

NOTE DE SYNTHÈSE



**CONSERVATOIRE
BOTANIQUE NATIONAL
BASSIN PARISIEN**

MUSÉUM NATIONAL
D'HISTOIRE NATURELLE

SUIVI TEMPOREL DE LA FRÉQUENCE DES ESPÈCES DE LA FLORE VASCULAIRE FRANÇAISE

Proposition d'un dispositif national de suivi permanent en vue
d'utiliser la méthode d'analyse FRESCALO



**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
Sébastien FILOCHE, directeur scientifique du CBN du Bassin parisien
Muséum national d'Histoire naturelle
61 rue Buffon CP 53, 75005 Paris Cedex 05
01 40 79 56 47
cbnbp@mnhn.fr

Rédaction : Jeanne VALLET, CBN du Bassin parisien

Relecture : Sébastien FILOCHE, CBN du Bassin parisien

Partenaire de cette étude :



Office français de la biodiversité, service de coordination technique des Conservatoires
botaniques nationaux
"Le Nadar" Hall C - 5, square Félix Nadar - 94300 VINCENNES

Référence bibliographique :

VALLET J. 2024 – Suivi temporel de la fréquence des espèces de la flore vasculaire française : Proposition d'un
dispositif national de suivi permanent en vue d'utiliser la méthode d'analyse FRESCALO. Version 1 – avril 2024
– Muséum national d'histoire naturelle, Conservatoire botanique national du Bassin parisien, 33 p. + annexes.

Illustration de couverture :

Jeanne VALLET (CBN Bassin parisien) et Aurélien CABARET

SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	3
ABSTRACT.....	3
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	5
1. LES ATLAS FLORISTIQUES ET LA DÉMARCHE D'INVENTAIRE SYSTÉMATIQUE	6
1.1. GÉNÉRALITÉS	6
1.2. LA DÉMARCHE ATLAS ET LES BIAIS QUI PEUVENT EN DÉCOULER	6
1.3. VERS UN PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE ET UN DISPOSITIF DE SUIVI "MAILLE" DE LA FLORE VASCULAIRE FRANÇAISE	7
2. QUELLES MÉTHODES POUR METTRE EN ÉVIDENCE LA DYNAMIQUE TEMPORELLE DES ESPÈCES À PARTIR DE JEUX DE DONNÉES ATLAS ?	7
2.1. BRÈVE REVUE DES MÉTHODES D'ANALYSE EXISTANTES.....	7
2.2. LA MÉTHODE FRESCALO	9
2.2.1. PRINCIPES GÉNÉRAUX	9
2.2.2. QUELQUES EXEMPLES DE VALORISATION DES RÉSULTATS OBTENUS PAR LA MÉTHODE FRESCALO	13
3. PROPOSITION D'UN DISPOSITIF DE SUIVI "MAILLE"	16
3.1. OBJECTIFS, PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSES.....	16
3.1.1. OBJECTIFS GÉNÉRAUX DU PROGRAMME	16
3.1.2. PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSES	16
3.2. LE CHOIX DE L'UNITÉ D'ÉCHANTILLONNAGE : LA MAILLE 5 KM X 5 KM	17
3.3. PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE : ORGANISATION SPATIO-TEMPORELLE DE L'INVENTAIRE DES MAILLES	18
3.3.1. ÉCHANTILLONNAGE SPATIAL	18
3.3.2. ÉCHANTILLONNAGE ENTRE LES PÉRIODES TEMPORELLES DE SIX ANS	19
3.3.3. ÉCHANTILLONNAGE STRATIFIÉ DES SAISONS EN FONCTION DU CONTEXTE	19
3.3.4. MINIMISER LES BIAIS SPATIAUX LIÉS AUX EFFETS OBSERVATEUR	22
3.3.5. PRESSION D'ÉCHANTILLONNAGE : NOMBRE DE MAILLES PAR CYCLE	23
3.4. PROTOCOLE D'INVENTAIRE INTRA-MAILLE	23
3.4.1. POSITIONNEMENT DES RELEVÉS AU SEIN DE LA MAILLE	23
3.4.2. LA RÉALISATION DU RELEVÉ	24
3.4.1. NOMBRE DE RELEVÉS PAR MAILLE	25
3.5. QUELQUES ÉLÉMENTS POUR LA GESTION DES DONNÉES.....	26
3.5.1. CRÉER UN JEU DE DONNEES SPÉCIFIQUE AU PROGRAMME	26
3.5.2. NÉCESSITÉ D'UNE COORDINATION NATIONALE	26
3.6. EN RÉSUMÉ.....	27
4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	29
5. REMERCIEMENTS	33
ANNEXE 1 : LISTE DES PARTICIPANTS AUX RÉUNIONS DU PROJET	34
ANNEXE 2 : RÉSULTAT DE L'ENQUÊTE SUR LES INVENTAIRES "MAILLE" POUR LA FLORE VASCULAIRE DANS LES DIFFÉRENTS CONSERVATOIRES BOTANIQUES NATIONAUX	36
ANNEXE 3 : RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE POUR LE CHOIX DU NOM DE PROGRAMME DE SUIVI "MAILLE"	46

RÉSUMÉ

Suivre les évolutions de la biodiversité est un enjeu important à l'heure des changements globaux. Les inventaires généraux qui ont pour but d'établir des atlas de distribution des espèces ont été largement déployés en France pour la flore vasculaire depuis 25 ans et constituent un socle de connaissances primordiales pour alimenter les différentes politiques de conservation de la biodiversité floristique. La méthode dite de FRESALLO permet d'utiliser des jeux de données de ce type pour évaluer des changements de fréquence des espèces en corrigeant des pressions d'échantillonnage spatialement et temporellement hétérogènes. Le réseau des conservatoires botaniques nationaux (CBN) se propose d'établir un dispositif de suivi permanent de la flore vasculaire française avec une stratégie d'échantillonnage et un protocole unifiés à l'échelon national. Ce dispositif se base sur le maillage 5 km x 5 km et vise à une répartition spatialement équilibrée des mailles à échantillonner dans l'objectif de pouvoir analyser des variations de fréquence des espèces par pas de temps de six ans. L'échantillonnage au sein de la maille est stratifié selon les grands types de milieux présents dans celle-ci. L'échantillonnage est aussi stratifié selon les saisons et la pression d'échantillonnage de chaque maille adaptée au contexte bioclimatique (notamment domaine méditerranéen et montagnard). Des consignes sont données au niveau du protocole terrain afin de limiter les biais entre observateurs et de maximiser les usages possibles du jeu de données. Des travaux complémentaires sont nécessaires afin de conforter certains points du plan d'échantillonnage, du protocole et de l'usage de ce jeu de données pour la production des indicateurs de tendances temporelles des espèces ou groupes d'espèces avec FRESALLO.

Mots clés : Suivi de la biodiversité ; atlas de distribution d'espèces ; données d'occurrence ; fréquence d'espèces ; chorologie ; méthode de FRESALLO ; plan d'échantillonnage ; tendances temporelles ; flore vasculaire

ABSTRACT

In recent years, biodiversity monitoring has become increasingly important in understanding long-term changes. General inventories aimed at establishing atlases of species distribution have been widely deployed for vascular flora in France over the last 25 years, and are of central importance for various policies which aimed at conserving plant biodiversity. The FRESALLO method can be used to assess changes in species occupancy derived from atlas datasets by correcting for spatially and temporally heterogeneous sampling effort. The national botanical conservatories (CBN) network is proposing to establish a common scheme for this type of systematic grid cell inventories in order to set up a continuous monitoring of French vascular flora. This scheme is based on a 5 km x 5 km grid and aims to achieve a spatially balanced distribution of the grid cells to be sampled, in order to analyse variations in the frequency of species at six-year intervals. Sampling within the grid cells is stratified according to the main types of habitat. The inventory is also stratified according to the seasons and the sampling effort of each grid cell is adapted to the bioclimatic context (particularly Mediterranean and mountain areas). Instructions are given for the field protocol in order to limit bias between observers. Further work is required to confirm certain points of the sampling plan, the protocol and the use of this dataset for the production of indicators of temporal trends of species or groups of species with FRESALLO.

Keywords: Biodiversity monitoring; distribution atlas species; species occurrence data; species occupancy; chorology; FRESALLO method; survey design; temporal trends; vascular flora

AVANT-PROPOS

L'initiative des conservatoires botaniques nationaux (CBN) vise à s'inscrire dans le cadre du schéma directeur du réseau de surveillance biologique du territoire (RSBT) et notamment ses volets flore, fonge et habitats. À ce titre, le présent projet cible l'ensemble des trachéophytes sur l'ensemble des habitats du territoire. Il cible les MIG A22 et A23 (et potentiellement A21) de la note de cadrage sur le financement par l'Etat des missions d'intérêts général des CBN.

La plupart des CBN mènent des inventaires systématiques maillés sur leur territoire d'agrément pour produire des atlas de distribution des espèces. L'enjeu du présent projet est de structurer un plan d'échantillonnage et un protocole de ces inventaires afin que ce jeu de données soit utilisable pour un suivi général de la fréquence des espèces de la flore sauvage représentatif de la plupart des milieux sur l'ensemble du territoire national. Les bases du projet et les premiers résultats obtenus sur les possibilités d'analyses des données dans le cadre d'un suivi temporel via la méthode FRESCALO ont été présentés au GT Flore inter-CBN le 13 juin 2022 puis au GT Surveillance de la flore du 13 septembre 2022 par le CBN du Bassin parisien avec des premières pistes de réflexion sur la mise en place d'une méthodologie commune grâce aux travaux menés dans le cadre d'un projet international (CESCO/MNHN Paris - Centre for Ecology and Hydrology (CEH), Wallingford (GB) - Swiss Federal Research Institute (WSL) - Université de Toulouse III / Laboratoire Évolution et Diversité (EDB)).

La conduite de ce rapport s'est accompagnée de deux réunions entre les différents CBN et l'OFB (Office français de la biodiversité). La première, le 9 mars 2023, a permis de présenter la méthode FRESCALO, son adéquation avec les données atlas pour analyser des tendances temporelles des espèces et les résultats déjà obtenus dans la littérature et les tests préliminaires en Île-de-France. Elle a aussi permis d'échanger sur une première synthèse des inventaires atlas menés par le passé dans les différents CBN. La seconde, le 13 décembre 2023, a permis de discuter d'une proposition de stratégie d'échantillonnage et de protocole d'inventaire, d'échanger entre différentes options possibles afin que le cadre commun de cette stratégie soit bien partagé à l'avenir.

Ce rapport est une première étape dans la définition de ce dispositif de suivi "maille". Plusieurs questions nécessitent d'être approfondies. Au niveau du plan d'échantillonnage, il est nécessaire de réaliser des tests pour déterminer la pression d'échantillonnage minimale nécessaire pour être en mesure de produire des tendances avec un pas de temps de six ans. À partir de là, il faudra identifier les mailles à prospecter à chaque pas de temps de six ans. Il serait aussi intéressant d'identifier si des complémentarités sont possibles entre le jeu de données issu de ce dispositif et les autres jeux de données des CBN ou si ces derniers risquent de biaiser les tendances temporelles. Concernant la partie protocole, des précisions sont à apporter pour le domaine méditerranéen via des tests terrain. Une analyse des biais observateurs serait souhaitable afin de proposer des outils et recommandations supplémentaires pour faire converger les pratiques des différents observateurs. Un travail complémentaire est aussi à mener pour préciser une déclinaison du dispositif en Outre-mer. Les travaux sur les indicateurs de tendances temporelles modélisés par FRESCALO doivent être poursuivis afin d'évaluer leur pertinence et leurs limites. Enfin, il est nécessaire de conforter la coordination du projet en définissant la gouvernance et en développant des outils de centralisation de l'inventaire.

INTRODUCTION

Les conservatoires botaniques nationaux (CBN) disposent de bases de données conséquentes ; en 2014, le SIFLore, jeu de données national des CBN, contenait 21 millions de données sur la flore vasculaire concernant plus de 15 000 taxa (Just *et al.* 2015). Ces données proviennent de différentes sources : terrain (89%), bibliographie (11%) et herbier (0,2%) et sont collectées par des botanistes professionnels et bénévoles (Just *et al.* 2015). Même si cela n'est pas chiffré à l'échelle nationale, une part importante des données floristiques de terrain a été collectée dans le but d'établir des atlas de distribution de la flore, souvent à l'échelle de départements ou de régions. Ces inventaires, recueillant des données sur toutes les espèces, aussi bien indigènes qu'exotiques ou encore communes comme rares, s'avèrent cruciaux pour les politiques de connaissance des conservatoires botaniques et sont une base capitale pour la mise en œuvre de leurs autres missions (conservation, appui aux politiques publiques, production d'indicateurs...). De ce fait, la mise en œuvre de ces programmes se poursuit sur les territoires qui n'ont pas fait l'objet de ces inventaires de fond ; dans les territoires ayant déjà fait l'objet d'une première campagne d'inventaire, beaucoup de CBN ont mis en place ou sont en cours de réflexion pour pérenniser un inventaire en continu de ce type (cf. échanges lors de la réunion du 13 mars 2023).

Dans les objectifs de ces inventaires, il n'avait pas été prévu explicitement qu'ils puissent servir à un suivi des tendances temporelles des espèces. Or il s'avère que ces dernières années, la recherche a été assez active sur l'exploitation de ce type de jeux de données avec pas mal d'échanges sur les possibilités d'adapter différentes techniques de modélisation initialement pensées pour d'autres types de jeux de données (Isaac *et al.* 2014, 2014; Pescott *et al.* 2019). Une méthode originale, dite FRESCALO, a été imaginée par Mark Hill, chercheur en mathématiques mais aussi naturaliste, pour analyser les changements de fréquence des espèces à partir de jeux de données type atlas. Cette méthode a depuis été utilisée dans différents pays ou régions : Grande-Bretagne (Blockeel *et al.* 2014; Hill & Preston 2015; Pescott *et al.* 2015; Stroh *et al.* 2023), Allemagne (Eichenberg *et al.* 2021), Angleterre (Stroh *et al.* 2014), provinces suédoises (Auffret & Svenning 2022), Cambridgeshire (Preston & Hill 2019) et sur différents groupes taxonomiques notamment végétaux : flore vasculaire (Auffret & Svenning 2022; Eichenberg *et al.* 2021; Hill & Preston 2015; Stroh *et al.* 2014, 2023), bryophytes (Bijlsma 2013; Blockeel *et al.* 2014; Hill 2012; Hill & Preston 2015; Pescott *et al.* 2015; Preston & Hill 2019) et lichens (Pescott *et al.* 2015). Le CBN du Bassin parisien a engagé la mise en œuvre de cette méthode en Île-de-France avec de premiers résultats encourageants et d'autres CBN se sont montrés motivés pour tester aussi la méthode dont le CBN de Bailleul qui l'a testée dès 2023 (Dylewski 2023). Les objectifs de cette note sont :

- de présenter la démarche atlas et les inventaires associés telle qu'elle a été menée aujourd'hui par les conservatoires botaniques nationaux ;
- de présenter le principe de la méthode FRESCALO pour l'évaluation des tendances temporelles des espèces en lien avec les jeux de données type atlas ;
- de proposer un dispositif de suivi de la flore vasculaire pour mener les inventaires type atlas à l'échelle nationale afin que le jeu de données recueilli soit utilisable pour mettre en évidence des tendances temporelles des espèces (avec l'utilisation de FRESCALO) et aussi pour en maximiser la pluralité des usages.

1. LES ATLAS FLORISTIQUES ET LA DÉMARCHE D'INVENTAIRE SYSTÉMATIQUE

1.1. GÉNÉRALITÉS

De façon générale, les atlas sont définis comme des **jeux de données spatialement explicites d'occurrence d'espèces** ayant pour but de **cartographier leur distribution** sur un **territoire défini** (Dunn & Weston, 2008 *in* Robertson *et al.* 2010). Concrètement, les atlas ont pour objectif de cartographier la présence de taxons sur un maillage (grille régulière ou unité administrative¹) (Gillings 2008). Ils exigent un minimum d'informations pour qu'une donnée soit prise en compte (observateur, date, localisation, taxon *a minima*).

Les atlas, dont les premiers ont commencé à être établis dès le milieu du XX^{ème} siècle, ont été extrêmement utiles pour la connaissance des distributions des taxons, leur objectif premier (Pescott *et al.* 2019). Mais au-delà, ils ont fourni des données aussi bien pour des questions d'écologie théorique qu'appliquée. Ils sont ainsi un outil incontournable des politiques de conservation de la biodiversité (établissement de listes rouges...) ou de planification écologique (création d'espaces protégés...) (Gillings 2008; Robertson *et al.* 2010; Roy *et al.* 2012).

1.2. LA DÉMARCHE ATLAS ET LES BIAIS QUI PEUVENT EN DÉCOULER

Les atlas sont souvent menés comme des projets en tant que tel avec une coordination scientifique et technique afin d'organiser des campagnes de terrain avec un plan d'échantillonnage spécifique pour recueillir les données (Robertson *et al.* 2010). Ce plan d'échantillonnage permet un certain contrôle de la pression d'échantillonnage afin de limiter au mieux les biais² spatiaux, temporels ou taxonomiques du jeu de données recueilli. Néanmoins, les projets d'atlas ne se limitent généralement pas à ces jeux de données collectés spécifiquement pour le projet et compilent aussi toutes les données disponibles sur le territoire étudié. Ainsi, pour la flore, ils prennent généralement en compte les données d'herbier, les études et inventaires divers (expertises diverses, inventaires de sites protégés, suivi d'espèces à enjeux de conservation...) ainsi que les données opportunistes qui peuvent être produites par tout un chacun. Notons que ce type de données est probablement amené à se développer avec la mise à disposition d'outils informatiques facilitant leur recueil (plateformes de saisie en ligne, applications sur smartphone...). La prise en compte de ces différentes données peut permettre de compléter certaines cartes de distribution des espèces mais génèrent aussi de multiples biais (Dennis & Thomas 2000; Geldmann *et al.* 2016) : pression d'échantillonnage plus forte dans les zones densément peuplées ou dans les sites considérés comme des hotspots de biodiversité (Bowler *et al.* 2022) ; liste d'observations incomplètes avec une attraction pour certains groupes comme les orchidées *etc.*

La proposition des conservatoires botaniques nationaux est d'utiliser les inventaires de type atlas pour faire de la surveillance des espèces de flore vasculaire. Pour cela, il est nécessaire d'établir un plan d'échantillonnage et un protocole *ad hoc* conçus pour limiter les biais spatio-temporels du jeu de données.

¹ Dans ce document, nous parlerons de maille qu'elle soit une unité administrative (département, commune...) ou l'unité d'une grille (maillage 10 km x 10 km...)

² Un biais est différent d'une erreur. Un biais est la reproduction systématique d'une erreur et qui tend donc à produire un résultat systématiquement différent de la vraie valeur, en positif ou en négatif (Sordello *et al.* 2019)

Ce jeu de données devra être clairement identifié afin de pouvoir le séparer des autres données présentes dans les bases de données des CBN.

1.3. VERS UN PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE ET UN DISPOSITIF DE SUIVI "MAILLE" DE LA FLORE VASCULAIRE FRANÇAISE

La mise en place d'un protocole de terrain très standardisé pour inventorier de vastes unités paysagères telles que des mailles n'est pas pragmatique (Van Strien *et al.* 2022), d'autant plus avec un groupe taxonomique diversifié tel que la flore vasculaire. Mais il y a aussi des raisons plus fondamentales de ne pas opter pour un protocole très standardisé. Premièrement, une forte standardisation, du fait de son coût financier limitant le nombre d'échantillons collectés, peut conduire à récolter un jeu de données qui n'est pas représentatif de l'objet d'étude, de la zone géographique ou des plages temporelles ciblées ; ce manque de représentativité de l'échantillon est un problème très fréquent dans les études scientifiques et qui ne peut être corrigé statistiquement (Boyd *et al.* 2023). Ainsi, les protocoles très standardisés se basent généralement sur un réseau de placettes de faible superficie (Duuren *et al.* 2007; Pescott *et al.* 2019; Martin *et al.* 2019) qui ne permet de contacter qu'une faible part de la diversité floristique ; si en plus, on limite le jeu de données aux espèces détectées suffisamment fréquemment pour que leurs tendances puissent être analysées, ce type de protocole de suivi ne permet de dresser des tendances que pour une partie très faible des espèces présentes à l'échelle d'un pays (Van Strien *et al.* 2022). Il permet plutôt de suivre des changements de composition des communautés végétales et devrait donc s'inscrire dans une logique de suivi orienté habitat. De plus, malgré sa standardisation, ce type de protocole n'est pas exempt de biais notamment concernant la détectabilité des espèces (Chen *et al.* 2013; MacKenzie *et al.* 2018; Perret *et al.* 2023) ou les fausses-présences d'espèces³ (Johnston *et al.* 2023). Enfin, la réalisation de ce type d'inventaire sur le terrain est assez rébarbative pour les botanistes (Van Strien *et al.* 2022) ce qui pourrait s'en ressentir sur la mobilisation des botanistes et la qualité des données collectées.

Aussi, comme l'a proposé Van Strien aux Pays-Bas (2013) nous nous sommes orientés vers une **approche de type atlas** mais en contrôlant le **plan d'échantillonnage** et en cadrant un certain nombre de points du **protocole** afin de limiter plusieurs biais fréquemment rencontrés dans les jeux de données type atlas. Ce cadrage est d'autant plus envisageable si ce dispositif de suivi est mis en œuvre par des **botanistes professionnels**. La présentation de ce protocole sera l'objet de la partie 3 de cette note.

2. QUELLES MÉTHODES POUR METTRE EN ÉVIDENCE LA DYNAMIQUE TEMPORELLE DES ESPÈCES À PARTIR DE JEUX DE DONNÉES ATLAS ?

2.1. BRÈVE REVUE DES MÉTHODES D'ANALYSE EXISTANTES

Les données de type atlas présentent fréquemment une pression d'échantillonnage hétérogène entre périodes temporelles et entre les différentes mailles du territoire considéré. Certaines méthodes permettent de corriger des variations de pression d'échantillonnage dans le temps ou dans l'espace mais rares sont celles qui permettent de corriger des biais spatiaux combinés avec des biais temporels, le couplage entre ces deux types de biais ayant fait l'objet de peu d'attention jusqu'à présent (Bowler *et al.* 2022). Une revue des différentes méthodes permettant d'analyser des changements temporels des

³ Indiquer une espèce comme présente dans un relevé alors qu'elle est absente

espèces avec des tests de simulation a été réalisée par Isaac *et al.* (2014). Pescott *et al.* (2019) ont repris ce travail dans la perspective d'identifier la méthode la plus adaptée aux atlas floristiques de Grande-Bretagne et d'Irlande. Les paragraphes suivants synthétisent leurs conclusions.

La **méthode de Telfer** (Telfer *et al.* 2002) permet de comparer la fréquence des espèces entre deux périodes temporelles. La méthode considère que les variations d'effort d'échantillonnage affectent toutes les espèces de façon égale sur toute l'aire étudiée et ne corrige ces variations qu'entre les deux périodes temporelles comparées. Elle propose d'utiliser les résidus de la régression linéaire de la proportion de mailles occupées par chaque espèce à chacune de ces périodes (avec transformation logarithmique) comme l'indice de changement d'aire d'occupation de chaque espèce entre les deux périodes temporelles comparées.

En se basant sur les mêmes hypothèses que la méthode de Telfer, différentes méthodes ont été utilisées pour tester des taux relatifs d'occurrences d'espèces (*reporting rate*) entre périodes temporelles depuis des tests du χ^2 jusqu'à des modèles généralisés permettant d'ajouter des co-variables sensées traduire l'effort d'échantillonnage. Comme la méthode de Telfer, ces méthodes sont adaptées à des jeux de données pour lesquels la couverture spatiale est relativement homogène entre les périodes comparées. Des biais d'effort d'échantillonnage combinés d'un point de vue spatial et temporel peuvent mener à des résultats erronés car les variations de taux relatifs d'occurrence des espèces entre périodes pourraient alors refléter des différences de fréquence entre zones géographiques plutôt que des changements de fréquence des espèces dans le temps.

Les **modèles d'occupation** (*occupancy modelling*) utilisent une approche hiérarchique pour séparer la véritable présence-absence des espèces de leur détection⁴. Pour modéliser la détectabilité des espèces, ces modèles utilisent généralement des jeux de données où l'on dispose de visites répétées des sites échantillonnés. Dans l'idée, si une espèce est présente sur un site (ou une maille dans le cas des atlas), mais qu'elle n'a été détectée que sur une petite fraction du nombre total de visites du site pendant une période donnée alors cette information est utilisée pour ajuster la fréquence estimée de l'espèce ; le modèle fait un ajustement du fait que cette espèce présente une faible détectabilité et qu'elle est susceptible d'être sous-inventoriée. Dans ces modèles de détectabilité, il est possible d'ajouter des covariables pour prendre en compte les variations d'effort d'échantillonnage entre les visites ; c'est souvent la longueur de la liste d'espèces par visite qui a été utilisée à cet effet pour les données atlas (Van Strien *et al.* 2013; Isaac *et al.* 2014). Différents pré-requis à l'usage de ce type de modèle sont nécessaires pour que les résultats ne soient pas erronés et deux posent particulièrement question pour un usage sur des jeux de données de type atlas (Pescott *et al.* 2019). Le premier est simplement le fait que dans les jeux de données type atlas floristiques, on dispose rarement de visites répétées au sein des mailles et pour chacune des périodes temporelles que l'on souhaite prendre en considération. Cela demanderait que pour chacune des périodes temporelles entre lesquelles on souhaite comparer les changements des espèces, on ait un lot de mailles inventoriées de façon exhaustive à plusieurs reprises afin de pouvoir estimer la détectabilité des espèces. De plus, même si des études complémentaires seraient nécessaires pour des estimations plus précises, il semble que pour que le modèle estime de façon précise la détectabilité des espèces, il faut que le jeu de données de visites répétées concerne un nombre de mailles non négligeable et que le nombre de visites sur ces mailles soient assez important (deux ne suffisent pas). La seconde limite importante est qu'il faut que le jeu de données de "visites répétées" soit représentatif de la détectabilité de l'espèce sur

⁴ Probabilité qu'une espèce présente soit inventoriée

l'ensemble de la période temporelle considérée et entre les mailles. Il faut donc que les visites répétées sur chaque maille soient indépendantes les unes des autres (donc idéalement non réalisées par le même observateur qui sinon, aura tendance à utiliser ses connaissances des visites antérieures pour détecter plus d'espèces) et qu'elles ne soient pas ciblées sur certaines espèces, notamment les espèces rares qui bien souvent dans ce type de programme font l'objet d'une attention particulière. Il faut aussi qu'il s'agisse à chaque fois de vraies visites et pas simplement de noter quelques espèces d'intérêt "au passage" auquel cas, la longueur de la liste d'espèces comme mesure de l'effort d'échantillonnage mènerait à une surestimation de la probabilité d'observation des espèces d'intérêt. En bref, ces conditions concernant les visites répétées sur les mailles ne sont clairement pas réunies sur les différents atlas réalisés par le passé sur la flore en France. Même pour de futurs inventaires atlas, les visites répétées semblent assez contraignantes et coûteuses à mettre en œuvre.

La dernière méthode examinée est la méthode dite FRESCALO (*Frequency scaling using local occupancy*) que Mark Hill a imaginé spécialement pour des jeux de données type atlas (Hill 2012) et qui a été utilisée à plusieurs reprises pour la flore vasculaire (Eichenberg *et al.* 2021; Auffret & Svenning 2022; Stroh *et al.* 2023).

2.2. LA MÉTHODE FRESCALO

2.2.1. PRINCIPES GÉNÉRAUX

L'objectif de FRESCALO est de calculer une fréquence des espèces corrigée pour les variations spatiales (entre mailles) et temporelles (entre périodes temporelles étudiées) de l'effort d'échantillonnage. Le principe général de la méthode est d'estimer l'effort d'échantillonnage localement, pour chaque maille de l'atlas et de corriger ainsi la fréquence des espèces entre les périodes temporelles en prenant en compte que la pression d'échantillonnage n'est pas homogène sur tout le territoire d'étude entre les périodes temporelles. La méthode de Hill comporte deux grandes étapes (Figure 1).

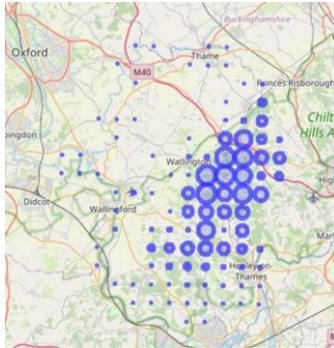
La première étape vise à la correction des **biais d'échantillonnage spatiaux**, c'est-à-dire entre les mailles de l'atlas. Pour cette étape, il va falloir commencer par définir pour chaque maille du territoire d'étude son voisinage propre (*neighbourhood* dans l'article de Hill). Le premier critère de sélection va être géographique c'est-à-dire que l'on va retenir un nombre défini de mailles les plus proches de chaque maille cible (exemple dans l'article de Hill, 200 mailles). Parmi ces mailles géographiquement proches, on ne va en retenir qu'une partie qui sont écologiquement les plus similaires (pour Hill, 100 mailles) ; ce sont ces 100 mailles retenues à l'issue du filtre géographique et écologique qui constituent le lot de mailles de voisinage. Les nombres de mailles à retenir lors des deux étapes sont à ajuster par l'utilisateur en fonction de la taille de son territoire d'étude et du maillage qu'il a retenu ainsi que du niveau d'échantillonnage estimé *a priori*. Plus le taux de couverture d'un territoire est important, plus on peut se permettre de retenir un petit lot de mailles de voisinage qui auront l'avantage d'avoir une grande similarité avec la maille cible ; par contre, si le territoire est mal couvert en termes d'inventaires avec beaucoup de mailles non ou peu inventoriées, il vaut mieux retenir un lot comportant plus de mailles de voisinages pour avoir suffisamment de données pour les étapes suivantes. La similarité écologique est définie par l'utilisateur en fonction des couches de données environnementales les plus déterminantes pour le taxon en considération et le territoire étudié. Ainsi, pour la flore, la géologie et l'occupation du sol sont des variables assez incontournables. Dans un territoire de montagne, on y ajoutera l'altitude ; dans un territoire comportant des rivages maritimes, on pourra ajouter la distance de chaque maille au rivage marin. Pour une liste plus exhaustive, voir le travail de Eichenberg *et al.* (2021). Néanmoins, comme la distance géographique est le

premier critère contraignant la sélection des mailles, le rôle de la similarité écologique dans la construction du voisinage n'est pas si crucial et il n'est probablement pas si grave si on est limité par la disponibilité des couches d'informations géographiques disponibles. En effet, la première loi du géographe Tobler (Tobler, 1970 in Pescott *et al.* (2019)) stipule que toutes les choses sont reliées entre elles mais que les choses les plus proches le sont plus que celles qui sont distantes. Par exemple, même si l'on ne dispose pas de la couche géologique, il est probable que la plupart du temps, la géologie des mailles géographiquement proches soit similaire à celle de la maille cible au moins en ce qui concerne les éléments clés pour la flore (pH, texture...). On va attribuer un poids à chaque maille de voisinage retenant sa similarité géographique (plus une maille est proche de la maille cible, plus son poids géographique est important) et sa similarité écologique (idem avec la similarité géographique). Ce lot de mailles de voisinage va permettre pour chaque espèce de la maille cible de calculer sa fréquence de voisinage qui est définie ainsi : $f_{ij} = \frac{\sum_{i'} w_{i'j} a_{i'j}}{\sum_{i'} w_{i'j}}$ où $a_{i'j} = 1$ si l'espèce est présente dans la maille i' du voisinage, 0 sinon et $w_{i'j}$ est le poids de maille i' . Si une espèce est présente dans toutes les mailles de voisinage alors f_{ij} la somme des poids des mailles de voisinage.

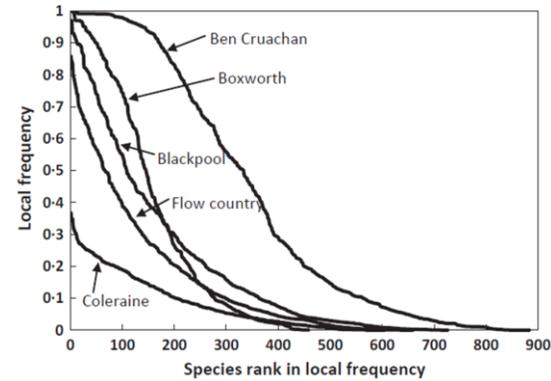
À partir de la fréquence de voisinage de toutes les espèces présentes dans le lot de mailles de voisinage, il est possible de construire des courbes classiques de rang-fréquence des espèces (en ordonnant les espèces par ordre décroissant de f_{ij}). En travaillant à des échelles de territoire suffisamment vastes telles que celles des atlas de distribution d'espèces classiques, deux facteurs expliquent les variations de forme de courbes rang-fréquence que l'on peut observer : l'effort d'échantillonnage et la richesse spécifique du voisinage. Pour chaque courbe rang-fréquence, on peut calculer la moyenne des f_{ij} (appelée par Hill *frequency-weighted local mean species frequency* et notée f_i). Si la pression d'échantillonnage était équivalente entre les mailles, Hill a démontré que cette fréquence pondérée moyenne était équivalente à la richesse moyenne des mailles dans le voisinage divisé par le nombre de Hill d'ordre 2 encore appelé indice de diversité de Simpson (Marcon 2022). Ce nombre a la propriété mathématique d'être un invariant pour une communauté donnée ; ainsi, du moment que la fréquence relative des espèces entre elles n'est pas altérée par une méthode d'échantillonnage différente entre les mailles, la pression d'échantillonnage n'affectera pas la valeur de cet indice de diversité. Il va alors être possible de trouver un facteur nommé α_i qui, multiplié par f_{ij} va permettre de calculer une fréquence de voisinage corrigée pour chaque espèce (pour l'hétérogénéité de l'effort d'échantillonnage entre les mailles) dite f'_{ij} en faisant converger tous les φ_i vers une même valeur appelée Φ ($\varphi_i \times \alpha_i = \Phi$). Les rangs des espèces seront aussi corrigés en multipliant le rang observé R_{ij} par l'inverse de la somme des f'_{ij} , cette somme correspondant à la richesse spécifique attendue dans le voisinage. **À ce stade, on a corrigé les biais spatiaux de l'hétérogénéité d'effort d'échantillonnage entre les mailles.**

ÉTAPE 1 : correction des biais d'échantillonnage spatiaux

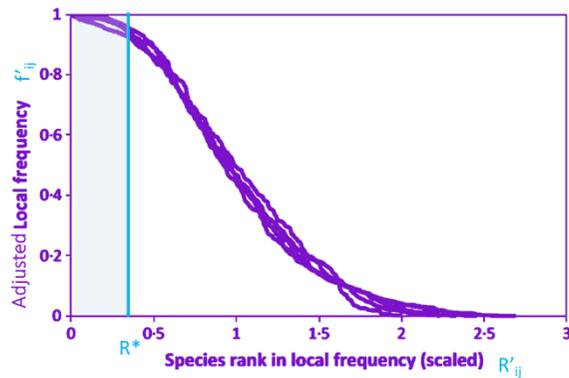
1. Définition du voisinage pondéré de chaque maille en fonction de la distance géographique et de la similarité environnementale



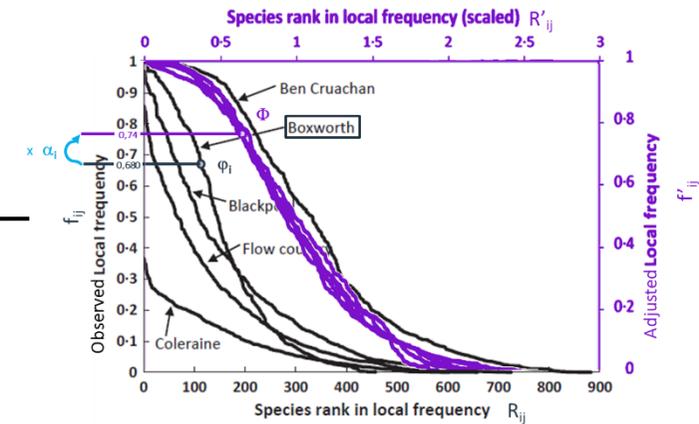
2. Pour chaque voisinage, établissement des courbes rang-fréquence pondérée pour toutes les espèces du voisinage



3. Standardisation des courbes rang-fréquence (violet) = Trouver un α_i pour faire converger les f_{ij} de chaque courbe vers Φ



4. La liste des X% d'espèces (espèces *benchmark*) les plus fréquentes (R^*) toutes périodes confondues va servir d'indice de changement d'effort au sein de chaque voisinage



ÉTAPE 2 : correction des biais d'échantillonnage entre périodes temporelles

5. Au sein de chaque voisinage, la proportion d'espèces *benchmark* inventoriée à chaque période temporelle est utilisée pour ajuster la fréquence pondérée observée de chaque espèce

6. Pour chaque espèce, synthèse des fréquences corrigées des espèces entre les différentes mailles → obtention des *time-factor* → possibilité de modélisation des tendances (lissage, régression linéaire...)

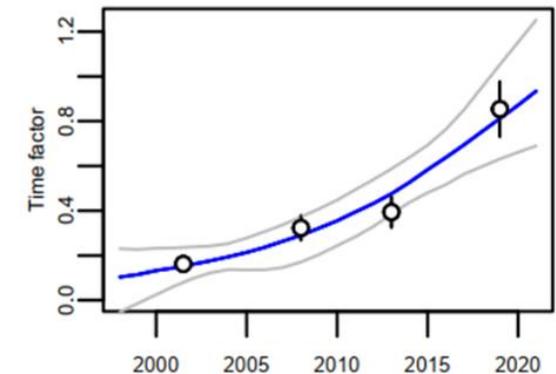


Figure 1 : Schéma de synthèse résumant les deux grandes étapes de la méthode FRESALCO (*Frequency scaling using local occupancy*) et leurs sous-étapes (Hill 2012)

La seconde étape consiste à **corriger les biais d'échantillonnage entre les périodes temporelles tout en tenant compte des corrections faites sur les biais spatiaux** lors de l'étape précédente. Pour corriger les variations d'effort d'échantillonnage entre périodes temporelles, Hill (2012) propose de mobiliser la méthode de la liste d'espèces de référence (*benchmark species*) proposée par Latour et van Swaay (1992). Les espèces dites *benchmark* sont des espèces très communes et abondantes dans un secteur et qui sont sensées être facilement trouvées lors d'un inventaire. On suppose que si certaines n'ont pas été contactées lors d'un inventaire, c'est que l'effort d'échantillonnage n'a pas été suffisamment important. Pour pallier au fait qu'il est complexe de définir une liste d'espèces *benchmark* dès que les territoires sont un peu vastes et hétérogènes en termes de paysages, de relief ou encore de géologie (comme un département, une région ou encore plus un pays), la méthode FRESALO définit une liste d'espèces *benchmark* propre à chaque maille sur la base d'un lot de mailles géographiquement et écologiquement proches, appelées mailles de voisinage. Pour chaque maille, une liste d'espèces *benchmark* est définie toutes périodes temporelles confondues en se basant sur les mailles de voisinage définies dans l'étape précédente. Les fréquences d'espèces utilisées pour sélectionner les espèces intégrant la *benchmark list* sont les fréquences de voisinage corrigées (f'_{ij}), d'où le fait que les biais d'effort d'échantillonnage entre mailles sont contrôlés. La proportion d'espèces *benchmark* recensées à chaque période temporelle rapportée au nombre d'espèces *benchmark* inventoriées toutes périodes temporelles confondues est utilisée comme mesure de l'effort d'échantillonnage par période temporelle pour chaque maille. Cette proportion d'espèces *benchmark* va permettre de corriger les probabilités de contact des espèces pour chaque période temporelle afin de calculer des fréquences relatives des espèces pour chaque période temporelle (accompagnées de leur écart-type) encore appelées *Time factor* par Hill (2012). **Ainsi, les biais d'échantillonnage spatiaux et temporels sont corrigés.**

Précisons deux points concernant la liste des espèces *benchmark*. Premièrement, il est possible d'exclure certaines espèces de la liste des espèces *benchmark* lorsque l'on sait que la pression d'inventaire les concernant a pu varier au cours du temps comme cela a été réalisé pour les espèces exotiques envahissantes dans les travaux de Eichenberg *et al.* (2021). Néanmoins, Hill (2012) a montré que l'exclusion d'espèces en forte augmentation ou en fort déclin de la liste d'espèces *benchmark* faisait très peu de différences dans les résultats finaux de tendances temporelles des espèces. Le second point qui peut poser question dans la méthode est celui de la proportion d'espèces communes à retenir comme espèces *benchmark*. Là aussi, Hill (2012) a mené des analyses de sensibilité en faisant varier la proportion d'espèces *benchmark* de 14 à 41% ; les changements relatifs de fréquence des espèces au cours du temps des espèces sont non affectés par ces variations. La méthode est donc robuste par rapport au choix qui sont faits pour l'établissement de la liste d'espèces *benchmark*.

En conclusion de la méthode, le point absolument crucial de la méthode FRESALO est que **les fréquences relatives des espèces entre elles doivent être relativement bien estimées** (Pescott *et al.* 2019). Ainsi, quelle que soit la proportion de mailles de voisinage inventoriées, la fréquence des espèces communes doit toujours être supérieure à celle des espèces plus rares. De ce fait, **il est vital de disposer dans le jeu de données d'une proportion significative d'inventaires semi-structurés de type atlas au cours desquels tous les grands types de milieux, y compris ceux qui sont anthropiques sont visités et pour lesquels toutes les espèces rencontrées sont notées, et pas seulement quelques espèces comme les patrimoniales.** De la même façon, des inventaires ciblant spécifiquement un groupe d'espèces particulier, s'ils ne sont pas menés pendant toutes les périodes temporelles, biaisent fortement les tendances temporelles de ces espèces. C'est ce qui a été noté en Île-de-France pour les espèces aquatiques qui font l'objet depuis 2016

d'un programme d'inventaire spécifique (Ferreira *et al.* 2018) alors que ça n'a pas été le cas lors des périodes temporelles précédentes. Ces espèces comme la lentille d'eau semblent en forte augmentation ces dernières années alors que ce n'est probablement lié qu'à un effort d'échantillonnage spécifique beaucoup plus important ces dernières années. Ainsi la Figure 2 illustre les tendances de la lentille d'eau (*Lemna minor*) en Île-de-France selon que l'on intègre le jeu de données "macrophytes" (à gauche) ou que l'on exclue (à droite) ; on voit que la forte augmentation de la lentille après 2015 est liée à ce programme spécifique. **C'est pourquoi il est inenvisageable de penser appliquer la méthode FRESCALO en compilant les données issues des différents programmes d'inventaires des CBN et des données opportunistes. Il faut disposer d'un solide jeu de données d'inventaire type atlas pour les différentes périodes temporelles et qu'il soit bien distingué dans un jeu de données à part.**

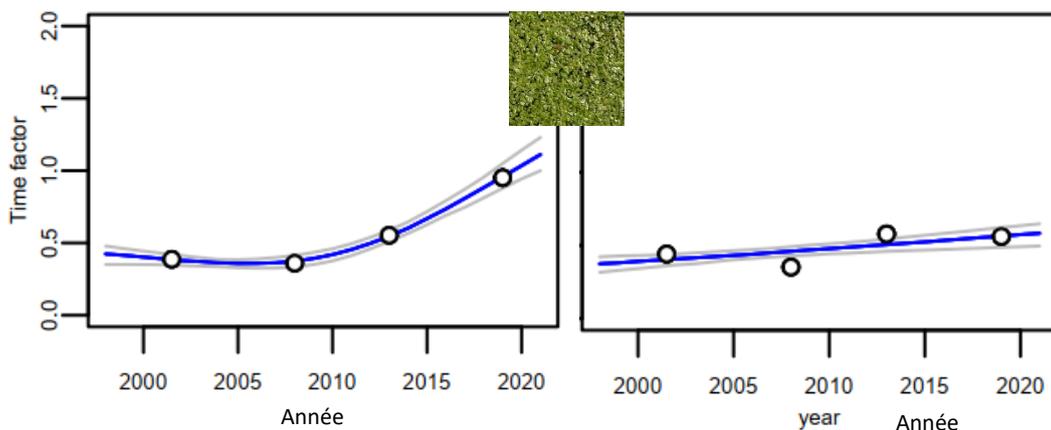


Figure 2 : Tendence temporelle de la lentille d'eau (*Lemna minor*) en Île-de-France estimée par la méthode FRESCALO à partir de : **A.** de tout le jeu de données du CBNBP sur la période ; **B.** en excluant le jeu de données 'Macrophytes'. Les ronds blancs et barres noires sont les moyennes et écart-types du facteur-temps estimé par FRESCALO pour chaque période de temps et placés à la médiane de chaque période considérée dans l'analyse (ici, quatre périodes). La courbe bleue est la tendance temporelle modélisée par GAM (*Generalised additive model*) et les courbes grises l'intervalle de confiance de ce modèle.

2.2.2. QUELQUES EXEMPLES DE VALORISATION DES RÉSULTATS OBTENUS PAR LA MÉTHODE FRESCALO

La sortie brute de la méthode FRESCALO concernant les tendances temporelles permet d'obtenir pour chaque espèce la moyenne et l'écart-type du *Time factor* pour chaque période temporelle considérée dans l'analyse. À partir de ces informations, il est possible de construire différents modèles ; un des enjeux est de traduire l'incertitude qui peut exister sur les tendances temporelles obtenues (Pescott *et al.* 2022). La Figure 3 illustre différentes représentations graphiques possibles des tendances temporelles du Bleuet en Île-de-France, tendances calculées par la méthode FRESCALO à partir de la base de données du CBNBP. Ces représentations graphiques ont été utilisées dans le dernier atlas de la flore de Grande-Bretagne (Stroh *et al.* 2014) et peuvent être consultées en ligne : <https://plantatlas2020.org/atlas/2cd4p9h.cks6rf>.

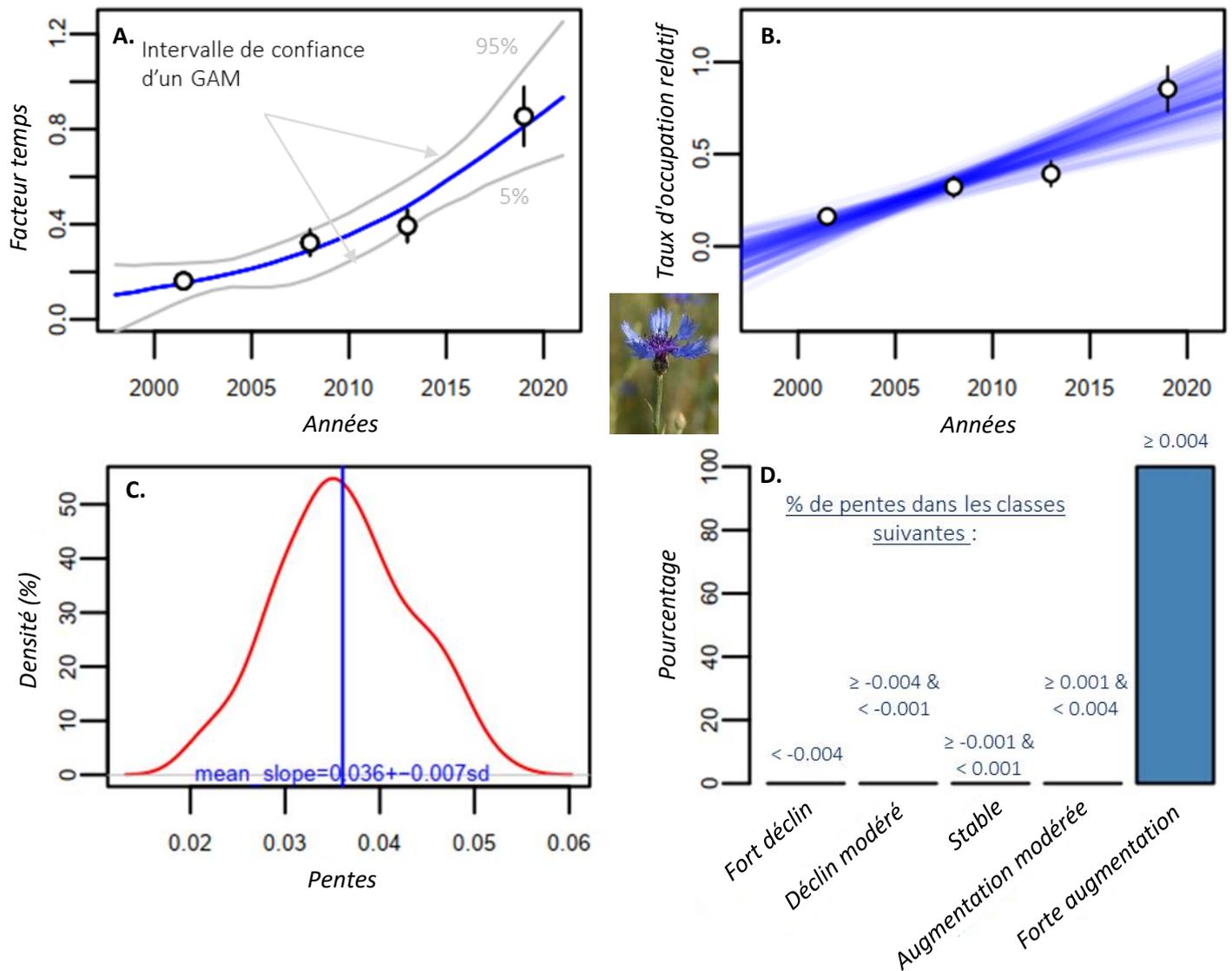
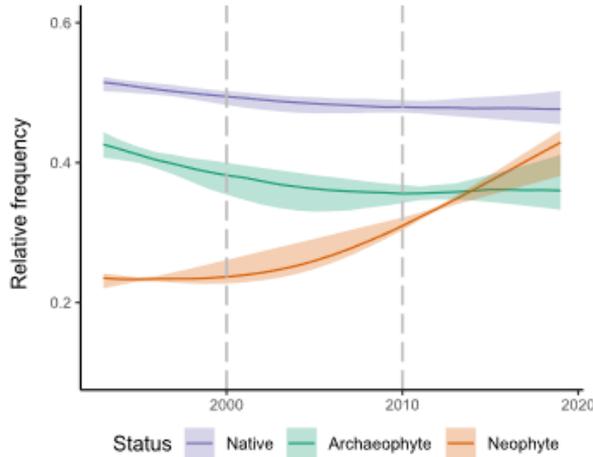


Figure 3 : Tendances temporelles du bleuet des champ (*Cyanus segetum*) en Île-de-France entre 1998 et 2021, espèce présente dans 11,3% des communes d'Île-de-France toutes périodes confondues. **A – Tendances temporelles lissées.** Les ronds blancs et barres noires sont les moyennes et écart-types du facteur-temps (*time-factor*) estimé par FRESALO pour chaque période de temps et placée à la médiane de chaque période considérée dans l'analyse. La tendance temporelle lissée est estimée par simulation de 100 modèles additifs généralisés (GAM) à partir des moyennes de FRESALO et de leurs écarts-type. La courbe bleue est la médiane des cent modèles simulés et les courbes grises l'intervalle de confiance à 90%. **B – 100 tendances linéaires compatibles.** Les ronds blancs et barres noires ont la même signification que dans la figure A. Les lignes bleues représentent une sélection aléatoire de 100 régressions linéaires qui sont compatibles avec ces estimations (Pescott *et al.* 2022) ; elles permettent de visualiser simplement l'incertitude sur la tendance temporelle. **C – Distribution des pentes des régressions linéaires.** La ligne rouge représente la distribution des pentes des 100 régressions linéaires de la figure B. La ligne bleue représente la moyenne de ces pentes avec précision dans le texte de l'écart-type. **D – Classification des pentes estimées.** Cet histogramme de fréquence issu de la discrétisation des pentes des 100 régressions linéaires des figures B et C ; il représente combien des 100 pentes de régression linéaires tombent dans chacune des cinq classes de niveau de régression qui ont été définies depuis un fort déclin à une forte augmentation.

Il est aussi possible de synthétiser les tendances temporelles par groupe d'espèces partageant des affinités écologiques ou biologiques sur la base de la méthode proposée par Soldaat *et al.* (2017). Cela a été réalisé dans le récent atlas de la flore de Grande-Bretagne dont ces résultats sont détaillés dans le rapport de Walker et ses collaborateurs (2023). La Figure 4 reprend deux exemples de ce rapport : la tendance des espèces selon leur indigénat (A) et selon leur valeurs d'Ellenberg de préférence pour le pH des sols (B). Comme on pouvait s'y attendre les espèces exotiques sont pour beaucoup en augmentation notamment ces 15 dernières années. La Figure 4B. illustre une forte régression des espèces spécialistes,

aussi bien les acidiphiles que les basiphiles alors que la régression est moindre pour les espèces liées au pH médians ; ce patron d'une régression marquée des espèces spécialistes est observé pour d'autres facteurs écologiques (Walker *et al.* 2023).

A. Indigénat



B. Valeurs d'Ellenberg pour le pH du sol

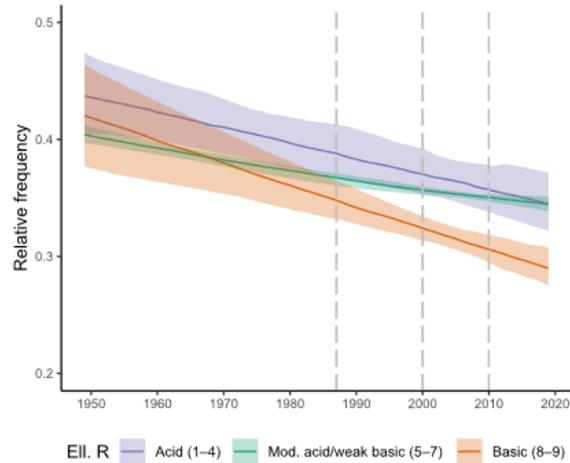


Figure 4 : Tendances temporelles lissées par GAM pour les plantes de Grande-Bretagne sur la période 1930-2019 regroupées selon **A.** leur indigénat (indigène, archéophyte, exotiques) ou **B.** leurs préférences écologiques pour le pH du sol (acide, neutre, basique). Les tendances représentées sont les médianes des tendances des espèces appartenant à chaque catégorie avec un intervalle d'incertitude à 90% estimée. Les deux figures sont extraites de Walker *et al.* (2023).

Eichenberg et ses collaborateurs (2021) ont proposé de cartographier les tendances temporelles des espèces sur chaque maille ce qui permet de visualiser les secteurs de l'Allemagne qui sont concernés par un déclin ou une augmentation des espèces . Ce type de représentation cartographique a aussi été réalisé par groupe d'espèces selon leur indigénat. La réalisation de telles cartographies demande à avoir une couverture relativement homogène et bonne du territoire en termes de quantité et de qualité des données car si certains secteurs sont gravement sous-prospectés, les estimations de tendances d'espèces par maille sont très incertaines (com. pers. O. Pescott) ; or ces représentations graphiques ne permettent pas de visualiser l'incertitude associée aux modèles.

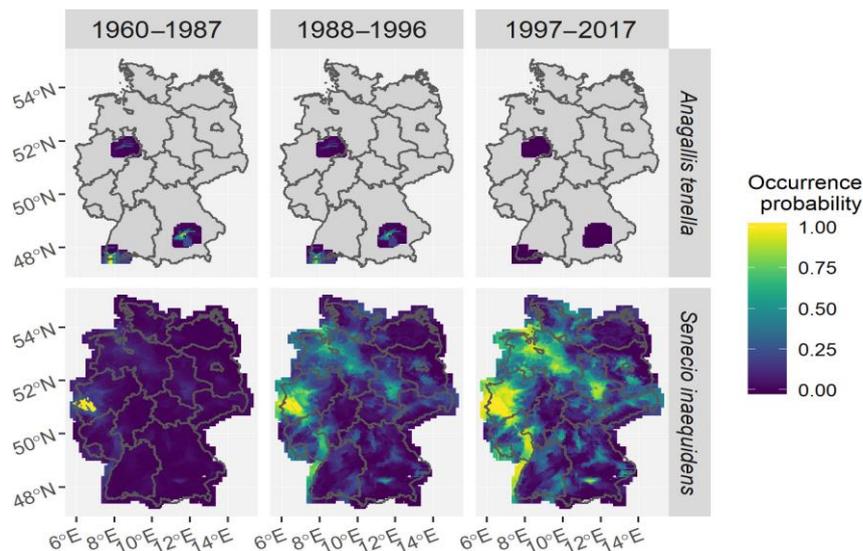


Figure 5 : Visualisation des tendances temporelles de deux espèces en Allemagne : *Lysimachia (=Anagallis) tenella* et *Senecio inaequidens* (Figure extraite de Eichenberg *et al.*, 2021). Les secteurs où la probabilité d'occurrence est faible (bleu foncé) correspondent à des secteurs où l'espèce est en déclin, ceux où elle est forte (jaune), aux secteurs où l'espèce est en augmentation.

Auffret et Svenning (2022) ont pour leur part relié les changements dans la distribution des espèces avec les changements de températures et les changements d'occupation du sol (perte de prairies) qui ont eu lieu dans les mailles.

3. PROPOSITION D'UN DISPOSITIF DE SUIVI "MAILLE"

3.1. OBJECTIFS, PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSES

3.1.1. OBJECTIFS GÉNÉRAUX DU PROGRAMME

Il n'existe pas de dispositif de suivi idéal répondant à toutes les questions. Un dispositif⁵ (plan d'échantillonnage⁶ et protocole⁷) est toujours le résultat de compromis entre des objectifs scientifiques, des moyens humains et financiers limités et la réalité de la faisabilité sur le terrain (Aubry *et al.* 2023; Sordello *et al.* 2019). Le dispositif proposé vise à répondre aux grands objectifs suivants par ordre d'importance décroissant :

1. Mettre en évidence des tendances temporelles de changements de fréquence du plus large nombre possible d'espèces du territoire métropolitain (à l'aide de la méthode FRESALO) ;

2. Constituer un jeu de données socle pour alimenter les connaissances sur les espèces afin de produire les catalogues régionaux et un catalogue national (présence/absence, première/dernière mentions...) avec différents indicateurs de bio-évaluation des espèces (indices de rareté, cotation des listes rouges, établissement des listes d'espèces exotiques envahissantes notamment) ;

3. Constituer un jeu de données socle pour alimenter le porter-à-connaissance sur les territoires à travers l'identification de points chauds de biodiversité végétale ou l'établissement de cartes de localisation des enjeux patrimoniaux par exemple.

Ces objectifs sont au cœur des missions des conservatoires botaniques nationaux. Notons aussi qu'en plus de constituer un jeu de données, ces inventaires permettent de forger l'expertise botanique des équipes sur les territoires et les espèces et est de ce fait essentiel pour la réalisation des missions d'appui pour lesquelles les CBN sont sollicités. Une enquête interne a été initiée pour rechercher un nom à ce dispositif de suivi "maille" (annexe 3) ; le choix devra être finalisé prochainement.

3.1.2. PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSES

Par rapport à l'objectif 1 de suivi temporel, la problématique est la suivante :

La fréquence des espèces ou de groupes d'espèces sur le territoire métropolitain varie-t-elle au cours du temps ? Le pas de temps visé du suivi temporel est de six ans.

Quelles sont les caractéristiques biologiques ou écologiques des espèces qui peuvent expliquer leurs variations de fréquence (augmentation, régression, stabilité) ?

Quels liens entre les changements observés dans les fréquences des espèces et les changements environnementaux (température, pluviométrie, usages des sols...) ?

⁵ Tout procédé qui permet, par mesure, observation ou toute autre méthode, d'acquérir des données de connaissance sur les milieux, sur les pressions (et les impacts associés) qui s'exercent sur les milieux et ressources, ainsi que les données économiques afférentes. Il peut s'agir de réseaux de mesure, de dispositifs d'auto-surveillance ou d'enquêtes, d'inventaires, etc.

⁶ Fournit des informations sur la sélection de l'échantillon étudié par rapport à la population ciblée : objectif, tailles finales des échantillons, définition des strates et méthodologie de sélection des échantillons

⁷ Plan d'étude détaillé expliquant comment les données doivent être collectées pour répondre à une question scientifique

La **fréquence d'une espèce** (aussi appelée *species occupancy* en anglais (Boyd *et al.* 2023)) est définie comme la proportion des unités d'échantillonnage occupées par l'espèce cible. Dans la pratique, il est rare sur de vastes territoires de pouvoir échantillonner toutes les unités présentes (d'autant plus quand il s'agit de répéter ce travail au cours du temps) aussi la fréquence d'une espèce est en fait la proportion d'unités effectivement échantillonnées dans lesquelles l'espèce a été observée. Dans la pratique, même si la stratégie d'échantillonnage qui sera proposée vise à limiter les biais dans l'estimation de la fréquence des espèces au cours du temps, il est envisagé de corriger la fréquence des espèces pour les éventuels biais spatio-temporels qui subsisteraient et de modéliser le "time-factor" issu de la méthode de FRESALLO plutôt que la fréquence observée. Néanmoins, cette nécessité d'appliquer la méthode FRESALLO pourra être ré-évaluée à l'aune des biais effectivement observés dans le jeu de données.

Le **pas de temps** de six ans correspond à la durée d'un cycle du réseau de surveillance de la biodiversité terrestre.

Quelques-unes des hypothèses qui en découlent sont les suivantes (liste non exhaustive) :

- les espèces thermophiles devraient voir leur fréquence augmenter (Martin *et al.* 2019; Scherrer *et al.* 2022) ;
- les espèces eutrophiles sont plutôt en augmentation tandis que les espèces oligotrophiles sont en déclin (Scherrer *et al.* 2022; Stroh *et al.* 2023) ;
- les espèces à cycle de vie court sont les plus à même de voir leur fréquence augmenter ou diminuer (Martin *et al.* 2019) ;
- les espèces non-indigènes seront majoritairement en augmentation (Eichenberg *et al.* 2021; Scherrer *et al.* 2022) ;
- les espèces montrent des tendances différentes selon leur habitat préférentiel ; par exemple, les espèces liées aux habitats anthropiques comme les friches sont en augmentation, les espèces liées aux prairies en régression (Auffret & Svenning 2022; Stroh *et al.* 2023).

Le plan d'échantillonnage et le protocole définis ci-après vise à étudier des tendances temporelles des espèces à une échelle nationale et un pas de temps de six ans. **Mais si certains CBN disposent de plus de moyens sur un territoire, ils peuvent augmenter la pression d'échantillonnage** (nombre de mailles prospectées ou effort d'échantillonnage au sein de la maille) tout en respectant les principes généraux du protocole afin de disposer de tendances à une échelle régionale ou sur des pas de temps plus courts. Cela pourra leur permettre d'obtenir des tendances à l'échelle de leur territoire d'agrément ou de régions.

3.2. LE CHOIX DE L'UNITÉ D'ÉCHANTILLONNAGE : LA MAILLE 5 KM X 5 KM

L'échelle spatiale d'étude a une influence sur la probabilité de détecter des changements de la fréquence des espèces sur un territoire (Kuussaari *et al.* 2007). Un maillage trop grossier conduira à sous-estimer le déclin des espèces (Hodgson 2003; Boyd *et al.* 2023). De façon générale, l'estimation des tendances des espèces sur la base de leur fréquence dans un maillage tend à traduire les pertes de populations pour les espèces relativement rares ; pour les espèces de fréquence intermédiaire, leur déclin est détecté mais sous-estimé ; pour les espèces les plus communes, un déclin de leur abondance n'est pas détecté par un suivi de leur fréquence (Thomas & Abery 1995). Pour les espèces extrêmement rares, n'occupant que quelques mailles, leur variation de fréquence ne peut plus traduire qu'une disparition ; pour un suivi plus fin, il faudra envisager des suivis de populations (dénombrement d'individus...).

Plus la résolution d'un maillage d'inventaire atlas sera fine, plus l'estimation des variations de fréquence des espèces sera informative et proche des variations d'abondance mais à plusieurs conditions (Boyd *et al.* 2023; Groom *et al.* 2011; Thomas & Abery 1995) :

- par rapport aux moyens disponibles, il faut qu'une proportion suffisamment importante de mailles soient inventoriées pour représenter de façon fidèle la chorologie des espèces ;
- il est préférable d'inventorier de façon correcte un nombre limité de mailles plutôt que d'avoir un grand nombre de mailles avec une pression d'inventaire insuffisante ; si trop peu de mailles sont inventoriées, cela crée de nombreuses fausses-absences (Boyd *et al.* 2023) ;
- d'un point de vue pragmatique, la maille ne peut pas être trop grande afin de pouvoir être échantillonnée sans nécessiter trop de temps de déplacements au sein de la maille.

Un autre critère est de choisir un maillage qui soit pratique à prospecter sur le terrain avec des temps de déplacement au sein de la maille raisonnables. L'enquête menée au sein du réseau des CBN a montré que la très grande majorité des conservatoires botaniques nationaux en métropole menaient leurs inventaires généraux sur la base du **maillage 5 km x 5 km Lambert 93** (annexe 2). Le nombre de mailles 5 km x 5 km en France métropolitaine (Corse comprise) est d'environ 23 060. Nous nous proposons donc de retenir ce maillage.

3.3. PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE : ORGANISATION SPATIO-TEMPORELLE DE L'INVENTAIRE DES MAILLES

Le plan d'échantillonnage présenté vaut pour des périodes de six ans. Afin de limiter les biais liés à des conditions climatiques annuelles particulières pouvant affecter la détectabilité des espèces comme une sécheresse estivale, il faudrait aussi appliquer ce plan annuellement : même nombre de mailles prospectées et répartitions géographique et temporelle des mailles suivant les règles générales.

3.3.1. ÉCHANTILLONNAGE SPATIAL

Afin de couvrir toute l'hétérogénéité du territoire national de façon homogène, **la procédure de sélection des mailles se doit d'être spatialement équilibrée** (Figure 6) et non aléatoire (Brown & Williams 2019; Perret *et al.* 2022; Van Strien *et al.* 2022). En effet, la distribution des espèces est souvent agrégée ; dans ces conditions et quel que soit le niveau d'agrégation, l'échantillonnage aléatoire conduit toujours à des estimations de populations moins précises qu'un échantillonnage spatialement équilibré (Perret *et al.* 2022; van Dam-Bates *et al.* 2018). De plus, un échantillonnage spatialement équilibré (notamment un *balanced acceptance sampling*) semble offrir des possibilités intéressantes pour articuler des plans d'échantillonnage à différentes échelles comme nationale/CBN/régionale (Van Dam-Bates *et al.* 2018).

En aucun cas, les mailles prospectées ne devront être organisées par proximité géographique (ex : territoire administratif) même si logiquement cela pourrait sembler commode. Elles ne devront pas non plus être choisies par rapport à des lacunes de connaissance dans les inventaires préexistants car cela risquerait de reproduire les biais de l'inventaire précédent si celui-ci n'a pas été organisé de façon systématique (ce qui est souvent le cas).

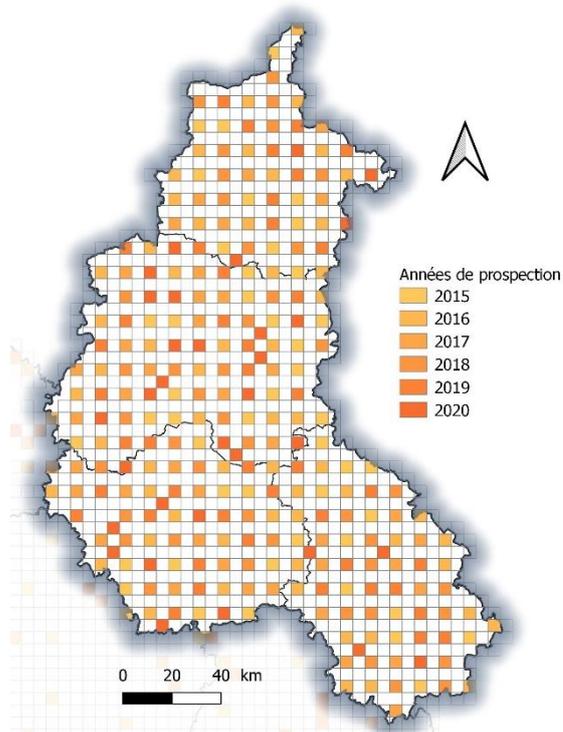


Figure 6 : Illustration d'une répartition quasi-systématique (résultat proche d'un échantillonnage spatialement équilibré) des mailles échantillonnées entre 2015 et 2020 en région Champagne-Ardenne.

3.3.2. ÉCHANTILLONNAGE ENTRE LES PÉRIODES TEMPORELLES DE SIX ANS

Afin de multiplier les usages du jeu de données, **il est proposé de ne pas repasser sur les mêmes mailles entre les cycles de six ans**. Ainsi, on maximise la couverture géographique du territoire ce qui est intéressant pour le porté-à-connaissances ou l'identification des points chauds des territoires par exemple. Ce faisant, il est possible que l'on limite certains biais d'observation pour le suivi temporel. En effet, retourner sur les mêmes mailles signifie avoir une connaissance préalable de ces dernières ce qui peut au cours du temps rendre le botaniste plus efficace et augmenter le nombre d'espèces détectées de ce simple fait sans que cela ne corresponde à une augmentation de la richesse spécifique. Cela peut être d'autant plus vrai si c'est le même botaniste qui repasse sur la maille avec le risque d'engendrer des écarts entre les mailles refaites par le même observateur et celles avec un changement d'observateur.

3.3.3. ÉCHANTILLONNAGE STRATIFIÉ DES SAISONS EN FONCTION DU CONTEXTE

Délimitation des saisons en fonction du contexte

La saison est un facteur qui influe fortement sur la détectabilité des espèces. L'influence de la saison sur la phénologie des espèces est graduelle mais on peut distinguer **trois grandes saisons de floraison** (Bergès 2016) : la 1^{ère} saison dite vernale, la 2^{ème} saison dite estivale et la 3^{ème} saison dite automnale. Il est difficile à l'échelle nationale de donner des bornes à ces saisons en raison des variations climatiques et de la longitude. Dans l'idée, la saison 1 (vernale) correspond à la saison de floraison des géophytes et hémicryptophytes de sous-bois ainsi qu'à celle des annuelles des milieux secs. La saison 2 (estivale) correspond à la saison où un maximum d'espèces sont détectables. À basse altitude, cela correspond plutôt aux mois de mai et juin tandis qu'en montagne, cela correspond plutôt aux mois de juillet et août. Enfin, la saison 3 (automnale), qui va vraiment démarrer avec les pluies de fin d'été/début d'automne, est la saison favorable à beaucoup d'espèces rudérales dont les exotiques, aux plantes liées à l'étiage des eaux et aux géophytes automnales. Le Tableau I adapté de celui proposé par Bergès (2016) pour le territoire du CBN

Pyrénées Midi-Pyrénées donne globalement les limites de ces saisons pour trois contextes : celui de plaine en domaine atlantique ou continental, celui de montagne et celui en domaine méditerranéen. Bien entendu, les limites exactes doivent être adaptées plus finement à l'échelle nationale (ex : la saison automnale peut probablement commencer vers le 15 août dans le nord de la France et finir vers la mi-octobre alors que dans le sud, il y aura un décalage moyen aussi bien pour le début que la fin d'une quinzaine de jours). Il peut être intéressant que ce tableau soit précisé par chaque CBN afin de l'adapter au contexte de son territoire. Notons que certaines espèces peuvent être plus précoces ou plus tardives que les saisons proposées mais quelles sont peu nombreuses. Leur consacrer un passage spécifique serait très coûteux. Comme certaines de ces espèces sont patrimoniales, elles pourraient faire l'objet de suivis populationnels dans le cadre de programme de conservation.

Les périodes sont aussi fonction des caractéristiques météorologiques de chaque année. Par exemple, il est préférable de ne démarrer les passages à la saison automnale qu'une dizaine de jours après les pluies d'automne ; dans le cas d'un été très pluvieux, ces inventaires pourront démarrer plus tôt. Dans un contexte de changement climatique avec des événements extrêmes, il est important de pouvoir s'adapter. Les ajustements ne peuvent être programmés mais on peut imaginer une coordination au sein de chaque CBN pour homogénéiser les pratiques entre les différents botanistes de terrain.

Tableau I : Calendrier indicatif des périodes de prospections par quinzaine en fonction du secteur géographique : plaine (en domaine atlantique ou continental), montagne (altitudes supérieures à 700-800 mètres) ou méditerranéen. Les cellules qui sont en vert indiquent les quinzaines les plus favorables à la prospection visée ; en hachurée, celles qui sont acceptables ou favorables selon le contexte ou les conditions météorologiques annuelles. Ce tableau a été adapté de Bergès (2016).

Contexte	Saisons	Mois															Temps d'inventaire	
		Février	Mars	Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Sept.	Oct.			
Plaine	Saison 1																	1/2 j
	Saison 2																	1 j
	Saison 3																	1/2 j
Montagne	Saison 1																	0 j
	Saison 2																	(1)-2 j
	Saison 3																	0 j
Méditerranée	Saison 1																	à tester
	Saison 2																	à tester
	Saison 3																	à tester

Passages d'inventaire par saison

Principes généraux

* *La journée principale d'inventaire* : l'objectif de cette journée principale est de cibler tous les grands types de milieux présents. Pour les mailles de montagne, il peut être nécessaire de prévoir une journée supplémentaire quand l'accès est long ou difficile, notamment au-delà de 1400-1500 m d'altitude.

* *Cumul des contextes* : lorsqu'une maille héberge plusieurs contextes (ex : secteurs inférieurs à 700-800 m d'altitude et secteurs au-dessus de cette limites), on cumule les passages du Tableau I (dans

l'exemple, plaine et montagne). Le botaniste pourra adapter le temps consacré pour chaque passage dans les différents contextes puisque les surfaces par contexte sont moindres.

* *Adaptation aux moyens humains et financiers* : comme à ce stade, il n'y a pas de moyens financiers dédiés à ce dispositif, il est possible d'envisager de diminuer le nombre de passages par maille afin de privilégier le nombre de mailles prospectées par période. Dans ce cas, l'important est de bien respecter des proportions de données récoltées par saison équivalentes quel que soit la pression d'échantillonnage. Des tests terrain seraient souhaitables mais nous proposons la répartition suivante à obtenir à la fin du cycle de six ans, en regroupant toutes les mailles inventoriées :

- 10-20% de données en saison 1 ;
- 50-60% de données en saison 2 ;
- 30-40% de données en saison 3.

Ces proportions ont été établies par rapport à une évaluation à dire d'expert du nombre d'espèces détectables par saison.

Ces proportions peuvent être obtenues selon trois *scenarii* différents classés de la pression d'échantillonnage la plus forte à la moins forte (Figure 7).

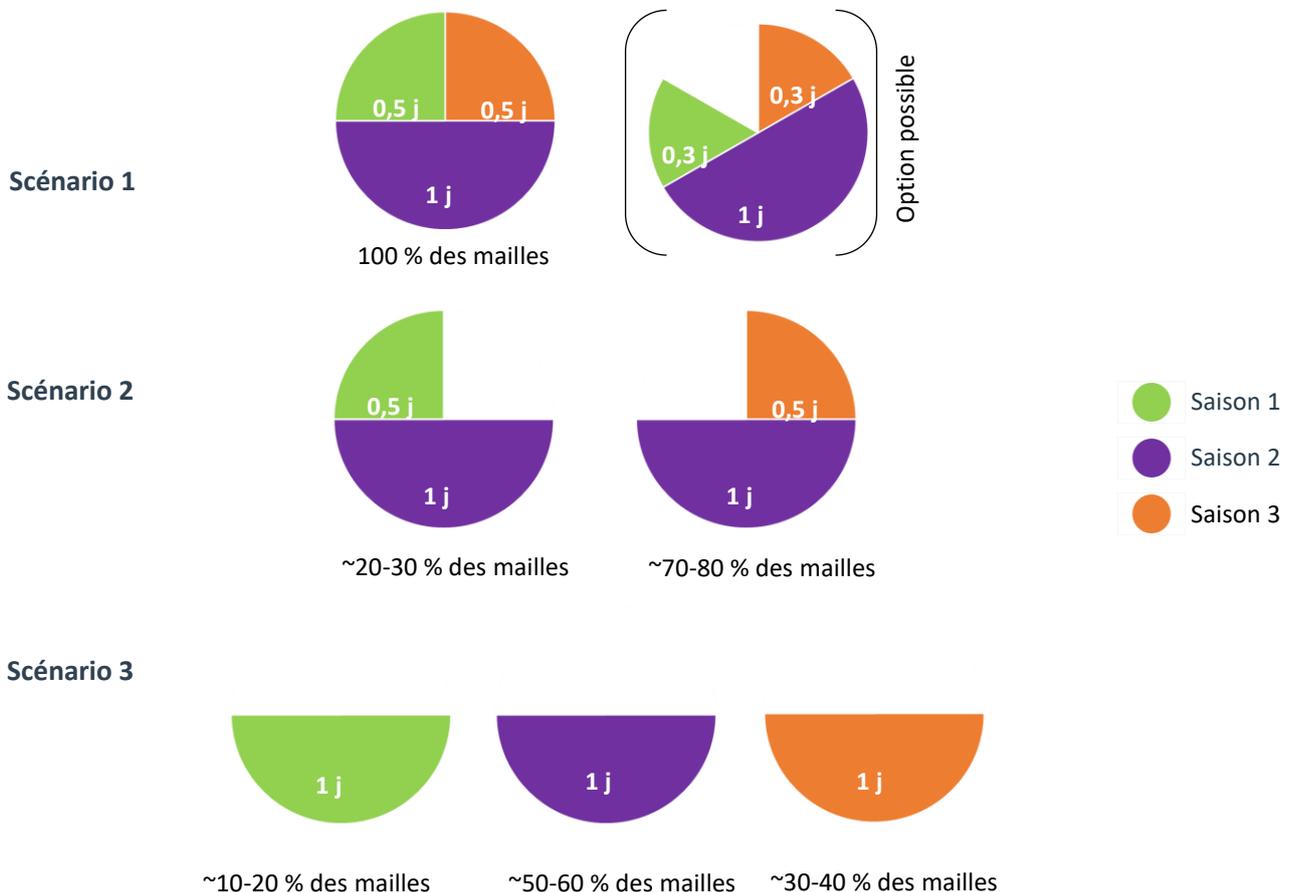


Figure 7 : Schéma des différents *scenarii* de répartition de l'effort d'échantillonnage entre les trois saisons pour les mailles de plaine. Chaque ligne représente l'un des trois *scenarii* possibles. Le temps d'inventaire est indiqué dans chaque secteur (en journée terrain soit 6 à 8h d'inventaire effectif par jour).

Scenario 1 : 2 jours d'inventaire par maille = passages à toutes les saisons

Pour ce scénario, une maille serait prospectée aux trois saisons avec les durées par passage telles qu'elles figurent dans le Tableau I. Les passages en saisons 1 et 3 cibleront les milieux favorables aux espèces ne pouvant se détecter qu'à ces saisons. On pourra trouver des listes des milieux à prospecter et espèces à cibler par saison dans le protocole du CBN des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (Bergès 2016) ; ces dernières seront à adapter en fonction des contextes locaux mais donnent déjà de très bonnes bases. Afin d'optimiser les déplacements, l'idéal est d'inventorier deux mailles géographiquement proches dans la même journée. Pour les CBN qui le souhaitent, il est aussi possible de faire des tiers de journées (Figure 7/scénario 1/option).

Scenario 2 : 1,5j d'inventaire par maille = passages à deux saisons

Pour ce scénario, il y aurait un passage d'une journée en saison 2 et un passage d'une demie journée en saison 1 ou 3. Dit autrement, certaines mailles auraient une demie journée d'inventaire au printemps et d'autres en automne en plus de la journée estivale complète. Afin de respecter la proportion de données par saison à obtenir dans le jeu de données finales, une proportion un peu plus importante de mailles devra avoir un passage d'automne plutôt qu'un passage de printemps. Il est aussi envisageable dans ce scénario que certaines mailles ne fassent l'objet que du passage d'une journée en saison 2 (scénario 3) du moment que soit respectées les proportions de données recueillies par saison.

Afin d'optimiser les espèces détectées, il est conseillé d'espacer le plus possible les passages. Ainsi, si la demie journée complémentaire est au printemps, on cherchera plutôt à faire le passage de saison 2 à la fin de cette dernière ; à l'inverse, si la demie journée est en saison 3, on cherchera à faire la journée d'inventaire complète plutôt au début de la saison 2.

Scenario 3 : 1 jour d'inventaire par maille = passage à une seule saison

Ce scénario est le plus économique : une seule journée d'inventaire sera consacrée par maille. 10 à 20% des mailles seront inventoriées en saison 1, 50 à 60% en saison 2 et 30 à 40% en saison 3. Quelle que soit la saison, on prospecte tous les milieux présents dans la maille même si la phénologie des espèces n'est pas optimale.

3.3.4. MINIMISER LES BIAIS SPATIAUX LIÉS AUX EFFETS OBSERVATEUR

Pour le plan d'échantillonnage, il faudrait **répartir aléatoirement ou systématiquement les botanistes entre les mailles à couvrir** pour ne pas avoir de structure spatiale dans les biais observateurs. La mise en œuvre n'est pas réalisable d'un point de vue logistique. Néanmoins, il faudrait quand même essayer d'aller en ce sens ; par exemple, si deux botanistes sont chargés des mailles d'un département, il faut répartir aléatoirement les mailles entre les deux plutôt que de faire une division géographique.

Cela peut être particulièrement important par rapport au **niveau des botanistes** : il faut éviter que les botanistes débutants soient chargés de certains secteurs et les expérimentés d'autres secteurs. Il ne faut pas hésiter à utiliser le fait qu'un cycle d'inventaire dure six ans ; il peut peut-être être envisagé d'inverser la répartition des secteurs des botanistes entre les années. Ainsi, pour une année donnée, on garde l'intérêt organisationnel de grouper les mailles par botaniste et sur le cycle de six ans, on a un lissage de la répartition des botanistes sur le territoire concerné.

3.3.5. PRESSION D'ÉCHANTILLONNAGE : NOMBRE DE MAILLES PAR CYCLE

Ce point devra faire l'objet d'un **travail spécifique de tests statistiques de puissance** pour évaluer l'influence du nombre de mailles échantillonnées sur la rareté relative des espèces et sur les tendances obtenues par FRESCALO.

Actuellement, il est proposé par dire d'expert (notamment par rapport aux nombres de mailles inventoriées par les CBN menant ce type d'inventaire) de partir sur la réalisation d'un **sixième des mailles du territoire national par cycle de six ans**. Ainsi, il faudra 36 ans pour avoir inventorié toutes les mailles du territoire.

3.4. PROTOCOLE D'INVENTAIRE INTRA-MAILLE

Bien que ce ne soit pas requis pour l'application de la méthode FRESCALO, il semble pertinent de ne pas se contenter de dresser une liste de taxons par maille (qui en soit serait la méthode la plus rapide) mais de **réaliser des relevés géolocalisés** au sein de la maille afin de permettre d'autres usages des données que celui des analyses de tendances temporelles.

L'objectif est de faire un **inventaire représentatif de la diversité floristique** présente dans la maille. On essaiera de contacter le plus grand nombre d'espèces possibles pendant les temps d'inventaire impartis en sachant bien que l'exhaustivité est illusoire.

Sur la base des grands principes listés ci-dessous, le botaniste devra déployer le protocole en s'adaptant aux spécificités de son territoire comme la diversité en habitats de la maille (Gillings 2008), son accessibilité et des particularités météorologiques annuelles pour caler précisément les dates de passage. Par exemple, le temps d'échantillonnage par maille pourra être ponctuellement augmenté dans le cas où celle-ci serait peu accessible en voiture ou extrêmement diversifiée en habitats.

3.4.1. POSITIONNEMENT DES RELEVÉS AU SEIN DE LA MAILLE

Une stratification phytocœnotique

Le principe général de l'inventaire maille est de réaliser **au moins un relevé dans tous les grands types de milieux présents dans la maille**. C'est le principe prépondérant de placement des relevés au sein de la maille. Les grands types de milieux sont en effet liés aux principaux facteurs abiotiques et biotiques (géologie, altitude, exposition, occupation du sol, gestion...) qui déterminent la diversité floristique à l'échelle d'une maille. À titre d'exemple, des listes des différents habitats à prospecter sont donnés dans les protocoles du CBNMC (Kessler 2022) et du CBNPMP (Bergès 2016). Afin de faciliter l'appropriation du protocole et sa mise en œuvre, il pourrait être utile que chaque CBN fasse l'exercice de lister les grands types d'habitats à prospecter sur son territoire (avec éventuellement une déclinaison par région naturelle). **Les milieux anthropiques tels que les zones urbanisées et les cultures, ne devront en aucun cas être délaissés au profit de milieux considérés plus naturels**. Cela sera réprécisé dans la partie sur l'effort d'échantillonnage mais pendant la journée principale d'inventaire un minimum de huit relevés exhaustifs devra être réalisé sur ces grands types de milieux.

Ces grands types de milieux peuvent être repérés au bureau lors de la préparation du terrain sur la base des différents fonds cartographiques disponibles sur tout le territoire national : fonds IGN 25 000^{ème}, orthophotographies, carte géologique au 50 000^{ème}, reliefs GoogleEarth. Il est probable que les cartes du programme Carhab pourront compléter utilement ces ressources. En plus des différents milieux pré-

identifiés, s'ajouteront des relevés dans des milieux supplémentaires repérés sur le terrain lors des déplacements dans la maille (Bergès 2016).

Quelques **relevés complémentaires** peuvent être effectués sur la base des relevés floristiques ou phytosociologiques préexistants dans les bases des CBN **notamment pour cibler des milieux et des espèces patrimoniaux difficiles à détecter**. Cependant, il faudra veiller à ce que ces relevés ne soient que des compléments aux relevés positionnés pour couvrir la diversité des grands types de milieux ; ils ne devront pas monopoliser trop de temps pour ne pas se faire au détriment de l'inventaire par grands types de milieux (Filoche 2015).

Une couverture géographique de la maille maximisée

Le botaniste essaiera **de répartir les relevés sur toute la superficie de la maille** ; pour s'aider, il peut par exemple essayer d'avoir des relevés dans le plus grand nombre des 25 mailles 1 km x 1 km contenues dans la maille inventoriée (Filoche 2015; Caze & Leblond 2017). Cette approche a ses limites et bien entendue, si la diversité d'habitats est agrégée dans certains secteurs ces derniers feront l'objet d'un plus grand nombre de relevés. Par exemple, dans le cas de zones de grandes cultures entaillées par une vallée avec zones humides, boisements etc., il y aura plus de relevés dans la vallée mais on veillera à faire quelques relevés dans les cultures, chemins ou bords de route sur les plateaux. L'accessibilité, en montagne notamment, limitera aussi la couverture de la maille.

3.4.2. LA RÉALISATION DU RELEVÉ

Des relevés liés à un habitat principal

La majorité du temps, un relevé n'inclura qu'**un seul grand type d'habitat**. Il se réalise donc sur une surface de végétation relativement homogène et présentant des caractéristiques stationnelles comparables mais sans aller jusqu'aux contraintes d'un relevé phytosociologique qui serait trop chronophage. Par souci d'efficacité, certains relevés peuvent inclure des mosaïques d'habitats proches (ex : végétations de zones humides ouvertes imbriquées) ou être localisés dans des petites zones présentant une concentration d'espèces (ex : berme, fossé et talus en bord de route) (Bergès (2016).

Le fait de respecter une certaine homogénéité d'habitat facilitera la validation des données en permettant de repérer des incohérences éventuelles dans les cortèges d'espèces. Cela peut aussi permettre d'exploiter ces relevés pour cartographier des trames écologiques par exemple (Conservatoire botanique national du Bassin parisien 2018; Perriat *et al.* 2019).

Des relevés en majorité exhaustifs avec des déterminations taxonomiques précises

De façon générale, le botaniste tentera de noter dans son relevé **tous les taxons qui sont déterminables** lors de son passage, y compris pour les passages d'un tiers de journée au printemps ou en automne. Il pourra faire des relevés non exhaustifs d'une ou de quelques espèces lorsqu'il rencontrera des espèces supplémentaires non vues dans les relevés précédemment effectués alors même que son habitat a déjà fait l'objet d'un ou plusieurs relevés.

Dans la mesure du possible, le botaniste réalisera sa détermination au niveau taxonomique le plus fin ; néanmoins, en cas de doute, il est préférable de s'en tenir au rang de l'espèce ou du groupe plutôt que de générer une fausse précision sur la qualité taxonomique. Dans le cas où le taxon demande des vérifications plus poussées au laboratoire (loupe binoculaire, microscope), le botaniste pourra se limiter au prélèvement d'échantillons sur quelques relevés et rester à un niveau taxonomique plus élevé pour ce taxon s'il est rencontré dans d'autres relevés. Il est aussi intéressant que suffisamment de temps de bureau

soit prévu pour que certains échantillons sur des groupes complexes par exemple soient mis en **herbier**. Cela permettra de contribuer à l'amélioration de la connaissance taxonomique des territoires et servira d'échantillons de référence pour améliorer la formation des différents botanistes et donc la qualité des données recueillies.

Cartographie du relevé

Les relevés ne doivent pas chevaucher les limites de la maille 5 km x 5 km. Différents conservatoires botaniques font en sorte de ne pas faire de relevés qui chevauchent les limites communales afin de faciliter la restitution des données aux collectivités (Caze & Leblond 2017; Filoche 2015; Hivert 2008; Kessler 2022). Ce principe n'étant généralement pas trop contraignant, il est recommandé de le respecter.

Les relevés seront **localisés avec précision** au moins au 25 000^{ème}. Ils pourront être matérialisés sous forme de ponctuels, de polygones de petite superficie (pour un ordre d'idée, inférieurs à un demi hectare en milieu ouvert, un hectare en milieu boisé) ou de linéaires de longueur raisonnable (<400 mètres) selon le type de géométries gérées par les bases de données de chacun des CBN. **La géométrie cartographiée correspondra à la zone réellement prospectée** ; ainsi, si on a prospecté qu'une partie d'un bois, le polygone cartographié délimitera cette partie et n'inclura pas l'ensemble du bois. **Toute espèce d'intérêt** (espèces protégées ou menacées), espèces exotiques émergentes voire espèces très rares dans le territoire **fera l'objet d'un pointage précis**, si possible un pointage GPS, afin de pouvoir la retrouver facilement au besoin.

Recommandations complémentaires

Pour le terrain, il serait bon que les botanistes aient toujours un **grapin** sur eux pour l'inventaire des milieux aquatiques qui sont souvent sous-inventoriés dans ce type de programme (Ferreira *et al.* 2018; Van Strien *et al.* 2022). Il n'est pas possible de disposer du matériel spécifique (wadars, embarcation...) nécessaire à l'inventaire des milieux aquatiques dans le cadre de ce type d'inventaire général mais la possession d'un grapin n'est pas tellement contraignante et pourrait limiter la sous-prospection de ce groupe. Il serait bon aussi que dans les zones où il y peut y avoir des falaises, le botaniste dispose d'une paire de **jumelles** pour identifier les espèces rupicoles qui pourraient être identifiées à distance.

Afin de limiter les biais entre observateurs, il est recommandé de faire des **sessions de terrain partagées** (Morrison 2016). Ainsi, il est souhaitable que les botanistes qui participent au programme maille fassent une session commune de terrain par an entre botanistes d'un même CBN et de temps en temps avec les CBN adjacents. Cela peut permettre d'homogénéiser la façon d'appliquer le protocole sur le terrain et aussi, de partager des critères de détermination ou autre pour limiter les biais taxonomiques. Les botanistes nouvellement impliqués dans le programme devront faire plusieurs mailles avec un botaniste expérimenté sur le programme.

3.4.1. NOMBRE DE RELEVÉS PAR MAILLE

Une journée de terrain standard contient six à huit heures d'inventaire sur le terrain (exclusion du temps de transport pour se rendre sur la maille). Pour une journée d'inventaire, il est demandé de faire **huit relevés exhaustifs au minimum** (tout ce qui est déterminable lors du passage) avec des listes d'espèces assez conséquentes (au moins 20-30 espèces). Cela signifie que 200 données au minimum doivent être recueillies dans la journée ; ceci est le minimum mais un rapide test sur le jeu de données du CBN Bassin parisien montre que la médiane est de l'ordre de 375 données par journée d'inventaire. L'idée de ces relevés est de couvrir les grands types d'habitats présents pas la maille.

Il est possible d'ajuster ce principe en réalisant par exemple des relevés plus ponctuels, contenant moins d'espèces, mais d'en faire alors un plus grand nombre ; c'est même sûrement préférable pour respecter au mieux les principes de réalisation des relevés (superficie, homogénéité d'habitat...).

Dans le cas où une maille présente très peu d'habitats et est pauvre en espèces (ex : maille en plaine de grande culture), après avoir couvert la diversité des habitats présents, si on n'a pas atteint les huit relevés, on complète en réalisant plusieurs relevés dans les habitats dominants (plusieurs dans les cultures ou bords de cultures pour reprendre le même exemple).

Pour les **passages de printemps et d'automne** d'une demie journée, il sera fait *a minima* **quatre relevés lors du passage**.

Afin de bien couvrir la diversité de sa maille, **la réalisation d'un relevé ne dépassera pas 45 minutes** afin de bien répartir le temps d'inventaire entre les relevés dans les différents milieux de la maille et de ne pas consacrer trop de temps aux premiers relevés.

3.5. QUELQUES ÉLÉMENTS POUR LA GESTION DES DONNÉES

3.5.1. CRÉER UN JEU DE DONNEES SPÉCIFIQUE AU PROGRAMME

Les données récoltées par chaque CBN dans le cadre de ce dispositif devront être régulièrement centralisées au niveau national. Il est crucial que les données collectées selon ce dispositif d'échantillonnage soient bien associées à un même jeu de données commun à tous les CBN et que seuls les inventaires réalisés selon le dispositif intègrent le jeu de données.

3.5.2. NÉCESSITÉ D'UNE COORDINATION NATIONALE

Organiser l'échantillonnage

Il est fortement souhaitable que le plan d'échantillonnage soit organisé à l'échelle nationale afin de bien respecter les règles du plan d'échantillonnage. Cela simplifiera aussi la gestion des mailles qui chevaucheront les territoires de plusieurs CBN.

On peut imaginer que les mailles à prospecter pour chaque cycle de six ans soient identifiées au niveau national selon un échantillonnage systématique. De plus, il faut identifier les différents contextes liés à chaque maille : plaine et/ou montagne et/ou méditerranéen. Ensuite, l'organisation des mailles à faire pour un cycle donné pourrait être laissée à l'appréciation de chaque CBN.

Idéalement, on pourrait imaginer une plateforme web qui indique les mailles à prospecter et les contextes et qui permettent d'éditer automatiquement les cartes de base quand on sélectionne une maille à prospecter.

Centraliser les informations sur l'inventaire

Afin de s'assurer que le déploiement de l'inventaire se déroule bien, il faudra que chaque année les CBN remontent les mailles prospectées, les saisons auxquelles elles ont été prospectées, les botanistes engagés etc. La plateforme précédemment évoquée pourrait permettre de saisir ces informations de base.

Préparation des analyses

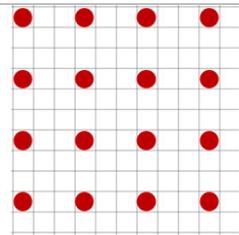
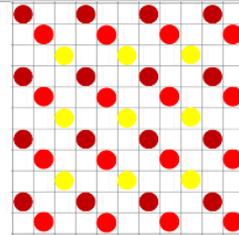
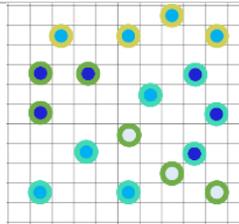
Les données floristiques devront être validées et les relevés régulièrement centralisés. Cela permettra aussi de vérifier l'homogénéité de la mise en œuvre de l'inventaire (nombre de données, nombre de relevés, nombre d'espèces contactées...).

Il faudra travailler à l'homogénéisation taxonomique des données et notamment définir des **groupes** communs à l'échelle nationale afin de gérer les espèces à taxonomie complexe. Afin de préparer les futures analyses de données, il sera aussi nécessaire de disposer d'un catalogue national avec différents descripteurs comme l'indigénat et aussi de **traits biologiques** des espèces.

3.6. EN RÉSUMÉ

Le Tableau II synthétise l'ensemble des éléments du dispositif de suivi "maille".

Tableau II : Récapitulatif du dispositif de suivi "maille". Des pictogrammes précisent si l'élément est central pour l'échantillonnage ou le protocole, en indiquant si c'est pour l'analyse des tendances temporelles par FRESALCO ou pour un autre objectif du dispositif :  : Point primordial de l'échantillonnage ou du protocole ;  Recommandation ou point important mais pouvant être adapté aux contraintes logistiques ; **F** : indique un point nécessaire pour FRESALCO ; sinon, point lié à d'autres objectifs. La dernière colonne présente un visuel schématique de l'échantillonnage ou du protocole.

Question principale	La fréquence des espèces ou de groupes d'espèces sur le territoire métropolitain varie-t-elle au cours du temps ? Le pas de temps visé du suivi temporel est de six ans.		
Méthode d'analyse envisagée	FRESALCO (<i>Frequency scaling using local occupancy</i>)		
Plan d'échantillonnage	Unité d'échantillonnage	Maille 5 km x 5 km en maillage Lambert 93	
	Spatial / cycle de 6 ans	systématique ou spatialement équilibré	  <p>● Mailles cycle 1</p>
	spatio-temporel / inter-cycle	mailles différentes entre cycles	  <p>● Cycles</p>
	Temporel / annuel	aléatoire ou systématique mais en adaptant pour les contraintes logistiques : limiter les déplacements entre les mailles	 
Observateurs	aléatoire ou systématique mais en adaptant pour les contraintes logistiques : limiter les déplacements entre les mailles	  <p>● Années ● Observateurs</p>	

	Saison+ Contexte+ Altitude	<p>*Stratification en fonction du contexte : plaine (<750m), montagne (>750m), méditerranée.</p> <p>Pour la "plaine", objectif de : 10-20% de données en saison 1, 50-60% de données en saison 2, 30-40% de données en saison 3 à obtenir selon trois <i>scenarii</i> différents à choisir selon les moyens disponibles.</p> <p>*Addition des passages si différents contextes et altitudes</p>	<p>Contextes : plaine méditerranéen montagnard <750 m >1450 m</p> <p>Saisons : : printemps, été, automne : 1 j d'inventaire terrain : temps d'accès ⊗ : en cours de test</p>
Protocole terrain	Positionnement des relevés dans la maille	Stratification par grands types d'habitats	
		Dispersion des relevés sur la maille (maximum de mailles 1K avec données)	
	Réalisation du relevé	Pas de chevauchement avec les limites de mailles et de communes	
		Relevés géolocalisés, cartographiés précisément : ponctuels, linéaires < 400 m ou polygones < 0,5ha en milieu ouvert, < 1ha en milieu fermé	
		Relevés majoritairement exhaustifs (minimum un par grand type d'habitat)	
		En option : relevés partiels ou ciblés sur des espèces à enjeux	
	Pression d'inventaire	Notation taxonomique la plus juste possible	
		Une journée = 6 à 8h de terrain effectif	
		Huit relevés exhaustifs minimum par journée soit plus de 200 données/jour	
	Recommandations	Disposer d'un grapin pour les milieux aquatiques et de jumelles pour les falaises	<p style="text-align: right;">© nhbs.com</p>

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La présente proposition d'un dispositif de suivi de la flore vasculaire française aborde tous les aspects du dispositif des hypothèses et variables étudiées, à la stratégie d'échantillonnage, au protocole et aux méthodes d'analyse des données. Un certain nombre de points restent encore à préciser pour finaliser le plan d'échantillonnage et le protocole. L'effort minimal d'échantillonnage global (proportion de mailles à inventorier par cycle de six ans) est à conforter par des tests ainsi que la pression d'échantillonnage par saison. Des tests terrain permettront de compléter la stratégie d'échantillonnage en fonction des saisons dans le domaine méditerranéen. Enfin, une déclinaison pour l'Outre-mer est engagée en 2024. Un enjeu est aussi d'assurer le déploiement opérationnel de ce dispositif : aussi des travaux seront lancés prochainement pour définir la gouvernance du projet et mettre en place un outil de suivi du déploiement du dispositif.

Pour l'analyse de données, il serait très intéressant d'étudier la possibilité de compléter le jeu de données issues du dispositif "maille" par les autres jeux de données des CBN afin de voir si l'ajout de ces derniers permet de gagner en précision ou au contraire biaise les tendances temporelles. Pour le protocole, il serait intéressant de quantifier et qualifier les biais observateurs sur le jeu de données obtenu à partir de ce dispositif afin de proposer des recommandations et outils pour les limiter.

Le projet actuel pour analyser les données issues de ce dispositif "maille" est d'utiliser la méthode FRESCALO. Néanmoins, il n'est pas exclu que d'autres perspectives s'ouvrent. Si les biais dans les données s'avèrent faibles (pression d'échantillonnage relativement homogène entre territoires et périodes temporelles), il n'est pas exclu de pouvoir utiliser des modèles de régression plus classiques (GLM, modèles mixtes...) sur les taux relatifs d'occurrences d'espèces entre périodes (*reporting rate*). Il est aussi possible que s'ouvrent des perspectives pour le couplage entre des jeux de données protocolés et le jeu de données en perspectives (Koshkina *et al.* 2017; Boersch-Supan & Robinson 2021).

BIBLIOGRAPHIE

- AUBRY P., QUAINTE G., DUPUY J., FRANCESIAZ C., GUILLEMAIN M. & CAIZERGUES A. 2023. — On using stratified two-stage sampling for large-scale multispecies surveys. *Ecological Informatics* 77: 102229. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102229>
- AUFFRET A.G. & SVENNING J.-C. 2022. — Climate warming has compounded plant responses to habitat conversion in northern Europe. *Nature Communications* 13 (1): 7818. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35516-7>
- BERGES C. 2016. — Inventaire général de la flore vasculaire N°09. p. 16. (Les fiches techniques du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées). p. 16. https://doctech.cbnpmp.fr/Fiche-technique/009_Inventaire-general_Flore-vasculaire_2016.pdf
- BIJLSMA R. 2013. — The estimation of species richness of Dutch bryophytes between 1900 and 2011 - documentation of VBA-procedures based on the Frescalo program p. 44.
- BLOCKEEL T.L., BOSANQUET S.D.S. & PRESTON C. 2014. — *Atlas of British and Irish Bryophytes*. Pisces Publications. 1250 p.
- BOERSCH-SUPAN P.H. & ROBINSON R.A. 2021. — Integrating structured and unstructured citizen science data to improve wildlife population monitoring: 2021.03.03.431294. <https://doi.org/10.1101/2021.03.03.431294>
- BOWLER D.E., CALLAGHAN C.T., BHANDARI N., HENLE K., BENJAMIN BARTH M., KOPPITZ C., KLENKE R., WINTER M., JANSEN F., BRUELHEIDE H. & BONN A. 2022. — Temporal trends in the spatial bias of species occurrence records. *Ecography* 2022 (8): e06219. <https://doi.org/10.1111/ecog.06219>
- BOYD R.J., BOWLER D.E., ISAAC N.J.B. & PESCOTT O. 2023. — On the trade-off between accuracy and spatial resolution when estimating species occupancy from biased samples. <https://doi.org/10.32942/X2KK61>
- BOYD R.J., POWNEY G.D. & PESCOTT O.L. 2023. — We need to talk about nonprobability samples. *Trends in Ecology & Evolution* 38 (6): 521–531. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2023.01.001>
- BROWN E.D. & WILLIAMS B.K. 2019. — The potential for citizen science to produce reliable and useful information in ecology. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology* 33 (3): 561–569. <https://doi.org/10.1111/cobi.13223>
- CAZE G. & LEBLOND N. 2017. — L'inventaire systématique de la flore vasculaire en Nouvelle-Aquitaine. Colloque « La cartographie de la flore, un outil au service des politiques publiques de la biodiversité » - Session 1 - La cartographie floristique en réseau et la connaissance des aires de répartition, 7 juin 2017, Nantes (France). https://obv-na.fr/ofsa/ressources/8_docs/2019-06-07-Inventaire_de_la_flore_en_Nouvelle-Aquitaine_v1.0-Allège.pdf
- CHEN G., KERY M., PLATTNER M., MA K. & GARDNER B. 2013. — Imperfect detection is the rule rather than the exception in plant distribution studies. *Journal of Ecology* 101 (1): 183–191. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12021>
- CONSERVATOIRE BOTANIQUE NATIONAL DU BASSIN PARISIEN 2018. — Les couches d'informations du Conservatoire botanique national du Bassin parisien - Les cartes des continuités écologiques d'Île-de-France, Version du 12/06/2018.
- DENNIS R.L.H. & THOMAS C.D. 2000. — Bias in Butterfly Distribution Maps: The Influence of Hot Spots and Recorder's Home Range. *Journal of Insect Conservation* 4 (2): 73–77. <https://doi.org/10.1023/A:1009690919835>
- DUUREN L.V., MEIJ T.V.D., VEEN M.V. & BREMER P. 2007. — MONITORING VEGETATION CHANGE IN THE NETHERLANDS. *Annali di Botanica* 7. <https://doi.org/10.4462/annbotrm-9093>
- DYLEWSKI S. 2023. — Contribution à la connaissance de l'évolution diachronique de la flore sauvage des Hauts-de-France Rapport de stage de Master 2 ENGB. *Conservatoire botanique national de Bailleul*. p. 40 + annexes.

- EICHENBERG D., BOWLER D.E., BONN A., BRUELHEIDE H., GRESCHO V., HARTER D., JANDT U., MAY R., WINTER M. & JANSEN F. 2021. — Widespread decline in Central European plant diversity across six decades. *Global Change Biology* 27 (5): 1097–1110. <https://doi.org/10.1111/gcb.15447>
- FERREIRA L., RAMBAUD M. & FERNEZ T. 2018. — Programme d’inventaire des macrophytes et des végétations associées du bassin de la Seine, *Conservatoire botanique national du Bassin parisien*. p. 48 + annexes. <https://hal.science/hal-01915483>
- FILOCHE S. 2015. — Le protocole d’inventaire maille du Conservatoire botanique national du Bassin parisien Conservatoire botanique national du Bassin parisien. *Conservatoire botanique national du Bassin parisien*. p. 10. <https://cbnbp.mnhn.fr/cbnbp/cbnbp/telechargement/Protocole%20maille%20CBNBP%202015.pdf>
- GELDMANN J., HEILMANN-CLAUSEN J., HOLM T.E., LEVINSKY I., MARKUSSEN B., OLSEN K., RAHBEK C. & TØTTRUP A.P. 2016. — What determines spatial bias in citizen science? Exploring four recording schemes with different proficiency requirements, in LEUNG B. (ed.). *Diversity and Distributions* 22 (11): 1139–1149. <https://doi.org/10.1111/ddi.12477>
- GILLINGS S. 2008. — Designing a winter bird atlas field methodology: issues of time and space in sampling and interactions with habitat. *Journal of Ornithology* 149 (3): 345–355. <https://doi.org/10.1007/s10336-008-0286-x>
- GROOM Q., WALKER K. & MCINTOSH J. 2011. — BSBI Recording the British and Irish flora 2010-2020 Annex 1: Guidance on sampling approaches Botanical Society of the British Isles. p. 9.
- HILL M.O. 2012. — Local frequency as a key to interpreting species occurrence data when recording effort is not known. *Methods in Ecology and Evolution* 3 (1): 195–205. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00146.x>
- HILL M.O. & PRESTON C.D. 2015. — Disappearance of boreal plants in southern Britain: habitat loss or climate change? *Biological Journal of the Linnean Society* 115 (3): 598–610. <https://doi.org/10.1111/bij.12500>
- HIVERT J. 2008. — Atlas de la flore vasculaire de la Réunion - AFLORUN - Notice méthodologique. *Conservatoire botanique national de Mascarin*. 20 p. + annexes.
- HODGSON J.G. 2003. — Change the change index? *BSBI News* 93: 44–47
- ISAAC N.J.B., STRIEN A.J. VAN, AUGUST T.A., ZEEUW M.P. DE & ROY D.B. 2014. — Extracting robust trends in species’ distributions from unstructured opportunistic data: a comparison of methods: 006999. <https://doi.org/10.1101/006999>
- JOHNSTON A., MATECHOU E. & DENNIS E.B. 2023. — Outstanding challenges and future directions for biodiversity monitoring using citizen science data. *Methods in Ecology and Evolution* 14 (1): 103–116. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13834>
- JUST A., GOURVIL J., MILLET J., BOULLET V., MILON T., MANDON I. & DUTREVE B. 2015. — SIFlore, a dataset of geographical distribution of vascular plants covering five centuries of knowledge in France: Results of a collaborative project coordinated by the Federation of the National Botanical Conservatories. *PhytoKeys* 56: 47–60. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.56.5723>
- KESSLER F. 2022. — Stratégie d’inventaires de la flore vasculaire sur le territoire d’agrément du CBN Massif central. *Conservatoire botanique national du Massif central / Région Auvergne-Rhône-Alpes*. p. 43 + annexes.
- KOSHKINA V., WANG Y., GORDON A., DORAZIO R.M., WHITE M. & STONE L. 2017. — Integrated species distribution models: combining presence-background data and site-occupancy data with imperfect detection. *Methods in Ecology and Evolution* 8 (4): 420–430. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12738>
- KUUSSAARI M., HELIÖLÄ J., PÖYRY J. & SAARINEN K. 2007. — Contrasting trends of butterfly species preferring semi-natural grasslands, field margins and forest edges in northern Europe. *Journal of Insect Conservation* 11 (4): 351–366. <https://doi.org/10.1007/s10841-006-9052-7>

- LATOUR J. & VAN SWAAY C. 1992. — Dagvlinders als indicatoren voor de regionale milieukwaliteit. *De Levende Natuur* 93 (1): 19–22
- MACKENZIE D.I., NICHOLS J.D., ROYLE J.A. & POLLOCK K.H. 2018. — *Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence*. London, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Academic Press,. xxiii+641 p.
- MARCON É. 2022. — Mesures de la Biodiversité. Available from <https://ericmarcon.github.io/MesuresBioDiv2/chap-MesuresNeutres.html#indice-de-simpson> [accessed 3 November 2023]
- MARTIN G., DEVICTOR V., MOTARD E., MACHON N. & PORCHER E. 2019. — Short-term climate-induced change in French plant communities. *Biology Letters* 15 (7). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2019.0280>
- MORRISON L.W. 2016. — Observer error in vegetation surveys: a review. *Journal of Plant Ecology* 9 (4): 367–379. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtv077>
- PERRET J., BESNARD A., CHARPENTIER A. & PAPUGA G. 2023. — Plants stand still but hide: Imperfect and heterogeneous detection is the rule when counting plants. *Journal of Ecology* 111 (7): 1483–1496. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14110>
- 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 (12): 2743–2756. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14015>
- PERRIAT F., VALLET J. & FILOCHE S. 2019. — Définition d'une trame verte et bleue dans le Val d'Oise - rapport final 2019. *Conservatoire botanique national du Bassin parisien*. p. 162. <https://hal.science/hal-03411449v1>
- PESCOTT O.L., STROH P.A., HUMPHREY T.A. & WALKER K.J. 2022. — Simple methods for improving the communication of uncertainty in species' temporal trends. *Ecological Indicators* 141: 109117. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109117>
- PESCOTT O.L., HUMPHREY T.A., STROH P.A. & WALKER K.J. 2019. — Temporal changes in distributions and the species atlas: How can British and Irish plant data shoulder the inferential burden? *British & Irish Botany* 1 (4): 250–282. <https://doi.org/10.33928/bib.2019.01.250>
- PESCOTT O.L., SIMKIN J.M., AUGUST T.A., RANDLE Z., DORE A.J. & BOTHAM M.S. 2015. — Air pollution and its effects on lichens, bryophytes, and lichen-feeding Lepidoptera: review and evidence from biological records. *Biological Journal of the Linnean Society* 115 (3): 611–635. <https://doi.org/10.1111/bij.12541>
- PESCOTT O.L., WALKER K.J., HARRIS F., NEW H., CHEFFINGS C.M., NEWTON N., JITLAL M., REDHEAD J., SMART S.M. & ROY D.B. 2019. — The design, launch and assessment of a new volunteer-based plant monitoring scheme for the United Kingdom. *PLOS ONE* 14 (4): e0215891. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215891>
- PRESTON C.D. & HILL M.O. 2019. — *Cambridgeshire's Mosses and Liverworts*. Pisces Publications.
- ROBERTSON M.P., CUMMING G.S. & ERASMUS B.F.N. 2010. — Getting the most out of atlas data. *Diversity and Distributions* 16 (3): 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00639.x>
- ROY H., POCOCK M., PRESTON C., ROY D., SAVAGE J., TWEDDLE J. & ROBINSON L. 2012. — Understanding Citizen Science and Environmental Monitoring: Final Report on Behalf of UK Environmental Observation Framework *NERC Centre for Ecology and Hydrology and Natural History Museum*. p. 179.
- SCHERRER D., BÜRGI M., GESSLER A., KESSLER M., NOBIS M.P. & WOHLGEMUTH T. 2022. — Abundance changes of neophytes and native species indicate a thermophilisation and eutrophication of the Swiss flora during the 20th century. *Ecological Indicators* 135: 108558. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108558>
- SOLDAAT L.L., PANNEKOEK J., VERWEIJ R.J.T., VAN TURNHOUT C.A.M. & VAN STRIEN A.J. 2017. — A Monte Carlo method to account for sampling error in multi-species indicators. *Ecological Indicators* 81: 340–347. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.033>

SORDELLO R., BERTHEAU Y., COULON A., JEUSSET A., OUEDRAOGO D.Y., VANPEENE S., VARGAC M., VILLEMAY A., WITTE I., REYJOL Y. & TOUROULT J. 2019. — Les protocoles expérimentaux en écologie. Principaux points clefs report. *PatriNat (AFB-CNRS-MNHN)*. p. 32. <https://mnhn.hal.science/mnhn-04256506>

STROH P.A., WALKER K.J., HUMPHREY T.A., PESCOFF O.L. & BURKMAR R.J. 2023. — *Plant atlas 2020: mapping changes in the distribution of the British and Irish flora*. Princeton, Princeton University Press.

STROH P., LEACH S., AUGUST T.A., WALKER K., PEARMAN D., RUMSEY F., HARROWER C., FAY M., MARTIN J., PANKHURST T., PRESTON C. & TAYLOR I. 2014. — A vascular plant red list for England. *Botanical Society of Britain and Ireland*, Bristol. p. 182 + annexe. https://bsbi.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/England_Red_List_1.pdf

TELFER M.G., PRESTON C.D. & ROTHERY P. 2002. — A general method for measuring relative change in range size from biological atlas data. *Biological Conservation* 107 (1): 99–109. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00050-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00050-2)

THOMAS C.D. & ABERY J.C.G. 1995. — Estimating rates of butterfly decline from distribution maps: The effect of scale. *Biological Conservation* 73 (1): 59–65. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(95\)90065-9](https://doi.org/10.1016/0006-3207(95)90065-9)

VAN DAM-BATES P., GANSELL O. & ROBERTSON B. 2018. — Using balanced acceptance sampling as a master sample for environmental surveys. *Methods in Ecology and Evolution* 9 (7): 1718–1726. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13003>

VAN STRIEN A.J., VAN SWAAY C.A.M. & TERMAAT T. 2013. — Opportunistic citizen science data of animal species produce reliable estimates of distribution trends if analysed with occupancy models. *Journal of Applied Ecology* 50 (6): 1450–1458

VAN STRIEN A.J., VAN ZWEDEN J.S., SPARRIUS L.B. & ODE B. 2022. — Improving citizen science data for long-term monitoring of plant species in the Netherlands. *Biodiversity and Conservation* 31 (11): 2781–2796. <https://doi.org/10.1007/s10531-022-02457-y>

WALKER K., STROH P., HUMPHREY T., ROY D., BURKMAR R. & PESCOFF O. 2023. — Britain's changing flora: a summary of the results of Plant Atlas 2020. *Botanical Society of Britain and Ireland*, Durham. p. 32. <https://bsbi.org/download/36126/>

5. REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pu avoir lieu sans les fructueux échanges avec le CESCO et le CEH initiés avec la bourse d'échange du programme Alliance France pour une collaboration France / Grande-Bretagne (2021-2022) - Une évaluation croisée entre pays des changements des communautés végétales sous l'effet des changements globaux. Alors merci Gabrielle, Emmanuelle, Oliver, Robin mais aussi François, Mathilde, j'espère que notre collaboration se poursuivra encore longtemps. A special thank to Oliver to share your Frescalo scripts with me Un merci tout particulier à Oliver pour le partage des scripts liés à FRESCALO and for having the patience to explain me statistics in English!

ANNEXE 1 : LISTE DES PARTICIPANTS AUX RÉUNIONS DU PROJET

Réunion du 9 mars 2023

OFB Jérôme Millet
OFB Johan Gourvil
OFB Pierre Piveteau
CBN BP Jeanne Vallet
CBN BP Olivier Bardet
CBN BP Sébastien Filoche
CBN BL Sarah Dylewski
CBN BL Jean-Michel Lecron
CBN BL Benoît Toussaint
CBN BL Julien Buchet
CBN PMP Christophe Bergès
CBN PMP Gilles Corriol
CBN SA Jean-Claude Abadie
CBN SA Grégory Caze
CBN SA Rémi David
CBN A Gilles Pache
CBN A Jérémie Van Es
CBN A Sylvain Abdulhak
CBN FC Yorick Ferrez
CBN FC Julien Guyonneau
CBN Mas Frederic Picot
CB AL Julie Nguefack
CBN B Fabien Dortel
CBN B Julien Geslin
CBN B Christophe Bougault
CBN B Sylvie Magnanon
CBN MC Benoît Renaux
CBN MC Jacques-Henri Leprince

Réunion du 13 décembre 2023

OFB Jérôme Millet
OFB Johan Gourvil
OFB Valentine Ouroux
CBN BP Jeanne Vallet
CBN BP Olivier Bardet
CBN BP Sébastien Filoche
CBN BP Jordane Cordier
CBN BL Jean-Michel Lecron
CBN BL Julien Buchet
CBN PMP Christophe Bergès
CBN PMP Gilles Corriol
CBN PMP Anne-Sophie Rudi-Dencausse
CBN SA Jean-Claude Abadie
CBN SA Grégory Caze
CBN SA Rémi David
CBN A Sylvain Abdulhak
CBN A Gilles Pache
CBN FC Yorick Ferrez
CBN Mas Frédéric Picot
CBN B Sylvie Magnanon
CBN B Paol Kerinec
CBN B Christophe Bougault
CBN B Fabien Dortel
CBN Med Olivier Argagnon
CBN MC Nicolas Guillaume
CBN MC Benoît Renaux
CBN C Alain Delage
CBN C Laetitia Hugot

Acronymes des structures :

OFB : Office française de la biodiversité ; CBN : Conservatoire botanique national ; CB : Conservatoire botanique.
A : Alpin ; AL : Alsace-Lorraine ; B : Brest ; BL : Bailleul ; BP : Bassin parisien ; C : Corse ; FC : Franche-Comté ; Mas : Mascarin ; MC : Massif central ; Med : Méditerranée ; PMP : Pyrénées Midi-Pyrénées ; SA : Sud-Atlantique.

ANNEXE 2 : RÉSULTAT DE L'ENQUÊTE SUR LES INVENTAIRES "MAILLE" POUR LA FLORE VASCULAIRE DANS LES DIFFÉRENTS CONSERVATOIRES BOTANIQUES NATIONAUX

	CBNBP	CBNFC	CBNA	CBNSA	CBNMed	CBNPMP	CBNC	CBNBL	CBNMas	CBNMC
Existe-t'il un protocole spécifique pour l'inventaire "Type atlas" ?	Oui	Oui	Oui	Oui NB : le protocole évoqué ici concerne celui mis en place pour la première vague d'inventaire du TAG. Contrairement à la plupart des autres CBN il n'y a pas encore d'inventaire permanent au CBNSA (en cours de calage).	Non : nous avons un objectif d'exhaustivité de l'inventaire sur la base d'une maille (type atlas) mais pas de protocole véritablement spécifique. Je répond toutefois aux questions suivantes mais il faut garder en tête que cela ne se déploie pas de manière systématique et que nous faisons varier la pression d'échantillonnage selon les secteurs géographiques et la diversité en présence en priorisant les mailles sous-inventoriées sur la base d'une estimation de la complétude (indicateur non paramétrique).	oui	Non	Non	Oui	OUI
Quel est le territoire d'application de ce protocole ?	Territoire d'agrément du CBNBP (IDF, CVL, BOU, CHA)	TAG CBNFC (Doubs, Jura, Haute-Saône, Territoire de Belfort)	TAG CBNA	TAG CBNSA (=Poitou-Charentes + Aquitaine hors massif Pyrénéen)	TAG	TAG CBNPMP	TAG	TAG	Réunion	TAG CBNMC

	CBNBP	CBNFC	CBNA	CBNSA	CBNMed	CBNPMP	CBNC	CBNBL	CBNMas	CBNMC
Depuis quand est-il en place ?	2015 (parfois un peu plus tôt selon les régions)	2004	environ 2004	<p>Première vague d'inventaire menée de façon quasi-synchrone à partir de 2014 dans six départements (24, 33, 40, 47, 64 et 16). Lancement des inventaires dans les trois départements restant (16, 79, 86) en 2020. Chaque département ayant vocation à faire l'objet d'une première couverture en cinq années.</p> <p>NB : Protocole d'inventaire permanent en cours de calage et déployé au cours des prochaines années dans les départements ayant déjà fait l'objet d'un premier inventaire</p>	années 2003-2005	Premiers tests en 2005, protocole publié en 2016	2003	2021 (test) ; extension à partir de 2022	<p>2004-2005 : tests methodo et terrain. 2006-2008 : Application sur les différents étages de végétation (affinage du temps moyen nécessaire au sondage d'une maille en fonction des grands types de milieu). 2009-2011 : Atlas de l'étage altimontain (secteur oligotherme, alt. > 1800m, 272 mailles). 2012 : Valorisation des données de l'Atlas de l'étage altimontain.</p>	<p>2003/2013 (version historique) 2022-2023 : version améliorer en phase de test</p>
Quelle est l'unité d'échantillonnage ? (préciser la projection)	5 x 5 km (Lambert 93)	5 x 5 km (Lambert 93)	5 x 5 km (L93 - INPN)	5 x 5 km (Lambert 93)	5 km	5x5 km	Zone géographique	UTM 5 km × 5 km	Maille de 1x1 km (RGR92/UTM zone 40S)	5x5 km Lambert 93

	CBNBP	CBNFC	CBNA	CBNSA	CBNMed	CBNPMP	CBNC	CBNBL	CBNMas	CBNMC
<p>Quelle est l'organisation spatiale du plan d'échantillonnage ? (= choix des mailles prospectées chaque année)</p>	<p>Systématique (choix systématique de la maille nord-ouest au sein du réseau de mailles 10x10 km) ou mix entre systématique et mailles déficitaires. Dans les deux cas, l'objectif est d'avoir chaque année des mailles bien réparties sur l'ensemble de chaque région.</p>	<p>Systématique, toutes les mailles (720) ont été prospectées au moins une fois. Une prospection = 1 journée de 10 h en visant d'observer au moins 250 taxons.</p>	<p>Plan d'échantillonnage CBNA: Ensemble des mailles du Territoire d'agrément. Analyse de la diversité taxonomique des mailles. Répartition sur l'ensemble du territoire en visant un diversité floristique d'environ 300 taxon par maille de 5km et 500 taxons par maille de 10km. Seuils de taxons fonctions de l'altitude: - 0-500 (+200 taxons), - 500-1800m (+300 taxons), - >1800m (+190 taxons).</p> <p>Une prospection = 1 journée de 10 h en recherchant la diversité taxonomique en parcourant un maximum d'habitats différents dans la maille.</p>	<p>Organisation par département. Passage dans toutes les mailles de chaque département à raison de 2,5 jours par maille. Pour des raisons pragmatique (économie de temps et de moyen), et afin de mieux appréhender les enjeux à l'échelle d'entités suffisamment vastes (ex : vallées) les mailles échantillonnées une année données sont regroupées en "blocs" de plusieurs mailles contigues. Dans le protocole d'inventaire permanent, restant à définir, temps à revoir probablement à la baisse.</p>	<p>mailles les plus déficitaires sur la base de l'évaluation de la complétude de l'inventaire estimée depuis 2000.</p>	<p>systématique, avancées en fonction des partenariat financiers locaux (départements 65 et 64 couverts, Massif central de Midi-Pyrénées en cours)</p>	<p>Les prospections se font en fonction des données manquantes sur la base de données Siméthis et des besoins ponctuels (études diverses)</p>	<p>Les prospections sont orientées sur les mailles présentant les données les plus anciennes. Des prospections thématiques par biotopes peuvent également compléter le dispositif (par exemple à la faveur de programme complémentaire sur les cours d'eau).</p>	<p>En théorie l'ensemble des mailles Etage altimontain : 272/287 mailles (95%). Echelle de l'île : 660/2641 mailles (25%)</p>	<p>Historiquement toute les mailles par département. Nouvelle version tirage d'un nombre X en fonction de critères (ancienneté, nombre de taxons, nombre d'informations floristiques, etc.).</p>
<p>Quelle est l'organisation temporelle du plan d'échantillonnage ? (La stratégie d'échantillonnage intègre-t-elle une dimension saisonnière ?)</p>	<p>En théorie, on évite de faire deux mailles proches à la même saison. L'objectif est qu'une petite région naturelle soit inventoriée à toutes les saisons.</p>	<p>En essayant de les répartir sur l'ensemble du territoire dans la mesure du possible. On en est dans le deuxième passage et ce sont les mailles dans lesquelles les données sont les plus vieillissantes qui sont revues prioritairement avec</p>	<p>Pression d'inventaire: 1j en plaine 2 j en montagne (lié aux difficultés d'accès). Passage vernal ou automnale sur certaine mailles. Les données de plus de 20 ans (<2000) sont considérés comme obsolètes. Jusqu'en 2010, le</p>	<p>Pour la première vague d'inventaires les 2,5 j fléchés pour chaque maille sont à répartir en quatre passages.</p>	<p>pas spécialement</p>	<p>oui, trois passages saisonniers</p>	<p>Les prospections sont réalisées toute l'année majoritairement du printemps à l'automne selon les milieux et altitudes</p>	<p>Pour chaque maille il est prévu un passage pour la flore vernale (mars-avril) et un pour la flore estivale (juin-juillet) à tardi-estivale (août-septembre).</p>	<p>Tout au long de l'année, pas de saisons spécifiques privilégiées.</p>	<p>3 passages un printemps (1/2 jr), un été (1 jr) et un automne (1/2 jr).</p>

	CBNBP	CBNFC	CBNA	CBNSA	CBNMed	CBNPMP	CBNC	CBNBL	CBNMas	CBNMC
		l'objectif d'avoir en permanence des données datant de moins de 20 ans au moins pour 250 taxons dans chaque maille. On a des programmes spécifiques en plus pour compenser l'aspect saisonnier comme un "observatoire" des plantes vernaies qui reposent surtout sur les bénévoles.	CBNA déployait systématiquement ce type d'inventaire. Depuis 2010, ce protocole standardisé a été abandonné, faute de moyen et du fait de la recherche de nouvelles sources de financements (programmes européens, prestations diverses). Quelques programmes permettent d'exercer une pression d'inventaire moindre (ZNIEFF, inventaires dans le cadre des listes rouges, inventaires pour les régions et départements). Au CBNA on considère donc qu'avant 2010 on disposait d'un inventaire standardisé sur l'ensemble du territoire et relativement à jour. Depuis 12 ans nous observons une obsolescence des données.							

	CBNBP	CBNFC	CBNA	CBNSA	CBNMed	CBNPMP	CBNC	CBNBL	CBNMas	CBNMC
Echantillonnage stratifié : Est-ce que l'inventaire concerne tous les grands types de milieux/biotopes présents dans la maille ou bien seulement les milieux/biotopes à enjeux ?	Tous les grands types de milieux	Tous les grands types de milieux	Tous les grands types de milieux	Tous les grands types de milieux présents dans chacune des mailles (y compris les plus banals...), en réservant, dans la mesure du possible, un peu de temps aux milieux à enjeux.	En théorie mais la diversité, le relief et l'accessibilité limitent beaucoup l'approche dans la pratique : sauf à y passer plusieurs jours	tous les habitats sont échantillonnés	Les prospections concernent les milieux représentatifs ainsi que les milieux potentiellement porteurs	Dans chaque maille, le prospecteur doit parcourir l'ensemble des grands types de biotopes et réaliser au moins un point d'inventaire par grand type de biotope (bois de plateau, bois de pente, marais, prairies, pelouse, rivière, cultures, village...). Dans la mesure du possible, un sur-échantillonnage des grands types de biotopes potentiellement porteurs d'enjeux floristiques (marais, coteaux...) sera effectué.	Ensemble des milieux/biotopes présents à l'exception des zones urbaines denses	Tous les types, par grands types de milieux
Les relevés sont-ils géolocalisés au sein de la maille ?	Oui : pointage (GPS), polygone ou linéaire	Oui : pointage sur carte ou GPS.	Oui : pointage sur carte (<2000) ou GPS (>2000).	Oui : <i>a minima</i> pointage GPS, pouvant être ensuite précisé sous forme de polygone ou de linéaire	oui : gps	oui	Oui (pointage GPS)	Oui (pointage GPS ou polygone de surface limitée)	Oui, tracking gps (polyligne) représentant le parcours de prospection/inventaire (fond de la flore) + point GPS (complément ponctuel pour des taxons non vus lors du tracking)	oui, pointage au GPS pour les plus récents

	CBNBP	CBNFC	CBNA	CBNSA	CBNMed	CBNPMP	CBNC	CBNBL	CBNMas	CBNMC
Chaque grand type de milieu fait-il l'objet d'un relevé exhaustif ou d'un relevé partiel (seules les espèces nouvelles sont notées à chaque relevé) ?	relevés exhaustifs exclusivement	Seules les nouvelles espèces sont notées à chaque fois (exception faite des patrimoniales ou des rares)	Le habitats rares ou patrimoniaux font généralement l'objet d'un relevé exhaustif ou phytosociologique. La majorité des relevés de la maille concerne des relevés partiels. Toutes les espèces sont notées, mais l'objectif est d'avoir une certaine exhaustivité taxonomique de la maille, donc c'est une question de compromis entre intérêt patrimonial flore-habitat et exhaustivité floristique.	Pas nécessairement : l'exhaustivité est visé à l'échelle de la maille de 5 x 5 km. Le fait de faire un relevé exhaustif ou non est laissé à l'appréciation des botanistes qui choisissent l'une ou l'autre option en fonction des espèces déjà notées dans la mailles, du temps restant, ou de l'intérêt des milieux visités. Pour une maille donnée on trouve ainsi classiquement quelques inventaire exhaustifs, auxquels s'ajoutent des inventaires moins complets et de simples pointages complémentaires.	idéalement des relevés exhaustifs (sauf répétitions dans le même milieu)	Relevés partiels ou exhaustifs	Relevés exhaustifs	Chaque grand type de milieu fait l'objet d'un relevé des principales espèces caractéristiques et des espèces non encore détectées au cours du même cycle d'inventaire dans la maille.	Relevé exhaustif	Relevé exhaustif par grands types de milieux, relevé non exhaustif ici ou là entre les grands milieux
Qui réalise les relevés ?	Très majoritairement le personnel du CBNBP (+ 2 à 3 botanistes correspondants de très bon niveau et prêts à respecter le protocole)	Botanistes du CBNFC et bénévoles surtout sur la première phase, moins maintenant.	Botanistes du CBNA. Les données issues des réseaux de botanistes professionnels ou amateur (SINP régional) viennent compléter l'inventaire	Botanistes du CBNSA dans leur majeure partie.	Botanistes	exclusivement personnel du CBNPMP	Botaniste du CBNC	Botanistes du CBNBL	Botanistes du CBNMas	Botanistes du CBNMC

	CBNBP	CBNFC	CBNA	CBNSA	CBNMed	CBNPMP	CBNC	CBNBL	CBNMas	CBNMC
<p>Quelle est la périodicité : unique, récurrent ou mixte ? Quel est le taux de renouvellement visé de l'inventaire ?</p>	<p>- unique : 20 à 35 ans pour faire toutes les mailles d'une région en fonction de sa taille et des moyens disponibles. - Un taux minimal est assuré par des financements liés à l'agrément (stabilité de moyens dans le temps) et ensuite des compléments peuvent être apportés par d'autres financements (collectivités) mais qui ne sont ni constants ni permanents.</p>	<p>On vise une périodicité de 20 ans.</p>	<p>On vise une périodicité de 20 ans.</p>	<p>Périodicité non encore définie</p>	<p>non définie réellement</p>	<p>Non fixé, une partie du territoire reste à inventorier comme premier passage</p>	<p>Unique</p>	<p>Période de 20 ans</p>	<p>Programme d'inventaire stoppé. 1 cycle entier uniquement sur l'étage altimontain. Pour rappel : Etage altimontain : 272/287 mailles (95%). Echelle de l'île : 660/2641 mailles (25%)</p>	<p>Voir critères de tirages avec un nombre de mailles minimal dédiés par an</p>
<p>Quel est le nombre de jour/maille (durée en heures min. et max.) ?</p>	<p>Une journée minimum obligatoire (6 à 8h) correspondant au JDD Maille TAG ; selon les régions et enjeux, un second passage est fait (JDD Complément maille)</p>	<p>Une journée minimum la plupart du temps 10 h y compris le transport pour les pros souvent beaucoup plus pour les bénévoles.</p>	<p>Journée = 10h officiellement. A cela s'ajoute la saisie des données (1 à 2h/j), leur correction(0.5h/j), la détermination et gestion de l'herbier (1h/j). Soit environ 13h/j.</p>	<p>2,5jours/maille lors du premier inventaire</p>	<p>1 passage = 1 j;..h+0.5 de saisie-traitement, déterminations ; temps nécessaire variable selon les mailles</p>	<p>de 13h à 21h fonction de la topographie, plus les temps de déplacements pour s'y rendre</p>	<p>Variable en fonction des mailles et de leur hétérogénéité géographique et écologique</p>	<p>Hauts-de-France : nb maille 5x5 km : 1 407 ; Nb jours/maille : 3 (inclus détermination) ; soit sur 20 ans : 4 221 j / 20 ans soit 211 j par an Normandie orientale : nb mailles 5x5 km : 566. Prospections envisagées sur 10 ans (57/an).</p>	<p>En moyenne 2 jours/hommes par maille (1 binôme pour des raisons de sécurité et d'efficacité).</p>	<p>2 jrs</p>

	CBNBP	CBNFC	CBNA	CBNSA	CBNMed	CBNPMP	CBNC	CBNBL	CBNMas	CBNMC
A quelle période est réalisé l'inventaire ?	15 avril - 15 octobre (avec une concentration possible entre le 15 mai et le 15 juillet)	entre le 15 mai et le 30 septembre	entre le 15 mai et le 30 septembre. Pic d'activité mi mai-Juin-Juillet-mi Août	15 mars au 30 novembre. Quatre saisons phénologiques distinguées durant cet interval correspondant à quatre passages : - pré-vernale : du 1er mars au 20 avril - vernale : du 21 avril au 20 juin - estivale : du 21 juin au 31 août - automnale : du 1er sept au 30 nov.	variable selon altitude : idéalement entre avril et juin	entre le 15 mars et le 30 octobre principalement	Les prospections sont réalisées toute l'année majoritairement du printemps à l'automne	Prospections réalisées eu printemps (vernales) et en été (estivales et tardi-estivales)	Toute l'année	printemps été automne
Répartition des relevés dans la maille	- Inventaire du fond floristique des grands types de milieux. Choix de l'emplacement des relevés sur la base des fonds cartographiques standards. On cherche à répartir les relevés dans l'ensemble de la maille 5 x 5 km (avoir le plus possible de mailles 1 x 1 km avec au moins un relevé) - Inventaires ciblés sur les milieux ou espèces à enjeux choisis en partie en fonction des connaissances floristiques et phytosociologiques pré-existantes.	- Inventaire du fond floristique des grands types de milieux. Choix de l'emplacement des relevés sur la base des fonds cartographiques standards. On cherche à répartir les relevés dans l'ensemble de la maille 5 x 5 km - Inventaires ciblés sur les milieux ou espèces à enjeux choisis en partie en fonction des connaissances floristiques et phytosociologiques pré-existantes.	- Inventaire du fond floristique des grands types de milieux. Choix de l'emplacement des relevés sur la base de l'itinéraire dans la maille (souvent un dénivelé important dans les Alpes, donc montée+descente). On cherche à répartir les relevés dans l'ensemble de la maille 5 x 5 km en passant par une grande diversité d emilieux - A cela s'ajoute les inventaires ciblés sur les milieux ou espèces à enjeux choisis en partie en fonction des connaissances floristiques et phytosociologiques pré-existantes.	Répartis de manière à échantillonner le maximum de milieux, et à couvrir le maximum de mailles de 1 x 1 km.	selon accessibilité et organisation des milieux	par grand types d'habitats et si possible répartition communale	Pas de répartition standardisée	Pas de répartition standardisée, mais au moins un point d'inventaire par grand type de biotope.	A minima 1 relevé par grand type de végétation	A minima 1 relevé par grand type de végétation

	CBNBP	CBNFC	CBNA	CBNSA	CBNMed	CBNPMP	CBNC	CBNBL	CBNMas	CBNMC
Nombre minimal de relevés par maille	8 à 10 relevés exhaustifs au minimum (Minimum d'un relevé exhaustif par grand type de milieu)	pas de minimum fixé mais ça tourne entre 5 et 10 relevés. Le premier est toujours le plus long.	Pour l'inventaire maille 5kmx5km, entre 20 et 50 relevés. Si l'inventaire est orienté exhaustivité de la maille 2.5kmx2.5km (cf. protocole Evaluflore), environ un vingtaine de relevés. la quantité d'observation va decrescendo.	Pas de nombre minimum fixé	non définit	non fixé, mais atteint généralement plusieurs dizaines	NA	pas de nombre minimal - dans les fait, environ 5	Pas de nombre minimal, dépend du nombre de grand type de végétation au sein de la maille. En moyenne, 3 relevés principaux (fond de flore) par maille.	non fixé
Autres règles (durée, surface...)	- pas plus de 45 min par relevé ; - les polygones sont réalisés en ne prenant qu'un seul grand type de milieu (ex : on ne fait pas un relevé à cheval entre une forêt et une culture) ; - Polygones <1ha ; linéaires <400m.	Pas de limitation de temps par relevé on arrête quand on a plus de nouvelles espèces au bout de 5-10 minutes pas de structuration par type de milieu, on respecte le maillage et les contours des communes pas de surface minimale ou maximale	Pas de durée limitée. Pas de surface min. ou max. Règles classiques liées au type de relevé (phytosociologique, exhaustif en milieu homogène, exhaustif en milieu hétérogène, partiel)	Éviter les relevés trop grand (ex : 1 à 2 hectares max pour un relevé surfacique ou 200 mètres pour un relevé linéaire) Éviter les relevés trop trop hétérogène. Ne pas chevaucher les limites communales			Pas de règles prédéfinies	Prise en compte des limites communales (pas de chevauchement des polygones entre deux communes). Pointage des espèces protégées, rares, menacées et des EEE impératif.	Tous les relevés s'inscrivent au sein d'une unique maille (1x1 km) ET au sein d'une même commune + cohérence écologique (grand type de végétation). Utilisation de 2 bordereaux d'inventaire : - Le bordereau d'inventaire général (BIG) : Relevé du fond floristique associé à une polygone, taxon + coeff. d'abondance-dominance - Le bordereau micro-inventaire général (MIG) : Données ponctuelles en complément du BIG et/ou données de taxons patrimoniaux.	Prise en compte des limites communales (pas de chevauchement des polygones entre deux communes). Pointage des espèces protégées, rares, menacées avec bordereau spécifique.

	CBNBP	CBNFC	CBNA	CBNSA	CBNMed	CBNPMP	CBNC	CBNBL	CBNMas	CBNMC
Nom du JDD	- MAILLE TAG : Inventaire de la flore vasculaire par maille 5 x 5 km - CPLT MAILLE : Complément potentiel d'inventaire par maille 5 x 5 km		-Inventaire de la flore maille 5kmx5km -Protocole expérimental Evaluflore: Inventaire de la flore maille 2.5kmx2.5km			Inventaire général de la flore vasculaire	Inventaire général CBNC	Inventaire Flore CBNBL	Atlas de la flore vasculaire de La Réunion (AFORUN)	
URL protocole / référence publication / nom du fichier	https://cbnbp.mnhn.fr/cbnbp/cbnbp/telechargement/Protocole%20maille%20CBNBP%202015.pdf		http://www.cbn-alpin-biblio.fr/GED_CBNA/112467993064/BB31280.pdf	https://obv-na.fr/ofsa/ressources/8_docs/2019-06-07-Inventaire_de_la_flore_en_Nouvelle-Aquitaine_v1.0-Allège.pdf		http://doctech.cbnmp.fr/Fiche-technique/009_Inventaire-general-Flore-vasculaire_2016.pdf			HIVERT J. & BOULLET V. 2005. – Atlas de la Flore Vasculaire de la Réunion (AFORUN) : notice méthodologique. Version 2008.1 (mise à jour du 29 août 2008). Conservatoire Botanique National de Mascarin, Saint-Leu (Réunion), 22 p.	KESSLER F. 2022. – Stratégie d'inventaires de la flore vasculaire sur le territoire d'agrément du CBN Massif central. Conservatoire botanique national du Massif central / Région Auvergne-Rhône-Alpes, 44 p.
Aviez-vous un autre protocole atlas avant celui actuellement en place ?	Oui, inventaires communaux de 1998 à 2010 (jusqu'en 2015 en CHA)	Non. Mis en place dès le début du fonctionnement du CB.	Non. Mis en place dans les années 2000.	Non	Non	oui, mis à jour avec le document de référence indiqué ici		Oui, protocole d'inventaire communal de la flore de 1998 à 2020.	Non	oui

ANNEXE 3 : RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE POUR LE CHOIX DU NOM DE PROGRAMME DE SUIVI "MAILLE"

Coordination, analyse et rédaction : Jeanne Vallet (CBN Bassin parisien)

1. RAPPEL RAPIDE DE LA DÉMARCHÉ

Suite à la réunion du 9 mars, il a été demandé aux différents participants de faire remonter leurs propositions de noms pour le futur dispositif de suivi de la flore. Dix-huit propositions ont été compilées et proposées dans un sondage ouvert le 9 novembre : <https://forms.gle/ufUU4MQuHBQbrNfL6>. Une proposition supplémentaire (MailleFlore) a été remontée dans les commentaires le 10 novembre ; elle a été ajoutée au sondage même si neuf répondants avaient déjà rempli le sondage et n'avaient donc pas eu accès à cette réponse. De plus, le 10 novembre, les paramètres du sondage ont été modifiés en mettant un classement aléatoire sur les propositions de noms alors qu'une vingtaine de personnes avaient déjà répondu afin d'essayer de rectifier un éventuel biais quand au fait que les premières propositions semblaient majoritairement choisies.

Le sondage a été envoyé aux participants aux réunions du projet en demandant de le diffuser aux personnes pertinentes sur le sujet au sein de leur CBN. La consigne de remplissage du sondage est que chaque participant indique ses trois propositions préférées en les numérotant de 1 à 3 de sa préférée à son troisième choix.

Les résultats seront synthétisés par CBN puis de façon globale en pondérant les réponses par le nombre de participants par CBN afin de donner un poids égal à chaque structure.

2. QUELQUES CHIFFRES GÉNÉRAUX

Dix CBN ont répondu au sondage ainsi que l'OFB, mobilisant trente-neuf agents. La répartition par structure est précisée sur la Figure 1.

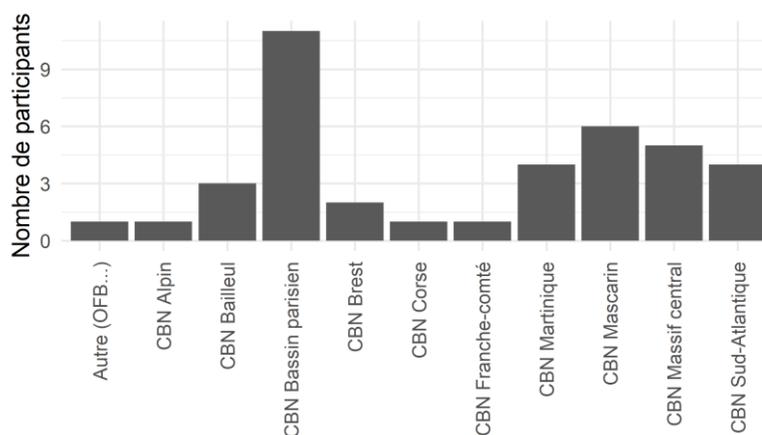


Figure 2: Nombre de participants au sondage par structure.

3. DÉTAILS DES RÉSULTATS PAR CBN

La Figure 3 représente le nombre de réponses pour chaque proposition au sein de chaque CBN, en précisant l'ordre de choix.

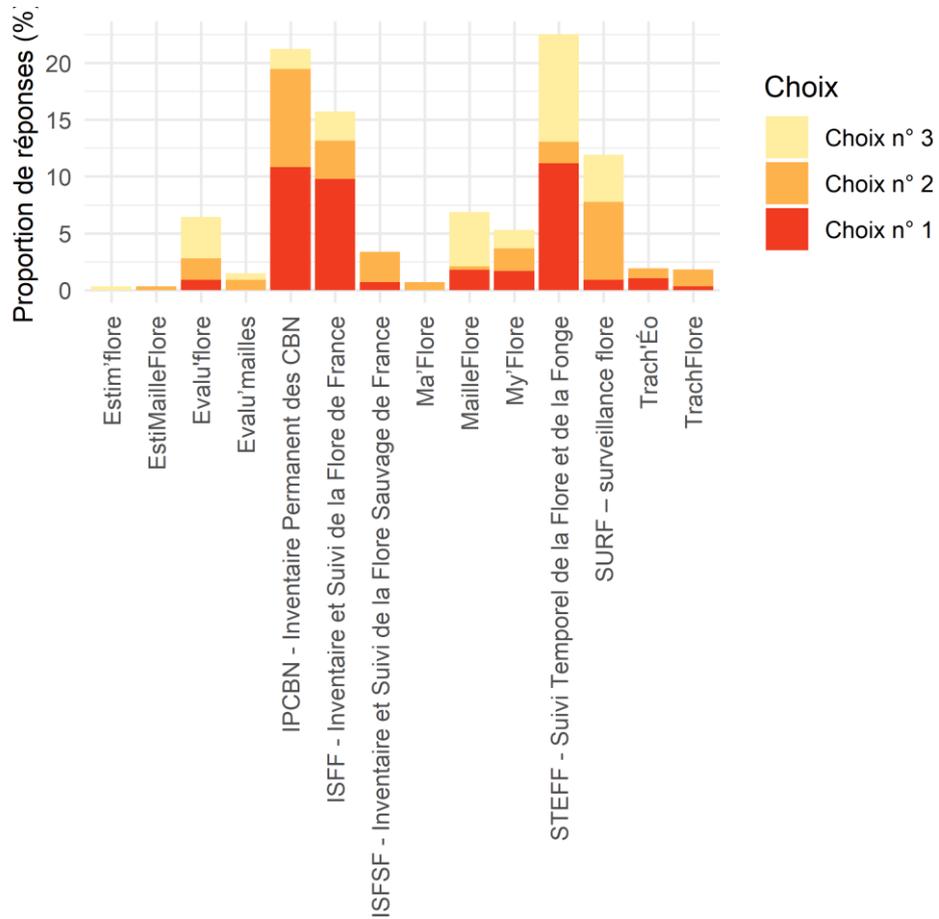
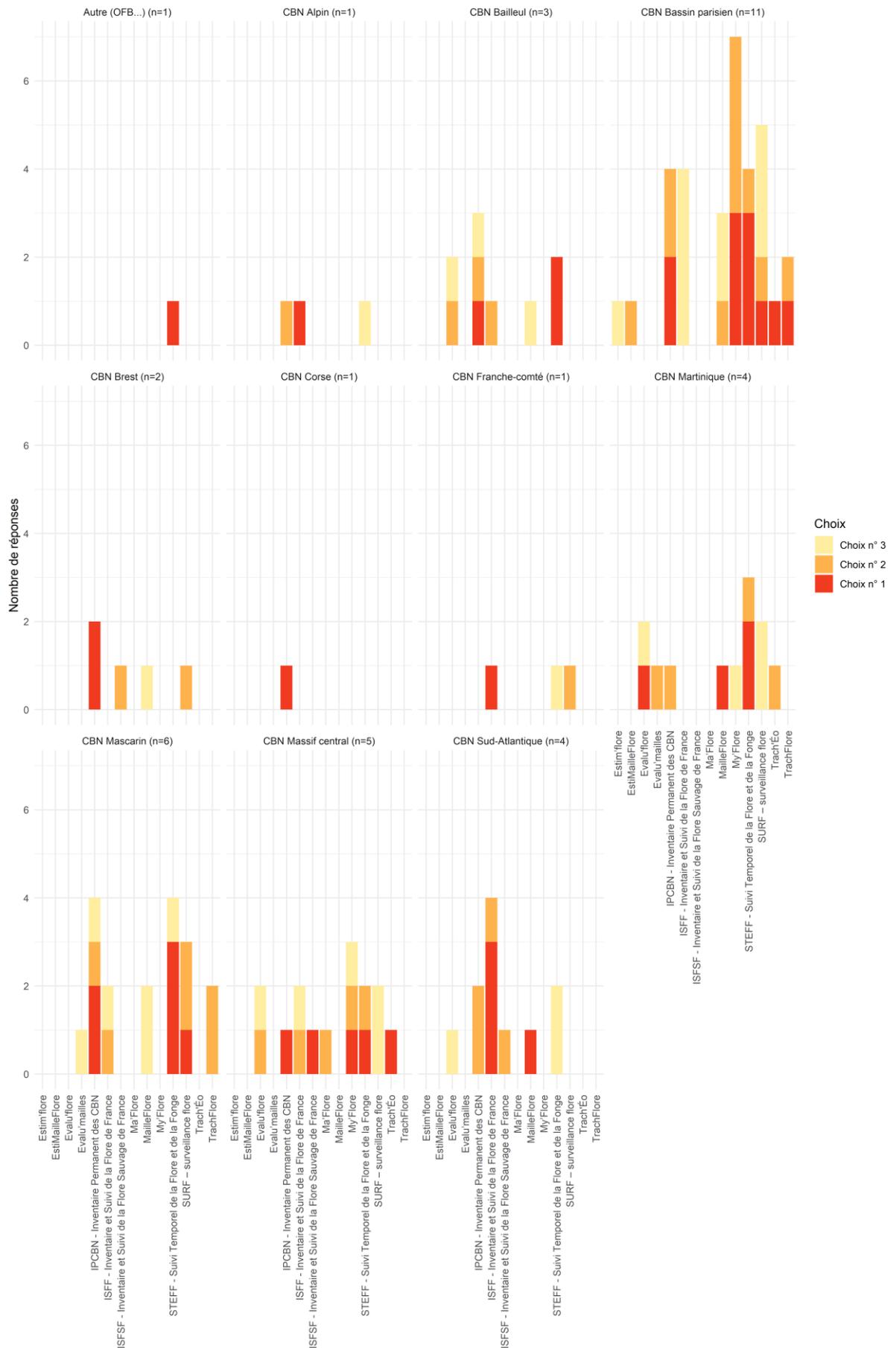


Figure 3: Nombre de réponses pour chaque proposition de nom de programme (en détaillant le niveau de préférence) au sein de chaque CBN.

4. ANALYSE GLOBALE DES RÉSULTATS

4.1. BILAN QUANTITATIF

La Figure 4 synthétise les résultats du sondage en donnant un poids égal à chaque CBN quel que soit le nombre de participants par CBN.



au sondage en cours de route ; les votes pour ce nom sont potentiellement sous-estimés. Trois autres propositions sont parvenues mais n'ont pas été ajoutées en sondage car celui-ci était trop avancé : **OFF** (Observatoire de la Flore de France), **STEM** (suivi temporel maille) et **STIP** (Suivi temporel d'inventaire permanent), ces deux derniers pouvant être déclinés en STEM'Flore, STEM'Bryo et pareil pour STIP.

Tableau 1: Liste des commentaires reçus.

Commentaires
Merci de nous permettre de donner notre avis ! En choix 3, plutôt qu'EstiMailleFlore, j'aurais préféré MailleFlore, tout simplement (mais pas My'Flore)
STEFF : ressemble trop à STERF (suivi papillons) + ne fait penser qu'aux aspects suivi et pas aux autres objectifs du dispositif proposé IPCBN : trop corporatiste de mettre CBN dans le nom
Privilégier un nom explicite et compréhensif par tous, et pas seulement par le réseau des CBN. Ne pas oublier que pour le grand public, des termes tels que « maille » ou « inventaire permanent » n'évoquent pas grand-chose. À titre d'exemple, pour le citoyen lambda, l'inventaire permanent des CBN risque d'évoquer davantage un annuaire des CBN qu'un inventaire de la flore (même si en tant que botaniste CBN le nom me plairait beaucoup). Quant aux propositions à base d'abréviations, d'anglicisme et d'apostrophe, j'ai peur qu'on perde encore plus de monde.
ISFF = index synonymique de la Flore de France de Kerguelen (avant BDNFF)
ISFF est déjà pris pour l'Index Synonymique de la Flore de France... Je préférerais Evolu'flore à Evalu'flore, mais il semblerait que ce nom soit déjà déposé pour un logiciel de caisse fleuriste
Le sigle ISFF se dit facilement mais surtout sa signification est la plus cohérente par rapport à l'objet de nos inventaires/suivi (à voir cependant pour englober la fonge) IPCBN ne précise pas l'objet du suivi (flore ? fonge ? végétations? etc.) et sa signification n'est pas évidente, même s'il identifie bien les CBN. L'acronyme STEFF est très intéressant pour un protocole de suivi à l'instar des protocoles Vigie Nature de type STOC, STELI, SPIOLL, etc. mais ce n'est pas la logique et l'échelle des inventaires semi-protocoles de CBN utilisés pour la surveillance ; à garder peut-être plutôt pour des protocoles plus précis de suivis que nous pourrions développer. Les autres noms sont peu convaincants.
Autre proposition : STIP pour Suivi temporel d'inventaire permanent quitte à rajouter l'objet : STIP'Flore, STIP'Bryo etc. Mon idée initiale était STIPA mais je n'ai pas trouvé de signification pour le A dans l'acronyme
Les purs acronymes ne sont pas accrocheurs auprès du public et ressemblent trop à d'autres existants (ISFF vs ISF !! ; STEFF vs STERF...). Certains noms sont beaucoup trop longs. J'ai aussi pensé à STEM Suivi Temporel par Mailles
IPCBN permet d'identifier le réseau des CBN (je trouve cela très important) et s'applique aux trachéo comme aux bryo. L'intitulé n'est pas très beau mais a qd même ma préférence, pour ces raisons. SURF est intéressant (court, jeu de mot). MailleFlore donne une vision concrète du projet pour les botanistes.
Attention ISFF est un acronyme déjà utilisé et connu des botanistes (forum Tela botanica sur le Référentiel des trachéophytes de France métropolitaine)
Préférer un nom explicite ou un acronyme facilement traduit; ex. Observatoire de la Flore de France (OFF), sauf si on considère qu'un observatoire de la flore de France comprend à la fois des inventaires et des suivis, dans ce cas nommer explicitement les dispositifs, ici ISFF me paraît le plus adéquat et translatable Inventory and Survey of French Flora
un nom court et percutant
Un nom court me semble préférable. Le jeu de mot avec My'flore me semble accrocheur. Utiliser encore un acronyme compliqué ne me paraît pas approprié car ça risque de noyer le propos. Je pense qu'il faut que le mot flore apparaisse dans le nom pour plus de clarté.

5. POURSUITE DU TRAVAIL SUITE A LA RÉUNION DU 13 DÉCEMBRE

Quelques réflexions lors de la réunion :

- ✓ Que doit symboliser le nom ? : décrire le contenu du programme ou bien être accrocheur pour être bien identifié auprès des autres acteurs ? *A priori*, plutôt le deuxième objectif (pendant à VigieFlore) ;
- ✓ Penser à un nom qui puisse nous identifier au niveau international afin qu'il puisse être repris dans les publications scientifiques qui utiliseraient le jeu de données issu du dispositif "mailles"
- ✓ Le nom recherché vise bien à identifier le jeu de données produit dans le cadre de ce dispositif "mailles", pas l'ensemble des données produites par les CBN.

Poursuites :

- ✓ Transmission du sujet au RT communication
- ✓ Validation finale en CODIR des CBN

POUR EN SAVOIR PLUS

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



Informers, 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

DÉLÉGATION BOURGOGNE

Responsable Olivier BARDET

Maison du PNR du Morvan - 58230 Saint-Brissson

03 86 78 79 60

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

DÉLÉGATION CHAMPAGNE-ARDENNE

Responsable François DEHONDT

30 Chaussée du Port - 51035 Châlons-en-Champagne

03 26 65 28 24

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

PÔLE CONSERVATION

Responsable Philippe BARDIN

01 40 79 56 25

philippe.bardin@mnhn.fr

PÔLE PHYTOSOCIOLOGIE

Responsable Gaël CAUSSE

03 86 78 79 61

gael.causse@mnhn.fr

PÔLE SYSTÈME D'INFORMATION

Responsable Silvère CAMPONOVO

01 40 79 56 49

silvere.camponovo@mnhn.fr