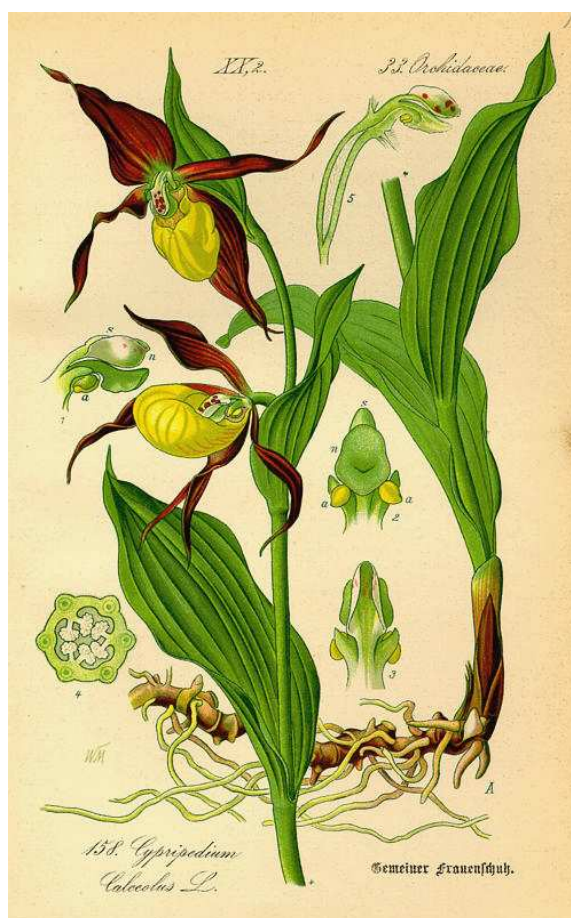


Master : Sciences et Technologie
Mention : Sciences Appliquées à La Montagne
Spécialité : EPGM 2^{ème} année

ETUDE DE LA REPARTITION ET DES POPULATIONS DE
SABOT DE VENUS (*Cypripedium calceolus* Linné., 1753) DANS LE
PARC NATIONAL DES ECRINS



VEGARA Melissa

Année 2012-2013

Maître de stage :

DENTANT Cédric

MEMOIRE
Dans le cadre d'un

Master « Sciences et Technologies »
Mention : Sciences Appliquées à la Montagne
**Spécialité : Equipement Protection et Gestion des milieux
de Montagne 2^{ème} année**

Promotion 2012/2013

AUTEUR:

VEGARA Melissa

LIEU ET DATE DU STAGE:

Parc national des Ecrins à Gap
(Hautes-Alpes)

Période de stage : 02/04/13-31/08/13

MAITRE DE STAGE: Cédric DENTANT Chargé de mission scientifique
04.92.40.20.10 / cedric.dentant@ecrins-parcnational.fr

TUTEUR UNIVERSITAIRE: Pierre SABATIER, Maître de conférences
04.79.75.88.67 / pierre.sabatier@univ-savoie.fr

**Etude de la répartition et des populations de Sabot de Vénus au sein du Parc
national des Ecrins.**

MOTS CLEFS:

Cypripedium calceolus, Parc national des Ecrins, protocoles de suivi, variables environnementales,
analyses statistiques, plan de gestion, préservation

Nombre de pages : 34
Nombre d'Annexes : 9

Le discours traduisant une expérience est souvent
plus important que l'expérience elle-même.

Bernard Werber – *Les Thanatonautes*



Remerciements

Mes remerciements vont naturellement à Cédric Dentant pour m'avoir accordé sa confiance en me proposant ce stage, me permettant ainsi de découvrir une partie de la multiplicité du métier de chargé d'étude naturaliste.

Merci à Richard BONET, directeur du service scientifique, pour m'avoir offert la possibilité d'intégrer son équipe et pour avoir veillé au bon déroulement de ce stage jusqu'au bout.

Merci à Gilles FARNY, Clotilde SAGOT, Gil DELUERMOZ, Camille MONCHICOURT, membres du service scientifique pour leur disponibilité et leur bonne humeur tout au long de ce stage.

Merci à Julien GUILLOUX pour ses conseils informatiques.

Merci à Pierre Sabatier, tuteur universitaire pour son accompagnement et sa réactivité.

Merci à Barbu d'avoir partagé ses connaissances avec moi sur la flore du Parc national des Ecrins, son expérience et son excellent pâté de lapin !

Merci à Pierre DUMAS, qui même retraité, m'a accompagnée sur le terrain à la recherche de Sabot de Vénus.

Merci à Eric OLLIEU, garde-moniteur dans l'Oisans pour sa gentillesse.

Merci à Christophe ALBERT, Samy JENDOUBI, Christian BERTINI, gardes-moniteurs dans le Valbonnais avec qui j'ai prospecté sous la pluie, la neige, la bruine et même parfois sous le soleil... .

Merci à Ludovic IMBERDIS, garde dans le Valgaudemar ainsi qu'à tous les autres gardes moniteurs avec qui j'ai passé du temps sur le terrain, pour leur bonne humeur, leurs conseils et leur investissement. Merci également à Daniel FOUGERAY, Christian COULOUMY, Jérôme FORÊT, chef de secteur pour m'avoir accueillie.

Merci à Jacky ARCIS, agent de l'ONF et tous les autres pour leur implication dans la préservation du Sabot de Vénus.

Merci à tous les scientifiques, naturalistes, gestionnaires qui ont contribué à la progression de ce travail par les échanges et le temps qu'ils ont consacré à répondre à mes questions.

Merci à Candice WINTER, documentaliste du CBNA, Hélène BELMONTE et Anne FRIEDERICH, documentalistes du Parc pour leur aide documentaire.

Merci à tout le personnel du Parc pour leur sympathie.

Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement Fabiola ADAM, secrétaire du service scientifique, qui m'a accompagnée tout au long de ce stage en acceptant de m'accueillir dans son bureau durant 5 mois pour le meilleur et pour le meilleur ! Elle a, grâce à sa bonne humeur quotidienne et à sa bienveillance, fortement contribué au bon déroulement de ce stage de fin d'étude qui restera une expérience très professionnalisante.

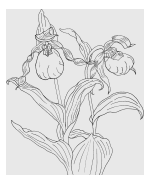
Résumé

Le Sabot de Vénus, espèce remarquable protégée au niveau national et européen, fait l'objet cette année d'un suivi dans le Parc national des Ecrins. L'objectif consiste, dans un premier temps, à mettre en évidence une possible communauté végétale préférentielle pour le Sabot de Vénus. Ensuite, afin de comprendre la répartition de l'espèce, la mise en place de deux protocoles de suivi est nécessaire pour étudier les relations, quand elles existent, entre la sylviculture et l'évolution des populations de *Cypripedium calceolus*.

Ce suivi à long terme se décline en deux protocoles :

- le premier se traduit par la mise en place d'une douzaine de placettes permanentes sur une aire de présence de manière à étudier annuellement l'évolution de chacune des placettes en fonction du type de gestion auquel elles sont soumises.
- Le deuxième consiste à réaliser un état des lieux des populations de Sabot de Vénus à l'échelle du Parc national de manière à récolter le maximum de données relatives à l'écologie de l'espèce dans le massif des Ecrins.

Grâce aux analyses statistiques des données récoltées sur le terrain, on constate qu'il existe une communauté végétale caractéristique des stations de *Cypripedium calceolus*. Puis à l'aide de modèles linéaires généralisés, on met en évidence l'importance de certaines variables environnementales sur la surface et la fréquence des stations. Il devient donc possible de cibler plus particulièrement le type d'habitat potentiel au développement de l'espèce sur le territoire du Parc et ainsi d'adapter au mieux les plans de gestion.



Abstract : The *Cypripedium calceolus*, remarkable species protected in European and national level, been followed up this year in the Ecrins National Park. The aim is firstly to show the potential existence of a preferred plant community for *Cypripedium calceolus*. Then, to understand the distribution of the species, the establishment of two monitoring protocols is necessary to study the relationship, if any, between forestry and the evolution of populations of *Cypripedium*. This long-term monitoring is divided in two protocols:

- the first relates to the installation of a dozen permanent small squares on a surface of presence to annually study the evolution of each small square according to the type of management to which they are subjected.
- The second is to make an inventory of *Cypripedium* populations across the National Park to collect as much information on the ecology of the species in the Ecrins. Through statistical analysis of the data collected in the field, we see that there is a characteristic stations *Cypripedium* plant community. Then using generalized linear models, we highlight the importance of some environmental variables on the area and the station frequency.

Liste des abréviations

PNE : Parc National des Ecrins

CBNA : Conservatoire Botanique national Alpin

RACFAA : Réseau des Acteurs pour la Conservation de la Flore Alpes-Ain

ONF : Office National des Forêts

AP : Aire de Présence

ZP : Zone de Prospection



Table des Matières

Remerciements	
Résumé	
Liste des abréviations	
Table des matières	
Introduction.....	1
1. Contexte de l'étude.....	2
1.1. Zone d'étude.....	2
1.2. Description de l'espèce.....	3
2. Matériel et méthode.....	4
2.1. Synthèse bibliographique.....	4
2.1.1. Les différents protocoles de suivi de <i>Cypripedium calceolus</i>	4
2.1.2. Protocole commun dans les Alpes françaises.....	8
2.1.3. Sources d'informations utilisées.....	10
2.2. Méthode de relevé de terrain	11
2.2.1. Préparation des données.....	11
2.2.2. Protocoles de suivi du Sabot de Vénus à l'échelle du PNE.....	12
2.2.3. Protocole de suivi de stations de Sabot de Vénus avec mesure de l'effet de gestion forestière.....	15
2.3. Méthodes d'analyses statistiques.....	18
3. Résultats.....	19
3.1. Répartition du Sabot de Vénus au sein du Parc.....	19
3.2. Ecologie de <i>Cypripedium calceolus</i> dans le massif des Ecrins.....	20
3.2.1. Statistiques descriptives.....	20
3.2.2. Communautés végétales préférentielles.....	23
3.2.3. Modèles linéaires généralisés (GLM).....	26
3.3. Placettes permanentes.....	30
4. Discussion.....	32
Conclusion	34
Bibliographie	
Liste chronologique des figures et des cartes	
Table des Annexes	



Introduction

Le Parc national des Ecrins (PNE), chargé de l'étude et de la gestion de son patrimoine naturel remarquable, abrite l'une des espèces emblématiques du territoire : le Sabot de Vénus (*Cypripedium calceolus* L.). Cette espèce, parfois victime de cueillette et de certaines pratiques sylvicoles, a fait l'objet d'un plan d'action au niveau national et européen [Terschuren, 1999]. Elle est inscrite sur la liste rouge des espèces menacées en France (avec le statut « Vulnérable ») [UICN, 2012] et dans l'Annexe II de la directive Habitat [Chas *et al.*, 2006]. Elle est enfin protégée au niveau européen par la convention de Berne, et ainsi sur l'ensemble du territoire français.

Cette année (2013), une attention toute particulière lui est portée au sein du Parc national afin d'instaurer un suivi à long terme. Un certain nombre d'inventaires ont été menés depuis la création du Parc, mais aucune étude approfondie des résultats n'a jusqu'à présent été réalisée. Il est important de préciser qu'un suivi n'est pas un inventaire. Un inventaire se matérialise par une donnée de présence (ou d'absence) d'une espèce sur un territoire donné. Le suivi implique d'appréhender la dynamique de la population d'une espèce et les relations qui peuvent exister avec la gestion du territoire qu'elle occupe. Ceci interroge sur l'objectif d'un suivi : quelle question se pose ? Quel protocole permettra le mieux d'y répondre ?

Dans le cas de la présente étude, trois questions sont avancées :

- 1) Quelles sont les communautés végétales caractéristiques des populations de Sabot de Vénus ?
- 2) Quelle est la dynamique de ces populations à l'échelle territoriale du PNE ?
- 3) Une mesure de gestion appliquée au niveau d'une station a-t-elle un effet significatif sur la population ?

Cette travail nécessite en amont un important travail bibliographique en vue d'étudier l'ensemble des protocoles existants, ainsi que toutes les actions conduites (passées ou présentes) sur les populations de Sabot de Vénus à l'échelle du Parc national. Ceci dans le but d'appréhender les méthodes ayant fonctionné et, à l'inverse, de comprendre les erreurs passées pour ne pas les reproduire.

Plusieurs protocoles d'inventaire et de suivi de la flore patrimoniale existent au PNE. Dans le cadre du suivi de la dynamique sur l'ensemble du territoire, l'objectif est d'établir un état initial des populations, indispensable aux comparaisons futures. Ceci permettra par la suite d'adapter au mieux les plans de gestion destinés à préserver cette espèce patrimoniale.



1. Contexte de l'étude

1.1. Zone d'étude

Les parcs nationaux sont des espaces protégés soumis à une réglementation spécifique (articles L.331 et R.331 du Code de l'environnement) qui assurent la sauvegarde de leurs patrimoines naturel et culturel, reconnus comme exceptionnels. L'originalité d'un parc national relève ainsi autant d'un patrimoine naturel original de très grande valeur, que de la présence d'activités humaines qui ont su satisfaire les besoins des populations locales tout en respectant leur environnement.

Le **Parc national des Ecrins**, créé en 1973, devient le cinquième parc national français. Situé dans les Alpes, il concerne les départements des Hautes-alpes (région PACA) et de l'Isère (région Rhône-Alpes). Le territoire initial du Parc national (anciennement zones « centrale » et « périphérique »), d'une superficie de 272 000 hectares, compte une centaine de sommets à plus de 3000 mètres, une quarantaine de glaciers et abrite la réserve intégrale du Lauvitel.

Espace protégé, le cœur fait l'objet d'une réglementation spécifique alors que l'aire d'adhésion est définie sur la base d'une charte proposée aux communes.

Organisé en sept secteurs (Carte.1), le Parc national des Ecrins s'appuie sur des équipes de terrain en charge de la gestion et de l'animation quotidienne de ce vaste territoire. Les équipes de secteurs travaillent en relation directe avec la direction et les services du siège (scientifique, aménagement, accueil-communication et administratif) situés à Gap. Cette étude sera réalisée sur les quatre secteurs où le Sabot de Vénus est présent. L'état des lieux concernera ainsi les secteurs de l'Oisans, du Valbonnais, du Valgaudemar et de l'Embrunais.



Carte 1 : carte du Parc national des Ecrins
(source : PNE)



1.2. Description de l'espèce



Fig. 1: Sabot de Vénus
Source : VEGARA Melissa

Sabot de Vénus, Pantoufle de Notre-Dame, *Cypripedium calceolus* L. (famille : Orchidacée)

Description - Sa tige, verte et velue, est munie de trois à cinq feuilles largement ovales et plissées longitudinalement. Ses grandes fleurs, solitaires ou par deux (très rarement trois) sont portées par des pédoncules munis de bractées à la base. Les tépales sont tous d'un brun pourpré (Figure 1). Les extérieurs sont lancéolés, étalés, souvent torsadés. Le labelle jaune vif et luisant, est renflé en forme de sabot. [Armand *et al.*, 2008].

Ecologie - Les biotopes les plus favorables au Sabot de Vénus dans la littérature sont les bois clairs et les clairières des hêtraies montagnardes, des hêtraies-sapinières et des pinèdes à pin sylvestre. Il se développe sur sol calcaire frais de l'étage collinéen à l'étage subalpin [Chas *et al.*, 2006]. Pour que les graines puissent germer, il est indispensable que la plante soit associée à un champignon symbiotique qui stimule l'embryon et fournit les nutriments indispensables à la croissance [Didier & Royer, 1994].

Répartition - L'espèce, de répartition eurasiatique, est rare en Europe boréale et tempérée. Cependant, elle reste bien présente dans les Hautes-Alpes.

Menaces - Le Sabot de Vénus souffre du boisement des clairières et de la densification du couvert forestier, qu'ils soient d'origine naturel ou anthropique. Cette espèce est également victime de la cueillette, de l'arrachage

des bulbes et de transplantation. Impacts importants puisque cette espèce a besoin d'un certain nombre d'années pour développer ses premières fleurs (six ans minimum) [Bisch, 1975].

Protection - Le Sabot de Vénus bénéficie d'un grand nombre de protections. Il est inscrit sur la liste rouge de la flore vasculaire de France métropolitaine, dans le règlement communautaire CITES, dans les annexes II et IV de la directive Habitat-Faune-Flore, ainsi que dans la convention de Berne.

Particularités - En entrant dans la fleur à la recherche de nectar, les insectes (*Andrena spp.*) se trouvent piégés temporairement dans le label. Pour ressortir, ils sont guidés par de fausses fenêtres les menant tout droit vers les étamines (Annexe 1). Ils repartent ainsi chargés de pollen et assurent la fécondation une fois piégés dans un autre sabot [Armand *et al.*, 2008].



2. Matériel et méthode

2.1. Synthèse bibliographique

2.1.1. Les différents protocoles de suivi de *Cypripedium calceolus*

Depuis 1998, plusieurs inventaires concernant le Sabot de Vénus ont vu le jour au sein du Parc national des Ecrins, du Conservatoire botanique national alpin (CBNA) et de l'Office national des forêts (ONF). Ces protocoles, mis en place dans le but d'approfondir les connaissances sur l'écologie du Sabot de Vénus, ont été reconduits sur plusieurs années pour certains, et abandonnés pour d'autres.

Le premier inventaire mené par le Parc a lieu en 1998, avec l'objectif de mieux comprendre le statut de l'espèce dans le secteur du Valbonnais [Salomez *et al.*, 1998]. Ainsi, un protocole a été mis en place afin de créer une base de connaissance permettant d'effectuer un suivi des populations de Sabot de Vénus dans le secteur. L'objectif final était de juger si l'état de conservation de cette espèce nécessitait ou non des mesures de protection ou de gestion forestière particulières.

La recherche des stations s'est faite principalement au cœur de hêtraies et hêtraies-sapinières dans la zone cœur, et plus précisément dans les forêts communales de Chantelouve, du Périer, et d'Entraigues. Les recherches ont été orientées sur des substrats alcalins, particulièrement sur le lias calcaire de la vallée de la Malsanne.

Chaque observateur disposait d'une fiche de relevé permettant de caractériser les stations rencontrées. Cette fiche comportait des informations relatives à la localisation de la station (commune, lieu-dit, etc.), à la population de Sabot de Vénus (nombre de plants fleuris, superficie de la station, etc.) et au milieu d'un point de vue physique (pente, exposition).

Ce protocole, appliqué en 1998 et en 1999, apporta des connaissances supplémentaires sur l'écologie de l'espèce et recensa près de 5 000 tiges fleuries entre Entraigues et le col d'Ornon [Salomez, 2000].

Ces relevés ont permis de comprendre entre autre la répartition du Sabot de Vénus en fonction des espèces ligneuses présentes (Figure 2).

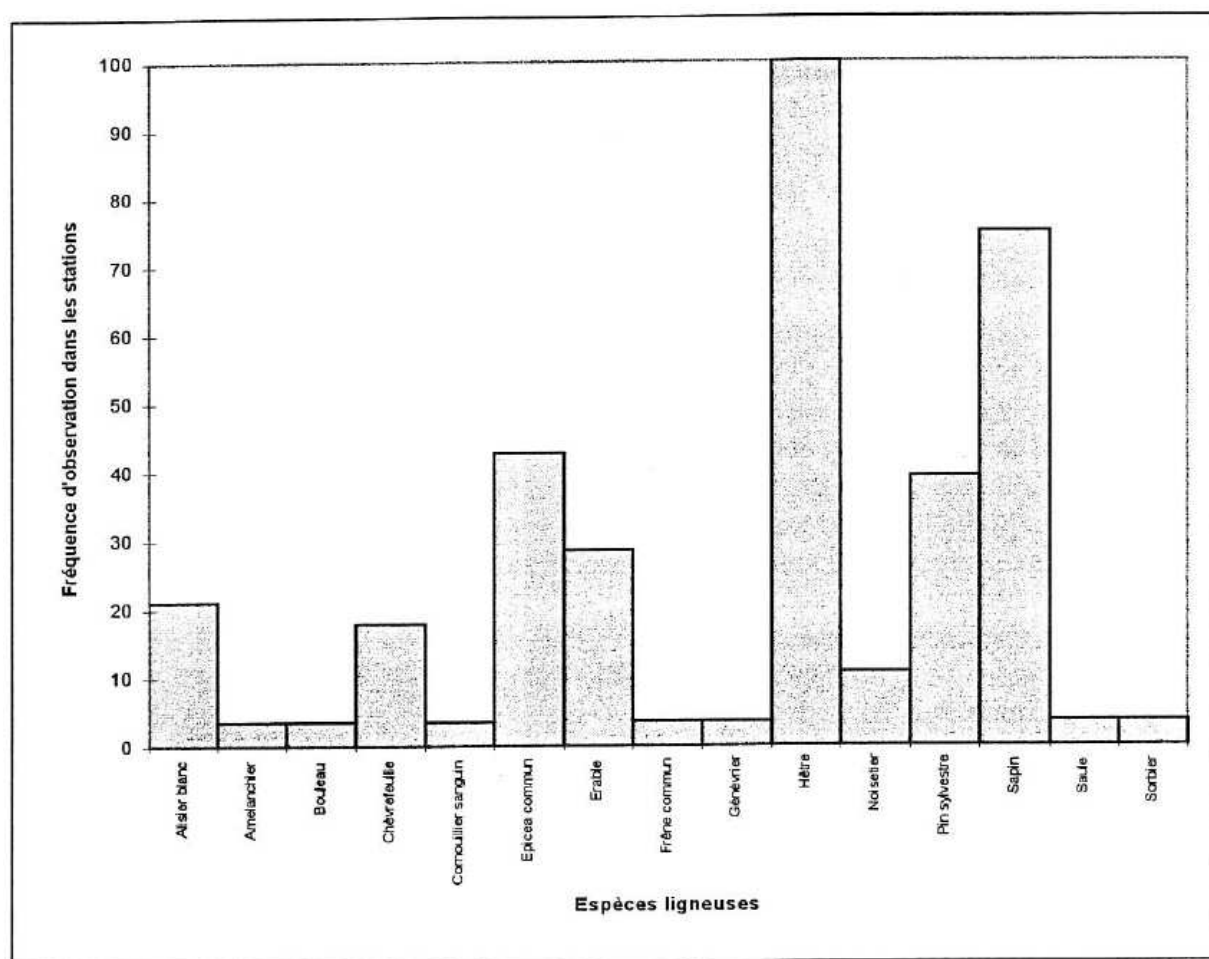


Fig.2 : fréquence d'observation des espèces ligneuses dans les stations de *Cypripedium calceolus* (source : PNE)

On remarque que le hêtre est naturellement présent dans 100% des stations. En plus du sapin et de l'épicéa, les espèces les plus abondantes sont le pin sylvestre, l'érable et le chèvrefeuille.

Outre l'idée de construire une base de connaissance sur les populations du Valbonnais, cet inventaire devait permettre également d'évaluer l'état de conservation de l'espèce de manière à envisager de possibles mesures de préservation. Pour cela, le protocole fut soumis en 2000 au comité scientifique du PNE de manière à l'étendre à tous les secteurs du Parc national [Nicollet & Salomez, 2001].

En 2000, le protocole est approuvé par le comité scientifique à condition de revoir les différents objectifs à atteindre et de préciser les méthodes de travail. Suite à cela, les données notées sur le terrain ont été revues et complétées de manière à augmenter la précision des relevés.



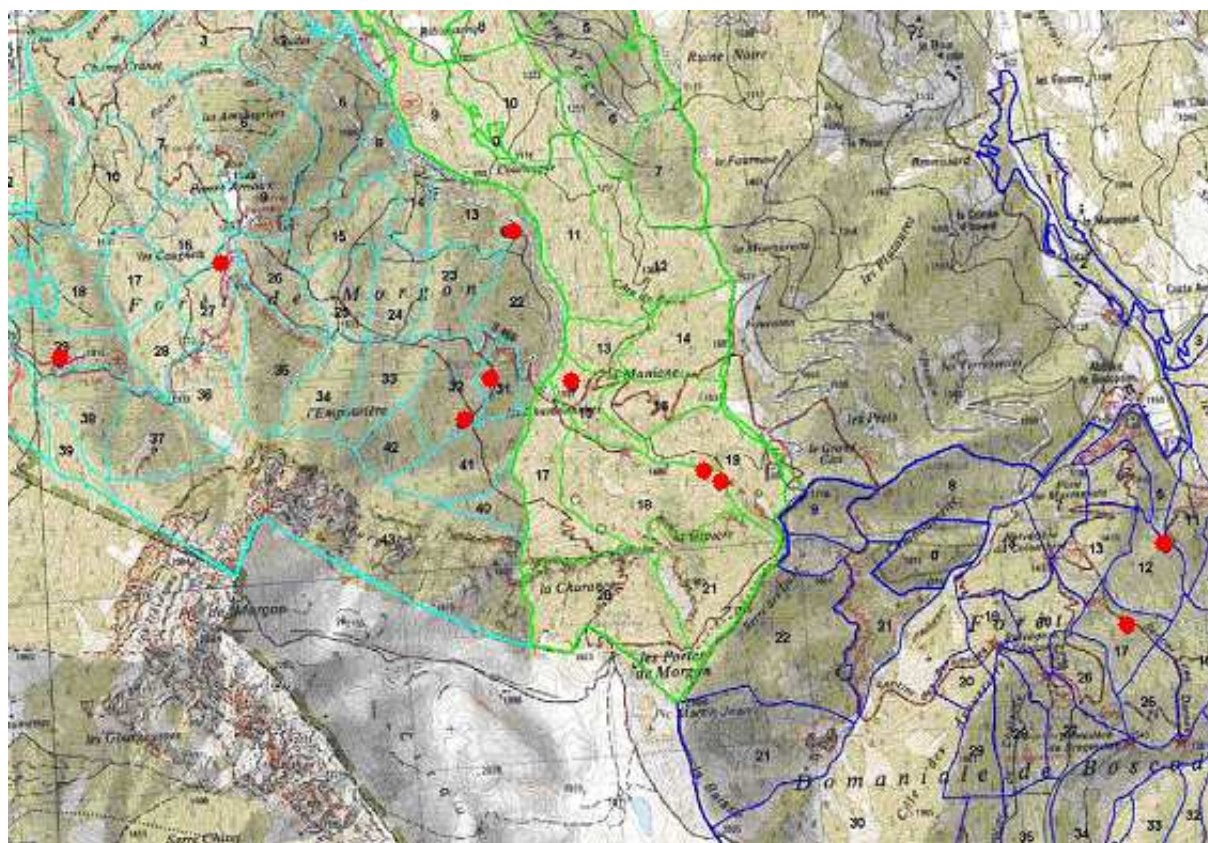
Le comité suggère également l'utilisation d'analyses multivariées comme méthode de traitement de données. Cependant, aucune étude statistique n'a été menée par la suite.

La même année (2000), l'ONF, en collaboration avec le PNE, démarre un recensement dans le massif du Morgon-Boscodon, dans le secteur de l'Embrunais. Les prospections sont réalisées par parcelle forestière : chaque parcelle est parcourue en totalité par une équipe ; chaque station de Sabot de Vénus est localisée précisément sur orthophoto (1/10 000) ; les tiges fleuries et les données sur le peuplement et la station sont relevées sur une fiche type plus détaillée que celles des années précédentes. Il s'agit donc d'un inventaire « exhaustif » des populations de Sabot de Vénus présentes dans les parcelles parcourues. Cette étude révèle en 2003 un même niveau de densité que dans le Valbonnais (10 000 pieds) ; en 2004, « une diminution du nombre de pieds » de Sabot de Vénus, peut-être due à la régénération des jeunes pousses d'arbres [Gattus & Bottin, 2005]. Mais, rien n'a été analysé statistiquement.

Au-delà de cet inventaire patrimonial, il est apparu nécessaire d'utiliser cette base de connaissance pour mieux évaluer les conséquences de la gestion forestière sur cette espèce. C'est donc pour cela qu'**en 2004, l'ONF et le PNE mettent en place un suivi des populations dans le massif du Morgon-Boscodon.** L'objectif principal est de suivre l'évolution des effectifs des stations de Sabot de Vénus soumises à différentes modalités de gestion sylvicole, passées et actuelles.

Le protocole repose sur la mise en place d'une dizaine de placettes permanentes sur le massif (Annexe 2). Ces dernières sont choisies dans des conditions suffisamment comparables en termes d'altitude, de topographie et de géologie (Carte 2).

Les paramètres variant le plus fortement entre chacune d'entre elles sont : la structure du peuplement forestier, la luminosité (fortement lié aux activités sylvicoles) et les gestions antérieures.



**Carte 2 : carte de localisation des 10 placettes de suivi dans l'Embrunais (points rouges)
(source : ONF)**

A l'heure actuelle, après 9 ans de relevés aucune des données récoltées depuis 2004 n'a été traitée statistiquement. Seuls des bilans annuels (Annexe 3) des effectifs par station ont été réalisés. Ces bilans montrent des augmentations et des diminutions du nombre d'individus par placette. Il serait intéressant de comprendre pourquoi l'on assiste à une telle variation des effectifs et quels facteurs peuvent en être responsables.

Il n'est au final pas possible d'émettre un jugement sur la qualité de ce protocole de suivi puisqu'il manque des analyses statistiques pour en faire l'évaluation.

Cependant, en 2004, lors de la mise en place des placettes, un certain nombre de variables environnementales ont été notées pour chaque placette de suivi. Il serait intéressant de relever les mêmes variables qu'en 2004 de manière à mettre en relation toutes les données recueillies ces dix dernières années. Ceci nous permettrait de voir s'il existe une relation entre les effectifs, les variables environnementales et les modalités de gestion.



2.1.2. Protocole commun dans les Alpes françaises

Lorsque l'on étudie une espèce à petite échelle, il est important pour pouvoir agréger les données, que les observations se fassent sur une même base de protocole.

En 2008, un premier protocole commun à tous les organismes impliqués dans la conservation d'espèces patrimoniales dans les Alpes françaises a été mis en place par le **Réseau des Acteurs de la Conservation de la Flore Alpes-Ain** (RACFAA) [Fort *et al.*, 2011]. L'idée est de créer un protocole qui soit totalement indépendant de l'observateur et qui prenne en compte les mêmes variables quelque soit la localisation de l'espèce et l'organisme chargé de son suivi. Ainsi, il devient possible de comparer et d'agréger les différents relevés, à l'échelle d'un territoire.

En décembre 2012, le nombre d'organismes signataires de la charte de ce réseau s'élève à 24 :

le CBNA ; les parcs nationaux des Ecrins, du Mercantour, et de la Vanoise ; le Laboratoire d'écologie alpine (LECA – CNRS) ; la réserve naturelle du marais de Lavours ; les parcs nationaux régionaux de Chartreuse, des Baronnies, Bauges, du Verdon et du Queyras ; l'ONF (délégation Rhône-Alpes et PACA) ; l'association de gestion ASTERS ; le Conservatoire Rhône-Alpes des espaces naturels (CREN) ; le Conservatoire d'espaces naturels de l'Isère (AVENIR) ; le Conservatoire du patrimoine naturel de Savoie (CPNS) et le Conservatoire d'espaces naturels de PACA (CEN PACA) ; etc.

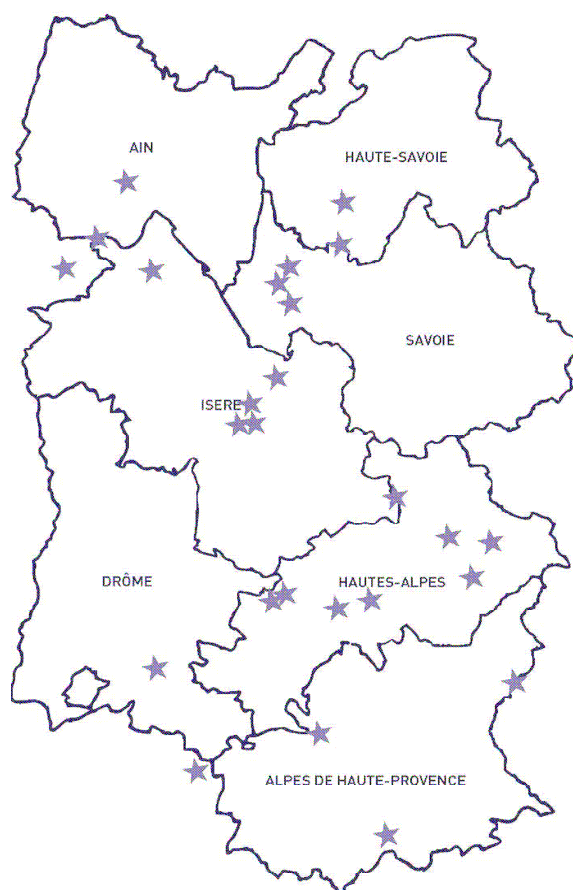


Fig. 3 : territoire d'agrément du CBNA et localisation des adhérents du Réseau de conservation de la flore Alpes-Ain (source: RACFAA)



L'objectif de ce protocole est de constituer un tronc commun de mesures qui permettront de connaître l'état des populations d'une espèce donnée ainsi que son évolution. Les informations recueillies par l'ensemble des membres du réseau permettront d'avoir une évaluation de l'état de l'espèce à l'échelle du massif alpin français.

De plus, ce réseau permet de créer un lien entre les différents acteurs privés et publics sur l'ensemble de son territoire, lequel couvre sept départements (Figure 3).

3 niveaux de protocole ont été définis afin de clarifier les types de suivi réalisés par les gestionnaires :

- **Suivi Territoire**

Ce niveau de suivi est celui retenu pour la présente étude. Il se situe à l'échelle d'un **vaste territoire**, que ce soit celui du Réseau ou celui d'un parc national, et utilise les données récoltées sur l'ensemble des stations.

Objectif : la population à l'échelle du territoire étudié est-elle stable, en expansion ou en régression ?

L'interprétation des résultats s'effectuera grâce à l'analyse de variables explicatives relativement restreintes tels que l'exposition, le recouvrement des strates de végétation, les perturbations, etc.

- **Suivi Station**

Ce niveau de suivi se situe à l'échelle des **stations**.

Objectif : pour une station, on cherche à savoir si une variation d'un paramètre environnemental ou une mesure de gestion a un effet sur la population présente.

Grâce à un jeu de placettes permanentes, dont le nombre et la taille sont à définir par groupes fonctionnels d'espèces, il sera possible de mettre en lien et d'analyser certaines variables (modalités de gestion, dynamique de végétation, nombre de pieds fleuris, etc).

- **Suivi Individu**

Ce dernier niveau de suivi correspond à l'étude du fonctionnement démographique d'une espèce, en relevant des variables biologiques sur des individus (nombre de graines produites, âge des individus, etc.).

Objectif : l'idée est de comprendre comment évoluent les individus d'une population dans le temps et quels facteurs influencent la démographie d'une population.



La collecte de données se fera au niveau d'un jeu de placettes permanentes. Ce niveau reste limité à certaines espèces pour lesquelles un réel besoin de connaissances démographiques et biologiques s'exprime.

2.1.3. Sources d'information utilisées

La grande majorité des ressources documentaires proviennent du centre de documentation du Conservatoire botanique national alpin. En effet, il possède un fond varié et spécifique à la botanique, offrant ainsi un appui primordial pour tout travail concernant l'état et l'évolution de la flore sauvage et des habitats naturels. Ce fond regroupe les publications scientifiques directement issues des travaux du CBNA et toutes sortes de documents s'intéressant à la flore de l'arc alpin [Genis, 2011]. Il contient également des références concernant d'autres zones biogéographiques faisant échos aux thématiques locales abordées par le Conservatoire [Palenzona & Dalmas, 2005].

En ce qui concerne les prospections passées et les cartographies des données de terrain, le Parc national des Ecrins a mis en place depuis peu une **base « Flore »** permettant la centralisation des données à l'échelle du Parc national. On y retrouve 5 grandes applications :

- SYNTHÈSE FLORE
- FLORE STATION
- FLORE PATRIMONIALE
- BRYOPHYTES
- DOCUMENTATION

Toutes les données récoltées grâce au protocole « territoire » sont classées dans la rubrique « FLORE PATRIMONIALE ». Ainsi, cette dernière regroupe un grand nombre de données concernant le Sabot de Vénus sur l'ensemble du PNE. Cette rubrique permet de rentrer directement les données de terrain relevées à l'aide des PDA (ordinateur de poche). Au delà de cette base « Flore », le parc possède également un centre de documentation rassemblant un grand nombre d'archives papier.

En complément des données issues du Parc, du CBNA ou bien du RACFAA, d'autres sources d'informations ont servi à cette étude. En effet, au-delà des journées de terrain, la collaboration avec des locaux, des agents de l'ONF ou bien des passionnés de Sabot de Vénus, a contribué à la découverte de nouvelles stations sur le territoire du parc.



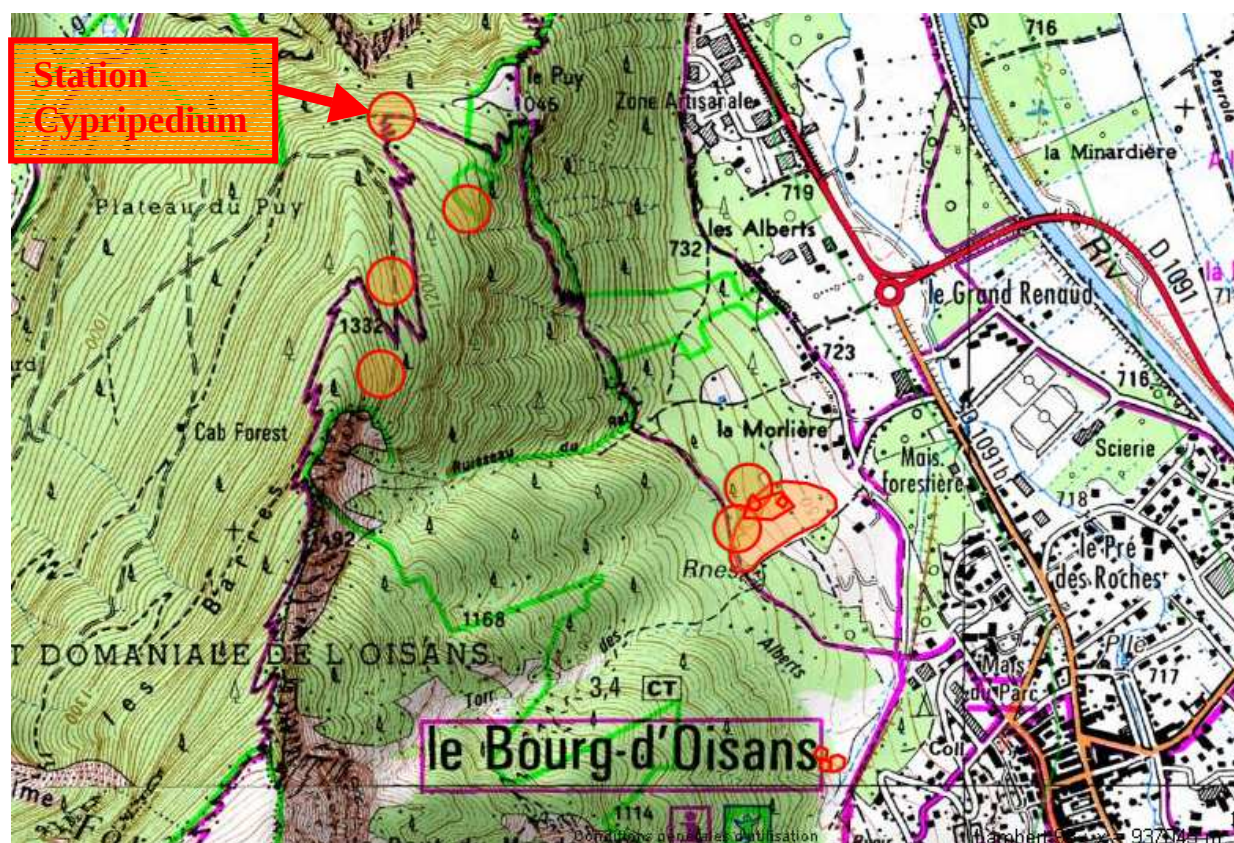
2.2. Méthode de relevé de terrain

2.2.1. Préparation des données

Un des objectifs de notre étude consiste à faire un état des lieux des stations connues de *Cypripedium calceolus* et des variables réponses qui les caractérisent (surface et fréquence), et ce, afin de constituer un état initial de suivi à l'échelle du PNE.

Il est nécessaire de préparer les prospections de manière à optimiser le temps passé sur le terrain. Pour ce faire, une première étape consiste à repérer au préalable les zones à prospecter. La base « Flore » du PNE est utilisée pour exporter l'ensemble des données cartographiques correspondant aux zones de présence du Sabot de Vénus. Des cartes sont ensuite réalisées sous SIG (logiciel Q-GIS).

On obtient ainsi une carte regroupant l'ensemble des zones prospectées depuis une douzaine d'années (Annexe 4) et susceptibles d'abriter des stations de *Cypripedium calceolus* (Carte 3).



Carte 3 : carte de prospection du Bourg-d'Oisans avec la localisation des stations de Sabot de Vénus
(source: PNE. Fond : SCAN25©IGN)



2.2.2. Protocoles de suivi du Sabot de Vénus à l'échelle du PNE

- **Caractérisation des communautés végétales**

Si la station est retrouvée, une fiche de relevé de terrain « Flore-station » (Annexe 5) est remplie. Elle contient entre autre les coordonnées GPS, l'exposition, le cortège floristique, le type d'habitat naturel, le pourcentage des différentes strates végétales, etc. Tous ces détails permettront ensuite de mieux connaître l'écologie de *Cypripedium calceolus* au sein du massif des Ecrins et ainsi de répondre au premier objectif de l'étude visant à savoir s'il existe des communautés caractéristiques au Sabot de Vénus.

- **Dynamique des populations de *Cypripedium calceolus***

En plus de cette première fiche de relevé, chaque zone prospectée fait l'objet d'un protocole spécifique qui correspond au **suivi territoire**.

La récolte de données de terrain s'organise de la façon suivante : chaque station rencontrée est géolocalisée grâce à un PDA (Figure 4). Ce dernier contient une **application de saisie de données** et est doté d'un GPS ainsi que de la couverture cartographique et photographique du Parc national des Ecrins.

Cet outil est lié à la base de données FLORE PATRIMONIALE développée sous format web. Toutes les données des PDA peuvent être déchargées sur les ordinateurs fixes et réciproquement.



Fig. 4 : photo d'un PDA
(Source : www.pdadb.net)

Cette application nomade de saisie de données permet d'appliquer le protocole « territoire ». Ce protocole repose sur le relevé de « zone de prospection » (ZP) de l'espèce, d'« aires de présence » (AP) de l'espèce, et de fréquence d'occurrence de l'espèce au sein des AP.

- o **Zone de prospection (ZP)**

La zone de prospection est une surface qui correspond aux **aires de présence (AP)** de l'espèce et à **l'aire d'absence** (là où l'espèce a été recherchée mais non trouvée). Il est nécessaire de bien définir la ZP pour pouvoir définir les AP.

Le rayon de la zone de prospection doit dépasser d'au moins 50 m le rayon de l'aire de présence (selon la topographie et l'écologie de l'espèce), ou d'une longueur équivalente à 5 à 10 % du rayon de l'aire de présence (Figure 5).

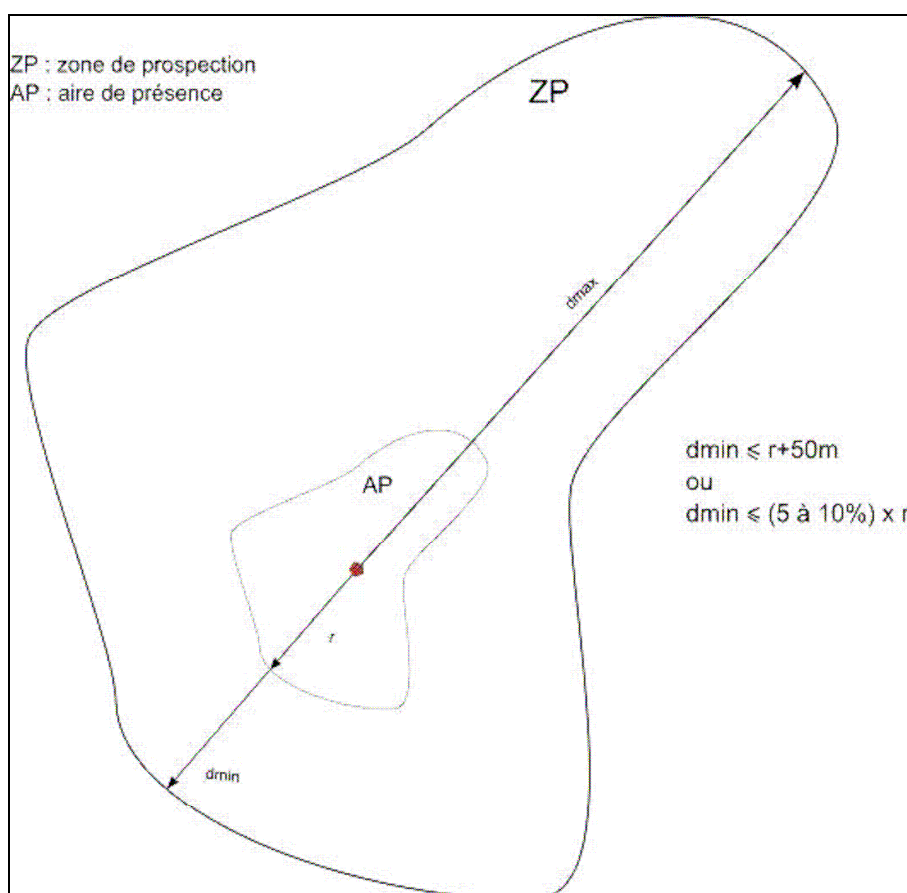


Fig. 5 : exemple d'une aire de présence (AP) à l'intérieur d'une zone de prospection (ZP).
(source: RACFAA)

La ZP permet de noter la progression ou régression des AP. Une zone de prospection correspond à un habitat potentiel pour l'espèce étudiée dans le secteur considéré.

L'objet cartographique de la ZP est obligatoirement un polygone.

Pour chaque année de suivi des AP, l'observateur doit se munir de la ZP correspondante précédente.

o Aire de présence (AP)

L'aire de présence est une surface donnée en m² correspondant à une station de l'espèce recherchée. Sa taille peut varier d'une année à l'autre. On y relève les paramètres permettant d'évaluer l'évolution de la population. L'AP c'est une unité de mesure de terrain.

La surface réelle de l'aire de présence est corrigée par la pente estimée in situ.

Pour que ces surfaces soient délimitées de la même façon sur toutes les stations de *Cypripedium*, quelques règles ont été fixées :



- deux aires de présence sont séparées par une distance minimale de **50 m** ou par la présence d'éléments forts de rupture du paysage ou de discontinuité d'habitats (distance laissée à l'appréciation de l'observateur) ;
- pour la délimitation d'une AP, les plantes les plus à l'extérieur sont reliées sans indentations sauf :
 - quand on traverse un milieu défavorable (falaise, mare, bois, etc.)
 - quand on traverse la limite de la ZP
 - lorsque 2 pointages consécutifs sur le contour sans indentation sont éloignés de plus de 50 m.

La prise de données se fait sur le PDA et permet ainsi de tracer sur le terrain l'AP sur fond géoréférencé.

La représentation cartographique de l'aire de présence (point/ligne/polygone) est laissée au choix de l'observateur en fonction de sa surface, de sa forme, etc (Figure 6).

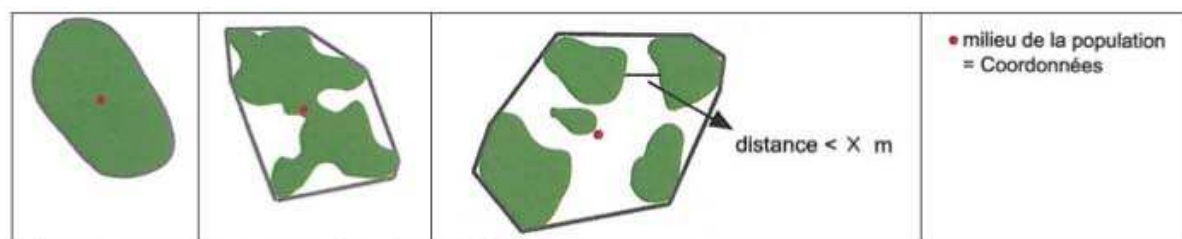


Fig. 6 : représentation schématique d'une aire de présence (source: RACFAA)

o Fréquence de l'espèce dans l'AP

La mesure de fréquence se fait le long de transects non permanents, en notant à distance régulière la présence ou l'absence de l'espèce.

La fréquence est donnée en pourcentage et correspond au rapport suivant :

$$\frac{\text{Nombre de contacts de l'espèce}}{\text{Nombre de points de mesure sur les transects}}$$

La fréquence doit prendre en compte la variabilité de densité des individus au sein de l'AP.

Dans le cas d'une végétation homogène sur un terrain facilement accessible, deux transects perpendiculaires sont disposés dans les deux plus grandes dimensions de l'AP de l'espèce étudiée.



On préconise ainsi au minimum deux transects (Figure 7) et cent points de mesure (« points-contact »).

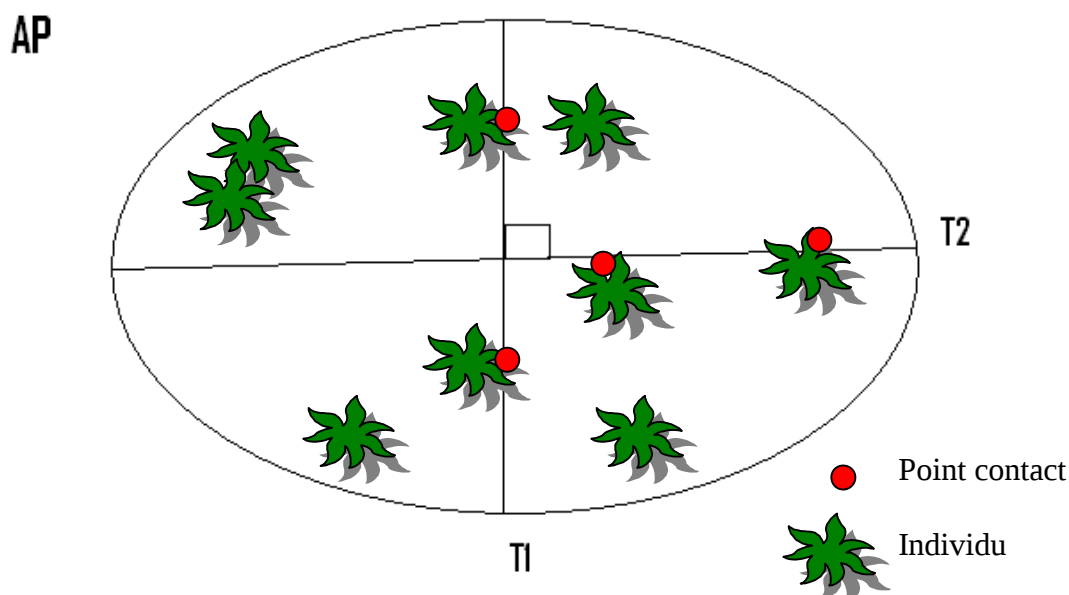


Fig. 7 : exemple de transects dans une aire de présence (source : VEGARA Melissa)

Au total, une vingtaine de jours de terrain ont été nécessaires à la récolte des données. L'état des lieux s'est organisé dans un premier temps autour des relevés les plus anciens (1998) de manière à actualiser l'ensemble des stations connues. Puis, dans la mesure du possible, d'étendre les zones de prospection aux milieux potentiellement favorables à la présence de *Cypripedium calceolus*.

Les dates de prospections se sont organisées selon la phénologie de l'espèce. Ainsi, les stations de basse altitude ont été vérifiées en premier, celles d'altitude en dernier.



2.2.3. Protocole de suivi de stations de Sabot de Vénus avec mesure de l'effet de gestion forestière

L'intérêt d'un tel suivi est de montrer comment la gestion sylvicole peut influencer le développement d'une station de Sabot de Vénus. Pour cela, la mise en place de placettes permanentes est nécessaire.

Les aires de présence sur lesquelles sera mis en place ce protocole se trouvent dans le secteur du Valgaudemar (commune de Saint-Jacques-en-Valgaudemar) et du Valbonnais (commune de Chantelouve).

L'échantillonnage consiste à positionner une douzaine de placettes (1x1m) au sein d'une seule aire de présence, le long d'un gradient de couvert arboré, afin d'avoir des conditions de luminosité variées.

L'AP de Saint-Jacques-en-Valgaudemar – l'une des deux AP choisies pour la mise en place de placettes permanentes – serait en régression depuis plusieurs années. Cela serait probablement dû à la fermeture du milieu et donc à une couverture végétale trop importante pour le Sabot de Vénus. Cette zone étant entièrement boisée, la mesure de gestion consisterait à couper quelques arbres dans la partie sud de l'aire de présence.

Ainsi, les placettes réparties sur trois types de recouvrements pourraient traduire à terme l'effet potentiel de la coupe sur la population locale (Figure 8).

Les placettes ne contenant pas l'espèce (en rouge) permettront potentiellement de montrer l'apparition de nouvelles tiges de Sabot de Vénus dans des secteurs où elles étaient initialement absentes.



Dans l'idéal, les placettes seront réparties de la façon suivante :

Distribution des placettes permanentes au sein de l'Aire de présence choisie pour le protocole de suivi

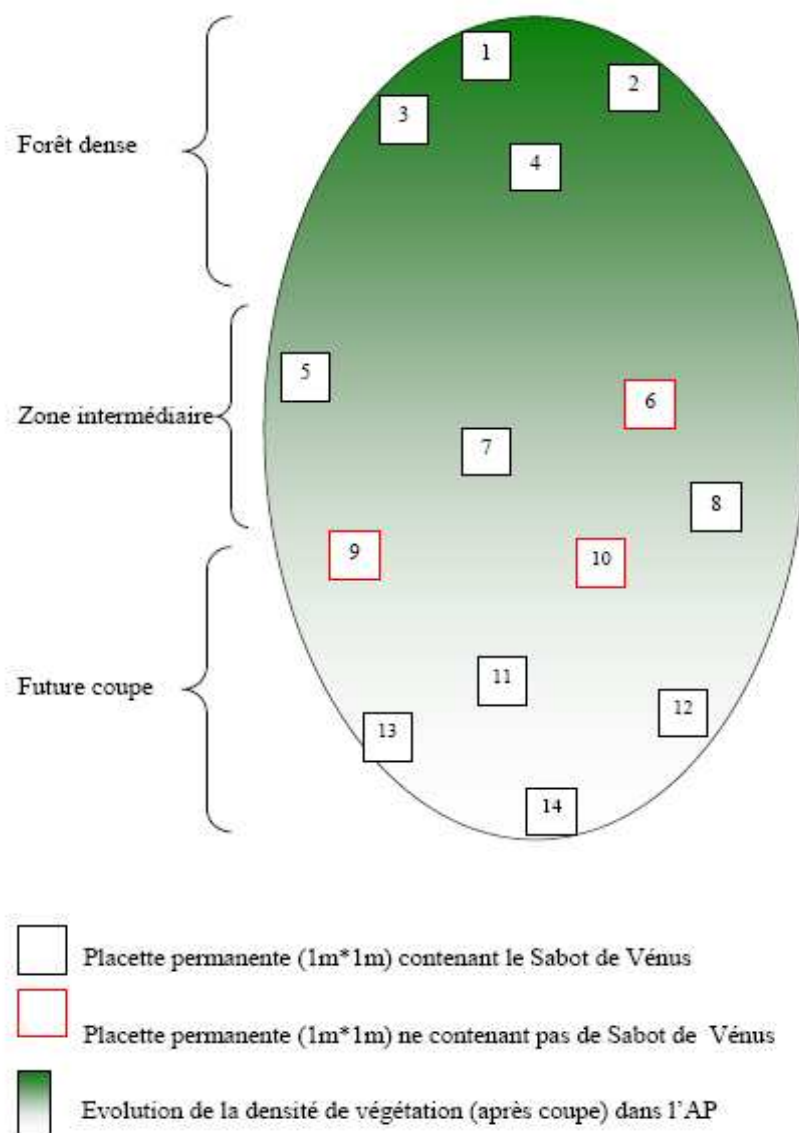


Fig. 8 : répartition des placettes permanentes dans les aires de présence choisies pour le suivi
(source : VEGARA Melissa)

Chaque placette fera l'objet d'un relevé complet des tiges fleuries et non fleuries de Sabot de Vénus et de la modalité d'exposition lumineuse.

La fréquence de mesure de ce suivi est annuelle. Une synthèse des données doit être effectuée au bout de 5 ans [Bonnet, 2011].



2.3. Méthodes d'analyses statistiques

La totalité des analyses statistiques ont été faites avec le logiciel R version 2.14.0 [R Core Team, 2013].

.

- Objectif 1 : quelles sont les communautés végétales caractéristiques des populations de Sabot de Vénus ?

Afin de mettre en évidence la présence éventuelle d'une communauté végétale préférentielle, il est intéressant dans un premier temps de réaliser une analyse factorielle des correspondances (AFC) afin de hiérarchiser l'information. On peut ainsi voir l'émergence de groupes s'il existe une structuration spécifique des espèces ou des relevés les uns par rapport aux autres [Escofier & Pages, 1998]. Puis, en étudiant les variables pouvant influencer la structuration des espèces (analyse de coinertie), on affine la compréhension des communautés abritant le Sabot de Vénus.

- Objectifs 2 : quelle est la dynamique des populations à l'échelle territoriale du PNE ?

Les analyses descriptives ont permis de mettre en évidence les amplitudes écologiques de *Cypripedium calceolus* au sein du massif des Ecrins. L'étape suivante consiste à analyser les variables de populations (fréquences de l'espèce dans les stations, surfaces des aires de présences, et surfaces effectives de l'espèce) en fonction des variables explicatives (strates de végétation, expositions, hauteurs de canopée). Cette étape permet de déceler si un ou plusieurs facteur(s) influence(nt) la structure des populations étudiées.

.

- Objectif 3 : une mesure de gestion appliquée au niveau d'une station a-t-elle un effet significatif sur la population ?

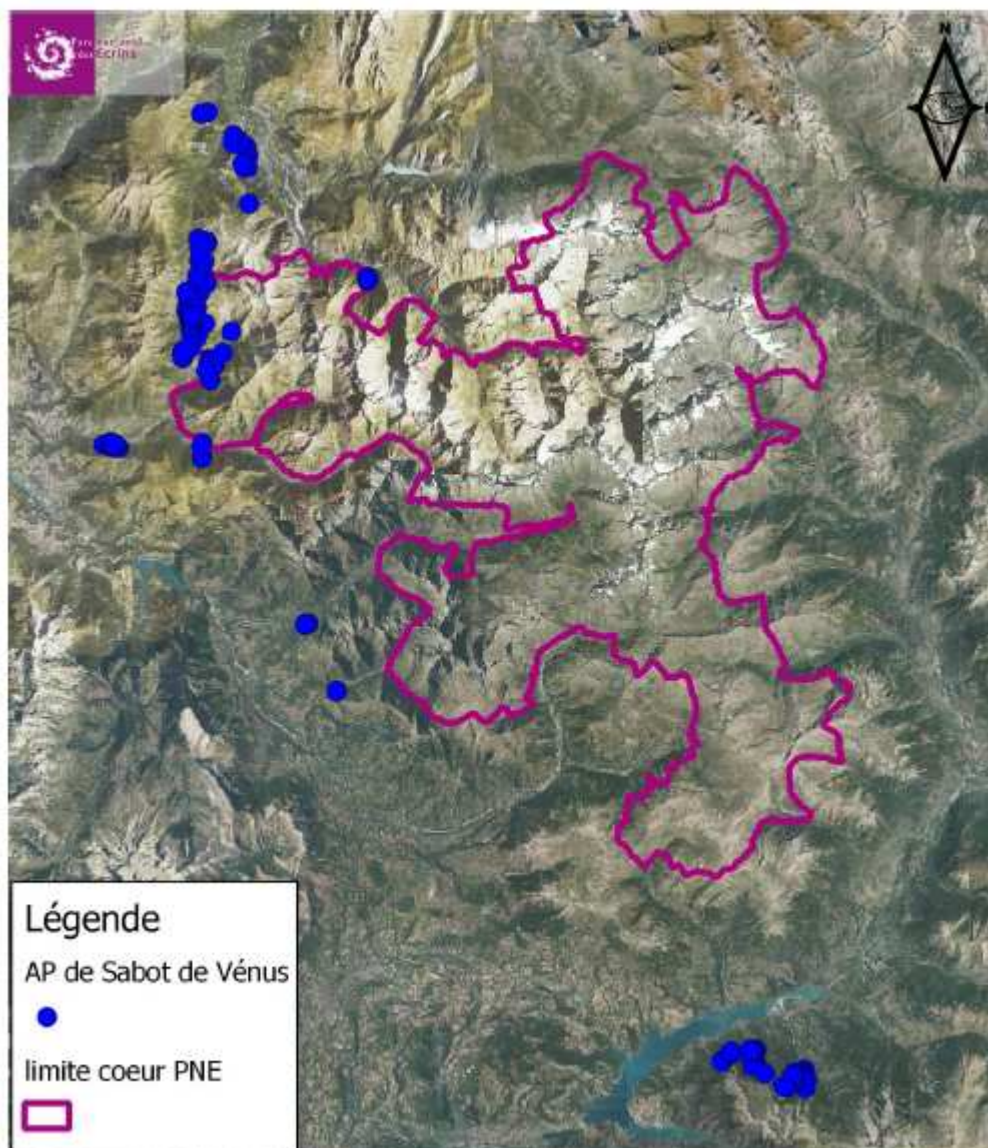
Cet objectif ne pourra être rempli qu'après le traitement statistique des données relevées sur plusieurs années dans les placettes mises en place au cours de cette étude.



3. Résultats

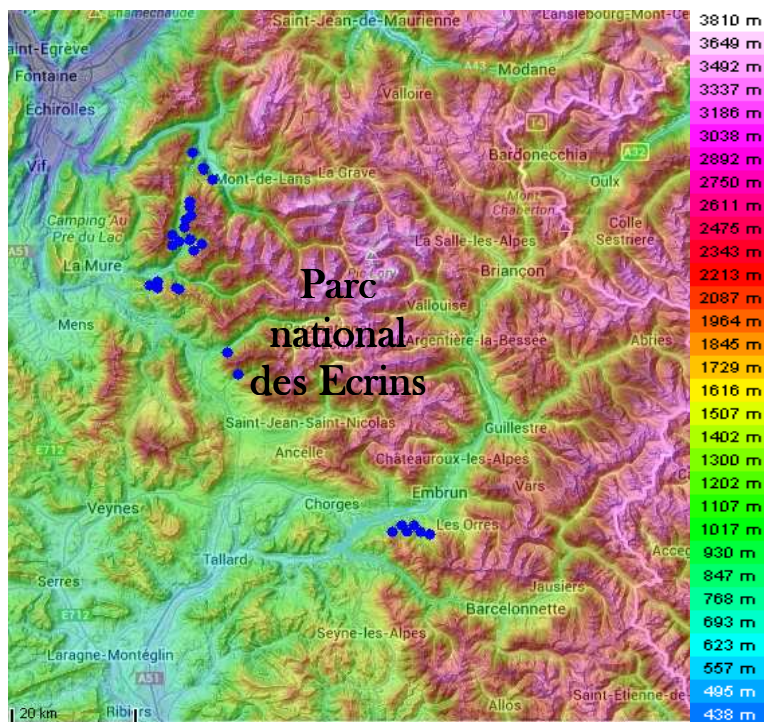
3.1. Répartition du Sabot de Vénus au sein du Parc

Suite aux prospections de 2013, un état des lieux sous forme de cartes de répartition du Sabot de Vénus dans l'ensemble du Parc national des Ecrins a pu être réalisé (Carte 4).



Carte 4 : carte de répartition des stations de Sabot de Vénus sur le territoire du parc national des Ecrins (source : VEGARA Melissa)

Afin de comprendre la répartition des stations, il est intéressant de comparer les cartes IGN avec celle où figurent les différents étages alpins comme le montre la carte ci-dessous (Carte 5).



● Présence de *Cyripedium calceolus*

Carte 5 : distribution de *Cyripedium calceolus* en fonction des étages montagnards dans le parc national des Ecrins (source : <http://www.i-trekkings.net>)

La carte met en évidence une répartition bien spécifique au sein du massif des Ecrins. On retrouve l'espèce entre 1000 et 1900 mètres d'altitude et sur la marge occidentale du Parc.

3.2. Ecologie de *Cyripedium calceolus* dans le massif des Ecrins

3.2.1. Statistiques descriptives

Les variables retenues pour cette étude correspondent à :

- la surface (*surf*): variable quantitative continue, donnée en m².
- la fréquence (*freq*): variable continue bornée, donnée en (%).
- la surface effective (*scy*): (= *freq* x *surf*) variable quantitative continue (m²).
- la hauteur de la canopée (*can*) : variable quantitative continue (m).
- le recouvrement des ligneux hauts (> 4 m) (*lig_h*) : variable continue bornée (%).
- le recouvrement des ligneux bas (1 à 4 m) (*lig_b*) : variable continue bornée(%).
- l'exposition (*expo*) : variable qualitative (E, N, NE, NO, O, S, SO).



Dans un souci de précision, les graphiques (Figure 9) sont réalisés à partir d'un tableau (Annexe 6) ne contenant pas les « outliers » (observations dont la valeur s'écarte fortement des valeurs des autres observations).

Dans le cas présent, ils ne concernent qu'une seule donnée: la station 3549 dont la fréquence est égale à 21 % avec une surface égale à 2500m².

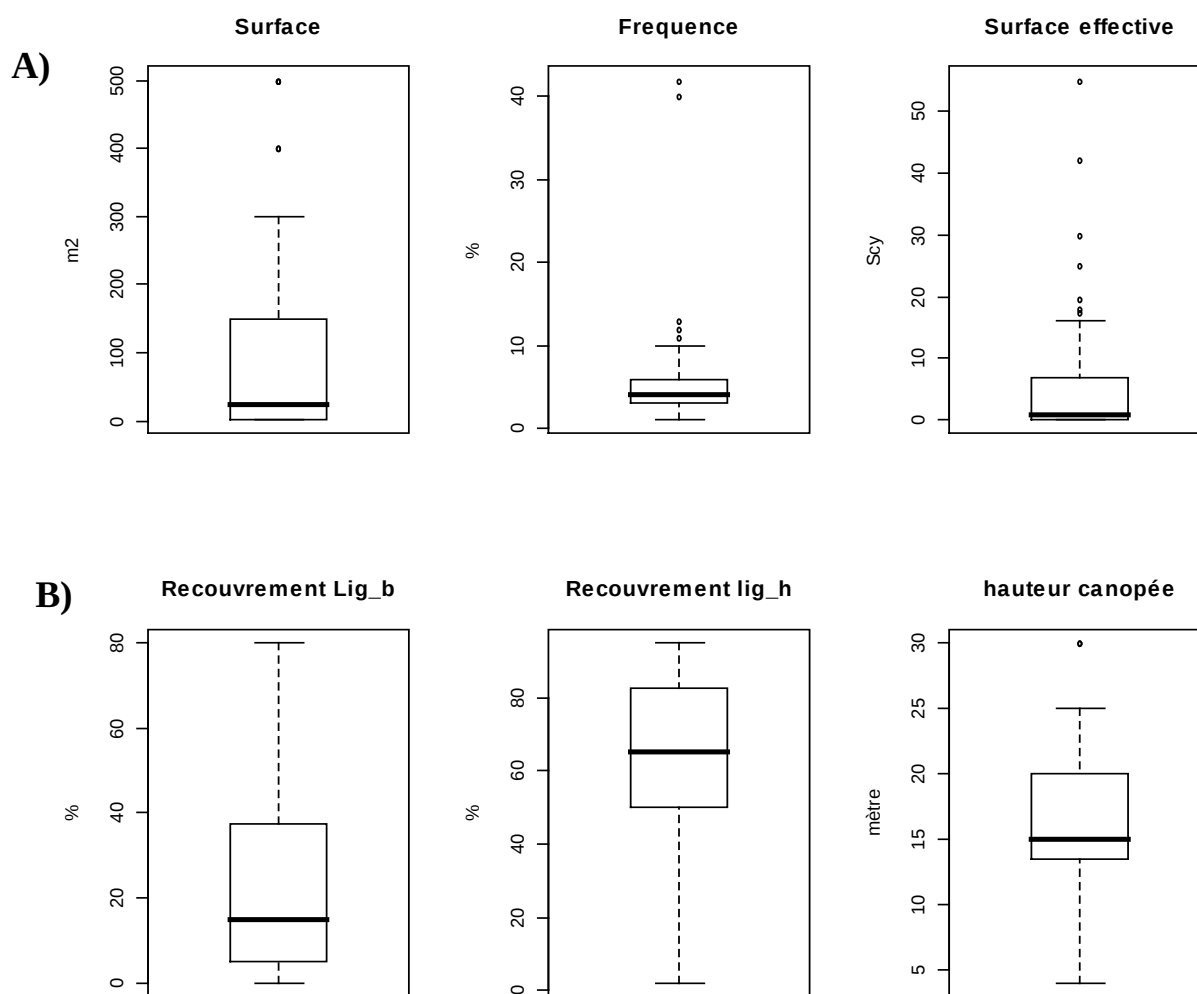


Fig. 9 : A) boxplot des variables « Surface », « Fréquence » et « Surface effective » (surf x fréq),
B) boxplot des variables « Recouvrement des ligneux bas » (1 à 4 mètres), « Recouvrement des ligneux hauts » et « Hauteur de la canopée ». (source : VEGARA Melissa)

Surface : environ 50 % des aires de présence étudiées ont une surface inférieure à 30 m².

Fréquence : un peu plus de 35 % des stations ont une fréquence comprise entre 1 % et 5 %.



Surface effective : la plupart des valeurs se situent entre 0,01 m² et 8 m². La moitié d'entre elles sont inférieures à 0,8 m².

Recouvrement des ligneux bas : cette strate ne représente que 10 % du recouvrement dans près de 23 % des stations. Pour les autres, les valeurs s'étalent fortement (20 % à 80 %).

Recouvrement des ligneux hauts : la majorité des données correspond à un recouvrement compris entre 50 % et 80 %.

Canopée : la hauteur de la canopée est comprise entre 10 m et 15 m dans 20 % des stations et entre 15 m et 20 m dans plus de 15 % des AP.

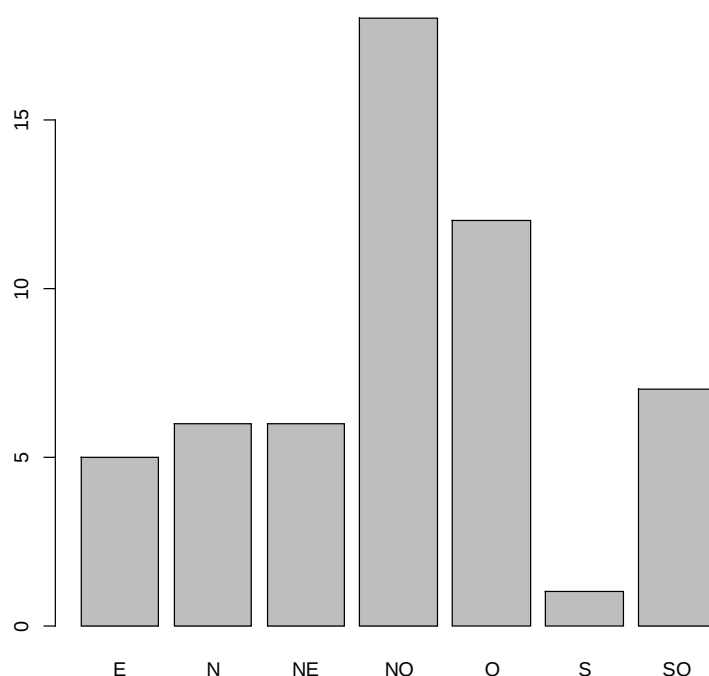


Fig. 10 : histogramme de la variable « Exposition ».

(source : VEGARA Melissa)

Exposition (expo) : la majorité des stations sont exposées au nord-ouest et à l'ouest (Figure 10).



3.2.2. Communautés végétales préférentielles

La Figure 11 est obtenue grâce à une analyse factorielle sur 23 stations. Chacune d'elles a fait l'objet d'un relevé complet et présente ainsi une liste exhaustive des taxons qui la composent, avec leurs coefficients d'abondance/dominance.

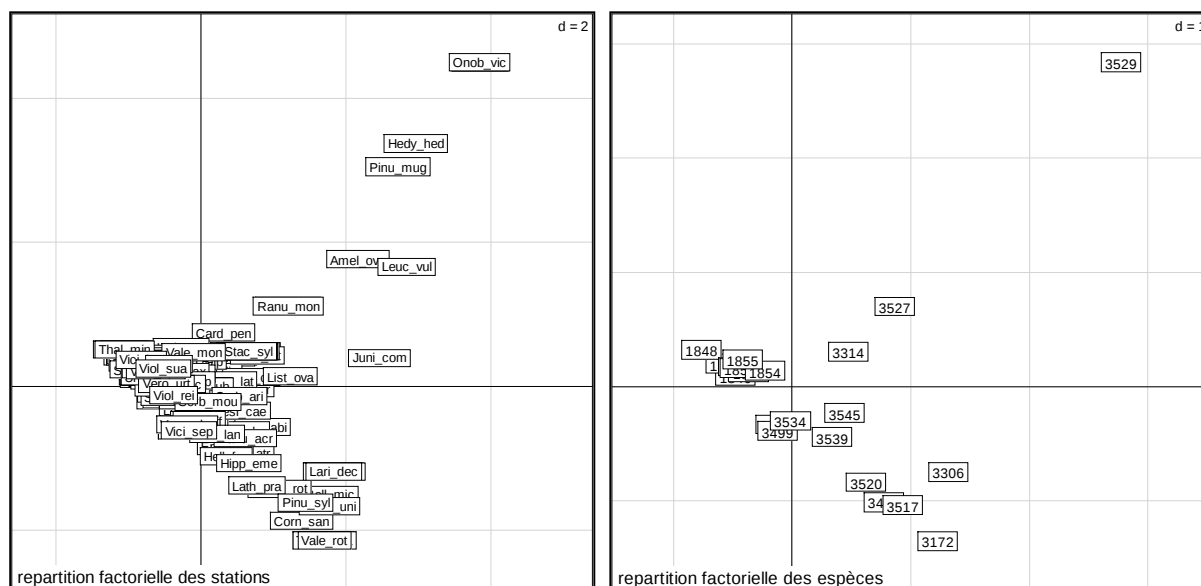


Fig.11 : répartition factorielle des espèces et des stations. (source : VEGARA Melissa)

On peut voir la diversité des stations de Sabot de Vénus de par leur répartition. En ce qui concerne les 222 taxons relevés sur l'ensemble des stations, une classification ascendante hiérarchique (Figure 12) des espèces permet de les repartir en deux groupes dont le plus restreint contient le Sabot de Vénus (Annexe 7).

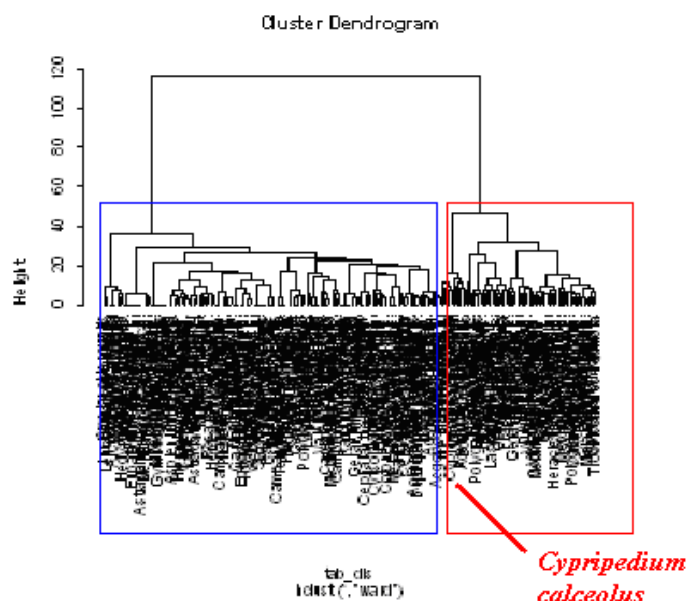


Fig.12 : taxons présents sur les stations de Sabot de Vénus (source : VEGARA Melissa)



La Figure 13 permet une représentation des deux groupes sur un plan factoriel.

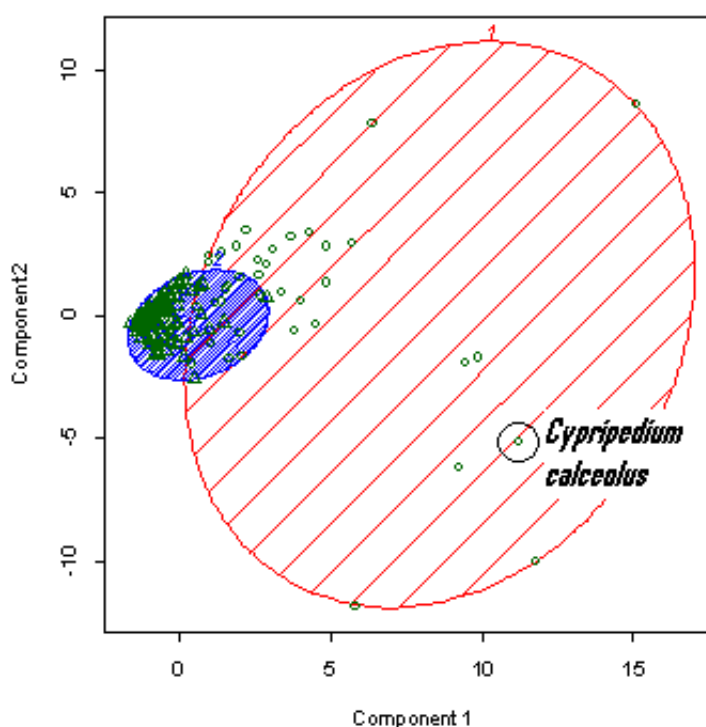


Fig.13 : répartition factorielle des espèces
(source : VEGARA Melissa)

Les deux premiers axes principaux expliquent à eux seuls près de 43% de la répartition des taxons. Ainsi, on retrouve à la marge droite du plan, et formant le groupe 1 (rouge) des espèces plutôt forestières, qu'elles soient arborées (*Abies alba* (sapin), *Acer opalus*, *Acer campestre* (érables), *Fagus sylvatica* (hêtre), etc) ou herbacées (*Galium aristatum* (gaillet aristé), *Convallaria majalis* (muguet), *Euphorbia dulcis* (euphorbe douce), *Luzula nivea* (Luzule des neiges), etc). Sur la marge gauche du plan (groupe 2 en bleu), une grande variété de taxons est observable. Ils correspondent plutôt à des espèces de milieux ouverts, principalement de type herbacé et arbustif (*Bromus erectus* (brôme dressé), *Carlina acaulis* (carline acaule), *Ranunculus bulbosus* (renoncule bulbeuse), *Sambucus racemosa* (sureau rouge), etc).

Afin d'affiner ces résultats, une analyse de coinertie est réalisée. Cette dernière consiste à voir si les paramètres stationnels influencent la structure des espèces (Figure 14). Seulement 21 stations sont utilisées pour cette analyse car certains paramètres n'avaient pas été dûment relevés pour quelques stations.



25



On passe ainsi de milieux sans présence d'arbustes, à des milieux relativement plus embroussaillés pour les milieux ouverts. Pour les forêts, on passe plutôt d'un milieu sans régénération à un milieu au sous-bois plus dense.

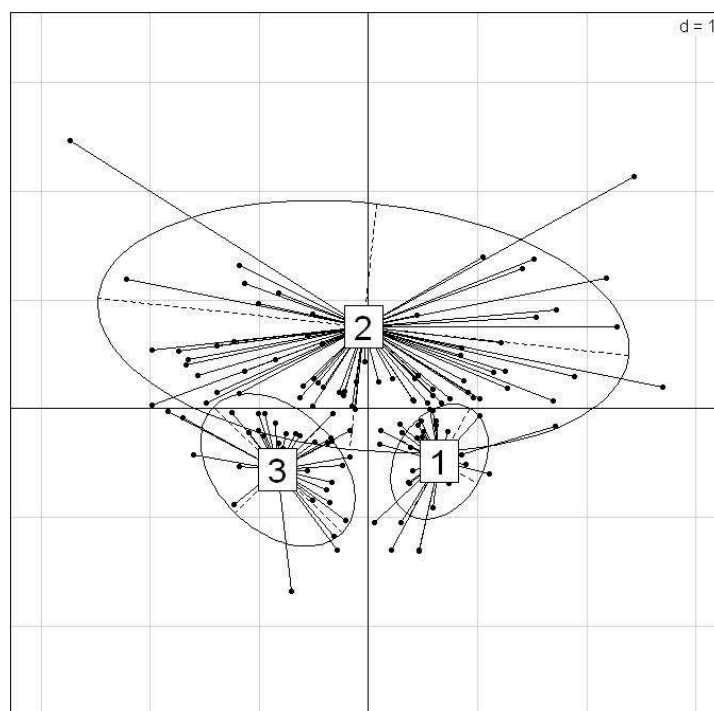


Fig.15 : répartition des espèces (source : DENTANT Cédric)

Une classification basée sur les distances entre les coordonnées factorielles des espèces permet de mettre en évidence trois groupes (Figure 15). Le groupe 2, contenant le Sabot de Vénus, est étalé le long de l'axe 1 : il intègre donc à la fois des espèces de milieux ouverts et des espèces forestières. On se trouve typiquement en présence d'un milieu intermédiaire, ou « écotone ».

Présentement, cet écotone correspond à des lisières forestières, avec une dynamique progressive (présence d'arbustes). Le groupe 1 correspond quant à lui plutôt à des milieux très ouverts, de type prairial. Enfin, le groupe 3 est plutôt forestier, avec une canopée dense et un sous-bois pauvre.

3.2.3. Modèles linéaires généralisés (GLM)

L'étude du lien entre les variables réponses (*freq*, *surf* et *scy*) et les variables explicatives passe maintenant par le choix d'une méthode statistique adaptée à la nature de leurs relations. En fait, chacune de ces méthodes statistiques s'appuie sur une représentation mathématique de ces relations, que l'on appelle le modèle statistique.



Pour qu'il permette de mieux comprendre comment les variables réponses sont liées aux variables explicatives, il faut que ce modèle soit d'une part un bon compte-rendu de la réalité et d'autre part une représentation simple, réduite à l'essentiel, de cette réalité.

Afin de comprendre le lien existant entre les différentes variables, nous nous intéressons à leurs coefficients de corrélation. Les valeurs étant trop dispersées, il est difficile d'observer les corrélations existantes entre deux variables donc une partie des données suivantes est basée sur les transformées de chaque valeur.

1-Transformées des données

Les trois variables réponses à tester (*freq*, *surf* et *scy*) en fonction des variables explicatives *can*, *lig_h*, *lig_b*, *lig_b*, *herb* et *expo* sont mesurées sur l'ensemble des populations étudiées. Elles suivent ainsi théoriquement toutes les trois une loi gaussienne.

Les variables de fréquence ont une distribution continue bornée. Il est donc nécessaire de les transformer suivant cette formule : $tX = \arcsin(\sqrt{X})$, avec X la variable initiale.

Les variables de surface (*surf* et *scy*) sont relativement dispersées. Une transformation de type logarithmique permet de réduire cette caractéristique. La transformation est donc la suivante : $tY = \log(Y)$, avec la variable initiale.

Les variables testées seront donc *tfreq*, *tsurf* et *tscy* en fonction des variables explicatives *can*, *tlig_h*, *tlig_b*, *tlig_b*, *therb* et *expo*

2- Corrélations

Il est toujours intéressant de connaître le degré de relation entre les variables. C'est ce que mesurent les coefficients de corrélation. Les valeurs relatives à la variable *tscy* ne sont pas à prendre en compte : en effet, elle est ni plus ni moins que le produit transformé de *freq* et *surf*. Elle véhicule donc des informations partagées avec ces dernières, et aura obligatoirement une corrélation forte avec elles.

Grâce à la Figure 16, il est possible de distinguer facilement les différents coefficients de corrélation entre les variables sélectionnées pour l'étude [Cornillon & al., 2008].

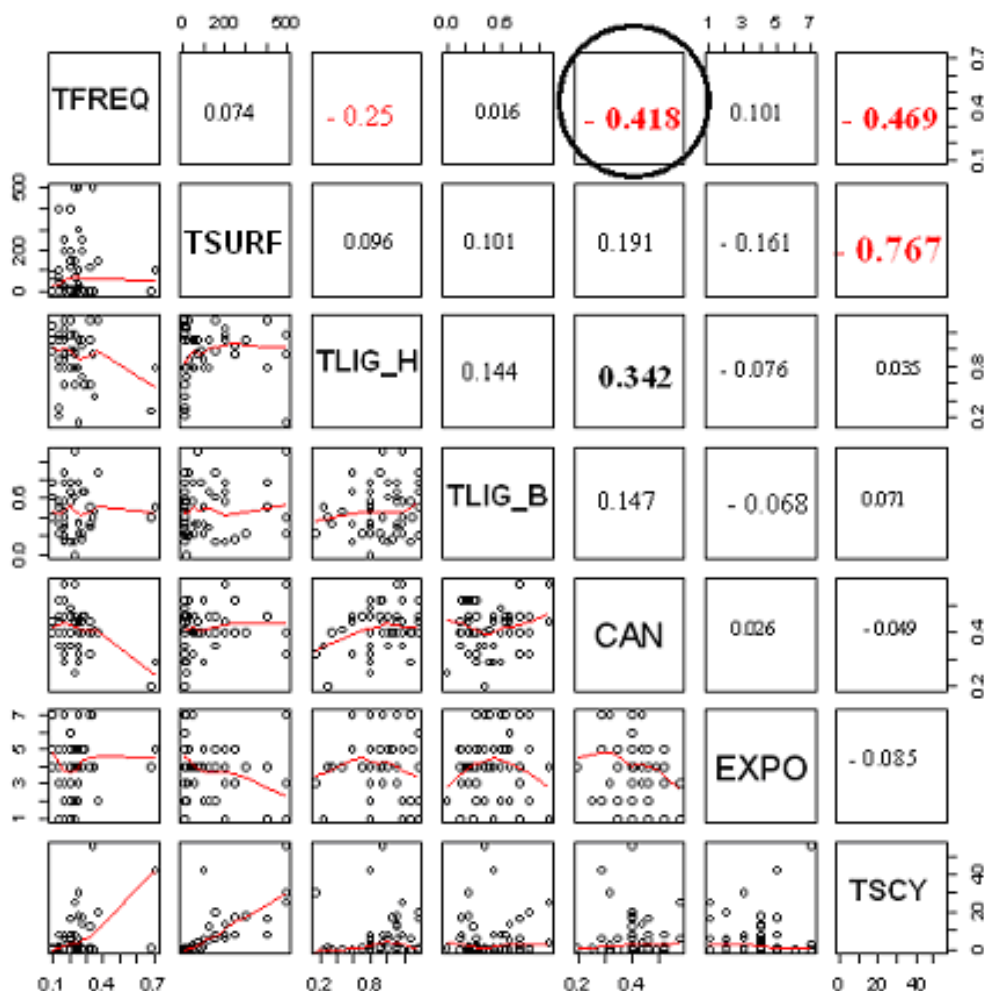


Fig.16 : tableau des coefficients de corrélation entre chaque variable
(source : VEGARA Melissa)

On peut voir que la variable « canopée » est notablement corrélée à la fréquence de l'espèce et au recouvrement de ligneux des stations : corrélation positive avec *tlig_h* (0.342) et négative avec *tfreq* (- 0.418) .

Les corrélations sont dans l'ensemble peu élevées, ce qui permet de les associer dans un même modèle (il est en effet proscrit de mettre plusieurs variables explicatives corrélées dans un même modèle sous peine de détecter des effets qui n'existent pas. On parle d'inflation des erreurs de type I).



3- Estimation de l'effet de gestion : modèles linéaires généralisés avec distribution gaussienne

Plusieurs modèles sont testés avec la fonction *glm* (bibliothèque MASS) et comparés entre eux pour n'en retenir que les plus parcimonieux (fonction *step*). Cette fonction permet d'étudier la pertinence relative des modèles par comparaison de l'Akaike information criterion des différents modèles (AIC) [Burnham & Anderson, 1998].

Sur les premières analyses, l'étude des résidus a mis en évidence un relevé très anormal, constitué à 90% de strate herbacée et à 2% de strate arborée (station 3530). Il a été supprimé, ce qui a amélioré la pertinence des modèles.

Trois d'entre eux présentent des effets significatifs. Les résultats sont testés avec une ANOVA pour estimer la part de déviance expliquée par chaque variable (fonction *anova*).

Modèle 1- la fréquence de Sabot de Vénus (*tfreq*) est influencée négativement par la hauteur de canopée (*can*) ($p\text{-value}=0.008$) et le recouvrement de ligneux haut (*tlgh*) ($p\text{-value}=0.07$ – effet marginalement significatif de cette variable), et positivement par la surface de la station (*tsurf*) ($p\text{-value}=0.07$ - effet également marginalement significatif de cette variable). En clair, plus la hauteur de la canopée et le recouvrement des ligneux hauts sont importants, plus la fréquence de Sabot de Vénus est faible. A l'inverse, plus la surface de la station est grande, plus la fréquence est importante.

Le pourcentage de déviance du modèle est modeste mais intéressant : 23 %. La variable *can* explique 64% de la partie explicative du modèle (déviance). L'étude des résidus ne montrent pas de structuration particulière.

Modèle 2- la surface des stations (*tsurf*) est positivement influencée par le recouvrement de ligneux haut (*tlgh*) ($p\text{-value}=0.04$).

Le pourcentage de déviance du modèle est assez faible : 15 %.

L'étude des résidus ne montrent pas non plus ici de structuration particulière.

Modèle 3- la surface effective de Sabot de Vénus dans les stations (*tscy*) est positivement influencée par le recouvrement des ligneux haut (*tlgh*) ($p\text{-value}=0.004$). Ce qui n'est pas surprenant au vu des résultats précédents.

Le pourcentage de déviance du modèle est très faible : 8 %. Ce modèle ne sera donc pas retenu pour tenter d'expliquer les variables environnementales dont dépendent les stations de Sabot de Vénus.



3.3. Placettes permanentes

Après avoir prospecté un certain nombre de stations potentielles, le choix de la zone d'étude s'est arrêté sur une station située à Chantelouve (Annexe 8) où 11 placettes ont été matérialisées selon le protocole prévu (cf. § 2.2.3). Ainsi, chaque placette a fait l'objet d'un relevé complet des tiges de Sabot de Vénus, permettant de voir l'évolution de chacune d'entre elles d'une année sur l'autre (Annexe 9). Ce nombre de tiges étant mesuré dans l'état initial, il sera possible de comparer au bout d'un certain nombre d'années une éventuelle expansion ou régression de la population suite à une modification du couvert forestier. Concernant la station de La-Chapelle-en-Valgaudemar, il n'a pas été possible d'appliquer le protocole. L'aire de présence est insuffisamment grande pour la mise en place de placettes et présente des pieds moribonds par rapport à la phénologie des autres stations (Figure 17).

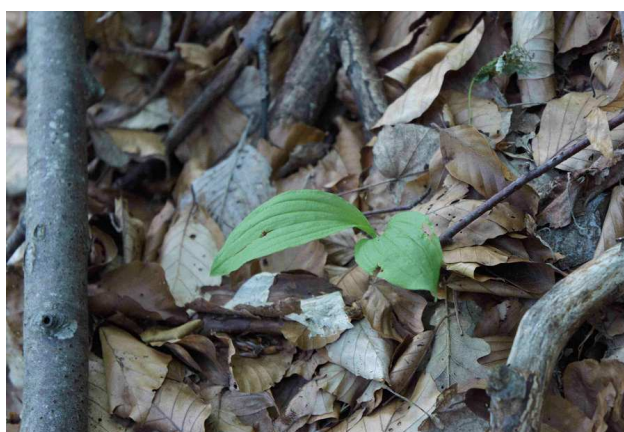


Fig. 17 : tige de Sabot de Vénus présente sur la station de la Chapelle-en-Valgaudemar (source : IMBERDIS Ludovic)

Cependant, la régression importante de la station nécessitait une intervention de manière à ré-ouvrir le milieu actuellement très fermé. Ainsi, la coupe de quelques arbres a été réalisée dans la partie sud de la station suite à des propositions résultant de cette étude. Le Sabot de Vénus n'aimant pas la lumière directe (verticale), la coupe s'est faite de manière à créer une éclaircie proche de la station mais pas directement dessus (Figure 18). Ainsi, les pieds de *Cypripedium calceolus* reçoivent désormais une lumière latérale grâce au puits de lumière réalisé à proximité (Figure 19).



Fig. 18 : coupe réalisée sur la station de la Chapelle-en-Valgaudemar (source : VEGARA Melissa)



Fig. 19 : éclaircie réalisée à proximité de la station de Sabot de Vénus (source VEGARA Melissa)

Maintenant, seul un suivi annuel de la station permettra de voir si l'éclaircie aura eu un effet bénéfique ou non sur l'évolution de cette dernière.



4. Discussion

Toutes les stations de Sabot de Vénus se situent dans la partie occidentale du Parc national, là où la pluviométrie est la plus importante. En effet, cette zone bénéficie d'une influence océanique, laquelle s'atténue très fortement dans la partie orientale du Parc. Cette plus grande fraîcheur climatique pourrait également expliquer la préférence du Sabot de Vénus pour les versants de l'étage montagnard (1000 à 1900 m d'altitude).

D'après les analyses descriptives, on constate que l'habitat du Sabot de Vénus est caractérisé par un recouvrement des ligneux hauts (plus de 4 m) compris entre 50 % et 80 %. A l'échelle du PNE, la majorité des stations ont une surface inférieure à 30 m² et présente une fréquence comprise généralement entre 1 % et 8 %.

L'analyse factorielle des correspondances montre une bonne structuration des taxons en deux groupes bien distincts. Il apparaît ainsi une communauté végétale préférentielle pour *Cypripedium calceolus*. Cette dernière est composée en partie d'essences ligneuses telles que *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Salix caprea*, mais également d'espèces forestières mésophiles. On retrouve entre autres des herbacées telles que *Calamagrostis varia*, *Carex digitata*, *Convallaria majalis*, etc.

L'analyse de coinertie a permis d'affiner ce diagnostic. Au regard de la façon dont sont réparties les stations, on s'aperçoit qu'elles occupent un continuum de milieux allant d'un type forestier à un type plutôt prairial. Il s'agit donc d'une espèce relativement tolérante puisqu'au delà de cette préférence pour les zones intermédiaires, on la retrouve aussi bien dans des milieux très ouverts avec un recouvrement des ligneux hauts inférieurs à 2% (prairie), mais également en sous-bois fermé à 95%. Le Sabot de Vénus apparaît donc être une plante d'écotone de type lisière.

Au delà de ces deux variables prédominantes dans la structuration des communautés de Sabot de Vénus, on peut voir également l'importance du recouvrement des ligneux bas. En effet, ces derniers structurent la végétation des sous-bois, influençant ainsi la répartition des taxons. On constate ainsi que 90% des stations se situent dans des zones où le recouvrement de cette strate ne dépasse pas 40%. Cette espèce de demi-ombre pourrait ainsi être gênée par la régénération trop importante des jeunes arbres.



Enfin, les modèles linéaires généralisés ont mis en évidence des relations très significatives entre variables. Le modèle expliquant les variations de fréquence est le plus prédictif. Il met en évidence l'importance de la hauteur de la canopée et du taux de recouvrement des ligneux hauts sur la fréquence des populations de Sabot de Vénus. Cette information se traduit par une corrélation négative de ces deux paramètres qui montrent que plus la hauteur de la canopée et le recouvrement des ligneux hauts sont importants, plus la fréquence est faible.

Ces deux caractéristiques combinées traduisent très certainement l'effet « ombre » du couvert arboré sur des versants montagnards : une canopée projette d'autant plus d'ombre au sol qu'elle est haute, et cette ombre est renforcée par les couverts forestiers denses (Figure 20).

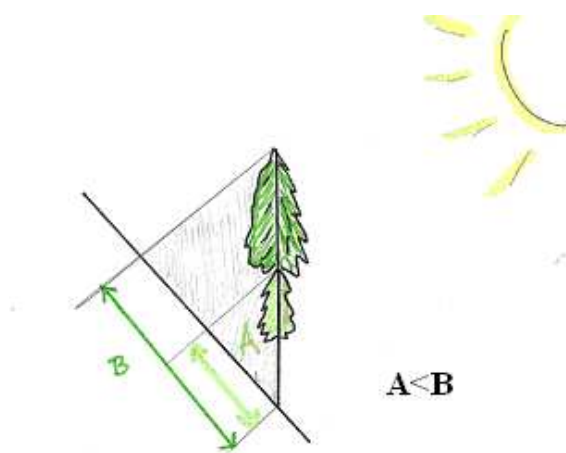


Fig. 20 : représentation de l'ombre portée en fonction de la hauteur de la canopée
(source : VEGARA Melissa)

Pour finir, les modèles linéaires généralisés ont montré une relation significative entre la surface des aires de présence et le taux de recouvrement des ligneux hauts. En effet, plus le milieu serait fermé, plus la surface de la station serait grande.

Le fait que la surface des stations augmente avec une densification de la couverture arborée (modèle 2) traduit la stratégie de recherche de lumière du *Cypripedium* : en effet, son système végétatif par croissance du rhizome lui permet d'explorer l'espace à la recherche de conditions favorables. Avec une densité trop forte du couvert forestier, les individus vont s'étendre (et donc étendre la surface de la station) à la recherche de zone plus lumineuse pour fleurir. Ce qui pourrait expliquer pourquoi en situation de forêt dense, des stations tendent à disparaître : le Sabot s'étend dans un premier temps, puis, en absence de lumière, ne fleurit pas. Et le rhizome finit à terme par s'épuiser (perte des réserves) sans qu'une nouvelle génération (graines) n'ait pu être produite.



Conclusion

Cette étude se veut être le témoignage d'une approche pragmatique pour la mesure d'un effet de gestion. Dans le cadre d'actions conservatoires ou de suivis de population, il arrive encore que des masses considérables de données soient accumulées au fil des ans sans que les effets des actions menées ne soient testés. L'aide des biostatistiques permet de penser ces actions de manière plus opérationnelle et fonctionnelle. Statuer sur un effet de gestion permet de donner plus de sens à celle-ci, ou au contraire de remettre en question objectivement son efficacité.

Cette étude a permis de faire le point sur les connaissances actuelles liées à la répartition et l'écologie de *Cypripedium calceolus* dans le massif des Ecrins.

Il s'est avéré qu'aucune analyse spécifique concernant le cortège floristique de cette espèce patrimoniale n'avait été faite auparavant. Cela nous a donc permis de montrer l'existence d'une communauté végétale préférentielle pour le Sabot de Vénus. Puis, grâce à deux protocoles de suivi (dont un spécifique au Sabot de Vénus), de connaître les facteurs influençant la répartition des populations présentes au sein du Parc national des Ecrins.

Ainsi, grâce aux résultats obtenus concernant les préférences écologiques de cette espèce patrimoniale, il devient possible de mettre en place des plans de gestion adaptés aux populations locales.

Il serait intéressant par la suite de reconduire cette étude en prenant en considération d'avantage de variables environnementales. Il semble bien que l'ombre portée impacte la fréquence : pente et canopée se combinent et influencent la luminosité, laquelle semble grandement conditionner la surface et la fréquence des stations. Ainsi, des données précises sur la luminosité reçue au sol et l'inclinaison de la pente permettraient de préciser le type d'habitat potentiel de cette espèce et d'apporter d'avantages d'informations sur son écologie. Ce type d'études complémentaires pourrait à la fois s'appuyer sur des protocoles existants (protocole ONF - § 2.1.1), et sur l'usage d'outil statistique comme l'analyse de niches écologiques.



Bibliographie

ARMAND M., GOURGUES F., MARCIAU R., ET VILLARET J.-C. (2008). - Atlas des plantes protégées de l'Isère et des plantes dont la cueillette est réglementée. GENTIANA, Société botanique dauphinoise Dominique Villards, Grenoble; Biotope, Mèze, p120.

BISCH P.,(1975).- Note sur *Cypripedium cordigerum*, *Article revue*, 21p.

BONNET V.,(2011).- Elaboration d'un protocole de suivi des populations de *Liparis de Loesel* au niveau national, 12p.

BONNET V., (2012).- Elaboration d'un protocole de suivi des populations de *Liparis de Loesel* au niveau national, version 2, 28p.

BURNHAM K.-P., ANDERSON D.-R, (1998).- *Model Selection and Inference. A Practical Information – Theoretic Approach*. Springer-Verlag, New York.

CHAS E., LE DRIANT F., DENTANT C., GARRAUD L., VAN ES J., GILLOT P., REMY C., GATTUS J.-C., SALOMEZ P., ET QUELIN L. (2006). - Atlas des plantes ou protégées des Hautes-alpes, Gap, Société alpine de protection de la nature, Turriers, p125.

CORNILLON P.-A., GUYADER A., HUSSON F., JEGOU N., JOSSE J., KLOAREG M., MATZNER-LOBER E., ROUVIERE L., (2008).- *Statistiques avec R*, 257p.

DIDIER B., ROYER J.-M., (1994).- Répartition, écologie, phytosociologie, dynamique et protection des populations de Sabot de Vénus (*Cypripedium calceolus L.*) dans le nord-est de la France. *Bulletin de la société des sciences naturelles et archéologiques de Hautes-Marne*, 24 : 269-308.

ESCOFIER B., PAGES J., (1998).- *Analyses factorielles simples et multiples*, Paris, 284p.

FORT N., (2013) *Suivi et conservation de la flore et des habitats. Hautes-Alpes et Alpes-de Haute-Provence*, Conservatoire botanique national alpin, 56p.

FORT N., BONNET V., (2011).- *Rapport d'activité 2011*, Réseau des acteurs de la conservation de la Flore Alpes-Ain, 53p.

GATTUS J.-C., BOTTIN F., (2005).- *Inventaire Sabot de Vénus ONF/PNE – Bilan étude patrimoniale*, 6p.

GENIS J.-M., (2011) *La base de données Flore*, Conservatoire botanique national alpin.

NICOLLET J.-P., SALOMEZ P., (2001). - *Flora Alpina.- Gestion et coopération dans les Alpes*, Réseau Alpin des Espaces Protégés, Gières, p 87-96.



R COR TEAM (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria;

PALENZONA M., DALMAS J.-P., (2005) Programme d'initiative communautaire Interreg IIIA 2000-2006. Alpes latines coopération transfrontalière France-Italie (Alpes). Rapport final d'exécution, Conservatoire botanique national alpin et Istituto per le Piante da Legno e l'Ambien (IPLA), 36p.

SALOMEZ P., (2000).- Note méthodologique pour l'inventaire du Sabot de Vénus, Parc national des Ecrins, 8p

SALOMEZ P., TRONC L., THIBERT E., (1998).- Sabot de Vénus d'Europe *Cypripedium calceolus* L. *Inventaire des stations du secteur du Valbonnais*, 8p.

TERSCHUREN j., (1999).- Plan d'action en faveur de *Cypripedium calceolus* en Europe, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Action Plan for *Cypripedium Calceolus* in Europe, 59p.

Sites Internet

Conservatoire Botanique National Alpin : <http://www.cbn-alpin.fr/>

Parc national des Ecrins : <http://www.ecrins-parcnational.fr/>

Pôle d'information Flore et Habitats de Rhône-Alpes. 09/04/2013 : <http://www.pifh.fr/>

Inventaire National du Patrimoine Naturel : <http://inpn.mnhn.fr/espece/inventaire/I148>

Base de données floristique participatives des Hautes-alpes :
http://www.bdflore05.org/choix_espece.php?PHPSESSID=bc97a1b296e51c4621aa7d62a1af941

Université de Grenoble, Cartographie de la végétation :
<http://ecologie-alpine.ujf-grenoble.fr/msearch>

Site de cartographie : <http://www.i-trekkings.net/forum/post1035.html>

Table des figures et des cartes

Figure 1 : Sabot de Vénus

Figure 2 : fréquence d'observation des espèces ligneuses dans les stations de *Cypripedium calceolus*

Figure 3 : territoire d'agrément du CBNA et localisation des adhérents du réseau de conservation de la flore Alpes-Ain sur le territoire d'agrément du CBNA

Figure 4 : photo d'un PDA

Figure 5 : exemple d'une Aire de Présence (AP) à l'intérieur d'une Zone de Prospection (ZP)

Figure 6 : représentation schématique d'une aire de présence

Figure 7 : exemple de transect dans une aire de présence

Figure 8 : répartition des placettes permanentes dans les stations choisies pour le suivi

Figure 9 : A) boxplot des variables « Surface », « Fréquence » et « Surface effective » (surf x fréq), B) boxplot des variables « Recouvrement des ligneux bas » (1 à 4 mètre), « Recouvrement des ligneux hauts » et « Hauteur de la canopée »

Figure 10 : histogramme de la variable « Exposition »

Figure 11 : répartition factorielle des espèces et des stations

Figure 12 : taxons présents sur les station de Sabot de Vénus

Figure 13 : répartition factorielle des espèces

Figure 14 : résultats de l'analyse de coinertie

Figure 15 : répartition des espèces

Figure 16 : tableau des coefficients de corrélation entre chaque variable

Figure 17 : tiges de Sabot de venus présente sur la station de la Chapelle-en-Valgaudemar.

Figure 18 : coupe réalisée sur la station de la Chapelle-en-Valgaudemar

Figure 19 : éclaircie réalisée à proximité de la station de Sabot de Vénus

Figure 20 : représentation de l'ombre portée en fonction de la hauteur de la canopée

Carte 1 : carte du Parc national des Ecrins

Carte 2 : carte de localisation des 10 placettes de suivi dans l'Embrunais (points rouges)

Carte 3 : exemple de carte de prospection (IGN) du Bourg-d'Oisans avec la localisation des stations de Sabot de Vénus

Carte 4 : carte de répartition des stations de Sabot de Vénus sur le territoire du Parc national des Ecrins

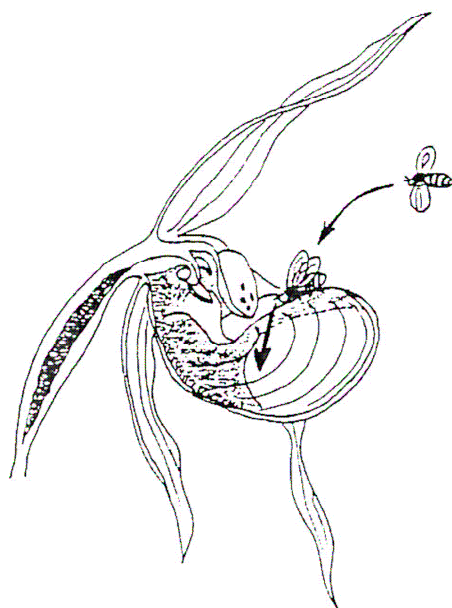
Carte 5 : distribution de *Cypripedium calceolus* en fonction des étages montagnards dans le Parc national des Ecrins

Tables des Annexes

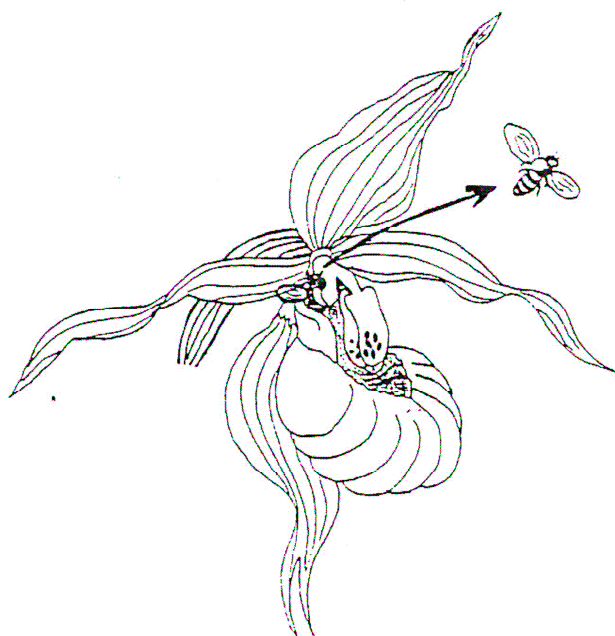
o Annexe 1 : Etapes de la pollinisation de <i>Cypripedium calceolus</i> L. par <i>Andrena naemorhoa</i>	1
o Annexe 2 : Schéma des placettes de suivi du Sabot de Vénus dans le secteur de l'Embrunais.....	2
o Annexe 3 : Compte-rendu 2012 de l'inventaire du Sabot de Vénus sur le massif du Morgon-Boscodon.....	3,4
o Annexe 4 : Carte de prospection de Bourg-d'Oisans.....	5
o Annexe 5 : Fiche FLORE-STATION.....	6,7
o Annexe 6 : Tableau de données présentant l'outlier.....	8
o Annexe 7 : Groupes de taxons présents sur les aires de présence de <i>Cypripedium calceolus</i>	9,10
o Annexe 8 : Emplacement de la station de Sabot de Vénus sélectionnée pour le suivi.....	11
o Annexe 9 : Répartition des placettes permanentes sur la station 1 de la commune de Chantelouve.....	12

Annexe 1 : Etapes de la pollinisation de *Cypripedium calceolus* L. par *Andrena naemorhoa*.

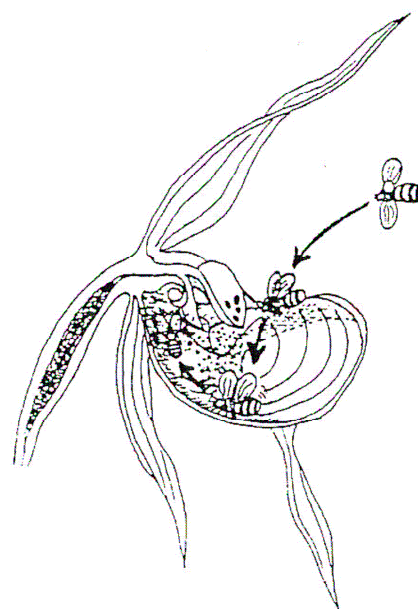
dessin n°1 : l'insecte se pose et tombe dans le labelle



dessin n°2 : l'insecte se dirige vers sa seule porte de sortie à l'arrière de la fleur



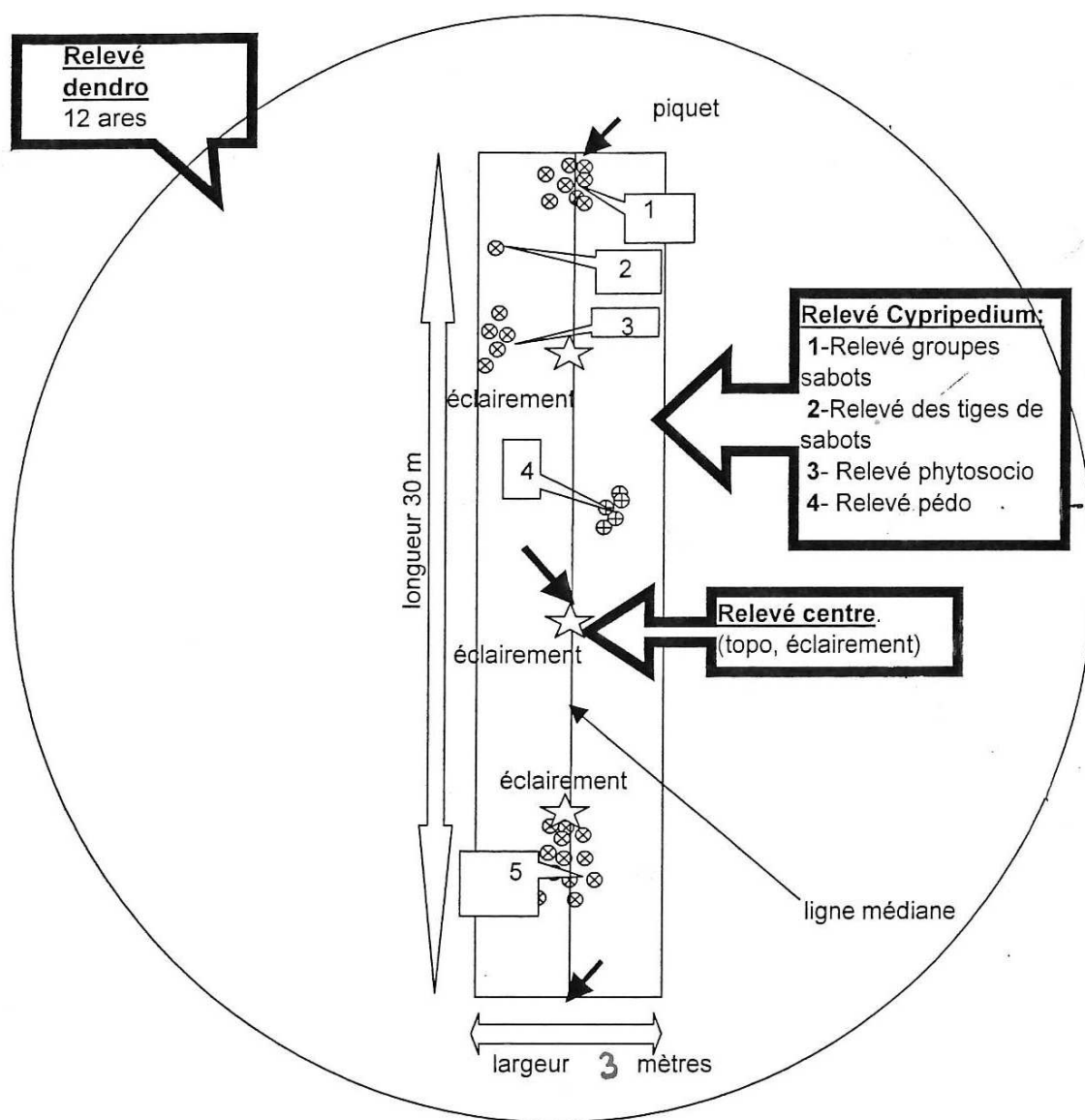
dessin n°3 : sortie de l'insecte qui se charge de pollen



dessin n°4 : l'insecte est piégé dans une nouvelle fleur et en ressortant il dépose du pollen sur le stigmate

Annexe 2 : Schéma des placettes de suivi du Sabot de Vénus dans le secteur de l'Embrunais.

Placettes "sabot de Vénus" : schéma de principe.



Annexe 3 : Compte-rendu 2012 de l'inventaire du Sabot de Vénus sur le massif du Morgon-Boscodon.



INVENTAIRE PATRIMONIAL EN FORET : LES SABOTS DE VENUS (*CYPRIPEDIUM CALCEOLUS*) DU MASSIF DE MORGON - BOSCODON

OFFICE NATIONAL DES FORETS - PARC NATIONAL DES ECRINS

COMPTE-RENDU DE L'OPERATION 2012

Journée d'inventaire des 10 placettes permanentes de suivi du Sabot de Vénus : Mercredi 20 Juin 2012.

Depuis 2000 l'Office National des Forêts et le Parc National des Ecrins dans le cadre de leur convention de partenariat, mènent une étude sur la conservation du Sabot de Venus (*Cypripedium calceolus*) et notamment sur la réponse de cette espèce à la gestion sylvicole. Quatre années d'inventaire (2000-2004) des stations de Sabot de Venus (*Cypripedium calceolus*) ont permis de parcourir 587 hectares des forêts de Morgon, de la Magnane et de Boscodon et de localiser 184 stations de la belle orchidée (10 480 tiges).

Pour affiner l'étude un nouveau protocole a été mis en place en 2005 sur 10 placettes permanentes réparties sur l'ensemble du massif. Des données y ont été récoltées concernant le mode de gestion sylvicole, l'ambiance lumineuse, la dendrométrie, la pédologie et la phytosociologie. Sur ces placettes, chaque année les tiges de Sabot de Venus sont comptées et localisées précisément afin d'estimer l'évolution des populations.

Divers intervenants sont associés à cette opération (techniciens de la DDT, accompagnateurs en montagne, naturalistes amateurs, etc).

Cette journée d'inventaire a rassemblé 11 personnes, avec cette année la présence d'une équipe de France3 en tournage pour le magazine "Des racines et des ailes".

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats de cette opération 2012 et indique le nombre de tiges de Sabots de Venus comptées sur chaque placette. Cette huitième année de relevés contribuera, n'en doutons pas, à nous faire mieux connaître l'espèce et en assurer la conservation.

Certaines placettes (les placettes 1, 2, 4 et 8 notamment) ont fait l'objet d'une opération sylvicole (coupe de jardinage) depuis l'inventaire de 2007 sans que des préconisations particulières de protection du Sabot aient été appliquées à cette coupe.

Les chiffres méritent notre attention sachant qu'il faudra continuer à suivre l'impact de ces pratiques sylvicoles à la fois sur le milieu et sur les effectifs de Sabots de Venus.

En remarques pour cette année :

→ sur la placette 5, aucun sabot en 2012 car présence d'un gros chablis de sapin en plein centre de la station, là où se trouve habituellement les sabots.

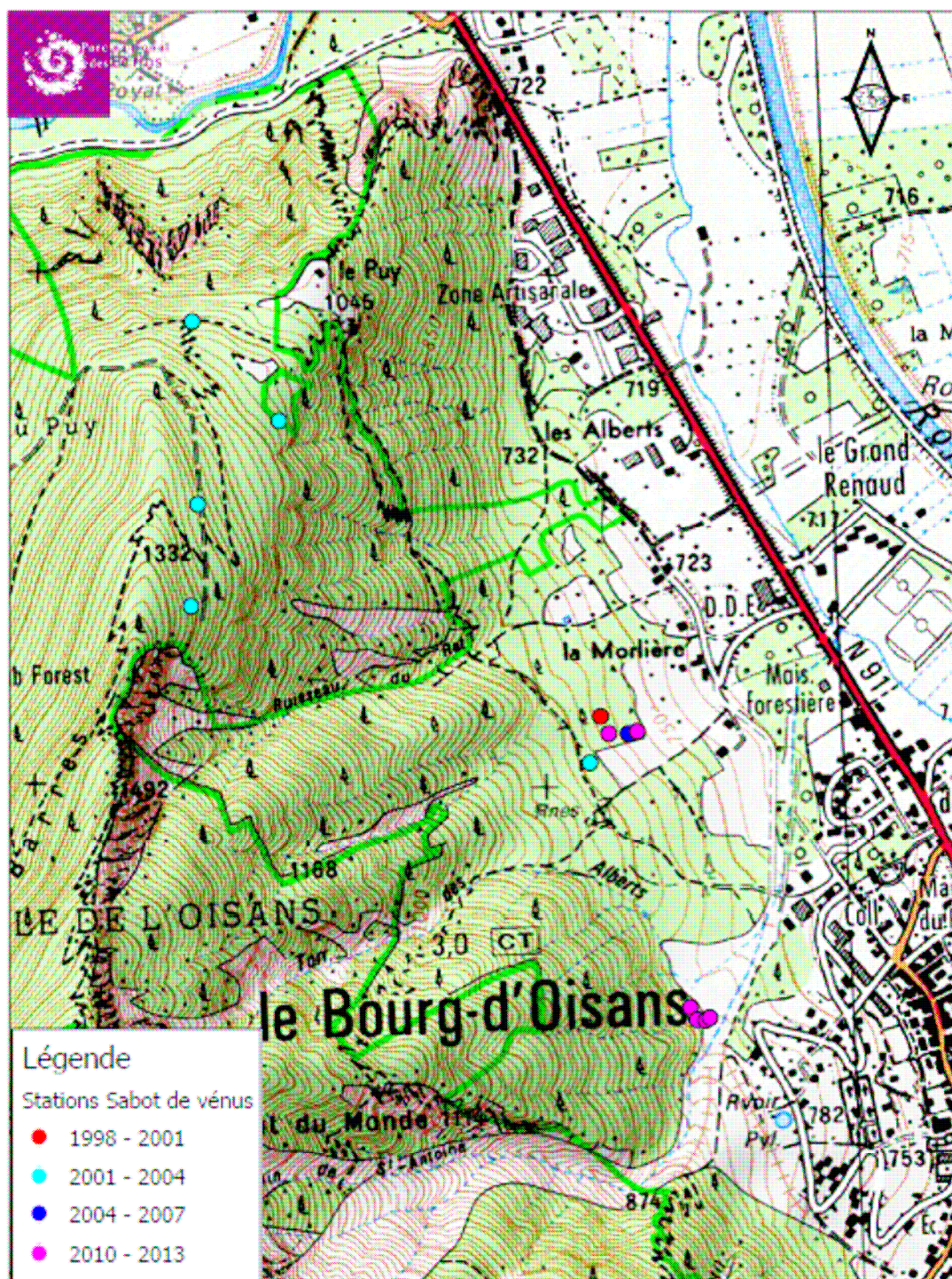
→ sur la placette 4, diminution peut être à cause d'un "labourage" de sangliers sur l'ensemble de la zone inventoriée.

année	placette 1	placette 2	placette 3	placette 4	placette 5	placette 6	placette 7	placette 8	placette 9	placette 10	Total
2005	17	100	6	241	21	259	22	4	214	51	935
2006	20	113	7	135	22	316	27	2	210	47	899
2007	20	101	7	172	7	254	24	3	222	57	867
2008	22	121	7	152	9	191	24	4	234	48	812
2009	17	120	7	223	20	250	25	4	143	43	812
2010	17	73	7	92	2	136	30	11	231	44	643
2011	24	152	7	232	8	200	32	4	213	48	920
2012	22	113	7	143	0	269	46	4	208	35	847
<i>moyenne</i>	20	112	7	174	11	264	29	5	209	47	842

Merci à tous et l'année prochaine.

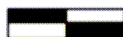
Annexe 4 : Carte de prospection de Bourg-d'Oisans

Répartition des stations de Sabot de Vénus dans l'Oisans (Bourg-d'Oisans)



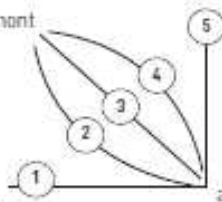
Carte de travail réalisée par VEGARA Melissa
Parc national des Ecrins, le 22 Mai 2013

0 100 200



Copyright IGN - Sphère écologie 2012

Annexe 5 : Fiche FLORE-STATION

FLORE - STATION			
Etape 1			
OBSERVATEURS : 		Jour : Mois : Année : 	
Accès : 		Secteur : 	
Pointage : 		n° de pointage de la station (sur carte ou photo aérienne) : 	
Carte ☐ Photo aérienne ☐		GPS ☐ UTM 31 ☐ UTM 22 ☐ Long. : Lat. : 	
Surface : 1 Surface prospectée (par défaut) : 100 m²		 2 Roche en place (cas particulier) : 10 m²	
Exposition : N NE E SE S SO O NO Indéfinie		POOP : 	
Etape 2			
Relevé : complet (Passer à l'étape 3)		 partiel (Etape 3 facultative)	
Etape 3			
Si programme spécifique, préciser : 		Complément flore patrimoniale ☐ Natura 2000 ☐ IPA ☐ Sophie / N° polygone : 	
Surface homogène avec son environnement immédiat ? oui non		STERF ☐ Autre : 	
Relief de la station			
• Micro-relief (Voir liste bloquée) 			
• Mésorelief (Entourer les 2 numéros)			
			
Hauteur de l'arbre le plus haut : (m)			
Strates de végétation			
Ligneux hauts (plus de 4 m) : strate arborescente		 %	
Ligneux bas (de 1 à 4 m) : strate arbustive		 %	
Ligneux très bas (moins de 1 m) : strate sous arbustive		 %	
Strate herbacée		 %	
Mousses et lichens terricoles		 %	
Litière, sol nu et minéral		 %	
Code DELPHINE : 			
Remarques : 			

Etape 4

Nom scientifique des taxons (Genre, espèce, sous-espèce)	Herb.	Ligneux		
		inf 1m	1 à 4m	sup 4m
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

Code abondance (1 code par espèce et par strate)

5 plante recouvrant plus de 75% de la surface

4 plante recouvrant de 50 à 75% de la surface

3 plante recouvrant de 25 à 50% de la surface

2 plante recouvrant de 5 à 25% de la surface

1 plante recouvrant moins de 5% de la surface

+ plante recouvrant moins de 1% de la surface

Annexe 6 : Tableau de données présentant l'outlier

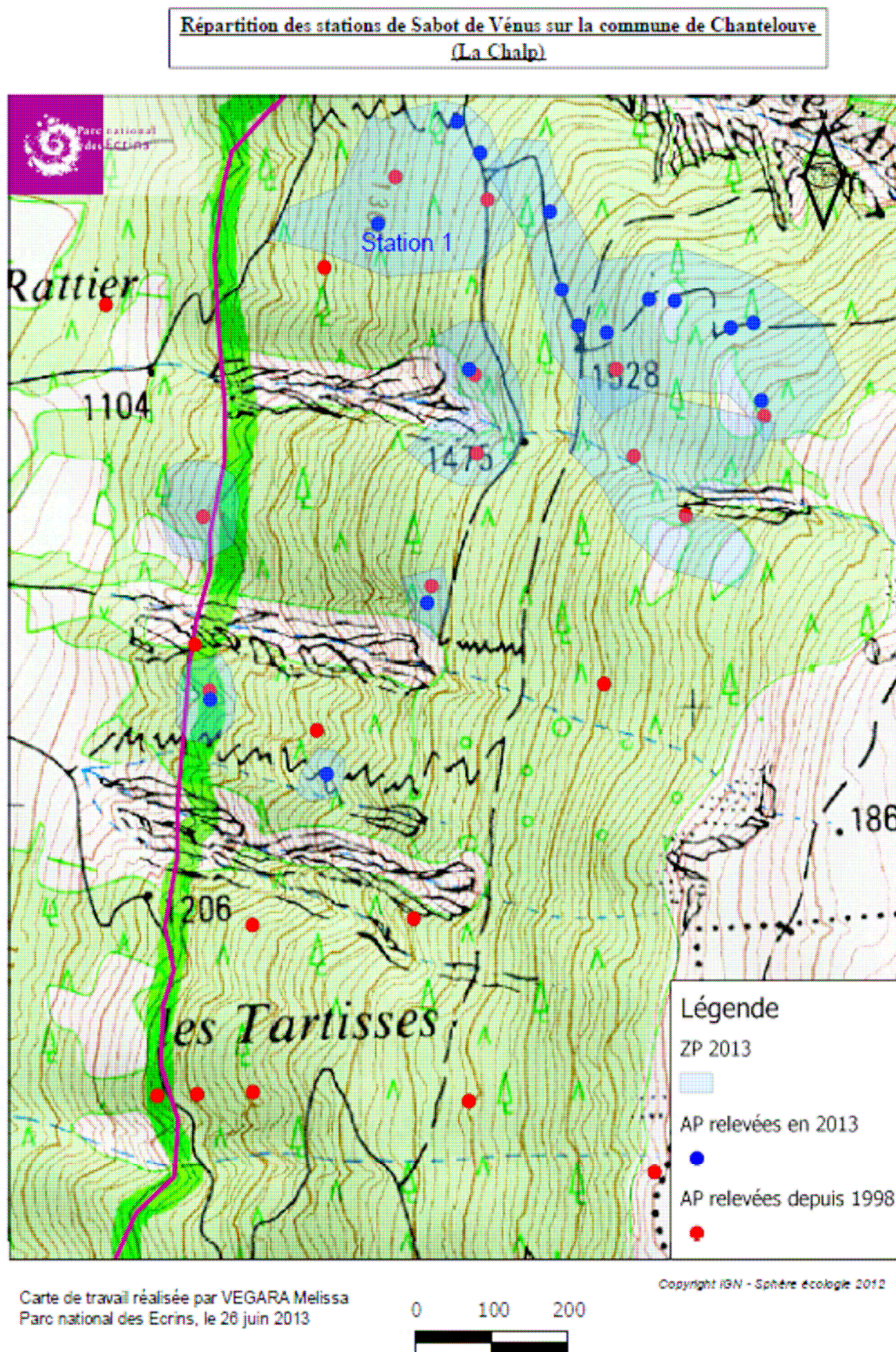
Id_sta	Freq	Surf	Sec	Can	Lig_h	Lig_b	Espo
3546	3	25	0.75	20	60	60	O
3547	12	1	0.12	16	20	20	NO
3548	7	10	0.7	20	40	5	NO
3549	24	2500	525	12	10	8	NO
3550	6	300	18	15	80	5	NO
3551	4	150	6	12	70	2	NO
3552	4	1	0.04	22	50	30	NO
3554	2	100	2	25	60	5	NO
3555	2	70	1.4	15	80	10	NO
3534	2	400	8	20	50	25	NO
3535	1	1	0.01	18	80	35	SO
3536	3	1	0.03	10	30	60	SO
3537	3	1	0.03	8	50	20	SO
3538	2	50	1	15	50	5	NO
3539	5	1	0.05	18	30	2	O
3540	2	1	0.02	25	50	5	O
3542	8	1	0.08	20	30	40	O
3543	2	1	0.02	15	10	10	NO
3545	2	40	0.8	15	80	30	NO
3523	3	25	0.75	25	95	4	NO
3524	1	80	0.8	15	70	50	NO
3525	5	150	7.5	20	70	35	O
3526	3	1	0.03	12	85	15	N
3527	10	120	12	15	80	8	NO
3528	10	2	0.2	10	30	10	SO
3529	42	100	42	8	50	25	O
3530	6	500	30	10	2	5	NE
3531	2	1	0.02	12	5	25	E
3516	1	1	0.01	15	92	15	O
3517	6	4	0.24	12	50	12	O
3518	6	40	2.4	10	50	50	SO
3519	11	500	55	15	65	15	SO
3520	4	200	8	15	85	30	O
3562	3	10	0.3	8	90	30	SO
3563	10	4	0.4	18	95	25	NO
3564	4	4	0.16	15	95	40	S
3503	2	50	1	20	80	10	NE
3504	3	200	6	30	80	50	NE
3505	4	8	0.32	15	50	50	NE
3506	5	500	25	30	85	80	E
3507	3	200	6	15	90	2	E
3508	5	10	0.5	6	50	0	N
3509	6	20	1.2	18	80	5	NE
3510	4	400	16	20	95	50	E
3511	3	3	0.09	25	50	8	E
3559	3	1	0.03	15	90	30	N
3512	40	2	0.8	4	8	15	NO
3513	7	250	17.5	15	75	3	O
3514	3	3	0.09	25	85	10	O
3515	2	2	0.04	18	85	5	O
3492	7	200	14	18	80	40	NO
3493	6	100	6	8	50	10	N
3494	5	70	3.5	18	65	80	NO
3496	4	120	4.8	20	50	40	N
3497	13	150	19.5	15	95	60	N
3499	3	250	7.5	25	65	3	NE

Annexe 7 : Groupes de taxons présents sur les aires de présence de *Cypripedium calceolus*

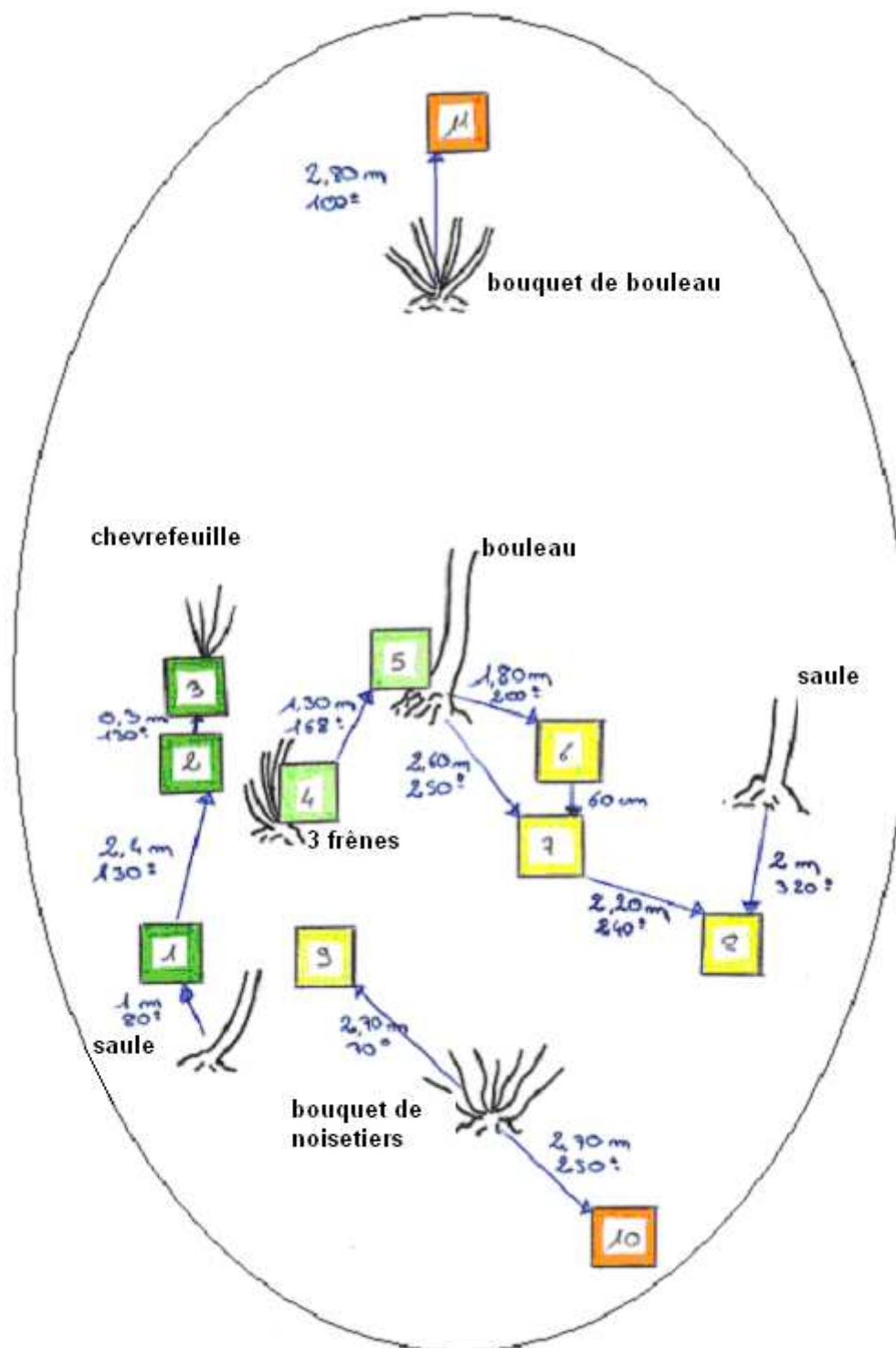
Groupe 1	Groupe 2
<i>Abies alba</i>	<i>Acer campestre</i> L.
<i>Acer campestre</i> L.	<i>Acer platanoides</i> L.
<i>Acer opalus</i>	<i>Achnatherum calamagrostis</i>
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	<i>Aconitum vulparia</i>
<i>Ajuga reptans</i> L.	<i>Actaea spicata</i> L.
<i>Aquilegia vulgaris</i> L.	<i>Adenostyles alliariae</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Aegopodium podagraria</i> L.
<i>Cacalia alpina</i> L.	<i>Amelanchier ovalis</i>
<i>Calamagrostis varia</i>	<i>Anthyllis vulneraria</i>
<i>Calamintha grandiflora</i>	<i>Arabis hirsuta</i>
<i>Carex digitata</i> L.	<i>Arabis pauciflora</i>
<i>Clematis alpina</i>	<i>Arabis turrita</i>
<i>Convallaria majalis</i> L.	<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>
<i>Corallorrhiza trifida</i>	<i>Aruncus dioicus</i>
<i>Cornus sanguinea</i> L.	<i>Asplenium trichomanes</i> L.
<i>Corylus avellana</i> L.	<i>Asplenium viride</i>
<i>Cotoneaster tomentosus</i>	<i>Aster bellidiastrum</i>
<i>Cypripedium calceolus</i> L.	<i>Astragalus glycyphyllos</i> L.
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	<i>Astragalus monspessulanus</i> L.
<i>Digitalis grandiflora</i>	<i>Astrantia major</i> L.
<i>Epipactis atrorubens</i>	<i>Atropa belladonna</i> L.
<i>Euphorbia dulcis</i> L.	<i>Bellidiastrum michelii</i>
<i>Fagus sylvatica</i> L.	<i>Berberis vulgaris</i> L.
<i>Festuca flavescens</i>	<i>Bromus benekenii</i>
<i>Fragaria vesca</i> L.	<i>Bromus erectus</i>
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	<i>Buphthalmum salicifolium</i> L.
<i>Galium aristatum</i> L.	<i>Campanula cochleariifolia</i>
<i>Galium odoratum</i>	<i>Campanula rapunculoides</i> L.
<i>Geranium nodosum</i> L.	<i>Campanula rotundifolia</i> L.
<i>Hepatica nobilis</i>	<i>Campanula spicata</i>
<i>Heracleum sphondylium</i> L.	<i>Campanula trachelium</i> L.
<i>Hieracium bifidum</i>	<i>Cardamine heptaphylla</i>
<i>Hieracium murorum</i> L.	<i>Cardamine impatiens</i> L.
<i>Hippocrepis emerus</i>	<i>Cardamine pentaphyllos</i>
<i>Laburnum alpinum</i>	<i>Carex alba</i>
<i>Laserpitium latifolium</i> L.	<i>Carex austroalpina</i>
<i>Lathyrus vernus</i>	<i>Carex ferruginea</i>
<i>Lilium martagon</i> L.	<i>Carex flacca</i>
<i>Lonicera nigra</i> L.	<i>Carex halleriana</i>
<i>Lonicera xylosteum</i> L.	<i>Carex ornithopoda</i>
	<i>Laserpitium gallicum</i> L.
	<i>Laserpitium latifolium</i> L.
	<i>Lathyrus pratensis</i> L.
	<i>Leontodon hispidus</i>
	<i>Leucanthemum vulgare</i>
	<i>Listera ovata</i>
	<i>Lonicera alpigena</i> L.
	<i>Luzula multiflora</i>
	<i>Malus sylvestris</i>
	<i>Melampyrum nemorosum</i>
	<i>Melampyrum sylvaticum</i> L.
	<i>Melittis melissophyllum</i> L.
	<i>Milium effusum</i> L.
	<i>Moehringia trinervia</i>
	<i>Moneses uniflora</i>
	<i>Monotropa hypopitys</i> L.
	<i>Mycelis muralis</i>
	<i>Myosotis sylvatica</i>
	<i>Onobrychis vicifolia</i>
	<i>Ononis rotundifolia</i> L.
	<i>Phyteuma orbiculare</i> L.
	<i>Picris hieracioides</i> L.
	<i>Pimpinella major</i>
	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.
	<i>Pinus uncinata</i>
	<i>Plantago media</i> L.
	<i>Platanthera</i> sp.
	<i>Poa nemoralis</i> L.
	<i>Polygala alpestris</i>
	<i>Polygala chamaebuxus</i> L.
	<i>Polygonatum odoratum</i>
	<i>Polystichum lonchitis</i>
	<i>Populus tremula</i> L.
	<i>Primula acaulis</i>
	<i>Prunella grandiflora</i>
	<i>Prunus avium</i>
	<i>Pulmonaria saccharata</i>
	<i>Pulsatilla alpina</i>
	<i>Pyrola chlorantha</i>
	<i>Pyrola minor</i> L.

<i>Luzula nivea</i>	<i>Carlina acaulis</i> L.	<i>Pyrola rotundifolia</i> L.
<i>Maianthemum bifolium</i>	<i>Carlina vulgaris</i> L.	<i>Quercus pubescens</i>
<i>Melampyrum velebicum</i>	<i>Cephalanthera damasonium</i>	<i>Ranunculus bulbosus</i>
<i>Melica nutans</i> L.	<i>Cephalanthera longifolia</i>	<i>Ranunculus montanus</i>
<i>Mercurialis perennis</i> L.	<i>Corallorrhiza trifida</i>	<i>Ranunculus tuberosus</i>
<i>Neottia nidus-avis</i>	<i>Cotoneaster obtusisepalus</i>	<i>Ribes alpinum</i> L.
<i>Orthilia secunda</i>	<i>Cystopteris fragilis</i>	<i>Ribes petraeum</i>
<i>Oxalis acetosella</i> L.	<i>Cytisophyllum sessilifolium</i>	<i>Roegneria canina</i>
<i>Paris quadrifolia</i> L.	<i>Daphne mezereum</i> L.	<i>Rosa pimpinellifolia</i> L.
<i>Petasites albus</i>	<i>Digitalis lutea</i> L.	<i>Rubus corylifolius</i>
<i>Picea abies</i>	<i>Dryopteris filix-mas</i>	<i>Salvia glutinosa</i> L.
<i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Epilobium angustifolium</i> L.	<i>Sambucus racemosa</i> L.
<i>Polygala chamaebuxus</i> L.	<i>Epipactis helleborine</i>	<i>Saxifraga rotundifolia</i> L.
<i>Polygonatum verticillatum</i>	<i>Epipogium aphyllum</i>	<i>Sesleria caerulea</i>
<i>Prenanthes purpurea</i> L.	<i>Equisetum arvense</i> L.	<i>Soldanella alpina</i> L.
<i>Ranunculus acris</i> L.	<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	<i>Sorbus mougeotii</i>
<i>Ranunculus aduncus</i>	<i>Euphorbia cyparissias</i> L.	<i>Stachys alpina</i> L.
<i>Rosa pendulina</i> L.	<i>Festuca altissima</i>	<i>Stachys sylvatica</i> L.
<i>Rubus idaeus</i> L.	<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	<i>Stellaria nemorum</i> L.
<i>Rubus saxatilis</i> L.	<i>Galium album</i>	<i>Taraxacum</i>
<i>Salix caprea</i> L.	<i>Gentiana angustifolia</i>	<i>Teucrium chamaedrys</i> L.
<i>Senecio ovatus</i>	<i>Gentiana lutea</i> L.	<i>Thalictrum minus</i> L.
<i>Solidago virgaurea</i> L.	<i>Geranium nodosum</i> L.	<i>Tilia platyphyllos</i>
<i>Sorbus aria</i>	<i>Geranium robertianum</i> L.	<i>Trifolium medium</i> L.
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	<i>Goodyera repens</i>	<i>Trifolium pretense</i>
<i>Trochiscanthes nodiflora</i>	<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	<i>Tussilago farfara</i> L.
<i>Veronica officinalis</i> L.	<i>Hedysarum hedysaroides</i>	<i>Urtica dioica</i> L.
<i>Veronica urticifolia</i>	<i>Helleborus foetidus</i>	<i>Valeriana montana</i> L.
<i>Viburnum lantana</i> L.	<i>Hieracium prenanthoides</i>	<i>Valeriana rotundifolia</i>
<i>Viola reichenbachiana</i>	<i>Hieracium umbrosum</i>	<i>Veronica chamaedrys</i> L.
	<i>Hordelymus europaeus</i>	<i>Viburnum opulus</i> L.
	<i>Hypericum montanum</i> L.	<i>Vicia incana</i>
	<i>Juniperus communis</i> L.	<i>Vicia sepium</i> L.
	<i>Knautia arvensis</i>	<i>Viola biflora</i> L.
	<i>Laburnum anagyroides</i>	<i>Viola suavis</i>
	<i>Larix decidua</i>	

Annexe 8 : Emplacement de la station de Sabot de Vénus sélectionnée pour le suivi



Annexe 9 : Répartition des placettes permanentes sur la station 1 de la commune de Chantelouve



Placettes à l'ombre

Placettes en zone intermédiaires

Placettes situées sous la coupe, en pleine lumière

Placettes sans Sabot de Vénus

