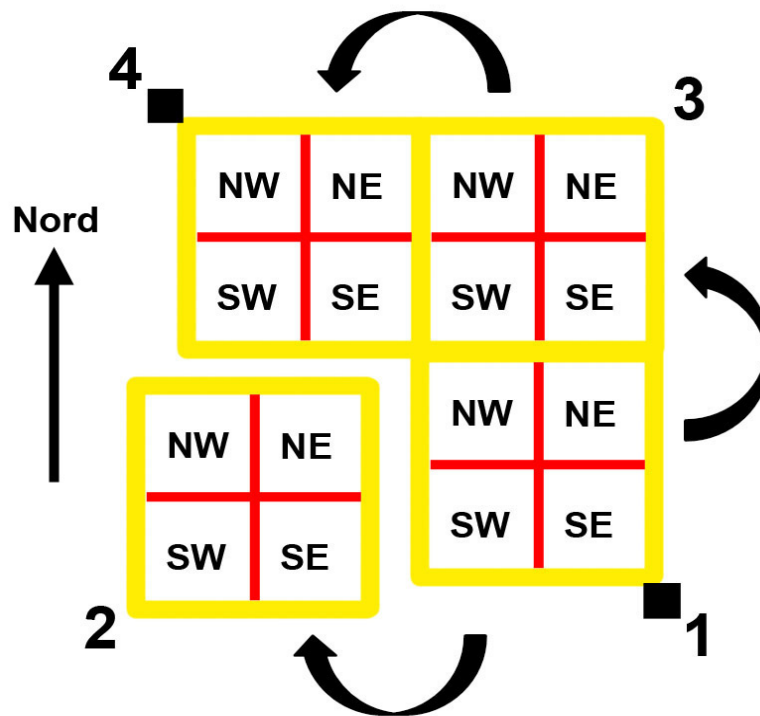


Figure 38 : déroulement schématique du relevé d'une placette 2x2m

Sur chaque carré de 50x50cm, un relevé complet des sphaignes est réalisé, reprenant le même bordereau support que le suivi général (Figure 35), en notant les recouvrements **en valeur de pourcentage** de chacune des espèces (0 à 100%). Cette notation du recouvrement est une évolution par rapport au protocole testé en 2019 qui a semblé nécessaire pour ajouter de la sensibilité. Une évolution est plus facile à détecter sur des valeurs continues que sur des classes simplifiées. Les Trachéophytes ne sont notées qu'en abondance /dominance, leur notation n'étant qu'indicative de structure. Une photographie de chaque carré est faite systématiquement (Figure 39).

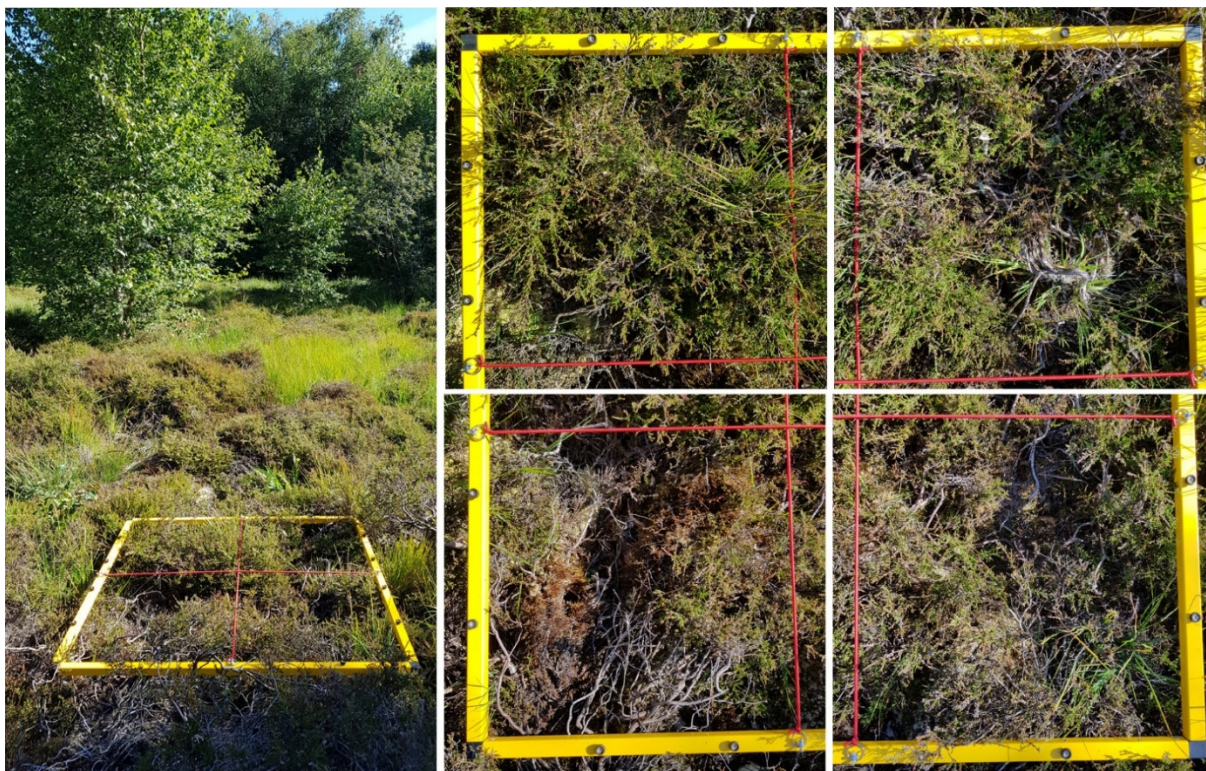


Figure 39 : exemple des photos prises à chaque placette, ici la Q013-02 au Port des Lamberts.

Ce sont 4 placettes de 2x2m qui sont implantées sur chacun des 4 sites, toujours en milieu ouvert ou en zone de lisière mais pas au sein des boisements. Chaque placette a été positionnée par rapport à une question sur la dynamique de tel ou tel habitat mais à l'issue du déploiement, des groupes se retrouvent :

- La question de l'évolution de la moliniaie vers le haut-marais, importante car cette dynamique génère un habitat à haute valeur écologique par non gestion (sachant que le maintien des moliniaies réclame un entretien) ;
- La question de l'évolution des hauts-marais matures, voire sénescents. Leur dynamique de boisement est suivie par la cartographie des habitats mais des signes précoces de leur dégradation pourront être trouvés dans ce suivi (et dans le suivi 50x50m avec les espèces dysfonctionnelles).

Les deux questions se relieront ensuite : si on constate une apparition de haut-marais d'une part et une dégradation d'autre part, quel sera le bilan surfacique ? Est-ce que les espèces associées les plus rares suivront bien la même dynamique ? Les choix de gestion pourraient en être éclairés.

#### Retour sur la méthode :

La mise en œuvre de 2020 confirme les tests de 2019 : l'application du protocole est aisée, y compris pour un opérateur seul. Le nombre de placettes aurait pu être plus important, notamment pour illustrer des phénomènes ponctuels mal compris, mais le choix a été fait de se concentrer sur des phénomènes importants et de long terme. Il reste toujours possible de rajouter des placettes à la faveur de nouvelles questions.

Le principal problème d'application reste la bonne détection des espèces de sphaignes sur le terrain, et ceci de façon encore plus importante que pour le suivi par points. Ici en effet, la nécessité d'évaluer le recouvrement de chaque espèce a imposé de faire un choix dès le terrain sur l'identité des espèces. Parfois, nous avons dû mesurer des recouvrements pour des formes différentes qui se sont révélées être la même espèce, dans ce cas nous avons fusionné les pourcentages. Le cas inverse a été plus compliqué à gérer mais s'est posé peu de fois.

Le repérage des placettes dans le temps sera à surveiller : les piquets en bois peuvent s'altérer ou se faire coucher par des animaux. Nous n'avons pas implanté d'aimant dans le sol pour limiter l'impact du suivi mais ce sera peut-être nécessaire (à voir lors du retour sur le dispositif).

Lors de l'interprétation des premiers résultats (sur la base d'une nouvelle lecture lors du second passage au bout de 5-10 années, en comparant un à un les carrés inventoriés), les modifications pourront être interprétées de façon spatiale grâce à ce maillage. Aucune validité statistique n'est attendue, ce protocole sert avant tout à focaliser le regard de façon reproductible sur des phénomènes pour mieux les comprendre.

#### 4.1.3. SUIVI DE LA CROISSANCE DES SPHAIGNES

Ce suivi a pour but d'apprécier / mesurer la croissance annuelle de certaines espèces de sphaignes. Ce suivi doit contribuer à apporter des éléments au problème de l'accroissement quantitatif de l'épaisseur de sphaigne au cours du temps et voir éventuellement par quoi il est affecté. Le protocole est mis en place à titre expérimental sur 2 sites. L'hétérogénéité des recouvrements par les sphaignes entre les sites ne permettra pas un avis global sur les quantités produites mais plutôt de mesurer des effets locaux comme le comportement des hautes buttes à *Sph. capillifolium* de Champgazon ou le dynamisme de *Sph. magellanicum* aggr. à la tourbière du Vernay. Tous les points d'implantation sont repérés au GPS.

Le protocole repose sur deux systèmes différents :

- Des tiges fixes (50 cm) implantées dans l'épaisseur d'une butte et marquées d'une encoche à l'affleurement des sphaignes. Un contrôle chaque année permettra de mesurer l'accroissement au-dessus de l'encoche. Sur le site du Vernay, les tiges sont enfoncées verticalement dans plusieurs buttes basses proches, de *Sph. capillifolium* et de *Sph. magellanicum* aggr. Sur le site de Champgazon les tiges sont regroupées sur une haute butte de *Sph. capillifolium*, sur plusieurs faces (sommets, face nord, face est et face sud) pour essayer de comprendre l'évolution de ces formations remarquables.
- Des individus de sphaigne sont isolés et marqués individuellement en faisant un nœud sous le capitulum avec quelques fibres de ficelle en matériau synthétique (Figure 40). Les individus sont choisis en périphérie des piquets de mesure de croissance pour le repérage. On veille à ne pas trop tirer sur le brin lors de la mise en place. On laisse dépasser largement les brins en surface de la touffe de sphaignes pour les retrouver l'année N+1. Le contrôle s'effectue en mesurant l'accroissement de la tige au-dessus du nœud.



Figure 40 : 3 individus de *S. magellanicum aggr.* marqués.

Les retours faits sur ces protocoles sont assez mitigés :

- En 2020, aucune croissance n'a été observée sur les piquets implantés, mais les conditions de sécheresse des étés 2019-2020 peuvent avoir effectivement stoppé la croissance des sphaignes. L'autre possibilité est que le piquet bouge avec le touradon s'il n'est pas implanté assez profondément. En 2021 une croissance a été notée sur certains points mais de façon peu cohérente entre eux (positive ou négative parfois). Il est envisagé avec le gestionnaire de remplacer ce dispositif par celui préconisé dans Lindsay *et al.* 2019, plus lourd et plus pérenne.
- Le suivi des individus est assez positif, les individus sont retrouvés en 2020 et 2021 (par les filaments dépassant des sphaignes) mais la manipulation de chaque tige pour mesurer la zone de croissance est très délicate et risque en elle-même de perturber la croissance. Ce suivi peut devenir chronophage s'il est étendu. Aucune interprétation n'a été faite pour l'instant, les observations 2020 et 2021 ont surtout servi à valider le concept.

#### 4.2. ETAT DE CONSERVATION DES VEGETATIONS DE CORNICHE CALCAIRE

Suite aux inventaires des Trachéophytes et Bryophytes du premier plan de gestion de la RNR du Val Suzon et à l'identification d'éléments patrimoniaux dans les falaises thermophiles, il avait été proposé de suivre mieux ce compartiment écologique délaissé. Dans le plan de gestion, apparait l'opération EI 2.8 "Mettre au point un protocole de suivi du patrimoine floristique et bryologique des falaises et corniches sèches thermophiles".

Les enjeux de conservation sur ces habitats sont assez variables : les parties verticales sont inaccessibles (pas d'escalade) et les corniches à l'inverse sont souvent le lieu de passage des sentiers un peu partout dans le Val Suzon et sont donc soumises à des pressions régulières.

Le travail envisagé en 2021 a donc été de mettre au point, tester et mettre en œuvre un protocole de

suivi pertinent sur ce compartiment.

Le site choisi pour l'expérimentation est un site qui présente de hautes falaises, un grand linéaire de corniches, des Bryophytes et Trachéophytes patrimoniaux et qui est assez fréquenté.

#### 4.2.1. METHODE

Une première journée a été consacrée aux parties verticales du site, pour valider le fait que ces zones présentaient un intérêt à être suivies et, le cas échéant, à développer un protocole. Une dizaine de descentes en rappel ont été réalisées sur toute l'étendue du site. Lors de ces descentes, nous avons recherché les taxons rares potentiellement présents, en Trachéophytes et Bryophytes. La seule espèce d'intérêt régulièrement observée a été *Grimmia tergestina*, rare en Bourgogne mais très régulière dans le Val Suzon. Les falaises étant constituées d'un calcaire massif et lisse, avec de grandes parties en surplomb dans lesquelles rien ne pousse, il est vite apparu que la pertinence d'un suivi dans cet habitat était très faible.

Nous avons donc abordé ensuite l'étude des corniches au sommet des falaises. Les corniches ont été définies comme les habitats sub-horizontaux sur roche massive grossièrement fissurée. Au sens strict, elles sont relativement étroites sur le site, les éboulis remplaçant très rapidement ces zones massives en arrière de corniche. Sont inclus dans la définition les sommets des pinacles rocheux, plus ou moins détachés de la falaise principale.

Pour un suivi reproductible dans le temps, nous avons mis en place 7 transects guides, sur des corniches paraissant représentatives de la situation générale ou présentant des problématiques particulières (piétinement, feu, zone inaccessible "témoin"...). Les transects constituent un moyen simple de localiser de façon fixe un protocole, puisqu'il suffit de deux points marqués pour être repositionnés. Compte tenu du caractère très naturel et fréquenté du site, nous nous sommes attachés à procéder à un marquage minimal. Les transects sont localisés sur la Figure 41.

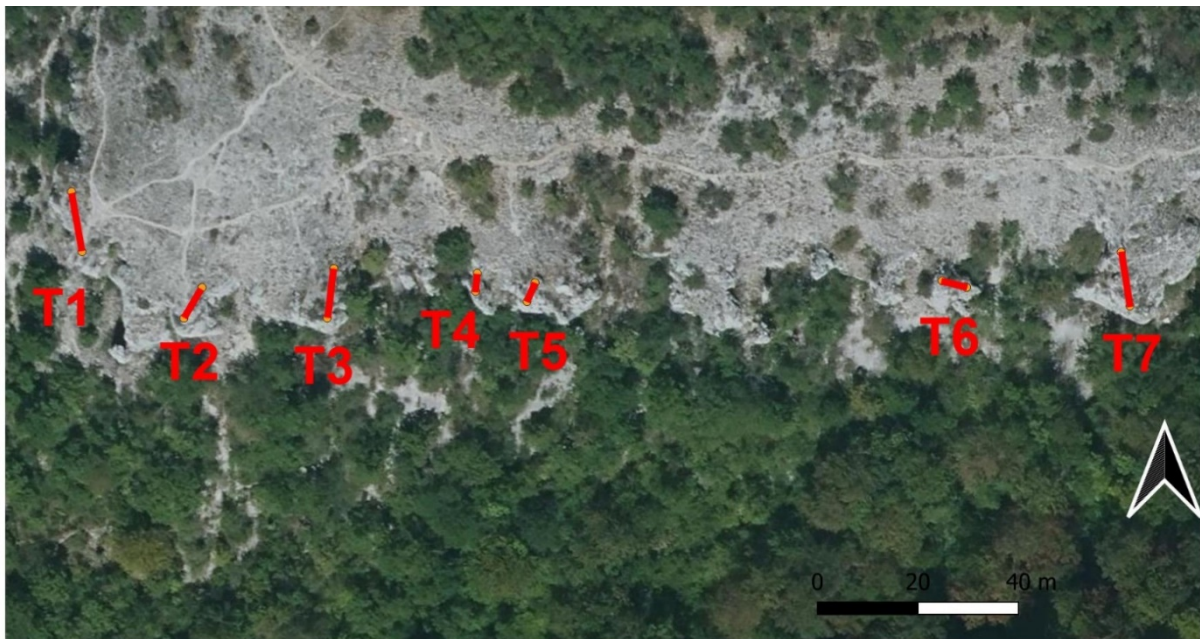


Figure 41 : localisation des transects de suivis des corniches.

Les extrémités des transects ont été localisés au GPS et marqués par des petits points de peinture sur la roche et lors des suivis, le ruban est fixé par des pitons amovibles ou des coinçeurs d'escalade (Figure 42).



Figure 42 : Exemples de repérages des extrémités des transects : points de peinture et fixation du ruban.

Le cadre de suivi est ensuite placé à différentes positions le long du transect et un relevé exhaustif (Trachéophytes et Bryophytes) avec recouvrement en pourcentage est réalisé sur les quatre quadrants de 50x50cm du carré (Figure 43). Par ailleurs, des photographies de tous les points de départ et d'arrivée ont été faites pour permettre la relocalisation ultérieure.

Le protocole mis en place peut donc se résumer ainsi :

- Mise en place du transect guide (repérage des extrémités, fixation du décimètre à ruban avec le "0" toujours côté sud) ;
- Positionnement du cadre à sa première position ;
- Relevé de la liste des espèces de Trachéophytes et Bryophytes sur chaque sous-unité du cadre (soit 4 relevés de 50x50cm). Utilisation de la fiche spécifique ;
- Estimation des recouvrements de chaque espèce en **pourcentage** (en valeurs continues).

Code-point			
<input type="checkbox"/> ·Alli-sphae	<input type="checkbox"/> ·Lactuc-peren	<input type="checkbox"/> ·Bry_tora	<input type="checkbox"/> ·Homa_lut
<input type="checkbox"/> ·Antheric-lili	<input type="checkbox"/> ·Laser-gall	<input type="checkbox"/> ·Bry_canar	<input type="checkbox"/> ·Synt-mont
<input type="checkbox"/> ·Anthyl-mon	<input type="checkbox"/> ·Melic-gil	<input type="checkbox"/> ·Ditr_flex	<input type="checkbox"/> ·Rhvt-rug
<input type="checkbox"/> ·Cent-scab	<input type="checkbox"/> ·Sedum-alb	<input type="checkbox"/> ·Grim_orb	<input type="checkbox"/> ·Hyp_lacu
<input type="checkbox"/> ·Coron-mini	<input type="checkbox"/> ·Sesl-caer	<input type="checkbox"/> ·Grim_puly	<input type="checkbox"/> ·Tort_tort
<input type="checkbox"/> ·Diant-sylv	<input type="checkbox"/> ·Teucr-cham	<input type="checkbox"/> ·Grim_terg	<input type="checkbox"/> ·Tort-squa

Figure 43 : extrait de la fiche de suivi, avec la liste des espèces les plus courantes, qui est complétée manuellement selon les besoins.

#### 4.2.2. RESULTATS ET OBSERVATIONS SUR LA METHODE

Sur les 7 transects décrits, ce sont 21 carrés soit 84 relevés de 50x50cm qui ont été faits (avec l'aide d'une personne de l'ONF), étalés sur 2 jours d'inventaire.

Les données ont été organisées de 2 façons, d'une part selon des relevés au plus proche de la fiche de relevé de terrain pour faciliter les comparaisons placette par placette et d'autre part dans un grand tableau synthétique de type phytosociologique.

Cet état initial du suivi permet de noter quelques points en attendant sa reconduction et des analyses de tendance :

- Les cortèges notés sont assez homogènes et peu altérés : les seules espèces traduisant une "rudéralisation" sont *Ceratodon purpureus*, *Bryum argenteum* ou *Syntrichia ruralis* pour les Bryophytes mais elles sont très peu fréquentes. Aucune Trachéophyte ne peut être qualifiée de rudérale dans les espèces notées. Le relevé des Bryophytes augmente la sensibilité du protocole.
- Les communautés de Bryophytes permettent une grande finesse de lecture des influences écologiques à l'échelle des petites placettes étudiées. Il y a nettement des communautés pionnières sur roche, sur cailloutis, des communautés d'ourlets à pleurocarpes arrivant plus tardivement, des communautés de fissures ombragées...

Du point de vue pratique, le protocole est très simple à implanter, il peut s'opérer à une personne (même si la configuration proche des falaises rend un binôme nécessaire pour des raisons de sécurité). Le système fixe avec repères permet un retour sur les cadres de relevés à quelques centimètres près.

## 5. SYNTHÈSE GÉNÉRALE

### 5.1. NOTION D'INDIVIDU

Savoir ce que représente un individu observable sur le terrain, et donc potentiellement ce que l'on va suivre au cours des années est à la fois déterminant et loin d'être trivial. Il est primordial d'éclaircir cette notion tôt dans un suivi car cela oriente le choix de la méthode et permet de savoir comment interpréter les résultats. La tendance classique à compter les "individus" observables macroscopiquement conduit à surestimer la diversité génétique de la population étudiée et donc à minorer les risques qui pèsent sur elle.

La définition de ce qu'est un individu est très liée au type biologique de l'espèce en question (voir par exemple KERY & GREGG 2003, PERRET *et al.* 2022). Les "individus" discernables sur le terrain se révèlent être très souvent liés entre eux par des parties végétatives non visibles (rhizomes, racines...). Cette situation est un obstacle majeur par exemple pour la compréhension de la dynamique du Sabot de Vénus (*Cypripedium calceolus*). Dans le cas simple a priori d'une espèce comme la Biscutelle de Dijon, avec l'enjeu d'un suivi espèce-centré, les quelques cas rencontrés d'individus "polycéphales" finalement rattachés au même cordon de racine biaisent les résultats. Voir aussi l'exemple des rosettes stériles de Valériane tubéreuse (2.3).

Le seul cas réellement clair est le cas des annuelles, pour lesquelles un individu observé, issu d'une graine, est forcément un individu à part entière sur le plan génétique. Mais c'est également dans ce cas que le suivi des individus n'a pas de sens sur le long terme. A l'opposé, se trouvent les espèces clonales, qui colonisent végétativement le milieu et pour qui l'approche est impossible de façon évidente. Le cas des Bryophytes rentre souvent dans cette catégorie (voir 3.1). Entre les deux, le domaine est très vaste et doit être tranché espèce par espèce.

L'impact sur le choix du protocole est assez simple :

Individus séparables au sein de l'espèce	Pertinence d'un suivi espèce-centré	Protocoles possibles	Comptages possibles
Oui	Oui	Espèce-centré (marquage ou repérage des individus)	Oui
Oui	Non (pas utile, effectifs trop grands, espèce annuelle, etc.)	Echantillonnage	Oui, selon besoins ou pertinence
Ne sais pas			Non : présence/absence, fréquence, etc.
Non			

Les protocoles individu-centrés seront déclenchés seulement si la notion d'individu est claire mais également si la pertinence en est démontrée.

Dans tous les autres cas on s'orientera sur un échantillonnage total ou partiel de l'aire de présence. Le suivi produira un ou plusieurs indicateurs liés à l'espèce (voir plus loin).

## 5.2. TYPE BIOLOGIQUE

L'importance du type biologique a déjà été évoqué précédemment en lien avec la notion d'individu mais le type biologique joue sur plusieurs autres facteurs orientant le choix du protocole. Nous ne développerons pas tous les points possibles, la littérature traite déjà du sujet.

Le plus important est celui de la **délectabilité** au long de l'année de l'espèce suivie. Les espèces vivaces sont plus longtemps détectables, ce qui laisse plus de souplesse pour choisir de la date de suivi. La détectabilité n'est pas juste liée au type biologique : l'exemple de la Valériane tubéreuse (2.3) montre que même pour une espèce pérenne, la fenêtre de suivi est restreinte (disparition totale des feuilles 1 mois après floraison). La date peut aussi être contrainte par le choix de noter d'autres indicateurs associés à l'espèce que sa seule présence.

Le type biologique influe sur le choix du système de suivi (fixe ou pas) voire sur la taille du dispositif d'échantillonnage. Les systèmes de suivi repositionnables sont plus sensibles et plus performants pour donner des tendances d'évolution rapidement (voir par exemple PERRET et al. 2022 ou FAVRE et al. 2022). Pour une espèce stable dans sa station et son habitat, les systèmes fixes, bien focalisés sur une aire connue, seront possibles. Pour une espèce d'apparition plus fluctuante au sein d'un site, ne se développant potentiellement pas tous les ans dans les mêmes parties du sites (espèces pérennes à éclipses), ces systèmes fixes trop restreints seront en échec. C'est en jouant sur la taille (aire) de la zone échantillon que l'on pourra compenser ce comportement d'espèce pour enregistrer les variations spatiales.

Certaines espèces peuvent présenter plusieurs types biologiques sur un même site. La littérature ne retient souvent que le type dominant et il faut parfois clarifier ce point localement. Dans l'exemple donné de la Biscutelle variable (2.8) des individus ont été notés vivaces longévifs en position de chasmophyte dans des barres rocheuses, vivaces en pelouse rocailleuse et bisannuels ou vivaces à courte vie dans les éboulis instables. De même, dans les études faites sur la Linaire des rochers (*Linaria alpina* ssp. *petraea*), plusieurs comportements sont observés, depuis des individus annuels jusqu'aux pérennes.

## 5.3. VARIABLES ET INDICATEURS ASSOCIES

La fonction première du suivi est de fournir un chiffre interprétable en tendance d'évolution de la population suivie. Pour ce faire, on relève avant tout la présence de l'espèce. Mais on donne aussi souvent pour but au suivi d'obtenir une compréhension plus fine de l'écologie de l'espèce ou de ses liens avec son environnement proche, pour pouvoir interpréter les évolutions mesurées.

Parfois, les questions ou hypothèses associées à l'évolution de l'espèce viennent au fur et à mesure de l'avancement du suivi sur une espèce, ce qui signifie que si on ajoute des variables au suivi progressivement, on ne disposera pas des données pour chaque variable sur toute la série temporelle. Il est donc très important de réfléchir dès le début du suivi, lors des années de conception / test. **C'est à ce stade que doivent être définies toutes les variables qui vont être notées lors du suivi.**

Donc, une fois choisi le type de protocole à appliquer (choix fait par rapport à l'espèce suivie), on doit examiner les variables explicatives plausibles dans le contexte de la station et voir comment les intégrer au protocole.

Ces variables peuvent être de trois grandes catégories :

- Variables liées à l'espèce : effectif, nombre d'individus matures / non matures, nombre de hampes florales, nombre de graines produites, etc. ;
- Variables liées à l'habitat de l'espèce : sol nu, espèces compagnes, structure de la végétation, etc. ;
- Variables liées à la gestion : souvent des indices de dégradation comme des espèces indicatrices, des signes d'abrouissement, la présence de déjections de bétail, etc.

A noter que si l'objectif du protocole est le suivi de la dynamique de reproduction et de la dynamique spatiale (recrutement par nouveaux individus, croissance des rhizomes, durée de vie touffes/groupes) il est nécessaire de choisir des placettes représentatives des différents sites avec plusieurs répliquats pour suivre de l'ordre de 150 ramets par site (voir par exemple le protocole *Luronium* 2.11).

Nous n'incluons pas ici les variables environnementales à plus large échelle car elles ne sont pas incluses au protocole lui-même (pose de sondes de températures, station météo par exemple) mais elles peuvent faire partie de la réflexion.

Les dispositifs d'échantillonnage reposent sur un grand nombre de répétition et plus on augmentera le nombre de variables et plus le suivi sera long et coûteux. Il y a donc un équilibre à trouver entre ce qui est indispensable et ce qui paraît nécessaire au moment de la conception.

Concernant la façon dont on note l'espèce dans le dispositif, la question de la quantification au sein des placettes est très importante. Il est possible de noter :

- En présence / absence, on pourra alors seulement calculer une fréquence simple.
- En abondance / dominance, en suivant les classes d'un relevé phytosociologique. C'est une donnée plus fine que la présence / absence, les évolutions de populations d'une espèce peuvent être détectées plus précocement par une variation de recouvrement que par une variation de fréquence.
- En recouvrement, en suivant une échelle continue de mesure (par un pourcentage de recouvrement de l'unité d'échantillonnage), sans utiliser de classes. Cette option proche de la précédente est plus intéressante lors des analyses des données, les classes phytosociologiques étant compliquées à gérer en analyses. Il est préférable d'utiliser un pourcentage même avec une petite erreur d'attribution sur le terrain, que des classes qu'il faudra retransformer a posteriori en valeurs grossières.
- En effectif : on compte alors des unités visibles dans la surface échantillon, pour peu que ces unités dénombrables soient pertinentes et interprétables pour l'espèce (voir 5.1).

La mise en œuvre d'un protocole de suivi peut aussi être, dans les premières années, l'occasion de tester si certaines variables associées simples à relever peuvent suffire à décrire correctement l'évolution de l'espèce : c'est le principe du proxy. Par exemple, si le pourcentage de sol nu est fortement corrélé au nombre de pieds de l'espèce qui se développera dans l'année, et que cette espèce est très fugace ou difficile à détecter, il peut être plus efficace de ramener le suivi à la simple mesure du sol nu. Cette décision de se reposer sur le proxy doit bien sûr être bien étayée sur les données et revalidée de temps à autres.

#### 5.4. ASPECTS PRATIQUE DE LA MISE EN OEUVRE

Les parties consacrées à chacune des espèces ont régulièrement évoqué les aspects pratiques de certains choix de protocole et du matériel associé. La contrainte essentielle au long des tests réalisés a surtout été la possibilité d'opérer seul, les missions de suivis étant rarement dimensionnées pour deux sauf exception (règles de sécurité).

De ce fait la mise en place de grilles physiques sur le terrain, déployées le jour du suivi, a été peu testée sauf pour la Ligulaire. La mise en place d'un quadrillage de ficelles, à la façon des terrains de fouilles archéologiques, est une option pour des échelles de suivi entre 2 et 20 mètres. En dessous de cette taille on peut opérer avec report d'un cadre plus petit (voir 2.3) et au-dessus, on peut utiliser une grille virtuelle sur Tablet-PC ou Smartphone (voir 3.2). Des petites grilles (<5m) ont déjà été mises en œuvre sur GPS (Saulaie de Moissac-Bas, Celle 2012).

Les grilles sont particulièrement intéressantes pour échantillonner **toute** la surface d'une AP assez grande. La taille de la maille est ensuite à choisir avec la contrainte de la précision du GPS, du temps disponible et de la fréquence finale obtenue.

Les techniques les plus faciles à mettre en œuvre seul sont les lignes ou les bandes-transects. Nous avons vu que les systèmes en lignes de points sont simples mais assez peu efficaces (voir 2.4 & 2.5). Au fil des années les bandes-transects sont devenues prépondérantes dans beaucoup de suivis car elles combinent, en plus du côté pratique, d'autres critères de choix :

- En opérant avec un cadre (1x1m classiquement le long du transect), l'efficacité de détection est excellente, la fréquence obtenue pour les suivis est souvent la meilleure par rapport aux autres méthodes testées ;
- L'utilisation du cadre, pas à pas, fixe le regard pour la recherche des espèces petites ou discrètes et augmente la détection ;
- Il est possible, en divisant plus ou moins le cadre mobile, de noter plusieurs niveaux de présence de l'espèce et donc plusieurs niveaux de fréquence (cadre total, sous-division du cadre) ;
- La notation en présence / absence ou en abondance voire en recouvrement au sein du cadre permet de s'affranchir de la notion d'individu et d'obtenir une donnée à divers degrés de finesse. Possibilité de combiner fréquence et recouvrement dans les analyses. C'est sans doute sur ce point que le choix se porte souvent sur la bande-transect ;
- Il est possible d'appliquer la technique à l'horizontale ou en vertical (3.1).

Les bandes sont applicables pour des tailles de stations de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres mais au-delà ou en deçà, il faut trouver un autre système.

Les systèmes individus centrés ont été assez peu testés (cas particulier du suivi de *B. divionensis*) et la tentative sur *Asperula tinctoria* (2.2) s'est révélée très lourde avec les moyens à disposition. Il est désormais possible de remplacer le système utilisé alors par de la localisation GPS centimétrique, avec les limites du matériel :

- Problème de couverture des stations de référence pour le réseau Centipède (en Bourgogne) ;
- Problème de couverture du réseau de téléphonie portable pour les systèmes DGPS pour les systèmes plus classique (Trimble...). De nombreux points du territoire sont en zone blanche et ne permettent pas de bénéficier de la précision maximale. Problème du coût d'abonnement également.

L'utilisation d'un tachéomètre est également très performante mais l'appareil est coûteux et il faut trouver un point de référence fiable pour transformer les coordonnées azimutales en coordonnées géographiques (on peut aussi travailler sans faire ce basculement mais on perd la possibilité de passer

sur SIG).

Un des problèmes récurrents lors de la mise en œuvre des suivis est le repérage des points fixes (départ et fin d'un transect par exemple). Nous avons presque systématiquement utilisé un ou plusieurs systèmes combinés parmi les suivants :

- Repérage simple au GPS : l'idée est de s'approcher de la zone autour du point précis. Il est rare de se fier à cette seule indication sauf dans le cas de grilles de points échantillons à maille large (4.1) ou dans le cas où il n'y a pas d'autre alternative : par exemple pour un échantillonnage par point ou maille sur un plan d'eau ;
- Triangulation sur des repères remarquables du paysage : la mesure de trois azimuts précis (boussole de visée) depuis le point permet de le définir et de retrouver la zone d'implantation sans aucun marquage (quelques mètres de précision). Aujourd'hui cette technique est un peu dépassée et le GPS assure ce niveau de repérage ;
- Marquage du support au point : peinture, griffe sur l'écorce d'un arbre... les techniques sont nombreuses et ont leurs avantages / inconvénients. Nous avons utilisé par exemple une peinture testée durant des années dans le cadre de l'Observatoire de la Flore de Bourgogne, visible sur roche ou béton plus de 15 ans après la pose. L'idée est ici de repérer exactement le point de départ pour refixer un dispositif ;
- Marquage du point par implantation d'un aimant enterré. Cette technique a été très largement utilisée et testée dans le cadre de l'Observatoire de la Flore de Bourgogne. Un groupe d'aimants en anneau est placé entre 20 et 60 cm dans le sol et se retrouve avec un détecteur magnétique par un signal particulier. C'est une variante du marquage par objet métallique / poêle à frire mais qui ne laisse aucune trace apparente en surface. Cette technique permet de retrouver un point au centimètre près durant des années ou des dizaines d'années.

A plusieurs reprises le suivi a été préparé sous SIG pour simuler les protocoles, les différentes alternatives d'implantation et surtout le nombre de répétitions de l'échantillonnage. Cela permet d'évaluer rapidement le temps de mise en œuvre (et donc le coût).

## 5.5. CONCEVOIR UN PROTOCOLE

### 5.5.1. CADRE CONCEPTUEL GENERAL

La Figure 44, reprise d'après Fiers (2003), résume la démarche générale qui s'applique à toute démarche de suivi. Ce cadre est simple et logique en première lecture mais comporte certains aspects qui peuvent prendre du temps à définir ou à résoudre comme nous l'avons vu dans les exemples précédents. C'est toutefois une démarche qui doit être présente à l'esprit en permanence pour ne pas oublier ou négliger un point important.

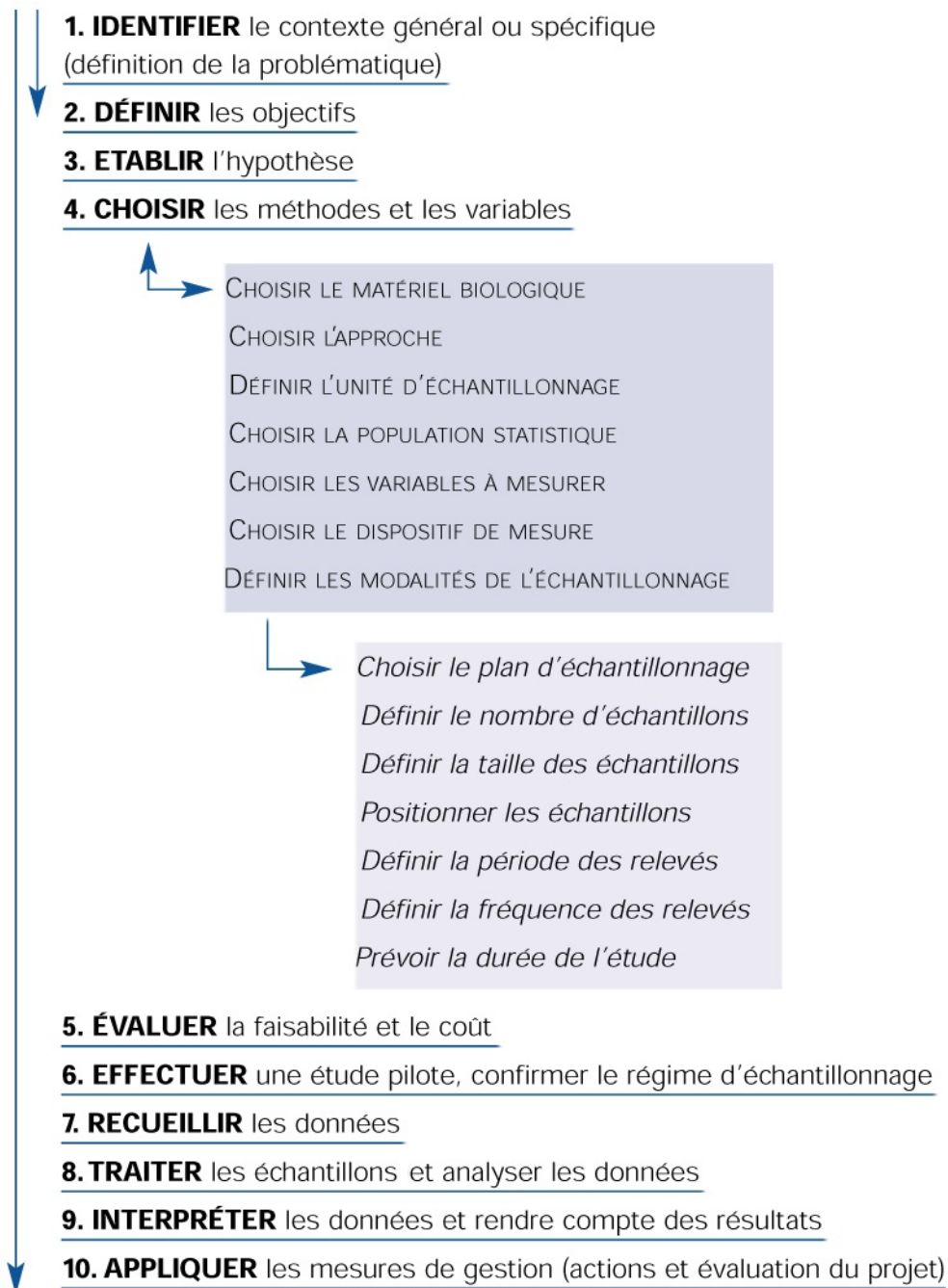


Figure 44 : Cadre de conception d'un programme de suivi (d'après Fiers 2003).

### 5.5.2. UN PREALABLE NECESSAIRE : LE BILAN STATIONNEL

Ce n'est qu'à partir de l'actualisation de la connaissance du taxon dans le territoire considéré (nombre et état des stations retrouvées, voire estimation des populations) que pourra être conduite la réflexion sur les objectifs de suivi et la conception de protocoles adaptés aux besoins et aux réalités de terrain. Cela implique de :

- Compiler la documentation disponible sur la biologie, l'écologie, la dynamique et l'historique sur le territoire considéré ;
- Définir une stratégie de recherche du taxon : périodes, habitats, stades phénologiques, procédure et durée de recherche, surface minimum/maximum de prospection ;
- Confronter l'information des deux points précédents à la réalité de terrain pour mieux cerner quoi, quand, où et comment observer/compter.

Sur la base de ces trois points, une première phase de terrain s'engage qui conduit à l'établissement, pour chaque station de l'espèce, d'une Zone de Prospection (ZP) dans laquelle sera délimitée, si l'espèce est retrouvée, l'unité de base de la recherche et des comparaisons futures – l'Aire de Présence (AP)- et l'Aire Potentielle (APot) comme base élargie de l'échantillonnage. Une prise d'informations doit également être réalisée pour orienter la conception éventuelle des protocoles d'échantillonnage et surtout éviter des écueils ou des erreurs grossières : organisation spatiale de la population, variations de densité, taille, relations avec les conditions stationnelles (couvert, humidité, gradients écologiques divers, etc.), sensibilité aux perturbations potentielles d'un suivi, distinction des éléments dénombrables, etc.

### 5.5.3. DEFINIR LES OBJECTIFS DU SUIVI

La définition des objectifs du suivi est une étape clé qui conditionne les hypothèses, les variables à suivre ainsi que le plan d'échantillonnage. Les objectifs d'un suivi peuvent être propres à chaque situation ou acteur. En effet, les objectifs peuvent « simplement » s'intéresser à l'évolution de la population, à la définition d'une gestion optimale de l'espèce, à son dynamisme ou à sa répartition sur un territoire, ....

### 5.5.4. DEFINIR LES VARIABLES SUIVIES

Une fois les objectifs bien définis, les variables à suivre peuvent être choisies. Ces variables sont potentiellement complexes à appréhender.

Les éléments rapportés dans le bilan stationnel concernant le comportement de l'espèce cible dans son (ou ses) aire de présence sont des éléments importants pour la définition des variables suivies. En effet les informations tirées de la bibliographie et des observations de terrain (individus facilement distinguable, distance du plus proche voisin, physionomie des habitats, etc) sont nécessaires à la construction d'un protocole robuste. Les variables suivies peuvent être le nombre d'individus, le recouvrement de l'espèce, des informations sur les différents stades de vie de l'espèce (juvénile, adulte non reproducteur, adulte reproducteur, ...), le taux de recouvrement d'habitat favorable / défavorable, ...

### 5.5.5. CONCEVOIR UN PROTOCOLE DE SUIVI QUI REPONDE AUX OBJECTIFS

Une fois que les variables suivies (individus, présence/absence, etc) sont clarifiées et les objectifs définis pour le taxon étudié le choix du type protocole peut être fait. Il existe trois grands types de

protocoles : comptage exhaustif, échantillonnage quantitatif (comptage sur une partie de la population puis éventuellement extrapolation), échantillonnage qualitatif (estimation, présence – absence sur une partie de la population).

Selon les priorités que l'on attribue aux taxons, le bilan stationnel et les besoins de précision, trois combinaisons se dessinent :

1. Pour des stations nombreuses, grandes, peu menacées à priori : une simple estimation des tendances d'évolution suffit, sur tout ou partie des stations, avec des pas de temps larges (10 ans), sans nécessaire quantification de la population (le semi-quantitatif entre dans cette catégorie) ;
2. Pour des taxons à station unique, réduites, jugés précaires : l'urgence d'estimer la dynamique des populations pour envisager des mesures de conservation à court terme (<5 ans) implique des mesures démographiques, souvent individu-centrées, pouvant aller jusqu'à des analyses de viabilité de population par modèle matriciel de population (modèle prédictif d'évolution du nombre d'individus par catégories et pas de temps d'au moins 2 ans) ;
3. Situation intermédiaire et/ou besoin d'estimer précisément la taille des populations : comptage en plein ou échantillonnage quantitatif sont de mise.

Lorsqu'il est question d'échantillonnage au sein de population, les principes de base sont bien connus (aléatoire, systématique, stratifié, etc.). Il ressort de la littérature et de notre expérience que le positionnement aléatoire d'une ou quelques lignes-transects d'échantillonnage entraîne :

- Un fort risque de non représentativité des chiffres obtenus par rapport à la population (voir 2.1) ;
- De fortes différences de pression d'observation, liées au choix d'un nombre de surfaces d'échantillonnage d'une taille donnée.

Pour le choix du plan d'échantillonnage, on retiendra également :

- Pour les très petites stations : le comptage exhaustif reste possible sur toute l'AP mais seulement s'il y a peu de risques de perturbation liées au suivi, sinon on s'orientera vers un échantillonnage sous contrainte (si les individus ne sont pas identifiables : échantillonnage qualitatif ou semi qualitatif) ;
- Pour les grandes et moyennes stations : échantillonnage complet par une grille sur l'aire potentielle (qui contient l'AP) ou par des bandes-transects. La taille de maille et la surface échantillon sont à définir de façon à avoir un nombre de surfaces positives suffisant.
- Pour les grandes et très grandes stations, échantillonnage partiel par tirage aléatoire ou positionnement systématique des unités d'échantillonnage. La taille de maille et la surface échantillon sont à définir de façon à avoir un nombre de surfaces positives suffisant.

Il ressort de cette phase de tests un certain nombre d'éléments importants à prendre en considération dans la conception des protocoles :

- Bien définir l'Aire potentielle et l'Aire de présence car elles constitueront le cadre de l'échantillonnage quel qu'il soit ;
- Anticiper autant que possible les évolutions de la population, ceci étant particulièrement important pour les quadrats permanents : si l'aire de présence se déplace, les densités

changent, le plan initialement conçu pour une précision donnée risque de devenir moins précis, voire ne plus permettre de contacter l'espèce, la définition de l'Aire potentielle est donc un enjeu majeur dans la construction du plan d'échantillonnage ;

- La taille des quadrats ne peut être déterminée qu'après une phase de test avec des questions préalables auxquelles il faut répondre :
  - A quelle distance détecte-t-on les éléments que l'on veut dénombrer ?
  - Quelle est la taille des éléments à compter et quelle distance entre eux ?
  - Quelle surface (et forme) de placette peut-on réellement inventorier efficacement en limitant les perturbations ?
  - Quelle surface (et forme) de placette permet de limiter les points échantillons sans plantes ou à l'inverse avec trop d'individus difficiles et long à compter ?
  - Comment intégrer le problème des marges de la population qui peut grandement influencer sur le résultat final ?
- Les quadrats repérés de façon permanente permettent des réponses plus satisfaisantes (statistiquement notamment) que des quadrats temporaires / repositionnés à chaque date de suivi).

#### 5.5.6. TESTER LE PROTOCOLE

A moins que les protocoles soient connus et éprouvés, directement transposés pour la même espèce dans les mêmes habitats, il est impératif de tester le protocole au moins une année pour en faire ressortir atouts et lacunes (pertinence, puissance, faisabilité, répétabilité, temps de réalisation et ressources) dans un compte rendu critique. A partir de là, il sera à amender et rediscuter pour une version finale, sachant que tout ou partie du test pourra servir d'état initial (si une des tailles de quadrats testés est retenue, les données collectées lors du test seront évidemment utilisables) : il vaut mieux perdre un an en test que s'engager sur un protocole qui ne répondra pas à la question posée ou au pire, inopérant.

## 6. CONCLUSION

Au départ de notre démarche, nous partions dans l'idée de tester des protocoles de terrain éprouvés, développés par les collègues du CBN Alpin, avant tout pour nous les approprier concrètement plus que pour les remettre en cause. Il s'agissait de dispositifs simples à mettre en œuvre par des intervenants divers, et facilement transposables.

Les divers tests nous ont ouvert à une problématique beaucoup plus complexe comme le montrent les exemples développés. En parallèle, le CBNA menait une analyse critique de ses propres résultats. Il a notamment montré qu'avec le protocole initialement proposé, dans l'hypothèse où des changements significatifs interviendraient, ceux-ci ne pourraient être décelés qu'au terme de plusieurs dizaines d'années, à moins d'augmenter fortement le nombre de transects échantillons.

Dans notre situation de démarrage des suivis sur des espèces très rares, chacune n'ayant qu'un très faible nombre de populations, il est urgent de disposer d'indications d'évolution à court terme pour envisager des mesures de conservation. Par ailleurs, les gestionnaires d'espaces semblent souvent en attente d'estimations des populations avec des protocoles moins lourds que les comptages exhaustifs qui ne sont pas toujours mis en œuvre de façon rigoureuse (volontaires peu formés, moins aguerris). Cela rejoint les préoccupations du CBNBP qui a pu constater la faible pertinence des indications issues

des bordereaux d'espèces rares : des méthodes rigoureuses et répétables sont indispensables pour des bilans scientifiquement valides.

Mais il faut avoir conscience qu'il n'existe pas (ou rarement) de méthode toute faite, adaptée à toutes les situations. Un important travail de développement de méthodes de suivi puis un travail de formalisation / simplification de ces protocoles s'avère être des passages obligés pour un programme de conservation ambitieux. Nous espérons que le présent rapport pourra aider à gagner du temps sur ces étapes de conception.

## BIBLIOGRAPHIE

- BARDET O. & AUVERT (2015) – Liste rouge régionale des plantes vasculaires de Bourgogne. Rapport méthodologique. Conservatoire botanique national du Bassin parisien. Paris. 32p.
- BARDET O. (2021) – Liste rouge régionale des Bryophytes de Bourgogne. Rapport méthodologique. Conservatoire botanique national du Bassin parisien. Paris. 51p.
- BARDIN PH. (2012). Plan national d'actions en faveur du Flûteau nageant *Luronium natans* L. Raf. .2012-2016. Conservatoire botanique national du Bassin parisien. Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. Paris. 184p.
- CARPENTER A. & ELZINGA C. & SALZER D. & WILLOUGHBY J. (1999). Measuring and Monitoring Plant Populations. *Journal of Range Management*. 52. 544. 10.2307/4003786.
- CELLE J. 2016. – Cartographie des Sphaignes du Marais de Limagne. Conservatoire botanique national du Massif central \ Département de la Haute-Loire, 12 p.
- CELLE J. 2018. - Suivi 2018 de la dynamique des sphaignes dans la tourbière du site Natura 2000 FR8301084 « Cratère du Mont Bar ». Conservatoire botanique national du Massif central / Département de la Haute-Loire, 15 p.
- CELLE J., 2012 –Suivi des populations d'*Orthotrichum rogeri* et de la dynamique des sphaignes de l'étang de Moissac Bas. Conservatoire botanique national du Massif central / Conseil général de la Haute-Loire, 30 p.
- COTTAM G., CURTIS J., (1956). - The use of distance measure in phytosociological sampling. *Ecology*, **37** : 451-460.
- FAVRE-BAC L., PIROUX M. & BAYLE E. (2022).- Analyse et guide méthodologique pour l'élaboration de protocoles de suivis floristiques au CBNMC. Conservatoire botanique national du Massif central, Région Auvergne-Rhône-Alpes, 38 p.
- FIERS V. et coll. (2003). - Etudes scientifiques en espaces naturels. Cadre méthodologique pour le recueil et le traitement de données naturalistes. Cahiers techniques de l'ATEN n°72. Réserves Naturelles de France. Montpellier : 96 p.
- FORT N. & BONNET V. (2011). - Notice méthodologique protocoles communs de suivi du Réseau de « conservation de la flore Alpes-Ain ». Conservatoire botanique national Alpin. Gap. 14p.
- GODAT S., ROMETSCH S. (2011). - Suivi reproductible de populations de plantes menacées. Clé d'aide au comptage. CPS, 1p. <https://www.infoflora.ch/fr/conservation-des-especes/monitoring.html>
- HILL D., FASHAM M., TUCKER G., SHEWRY M., & SHAW P. (Eds.). (2005). - Handbook of Biodiversity Methods: Survey, Evaluation and Monitoring. Cambridge: Cambridge University Press. 573p.
- HODGETTS, N., CÁLIX, M., ENGLEFIELD, E., FETTES, N., GARCÍA CRIADO, M., PATIN, L., NIETO, A., BERGAMINI, A., BISANG, I., BAISHEVA, E., CAMPISI, P., COGONI, A., HALLINGBÄCK, T., KONSTANTINOVA, N., LOCKHART, N., SABOVljeVIC, M., SCHNYDER, N., SCHRÖCK, C., SÉRGIO, C., SIM SIM, M., VRBA, J., FERREIRA, C.C., AFONINA, O., BLOCKEEL, T., BLOM, H., CASPARI, S., GABRIEL, R., GARCIA, C., GARILLETI, R., GONZÁLEZ MANCEBO, J., GOLDBERG, I., HEDENÄS, L., HOLYOAK, D., HUGONNOT, V., HUTTUNEN, S., IGNATOV, M., IGNATOVA, E., INFANTE, M., JUUTINEN, R., KIEBACHER, T., KÖCKINGER, H., KUČERA, J., LÖNNELL, N., LÜTH, M., MARTINS, A., MASLOVSKY, O., PAPP, B., PORLEY, R., ROTHERO, G., SÖDERSTRÖM, L., ŞTEFĂNUŢ, S., SYRJÄNEN, K., UNTEREINER, A., VÁÑA, J. †, VANDERPOORTEN, A.,

VELLAK, K., ALEFFI, M., BATES, J., BELL, N., BRUGUÉS, M., CRONBERG, N., DENYER, J., DUCKETT, J., DURING, H.J., ENROTH, J., FEDOSOV, V., FLATBERG, K.-I., GANEVA, A., GORSKI, P., GUNNARSSON, U., HASSEL, K., HESPANHOL, H., HILL, M., HODD, R., HYLANDER, K., INGERPUU, N., LAAKA-LINDBERG, S., LARA, F., MAZIMPAKA, V., MEŽAKA, A., MÜLLER, F., ORGAZ, J.D., PATIÑO, J., PILKINGTON, S., PUCHE, F., ROS, R.M., RUMSEY, F., SEGARRA-MORAGUES, J.G., SENECA, A., STEBEL, A., VIRTANEN, R., WEIBULL, H., WILBRAHAM, J. AND ŽARNOWIEC, J. (2019). A miniature world in decline: european red list of mosses, liverworts and hornworts. Brussels, Belgium: IUCN.

HUGONNOT V. (2017). Mise en place d'un suivi de la végétation vasculaire et des Bryophytes après travaux de restauration hydrologique. Tourbière des Douillons (39). Année 0 – 2017. PNRHJ. 39p.

KERY, M., & GREGG, K. B. (2003). Effects of life-state on detectability in a demographic study of the terrestrial orchid *Cleistis bifaria*. *Journal of Ecology*, 91, 265– 273

LINDSAY R., CLOUGH J., CLUTTERBUCK B., BAIN C. & GOODYER E. (2019). – Eyes on the Bog Manual. Long-term monitoring network for UK peatlands. <https://www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/get-involved/eyes-bog>

PERRET, J., CHARPENTIER, A., PRADEL, R., PAPUGA, G., & BESNARD, A. (2022). Spatially balanced sampling methods are always more precise than random ones for estimating the size of aggregated populations. *Methods in Ecology and Evolution*, 13, 2743–2756.

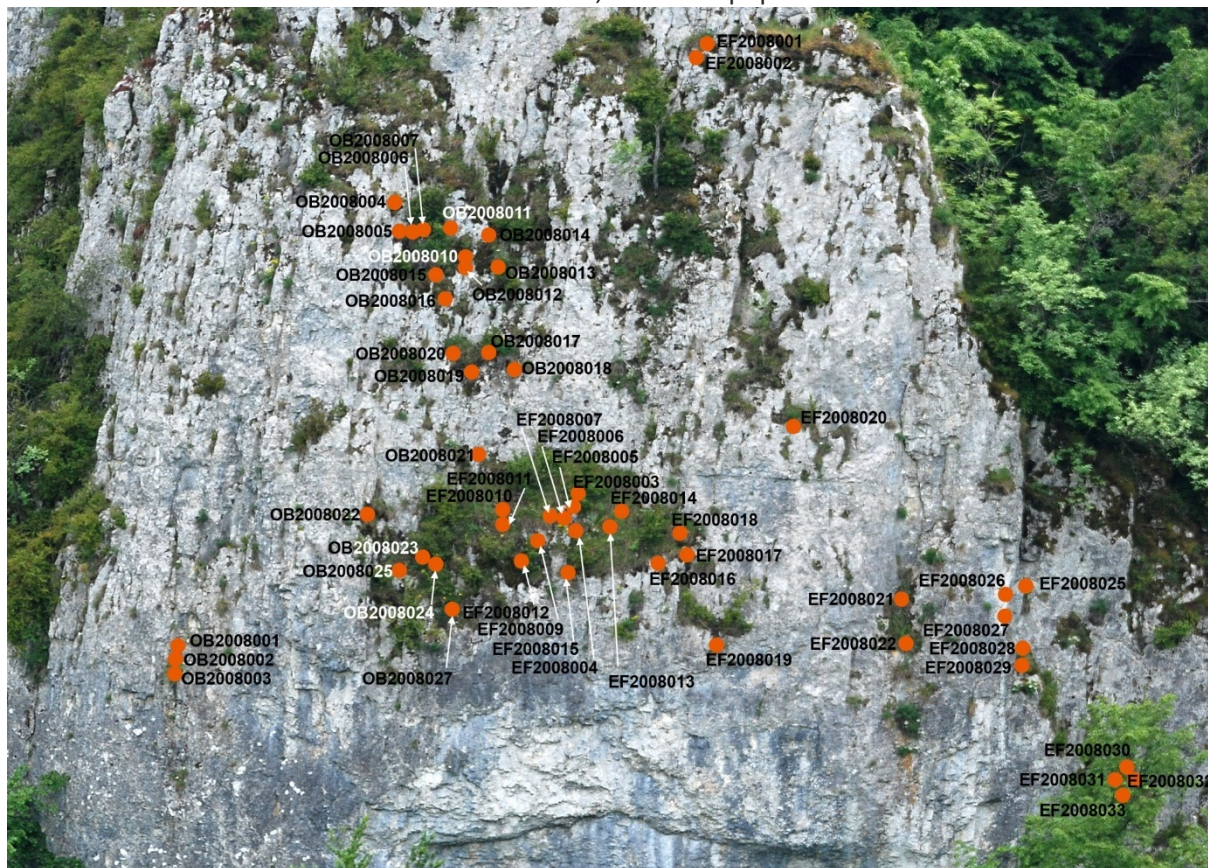
PERRET, J., CHARPENTIER, R., PAPUGA, G., & BESNARD, A. (2022). Plants stand still but hide: imperfect and heterogeneous detection is the rule when counting plants.

## ANNEXES

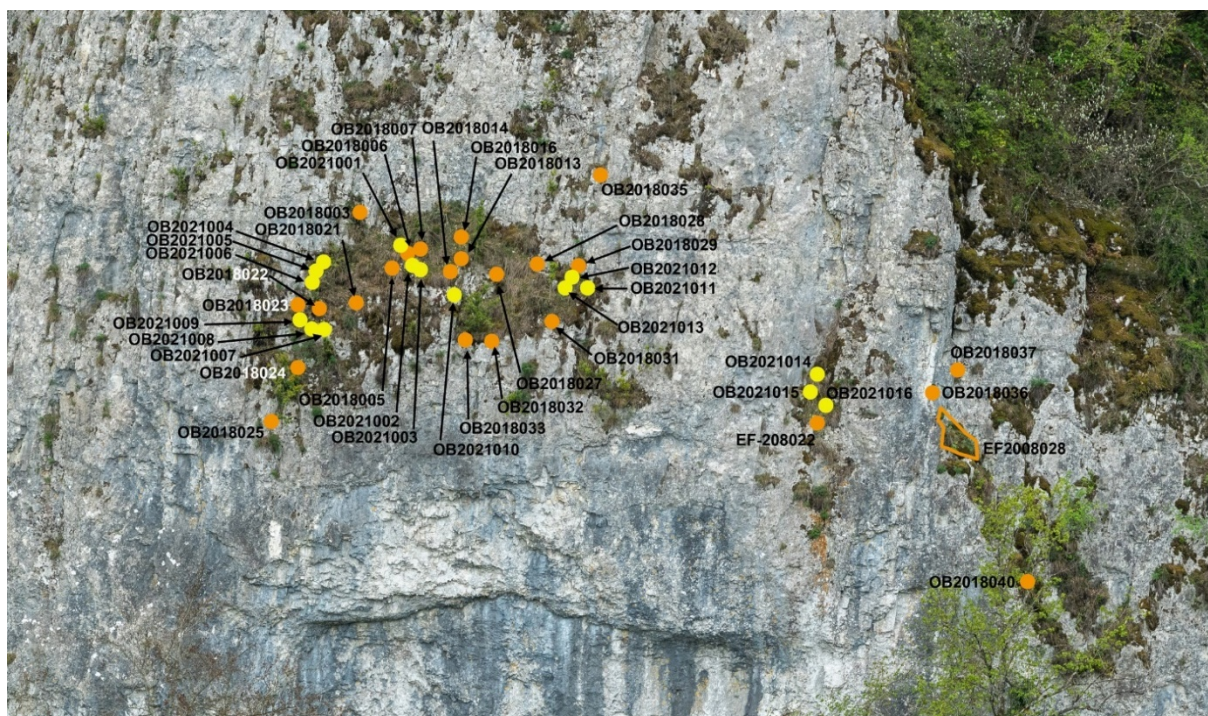
- Annexe 1 : Résultats du comptage de *Valeriana tuberosa* à la Combe Rabot à Etaules

Stériles										Fleuris												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	
70											70											
69											69											
68											68											
67											67											
66											66											
65											65											
64											64											
63											63											
62											62											
61						1	7	1			61					0	1	0				
60											60											
59											59											
58									3		58								0			
57		5	3		3	2	0				57		0	0		0	0	1				
56					2	1					56					2	1					
55				1		4					55				0		0					
54											54											
53											53											
52											52											
51											51											
50											50											
49											49											
48											48											
47				1							47				0							
46			3	1	5						46		0	0	0							
45	5			14	3	2	1				45	0		1	0	0	0					
44				1							44				0							
43		8	6			5					43		1	2		0						
42		6			9						42		0		1							
41		8			3	15	4				41		0		0	1		0				
40		1	34	2	3						40		0	4	1	1						
39	2	8	10	6			2				39	0	1	5	0			0				
38	1			4	22	8			1		38	0			0	0	0			0		
37				7				6	4		37				0				0	0		
36					5				1		36					0				0		
35											35											
34							4	3			34						0	0				
33											33											
32											32											
31											31											
30											30											
29											29											
28											28											
27											27											
26											26											
25								5			25							0				
24						3					24					0						
23											23											
22						4		1			22					0		2				
21								4			21							1				
20							16	3			20						0	0				
19								6	7	8	19							0	1	2		
18											18											
17								6			17							0				
16								10			16							0				
15								5			15							1				
14											14											
13											13											
12											12											
11											11											
10											10											
9											9											
8			7								8				0							
7											7											
6				3							6				4							
5											5											
4											4											
3											3											
2											2											
1											1											
0											0											
	8	39	77	43	57	24	33	47	14	13	355	0	2	12	6	4	1	2	4	1	2	34

• Annexe 2 : suivi de *Biscutella divionnensis*, état de la population en 2008 et 2021



Etat 2008



Etat 2021

- Annexe 3 : Clé d'aide au choix du protocole de comptage (Godat & Rometsch 2011)

**Suivi reproductible de populations de plantes menacées - Clé d'aide au comptage**

	Critère		Méthode choisie
1	Unité de comptage clairement distinguable (individu, tige, touffe, coussinet)	→ 3	
2	Unité de comptage non distinguable (individus enchevêtrés les uns dans les autres, densité élevée ...)	→ 6	
3	< 500 unités de comptage ou l'investissement en temps pour compter l'entier de la population reste raisonnable	→ 4	
3*	> 500 unités de comptage ou l'investissement en temps pour compter l'entier de la population devient trop important	→ 5	
4	Unités de comptage claires et faciles à compter sans endommager la population		
	4 a: petite surface	→	Comptage complet sur la toute surface
	4 b: petite surface et taille de la plante très petite	→	Entourer la population d'un rectangle orienté vers le Nord, Quadrillage du rectangle et comptage par carré de 1x1 m voire plus petit (cadre)
	4 c: grande surface	→	Entourer la population d'un rectangle orienté vers le Nord, Quadrillage du rectangle et comptage par carré de 5x5 m, voire 10x10m (GPS)
4*	Colonie difficile d'accès ou risque important d'endommager la population	→	Quadrillage et comptage partiel dans des carrés définis
5	Répartition homogène ou gradient – un transect est représentatif de la population (max 50m de long) (voir R. Delarze, Suivi des plantes rares, 2003)	→	Définir un transect le long duquel on effectue le comptage par carré de 1x1m (cadre), voire 5x5m
5*	Répartition non homogène – plusieurs transects sont nécessaires pour représenter la population (au total max 50m) (voir R. Delarze, Suivi des plantes rares, 2003)	→	Définir plusieurs transects le long desquel on effectue le par carré de 1x1m (cadre), voire 5x5m
5**	Population homogène ou non, recouvrant une grande surface (des transects sont difficiles à poser et la méthode pas adaptée)	→	Entourer la population d'un rectangle orienté vers le Nord, Quadrillage du rectangle et estimation % recouvrement ou présence/absence par carré de 5x5m, voire 10x10m (GPS) et/ou comptage dans des carrés choisis
6	Surface de la population petite à moyenne	→	Quadrillage sur toute la surface et % recouvrement ou présence/absence par carré 1x1m ou plus petit (cadre)
6*	Surface de la population grande, répartition homogène ou gradient – un seul transect est représentatif de la population (max 50m de long)	→	1 transect et %recouvrement ou présence/absence par carré de 1x1m le long du transect (cadre)
6**	Population de grande taille à répartition non homogène – plusieurs transects sont nécessaires pour représenter la population (au total max 50m de long)	→	Plusieurs transects et %recouvrement ou présence/absence par carré de 1x1m le long des transects (cadre)
6***	Population recouvre une très grande surface, un ou plusieurs transects ne sont pas jugés représentatifs	→	Quadrillage sur toute la surface et estimation % recouvrement ou présence/absence par carré de 5x5m (GPS)

POUR EN SAVOIR PLUS

[www.cbnbp.mnhn.fr](http://www.cbnbp.mnhn.fr)

Le Conservatoire botanique national du Bassin parisien est un service scientifique du Muséum national d'Histoire naturelle, agréé par le Ministère en charge de l'environnement sur les Régions Île-de-France et Centre-Val de Loire, ainsi que les Départements de Champagne-Ardenne (Région Grand Est) et de Bourgogne (Région Bourgogne-France-Comté).



## 5 MISSIONS D'INTÉRÊT GÉNÉRAL

Le CBN du Bassin parisien est un des membres fondateurs de la Fédération des Conservatoires botaniques nationaux. Il agit ainsi au sein d'un réseau de 12 CBN, coordonnés par l'Office français pour la Biodiversité. Dans ce cadre, le Conservatoire mène sur son territoire d'agrément 5 missions d'intérêt général au service de la flore, de la fonge et de leurs habitats :



Développer et améliorer  
les connaissances



Contribuer à la gestion  
conservatoire et à  
la restauration écologique



Gérer et valoriser  
les données



Conseiller à travers l'expertise  
scientifique et technique



Informar, sensibiliser  
et mobiliser

## CONTACTS

### DIRECTION

**Directeur Frédéric HENDOUX**

**Directeur scientifique adjoint Sébastien FILOCHE**

61 rue Buffon - 75005 Paris

01 40 79 35 54

[cbnbp@mnhn.fr](mailto:cbnbp@mnhn.fr)

### DÉLÉGATION BOURGOGNE

**Responsable Olivier BARDET**

Maison du PNR du Morvan - 58230 Saint-Brisson

03 86 78 79 60

[cbnbp-bourg@mnhn.fr](mailto:cbnbp-bourg@mnhn.fr)

### DÉLÉGATION CENTRE-VAL DE LOIRE

**Responsable Jordane CORDIER**

5 avenue Buffon - BP6407 - 45064 Orléans Cedex 2

02 36 17 41 31

[cbnbp-cvl@mnhn.fr](mailto:cbnbp-cvl@mnhn.fr)

### DÉLÉGATION CHAMPAGNE-ARDENNE

**Responsable François DEHONDT**

30 Chaussée du Port - 51035 Châlons-en-Champagne

03 26 65 28 24

[cbnbp-ca@mnhn.fr](mailto:cbnbp-ca@mnhn.fr)

### DÉLÉGATION ÎLE-DE-FRANCE

**Responsable Jeanne VALLET**

61 rue Buffon - 75005 Paris

01 40 79 35 54

[cbnbp-idf@mnhn.fr](mailto:cbnbp-idf@mnhn.fr)

### PÔLE CONSERVATION

**Responsable Philippe BARDIN**

01 40 79 56 25

[philippe.bardin@mnhn.fr](mailto:philippe.bardin@mnhn.fr)

### PÔLE PHYTOSOCIOLOGIE

**Responsable Gaël CAUSSE**

03 86 78 79 61

[gael.causse@mnhn.fr](mailto:gael.causse@mnhn.fr)

### PÔLE SYSTÈME D'INFORMATION

**Responsable Silvère CAMPONOVO**

01 40 79 56 49

[silvere.camponovo@mnhn.fr](mailto:silvere.camponovo@mnhn.fr)