AgroParisTech
ENGREF
INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE L'ENVIRONNEMENT
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY FOR LIFE, FOOD AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

FORMATION DES INGENIEURS FORESTIERS

Conservatoire Botanique National
BASSIN PARISIEN

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

AMÉLIORATION DES CONNAISSANCES SUR LES HABITATS DES PELOUSES SABLEUSES DU DÉPARTEMENT DE LA SARTHE

Mémoire de fin d'études

Myriam Suard − 19e promotion − 2008/2011

Août 2011

Crédits photographiques pour la page de couverture (de gauche à droite) :

- Pelouse sableuse du *Thero-Airion*, Yvré l'Evêque (72), Suard Myriam
- Pelouse sableuse, Montfort-le-Gesnois (72), Suard Myriam
- Pelouse sableuse du *Thero-Airion*, Noyen-sur-Sarthe (72), Vallet Jeanne.

AgroParisTech ENGREF Conservatoire botanique national du Bassin parisien

AMÉLIORATION DES CONNAISSANCES SUR LES HABITATS DES PELOUSES SABLEUSES DU DÉPARTEMENT DE LA SARTHE

Mémoire de fin d'études

Myriam Suard − 19e promotion − 2008/2011 Août 2011

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVE DE LA FIF

Formation des ingénieurs forestiers de l'ENGREF Agro Paris Tech	**TRAVAUX D'ÉLÈVES**
TITRE : Amélioration des connaissances sur les habitats des pelouses sableuses du département de la Sarthe	**Mots clés :** Pelouses sableuse, habitat, phytosociologie
AUTEUR(S) : Myriam Suard	**Promotion :** 19e promotion
Caractéristiques : 1 **volumes** 89 **pages ; --- figures ;** 32 **annexes ;** 0 **cartes ; bibliographie.**	

CADRE DU TRAVAIL

ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT :
Conservatoire botanique national du Bassin parisien, délégation Sarthe

Nom du responsable : Vallet Jeanne
Fonction :
Responsable de la délégation Sarthe

Nom du correspondant ENGREF (pour un stage long) : Gérard Falconnet

Tronc commun ☐	**Stage en entreprise** ☐	**Autre** ☐
Option ☐	**Stage à l'étranger** ☐	
D. d'approfondissement ☑	**Stage fin d'études** ☑	
	Date de remise : 16 août 2011	

Contrat avec Gref Services Nancy ☐ **OUI** ☑ **NON**

SUITE À DONNER (réservé au service des études)

☐ **Consultable et diffusable**
☐ **Confidentiel de façon permanente**
☐ **Confidentiel jusqu'au / / , puis diffusable**

Résumé

Les pelouses sableuses de la Sarthe n'ont presque jamais fait l'objet d'études jusqu'à maintenant. Ce mémoire de fin d'études donne les premières bases d'évaluation de la diversité des pelouses sableuses de ce département. L'étude débute par un bilan des connaissances puis par l'élaboration d'un protocole d'échantillonnage dont le but est d'inventorier le maximum de diversité d'habitats. L'inventaire effectué sur le terrain est ensuite analysé phytosociologiquement afin de faire ressortir les groupements végétaux présents. Ces derniers font ensuite l'objet d'une description de leurs caractéristiques et des menaces auxquelles ils doivent faire face. Enfin, des mesures de gestion de ces habitats sont proposées dans le but de maintenir leur diversité.

Summary

In the *département de la Sarthe*, the sandy grasslands have been hardly not studied at all yet. This work gives some basis on the method to evaluate the sandy grassland diversity in this area. The study begins with a state of knowledge then it continues with a methodology, the aim of which is to identify the maximum of this diversity. Data of the inventory are analysed with the phytosociology method in the aim to define plant communities. Afterwards, these plant communities are described and their threats are highlighted. Finally, management propositions are given in order to preserve their diversity.

Remerciements

Je tiens à remercier Jeanne Vallet, ma maître de stage, pour m'avoir accueillie et accordé toute sa confiance pour la réalisation de ce stage. Je la remercie particulièrement pour son implication dans mon travail, pour son aide, ses conseils, sa disponibilité et pour toutes les connaissances qu'elle m'a permis d'acquérir.

Je remercie également Patrice Brahic pour avoir eu la gentillesse de me prêter gracieusement du matériel sans lequel je n'aurais pas pu effectuer certaines mesures.

Je souhaite également remercier, Frédéric Hendoux, directeur du Conservatoire botanique national du Bassin parisien, pour les conseils et l'aide qu'il m'a apportés.

Je remercie également l'équipe de la délégation Centre du Conservatoire botanique national du Bassin parisien pour les connaissances qu'ils m'ont transmises et pour leur accueil.

Enfin, je remercie Gérard Falconnet, mon correspondant à l'ENGREF, pour ses conseils, le contact qu'il m'a permis d'avoir avec Patrice Brahic et pour son implication dans mon stage.

Table des matières

Introduction **5**
1. Contexte général de l'étude **6**
1.1. Contexte de l'étude 6
1.1.1. Le conservatoire botanique national du Bassin parisien, délégation de la Sarthe…… 6
1.2. L'objectif de l'étude 7
1.3. Contexte biogéographique 7
1.3.1. Géomorphologie 7
1.3.2. Géologie 8
1.3.3. Climat 9
1.4. Les pelouses sableuses 10
1.4.1. Définition et origine 10
1.4.2. Caractéristiques des pelouses sableuses 11
1.4.3. Dynamique naturelle des pelouses sableuses 11
1.4.4. Les différents groupements végétaux de pelouses sableuses 11
1.4.5. Localisation des pelouses sableuses dans la Sarthe 13
2. Méthodologie **14**
2.1. La phytosociologie sigmatiste 14
2.2. Plan de prospection 14
2.2.1. Localisation des sites potentiels de pelouses sableuses 14
2.2.1.1. Etablissement de la liste des espèces pour la sélection des polygones de « Flora ».. 14
2.2.1.2. Sélection des polygones « Flora » 15
2.2.2. Choix des pelouses à visiter: stratégie échantillonnage 16
2.2.2.1. Découpage du territoire sarthois 16
2.2.2.2. Protocole d'échantillonnage 17
2.3. Le relevé de terrain 18
2.3.1. Aire du relevé et choix de l'emplacement 18
2.3.2. Les données relevées 18
2.3.2.1. Les paramètres stationnels 18
2.3.2.2. Les caractéristiques du sol 18
2.3.2.3. Les menaces et les facteurs de maintien des pelouses 19
2.3.2.4. La flore 19
2.3.3. La mesure du pH 19
2.4. Traitements des données 20
2.4.1. Ordination des relevés et diagonalisation automatique du tableau 20
2.4.2. Classification manuelle des relevés 20
2.4.3. Caractérisation des groupes de relevés 21
2.4.3.1. Saisies des données 21
2.4.3.2. Caractérisation floristique des groupes 23
2.4.3.3. Caractérisation écologique et stationnelle des groupes 23
2.4.3.4. Mise en évidence des menaces exercées sur les pelouses sableuses 25
3. Analyse des relevés floristiques : établissement d'une typologie et étude des facteurs d'influence des différents groupements **28**
3.1. Bilan global 28
3.2. Typologie des groupements végétaux 29
3.2.1. Mise en évidence des groupements 29
3.2.2. Description des habitats de pelouses sableuses 32
3.2.2.1. Comparaison des quatre groupements 32
3.2.2.2. Les pelouses des sables acides 32

3.2.2.3. Les pelouses sablo-calcaires 33
3.2.2.4. Élaboration d'une liste de critère permettant la détermination des habitats 34
3.3. Etat actuel des pelouses sableuses et proposition de gestion 35
3.3.1. Bilan sur la valeur patrimoniale des pelouses sableuses inventoriées 35
3.3.2. Mise en évidence des pressions exercées sur les pelouses et propositions de gestion 36
3.3.2.1. Les pressions biologiques 36
3.3.2.2. Les pressions physiques 37
3.3.2.3. Les pressions chimiques 40
3.3.2.4. Les outils d'aide à la mise en place de technique de gestion 40
4. Analyse critique du travail 42
4.1. Critiques et propositions d'amélioration de la méthodologie 42
4.1.1. La méthode de sélection des polygones de la base Flora 42
4.1.2. Le protocole d'échantillonnage 43
4.1.3. Les relevés de terrain 43
4.1.4. Méthode d'analyse des relevés 44
4.2. Perspectives 44
Conclusion 45
Bibliographie 46
Liste des contacts 50
Tables des annexes 51
Annexe 1 : Liste des espèces sélectionnées pour l'extraction des polygones de la base Flora 52
Annexe 2 : Fiches de relevé de terrain 54
Annexe 3 : Liste des espèces triées par type biologique 60
Annexe 4 : Listes des espèces triées par habitat optimal 62
Annexe 5 : Tableau phytosociologique 64
Annexe 6 : Fiches habitats 66
Annexe 7 : Liste des espèces patrimoniales 76
Annexe 8 : Liste des espèces indicatrices des groupes de relevés 78
Annexe 9 : Tableau récapitulatif des résultats des tests statistiques effectués 80

Table des illustrations

Figure 1: Carte du nombre de données postérieures à 1980 par km2 et par commune.....6
Figure 2: Carte du relief de la Sarthe……..…8
Figure 3: Carte des zones ayant potentiellement une roche mère sableuse..……..…….....9
Figure 4: Carte des précipitations annuelles en Sarthe……...…..…….....10
Figure 5: Place des groupements végétaux étudiés dans la classification phytosociologique 12
Figure 6: Critères de sélection des polygones de la base "Flora"..…….....16
Figure 7: Localisation des polygones extraits de la base de données Flora et susceptibles de contenir un habitat de pelouse sableuse……...17
Figure 8: Localisation des polygones visités et des relevés effectués…….……..….....28
Figure 9: Localisation des différents habitats de pelouse sableuse inventoriés....…….…..30

Tableau 1: Répartition du nombre d'espèces sélectionnées par catégorie…..……15
Tableau 2: Nombre de polygones par classe ……...……....17
Tableau 3: Variables utilisées dans l'analyse des groupes de relevés…...……..…….22
Tableau 4: Correspondance entre les coefficients d'abondance-dominance et le recouvrement en pourcentage……..……..…..24
Tableau 5: Exemple de calcul de recouvrement……..……24
Tableau 6: Grille de notation des espèces……..25
Tableau 7: Tests statistiques utilisés en fonction des indicateurs comparés…….…..27
Tableau 8: Répartition des relevés dans les classes d'échantillonnage……..…..28
Tableau 9: Critères de distinction des pelouses acides……...…...35
Tableau 101: Critères de distinction des pelouses calcaires……35
Tableau 11: Techniques de gestion des pelouses sableuses par groupe de relevés…….….40

Graphique 1: Répartition des polygones sélectionnés par erreur…….….29
Graphique 2: Répartition des différents habitats de pelouse sableuse inventoriés (sur 58 relevés)……...…….....…..30
Graphique 3: Histogramme des valeurs propres des axes de la NSC……..……...….31
Graphique 4: Plan factoriel (axe 1, axe 2) des relevés……..…..31
Graphique 5: Diagramme en boîte à moustaches du pH dans les 5 groupes de relevés……....…..32
Graphique 6: Diagramme en boîte à moustaches du recouvrement de la strate muscinale dans les groupes de pelouse sablo-calcaire……..……..…….....33
Graphique 7: Diagramme en boîte à moustaches des notes de patrimonialité régionale des 5 groupes de relevés……...……....36
Graphique 8: Diagramme en boîte à moustaches des notes de patrimonialité départementale des 5 groupes de relevés……...…….....36
Graphique 9: Diagramme en boîte à moustaches du nombre d'espèces caractéristiques du *Violion caninae* en présence ou en l'absence de faune……...…..38
Graphique 101: Diagramme en boîte à moustaches du pourcentage d'espèces caractéristiques du groupe 1 en présence ou en l'absence de faune…….....……38
Graphique 11: Diagramme en boîte à moustaches de la note de patrimonialité départementale du groupe 1 en présence ou en l'absence de lézards ou d'insectes……..……39
Graphique 122: Répartition de la nature chimique des sables (déterminée par la mesure du pH) en fonction de la roche mère de la carte géologique au 1/50 000 ……..…….42

Introduction

Les pelouses sableuses, type particulier de pelouses sèches, sont devenues de plus en plus rares dans la région des Pays de la Loire du fait, entre autres, de la déprise agricole et de l'enrésinement (délégation régionale de l'office national de la chasse et de la faune sauvage et direction régionale de l'environnement des Pays de la Loire, 2005 ; Lacroix, 2008). Ces sites étaient souvent entretenus autrefois par la fauche ou le pâturage extensif. Ces milieux aux contraintes stationnelles fortes (pauvreté du sol et contraintes hydriques fortes) renferment des espèces et des associations végétales aux affinités méditerranéennes ce qui peut être surprenant pour des territoires au climat plutôt continental à océanique. Malgré cette richesse floristique ces habitats sont assez mal connus ; la plupart des études sur ces pelouses ne s'attachent pas à des pelouses sèches sableuses mais surtout à des pelouses calcaires. Ces milieux, qui sont relativement fragiles du fait de leur substrat meuble et de leur évolution (fermeture), font rarement l'objet de la mise en place d'une gestion conservatoire.

Or depuis 2004, les Conservatoires botaniques nationaux sont chargés de nouvelles missions concernant la connaissance, la répartition et l'état de conservation des habitats naturels et semi-naturels (ministère de l'Écologie et du Développement durable, 2004). Dans le cadre de ces missions, la responsable de la délégation Sarthe du Conservatoire botanique national du Bassin parisien, Jeanne Vallet, a choisi de débuter par l'étude des pelouses sableuses. En effet, la Sarthe se caractérise par une forte abondance de sols sableux pour un département ne se situant pas sur le littoral.

Il s'agit là de la première étude menée sur les pelouses sableuses dans la Sarthe. Ce travail a donc pour objectif de décrire les différents habitats de pelouses sableuses présents dans ce département.

Après une présentation du contexte général de l'étude, de ses objectifs et du territoire concerné les méthodes utilisées pour échantillonner et analyser au mieux les pelouses sableuses seront décrites. La partie suivante sera consacrée à la typologie des habitats, à leur description ainsi qu'à la proposition de mesures de gestion. Ce mémoire se finira par l'analyse critique du travail effectué ainsi que par les perspectives qu'offre cette étude.

1. Contexte général de l'étude

1.1. Contexte de l'étude

1.1.1. Le Conservatoire botanique national du Bassin parisien, délégation de la Sarthe

En 1994, le Muséum national d'histoire naturelle mit en place un nouveau service scientifique, le conservatoire botanique, qui reçut une reconnaissance officielle en 1998 par les deux tutelles de l'établissement. D'une part, le ministère de l'Écologie et du Développement durable décida de l'agréer en tant que Conservatoire botanique national du Bassin parisien (C.B.N.B.P.) pour une durée de 5 ans (le dernier renouvellement date de l'arrêté ministériel du 17 mai 2010, publié au *Journal officiel de la République française* le 6 juillet 2010 (ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, 2010). D'autre part, le conservatoire fut rattaché à l'unité mixte de service "Inventaire et suivi de la biodiversité" mise en place par le ministère de l'Éducation nationale, le ministère de l'Écologie et du Développement durable et le Centre national de la recherche scientifique.

Aujourd'hui, le C.B.N.B.P. s'étend sur 4 régions et un département : la Bourgogne, la Champagne-Ardenne, le Centre, l'Île-de-France et la Sarthe. Ses activités sont centrées autour de cinq missions : la connaissance de la flore ; la connaissance des habitats ; la recherche dans le domaine de la biologie de la conservation de la flore ; la conservation des espèces les plus menacées et enfin la diffusion des connaissances sur la flore de son territoire d'agrément. Dans le cadre de sa mission de connaissance de la flore, la base de données Flora, créée en 1996, répertorie l'ensemble des inventaires floristiques effectués sur son territoire. Les bordereaux de relevés de la flore sont saisis dans la base tandis qu'en parallèle, les périmètres sur lesquels ils ont été réalisés sont numérisés sous forme de polygones sur le fond de carte Scan25 IGN (Institut géographique national). Actuellement, la base contient plus de 3 615 000 données dont plus de 230 000 pour le département de la Sarthe. Chaque commune de la Sarthe a été prospectée (figure 1). Ainsi, plus de 250 taxons sont dénombrés par commune (sauf pour l'une d'elles).

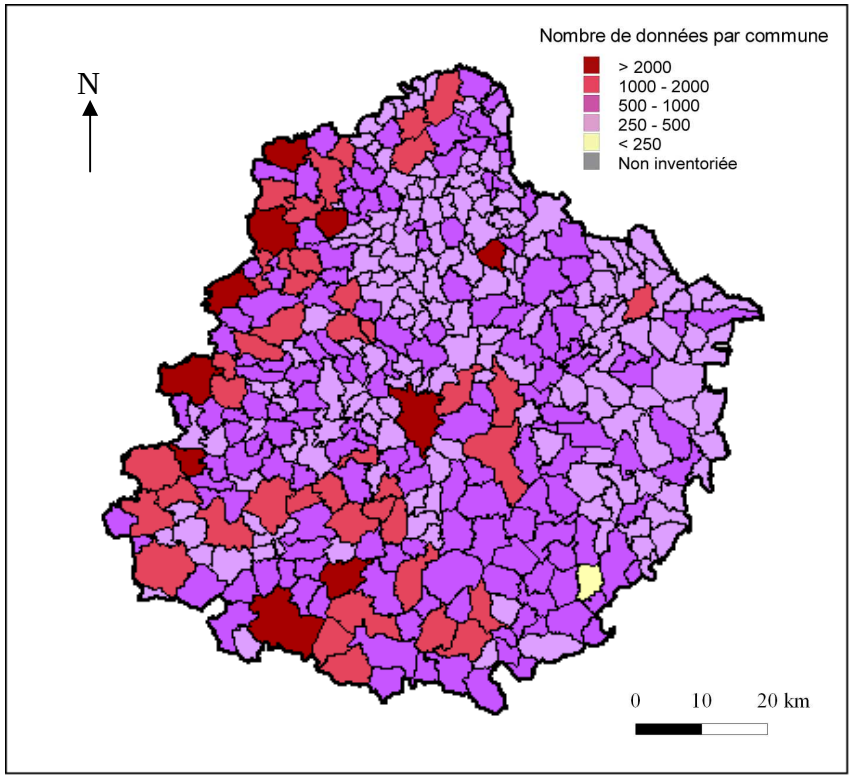


Figure 1 : Carte du nombre de données postérieures à 1980 par km^2 et par commune (source : CBNBP, 2009).

Pour sa mission de connaissances des habitats, le C.B.N.B.P. a également conçu une base de données « Habitats » regroupant l'ensemble des données issues des bordereaux de relevés d'habitats. Cette base de données est en relation avec une base de données cartographique permettant la localisation de chacun de ces habitats. Actuellement très peu de données ont été saisies sur la Sarthe.

La délégation Sarthe, créée en 1996, a été la première délégation régionale du C.B.N.B.P. à être mise en place. Il s'agit de la seule délégation régionale du C.B.N.B.P. dont le territoire se limite à un département. Cette petite structure est actuellement implantée au centre du département dans la ville du Mans, au sein de l'Arche de la nature (site naturel aménagé de la ville du Mans). Le personnel est réduit à la responsable de délégation, Jeanne Vallet, chargée de maintenir le fonctionnement de la délégation. Elle assure entre autre les missions d'inventaire de la flore et des habitats, d'expertise en soutien aux collectivités ainsi que la diffusion des connaissances.

1.2. L'objectif de l'étude

Dans le cadre de sa mission d'inventaire et de connaissance des habitats naturels, la délégation Sarthe du C.B.N.B.P. souhaite mieux connaître la diversité des habitats de pelouses sableuses du département de la Sarthe. En effet, malgré l'étendue de ces pelouses sableuses dans le département, du fait, entre autre, de la géologie, aucune étude spécifique ne leur a été consacrée alors que certaines pourraient avoir un intérêt patrimonial. Les objectifs de cette étude sont ainsi les suivantes :

- caractériser la diversité des groupements végétaux de pelouses présents dans le département et leur distribution ;
- mettre en évidence le rôle de certains déterminants environnementaux sur la répartition des différents types de pelouses ;
- mettre au point une méthode de description de leur état de conservation et identifier les facteurs affectant cet état de conservation.

Au final cette étude peut permettre de hiérarchiser les priorités entre les différents groupements de pelouses et au sein des groupements pour la mise en place de mesures conservatoires. De plus, cette étude donne quelques pistes pour la gestion de ces habitats.

1.3. Contexte biogéographique

1.3.1. Géomorphologie

(Hunault et Moret, 2009 ; Hunault et Moret, 2003 ; Dufour, 1981)

La Sarthe se situe sur la bordure ouest du Bassin parisien et à la limite du Massif armoricain. Le relief est peu prononcé, hormis au cœur des Alpes mancelles. La topographie est essentiellement constituée de bas plateaux (Plateau calaisien, Champagne mancelle, plateau de Sargé, coteaux du Loir), et de larges vallées alluviales aux pentes faibles (Sarthe, Huisne, Loir). Quelques reliefs plus élevés disposés en arc de cercle de l'ouest au nord et à l'est se distinguent (Charnie, Coëvrons, Alpes mancelles, Perseigne, collines du Perche). Près de la moitié du territoire départemental se trouve à une altitude inférieure à 65 m et 30 % seulement à une altitude supérieure à 155 m, le point culminant se situant à 340 m (figure 2).

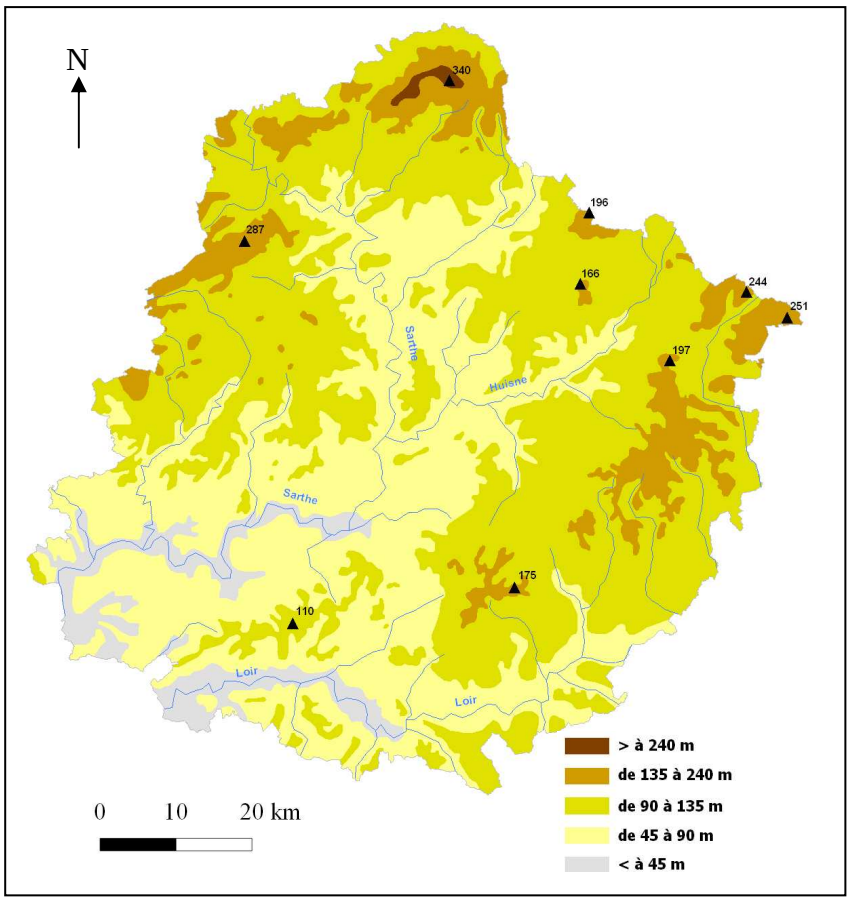


Figure 2: Carte du relief de la Sarthe (Hunault et Moret, 2009)

1.3.2. Géologie

(Hunault et Moret, 2009 ; Hunault et Moret, 2003 ; Dufour, 1981)

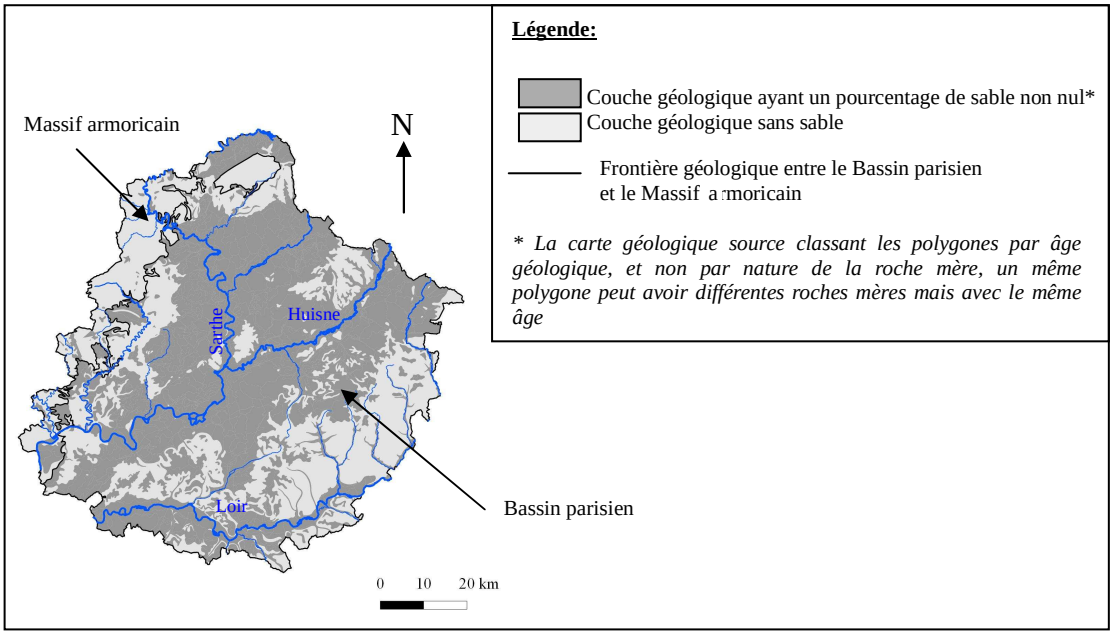


Figure 3: Carte des zones ayant potentiellement une roche mère sableuse (d'après la carte géologique au 1/250 000)

La nature physique et chimique d'une couche géologique est en grande partie à l'origine des caractéristiques du sol sous-jacent et donc de la végétation qui s'y développe. Ainsi la géologie de la Sarthe explique en grande partie la quantité importante de sols sableux situés sur ce territoire (figure 3).

La Sarthe se situe aux confins de deux grands ensembles géologiques : à l'ouest, commence le Massif armoricain, tandis qu'à l'est, les roches anciennes font place aux roches sédimentaires de la frontière est du Bassin parisien. La Sarthe présente ainsi une très grande diversité géologique. Les grès, à l'origine, entre autres, des sommets rocheux des Alpes mancelles et des hauteurs du massif de Perseigne, ainsi que des schistes précambriens et primaires, constituent la majeure partie du Massif armoricain sarthois. Des matériaux carbonatés de l'ère primaire sont également localement présents. Le reste du département s'est caractérisé par des dépôts sédimentaires successifs, conditionnés par la présence ou non de la mer au cours des temps géologiques. Les terrains du Jurassique se composent surtout de calcaires (calcaires oolithiques et calcaires coralliens) ou de marnes (surtout marnes calloviennes, coiffant les buttes du nord du département), alors que dans les secteurs crétacés alternent, craies, marnes et sables. Les apports d'argile, de limons et de sables issus de dépôts éoliens ou de l'altération de roches, au cours de l'ère tertiaire, ont, quant à eux, formé des couches plus ou moins épaisses sur les matériaux du Crétacé sur les différents plateaux. Enfin, les terrains quaternaires sont relativement répandus dans la Sarthe, dans la plupart des vallées des cours d'eau.

Les sables non calcaires occupent de vastes surfaces dans le département notamment les sables datant du Cénomanien. Ainsi, les sous-sols du sud et du sud-est du Mans sont formés par les sables du Maine et ceux des plateaux situés au nord et à l'est de cette ville renferment les sables du Perche. Ces sables assez variés ont une couleur allant du jaune au rouge. La plupart sont grossiers et non carbonatés. Cependant, certains d'entre eux ont une granulométrie plus fine, ou sont en mélange avec de l'argile ou un ciment calcaire. Les sables à silex et spongiaires occupent, quant à eux, les plateaux de la moitié sud de la Sarthe où ils recouvrent l'argile à silex et sont eux-mêmes fréquemment situés sous une couche de limons. Enfin, les terrasses alluviales sont essentiellement constituées de matériaux sablo-graveleux déposés au cours de l'ère quaternaire.

Deux grands types de sables calcaires, datant, là encore, du Cénomanien, s'étendent sur la Sarthe. Les premiers, les sables de Lamnay, se situent essentiellement sur les plateaux de la rive gauche de l'Huisne tandis que les seconds, les sables de la Trugalle, recouvrent les plateaux de la rive droite. Autrefois ouvertes pour fournir des remblais, un grand nombre de sablières sont aujourd'hui abandonnées. Ainsi, une végétation particulière de plantes psammophiles et calcaricoles s'y développe tout comme sur les talus et les bords de route où les remblais ont été édifiées.

La Sarthe ne disposant pas de cartographie détaillée des formations superficielles ou des sols, il n'est pas possible de localiser aujourd'hui précisément où ces sables affleurent à la surface et forment le sol.

1.3.3. Climat

(Hunault et Moret, 2009 ; Hunault et Moret, 2003 ; Dufour, 1981)

La Sarthe bénéficie d'un climat tempéré globalement de type océanique mais de plus en plus altéré en allant vers l'est du département. Comparé aux autres départements de l'ouest (Pays-de-la-Loire et Bretagne), le climat présente une variante légèrement plus continentale.

Les températures moyennes mensuelles varient de 1 °C au cœur de l'hiver (janvier) à 25 °C en plein été (juillet/août). À la station du Mans, le maximum absolu depuis 1946 est de + 40,4 °C et le minimum de – 21 °C.

Les températures sont dépendantes des conditions topographiques locales conditionnées par le relief, la nature des sols, la répartition des cours d'eau et les types de végétation. Ainsi, la

partie centrale de la Sarthe, en particulier là où se trouve la station du Mans, ainsi que le sud du département possèdent des sols sableux et des forêts. Cela entraîne des variations journalières de températures parfois importantes entre le jour et la nuit. Le relief induit aussi des disparités (collines du Perche au nord-est, bordure des Alpes mancelles au nord-ouest) avec une partie sud du département un peu moins froide que le nord.

Le département compte, en moyenne pour l'année, une cinquantaine de jours de gel et le soleil brille pendant 1730 heures par an environ.

La pluviosité est, quant à elle, assez bien répartie (figure 4). Le total moyen des précipitations annuelles du département se situe entre 650 et 700 mm. Des valeurs plus élevées se produisent dans les secteurs collinaires (massif de Sillé, Perche) avec des cumuls atteignant ou dépassant 800 mm en un an tandis que la cuvette entre l'Huisne et la Sarthe se trouve la moins arrosée avec des cumuls de l'ordre de 650 mm. D'une manière générale, il pleut relativement moins en avril, juin, juillet et août, les mois d'hiver étant les plus arrosés. En outre, si le brouillard est relativement fréquent, notamment au nord, la neige et la grêle sont rares.

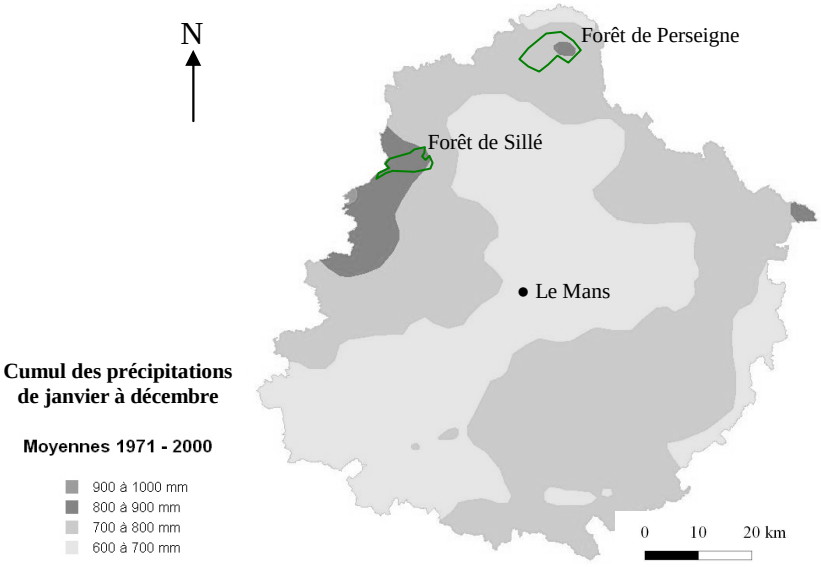


Figure 4: Carte des précipitations annuelles en Sarthe (Hunault et Moret, 2009)

1.4. Les pelouses sableuses

1.4.1. Définition et origine

L'utilisation du terme « pelouse » varie d'un auteur à l'autre et la distinction entre pelouse, prairie et pré n'est pas toujours aisée. Ainsi, par exemple, dans la typologie Corine Biotopes (Bissardon et Guibal, 1997), les « pelouses des sables calcaires » (code 34.12) sont incluses dans les « steppes et prairies calcaires sèches » (code 34). Selon le Cahier des habitats agropastoraux de Natura 2000 (Bensettiti, 2005), les pelouses sont des communautés de végétaux à dominance de thérophytes et d'hémicryptophytes. Ce sont des étendues de végétation herbacée basse parfois parsemées de petits arbustes. Physiologiquement, elles se distinguent des prairies par la faible hauteur de leur végétation et souvent par la présence de zones de végétation très peu dense laissant le sol à nu. Leur productivité est beaucoup plus faible que celles des prairies ou des prés. Elles se caractérisent également par des sols secs et oligotrophes. Les pelouses dites « sableuses » se développent sur un sol majoritairement composé de sables, c'est-à-dire avec des particules comprises entre 50 µm et 2 mm.

Les pelouses sableuses regroupent différents types de milieux, en grande partie déterminés par le type de sol mais également par les activités humaines. Le climat et le passé historique ont également un rôle important. Les actions humaines de défrichement, d'abord au Mésolithique, puis après les glaciations, au Néolithique, ont permis l'apparition d'espaces ouverts de grandes dimensions. Auparavant, seuls les chablis, le feu et les catastrophes naturelles ouvraient des clairières dans la forêt qui recouvrait alors l'Europe. Par la suite, ces milieux ont été entretenus à

certains endroits par les grands troupeaux puis le pâturage et, par endroit, les extractions de sable ont contribué à maintenir ouverts ces espaces défrichés. Étant donné leur faible productivité, les pelouses sableuses étaient souvent utilisées pour le pâturage ou pour l'extraction de sables. Aujourd'hui, de nombreuses pelouses ont été boisées ou ont disparu notamment à cause de l'amélioration des techniques agricoles (engrais, irrigation) qui a permis d'exploiter certaines de ces terres autrefois infertiles. Enfin, du fait de leur faible valeur agricole et donc économique, de nombreuses pelouses sableuses disparaissent au profit de projets d'urbanisme et de développement des infrastructures.

1.4.2. Caractéristiques des pelouses sableuses

Les pelouses sableuses sont caractérisées par trois principaux critères :

- la nature du substrat sableux qui peut être acide ou calcaire suivant son origine ;
- l'humidité du sol qui permet de distinguer des pelouses sableuses humides et des pelouses sableuses sèches (milieux arides et souvent très pauvres) ;
- le degré de stabilité du sable qui oppose les pelouses sur sable mobile aux pelouses sur sables plus ou moins fixés.

Les sables étant capables de se gorger rapidement d'une grande quantité d'eau mais de perdre tout aussi vite cette eau, ces milieux sont souvent soumis à de grands contrastes hydriques. Par conséquent, ces biotopes sont souvent colonisés par des espèces végétales plus résistantes et qui, pour répondre à ces contraintes écologiques, possèdent différents mécanismes. Ainsi certaines plantes peuvent réduire leur transpiration foliaire ce qui se traduit par la présence d'une cuticule épaisse chez *Silena conica* et de feuilles étroites et velues chez *Artemisia campestris* (Bournérias *et al*., 2001). D'autres espèces ont des structures capables de puiser l'eau à la moindre pluie (réseau lacunaire superficiel et étendu), parfois en profondeur, ou encore de stocker cette eau à l'instar des Orpins qui le font dans leurs tissus. Un certain nombre de plantes qui colonisent ces espaces ont un cycle biologique particulier puisqu'elles passent l'été sous forme de graines (thérophytes).

1.4.3. Dynamique naturelle des pelouses sableuses

Initialement, les sables de ces milieux sont mobiles, nus, pauvres et subissent des contrastes hydriques très forts. Les premières plantes qui apparaissent sont des espèces pionnières acidiphiles ou calcicoles en fonction de la nature acide ou calcaire du substrat. Ensuite, la stabilisation des sables et l'enrichissement progressif en matière organique du milieu permettent l'augmentation de la capacité de rétention d'eau des sols ce qui favorise l'installation de nouvelles espèces. Ces sables sont peu à peu colonisés par des espèces herbacées. La modification progressive de la couverture herbacée s'accompagne entre autres de l'apparition de graminées notamment des espèces sociales. Les pelouses se ferment et des espèces vivaces, d'abord herbacées puis ligneuses, commencent à s'implanter. De ce fait, l'ombrage augmente ce qui diminue l'évapotranspiration et rend le microclimat de plus en plus frais au fur et à mesure que la lande s'installe. Durant tout ce processus, les sables calcaires se décalcifient peu à peu ce qui contribue également à l'installation de nouvelles espèces (neutrophiles voire aciphiles) sur ces sables. Ce milieu évolue ensuite vers un fourré puis vers une forêt qui correspond à l'état d'équilibre durable de la dynamique naturelle des communautés végétales sous le climat français (Bournérias *et al*., 2001).

1.4.4. Les différents groupements végétaux de pelouses sableuses

Les connaissances actuelles sur les pelouses sableuses de la Sarthe sont très incomplètes. Aucune étude spécifique sur ces habitats n'a encore été menée sur le territoire de la Sarthe. Néanmoins, deux phytosociologues ont référencé certaines alliances de ces pelouses sableuses sarthoises dans leurs travaux. Tout d'abord, G. Lemée répertoria quelques groupements de pelouses situés sur le territoire sarthois dans une de ses études sur la végétation présente dans le

Perche (Lemée, 1937). J.-R. Wattez, quant à lui, a réalisé une analyse phytosociologique de certaines pelouses appartenant au groupement du *Thero-Airion* et situé dans la forêt domaniale de Sillé-le-Guillaume et dans le massif des Coëvrons (Wattez, 1985). D'autre part, la plupart des alliances végétales et quelques sous-alliances végétales de la Sarthe ont été répertoriées dans l'Atlas de la flore sauvage du département de la Sarthe (Hunault et Moret, 2009).

La liste des principaux groupements végétaux de pelouses sableuses potentiellement présents dans la Sarthe (figure 5) a été établie à partir de l'analyse de la bibliographie existante sur ce thème. Afin d'avoir une liste la plus complète possible, dans l'état actuel des connaissances, seules les alliances et quelques sous-alliances végétales peuvent être considérées.

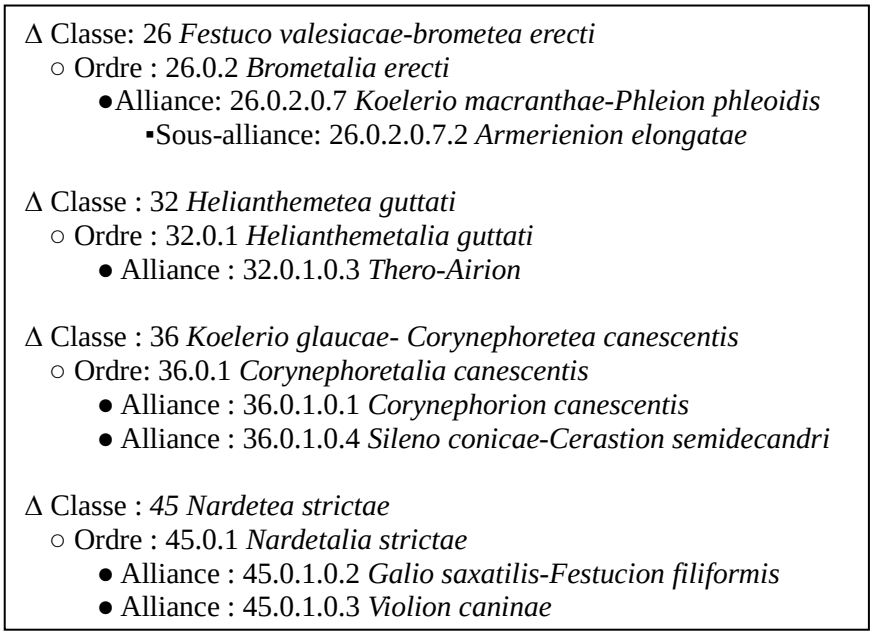


Figure 5: Place des groupements végétaux étudiés dans la classification phytosociologique (Bardat et *al.*, 2004)

Les deux principaux groupements végétaux répertoriés sur les pelouses sablo-calcaires sont l'alliance *Silene conicae-Cerastion semidecandri,* (Hunault et Moret, 2009) et la sous-alliance *Armerienion elongatae* (Hunault et Moret, 2009 ; Lemée, 1937). La première, située sur des pelouses ouvertes à *Silene conica* ou *Linaria supina* est essentiellement constituée d'espèces annuelles pionnières, et sa persistance est conditionnée par la perturbation régulière du milieu, qui régénère des espaces de sable dénudé. La deuxième est surtout formée d'espèces vivaces et se situe souvent dans des endroits plus arides et spécifiquement sur des sables calcaires. Elle serait plus présente dans l'est du département et ponctuellement au sud.

Sur les pelouses de sables acides, deux alliances sont notamment citées. Tout d'abord, le *Corynephorion canescentis* (Hunault et Moret, 2009 ; Lemée, 1937) dans lequel des plantes annuelles et quelques vivaces à vie courte forment des pelouses ouvertes et rases sur des sables mobiles. Ces pelouses sont, pour la plupart, sur les affleurements artificiels (talus routiers régulièrement arasés, ballastières, bords de chemins…) des matériaux sablo-graveleux des terrasses alluviales et des sables cénomaniens non calcaires. Les sables fixés sont, quant à eux, colonisés par des espèces du *Thero-Airion* (Hunault et Moret, 2009 ; Lemée, 1937 ; Wattez, 1985). Cette alliance semble assez fréquente sur les bas-côtés des routes et chemins sableux acides (terrasses alluviales et secteur cénomanien non calcaire).

Deux autres alliances de milieux acides, le *Galio saxatilis-Festucion filiformis* et le *Violion caninae* sont également référencées dans la bibliographie. Cependant, celles-ci sont parfois classées en prairies, et parfois en pelouses dans la littérature (Bournérias *et al.*, 2001; Hunault et Moret, 2009 ; Sirot, 2008).

Enfin, certains groupements végétaux peuvent parfois coloniser des substrats sableux et former des pelouses. C'est le cas, entre autres,s du groupement messicole, *Scleranthion annui* (Hunault et Moret, 2009), dont les espèces peuvent parfois constituer des pelouses basses en cas d'arrêt de la culture. Le choix a été fait de ne pas prendre en compte ce type de groupement végétal dans l'étude.

Dans le but d'établir une comparaison des groupements végétaux des pelouses sableuses de la Sarthe avec des relevés phytosociologiques déjà effectués en France, une base de données, regroupant une partie des relevés issus de la bibliographie (Felzine et Loiseau, 2004 ; Felzine et Loiseau, 2007 ; Felzine et Loiseau, 2009 ; Wattez, 1985), a été créée.

1.4.5. Localisation des pelouses sableuses dans la Sarthe

Les pelouses sableuses sont principalement installées sur les alluvions du quaternaire dans certaines parties de la vallée du Loir, de la Sarthe et de l'Huisne.

La base Sophy, banque de données botaniques et écologiques, répertorie un très grand nombre de relevés phytosociologiques (notamment ceux cités dans les études de Lemée (1937) et Wattez (1985)) sur toute la France. Cependant, les pelouses sableuses étant souvent assez ponctuelles, il n'existe pas d'indication assez précise pour pouvoir s'y rendre sur le terrain.

Le même problème se pose avec les données fournies par l'inventaire du patrimoine naturel pour les zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) qui ne délimite pas précisément les habitats à l'intérieur de ces zones, qui parfois, sont de vastes ensembles naturels placés en ZNIEFF de type II ou dans de grandes ZNIEFF de type I. Cependant, certaines données ont pu être utilisées par la suite.

Enfin, les cartographies d'habitats dressées dans le cadre de Natura 2000 dans la Sarthe sont difficiles à exploiter. Trois sites (codes FR5200646, FR5200645 et FR5200649) possèdent des « pelouses sèches » mais a priori, d'après les informations fournies dans les fiches, notamment le ordre phytosociologique, aucune d'elles ne correspond aux groupements végétaux potentiellement présents sur des pelouses sableuses.

2. Méthodologie

2.1. La phytosociologie sigmatiste

Les deux principales méthodes phytosociologiques actuellement utilisées sont la phytosociologie sigmatiste et la phytosociologie synusiale intégrée (Gillet, 2000). Cette dernière, plus récente, est basée sur des synusies qui correspondent à des groupes d'espèces de formes biologiques, de types morphologiques, écologiques ou de stratifications verticales voisins. Ces synusies s'intègrent ensuite pour former des phytocénoses. Cette méthode est plus complexe et plus précise que la première. Cependant, elle présente l'inconvénient de ne pas pouvoir établir une correspondance avec les trois grands référentiels typologiques que sont Corine Biotopes, le système European Union Nature Information System et la typologie Natura 2000. La phytosociologie sigmatiste, méthode fondée par J. Braun-Blanquet et J. Pavillard, a donc été choisie pour réaliser la typologie de la végétation des pelouses sableuses de la Sarthe. Cette méthode, basée sur l'étude « des ensembles de plantes réunies en une station donnée » (Foucault, 1986), s'appuie sur l'étude des associations végétales (équivalent des phytocénoses). L'association végétale, unité de base du système, est caractérisée par sa physionomie, par sa composition floristique, par ses conditions stationnelles et par sa dynamique. Cette communauté végétale élémentaire est ensuite classée dans une alliance, qui elle-même appartient à un ordre qui lui-même fait partie d'une classe suivant le synsystème (Bardat *et al.*, 2004). Les relevés effectués sur le terrain sont ainsi des individus d'associations.

2.2. Plan de prospection

2.2.1. Localisation des sites potentiels de pelouses sableuses

L'analyse de la bibliographie existante ne permettant pas de localiser les pelouses sableuses dans la Sarthe, ce travail a été effectué par une approche indirecte des habitats en s'appuyant sur une exploitation de la localisation des espèces végétales caractéristiques des différents types de pelouses sableuses et non sur la localisation des habitats. Leur localisation a été possible grâce à la base de données floristique Flora du C.B.N.B.P.

2.2.1.1. Établissement de la liste des espèces pour la sélection des polygones de Flora

Afin d'extraire les polygones de la base de données Flora susceptibles de contenir des pelouses sableuses, une liste d'espèces liées aux pelouses sableuses a été établie en s'appuyant sur les connaissances actuelles de ces habitats dans la Sarthe ainsi que sur les connaissances générales en phytosociologie. Le choix a été fait de sélectionner une liste assez large d'espèces afin de minimiser le risque de ne pas extraire certains polygones situés sur des pelouses sableuses, quitte à extraire des polygones ne contenant pas de pelouses sableuses. En effet, les espèces les plus caractéristiques des pelouses sableuses sont souvent rares et n'auraient permis de n'extraire qu'un faible nombre de secteurs. De plus, un certain nombre de ces espèces rares de pelouses sont vraisemblablement sous-inventoriées en raison de leur phénologie précoce. Aussi, il a semblé intéressant que soient incluses dans cette liste des espèces plus communes donc moins spécifiques des pelouses mais qui permettent de pouvoir suspecter la présence de biotopes favorables au développement de pelouses.

Les espèces caractéristiques des quatre principaux groupements végétaux étudiés (*Silene conicae-Cerastion semidecandri*, *Armerienion elongatae*, *Corynephorion canescentis* et *Thero-Airion*) ont été incluses dans cette liste à partir de l'Atlas de la flore sauvage du département de la Sarthe (Hunault et Moret, 2009) et de la thèse de Lemée (1937). D'autres ouvrages (Bournérias *et al.*, 2001 ; Sirot, 2008) ont été consultés afin de vérifier leur concordance avec les données issues des deux références précédentes. D'autre part, des espèces se trouvant exclusivement sur des

pelouses sableuses d'après l'Atlas de la flore sauvage du département de la Sarthe (Hunault et Moret, 2009), mais ne ressortant dans les espèces caractéristiques précédentes ont également été prises en compte.

L'ensemble de ces espèces a été classé dans deux groupes en fonction de leur spécificité plus ou moins forte aux pelouses sableuses. D'une part, les espèces présentes surtout sur des pelouses sableuses et parfois sur un autre type de milieu (espèce de type 1) et, d'autre part, les espèces présentes sur des pelouses sableuses en général mais pouvant se situer sur au moins deux autres types de milieu (espèce de type 2). Ces deux groupes ont ensuite chacun été subdivisés en deux groupes en distinguant les espèces des groupements calcaires et celles des groupements acides (annexe 1, tableau 1).

	Groupements de sables calcaires	Groupements de sables acides
Espèces de type 1	18	18
Espèces de type 2	9	11

Tableau 2: Répartition du nombre d'espèces sélectionnées par catégorie

2.2.1.2. Sélection des polygones Flora

Suite à l'extraction des polygones de la base de données contenant au moins une des espèces de la liste établie, un tri des 4224 polygones a été réalisé afin de ne conserver que ceux étant réellement susceptibles de contenir des pelouses sableuses. La difficulté étant qu'un polygone ne renferme pas uniquement un seul habitat, la liste d'espèces qu'il contient peut donc être très variée.

Pour chaque polygone le nombre d'espèces appartenant à chacun des 4 groupes d'espèces (espèce calcaire de type 1, espèce calcaire de type 2, espèce acide de type 1 et espèce acide de type 2) a été calculé afin d'obtenir pour chaque polygone les deux indices suivants :

$A = 2n_{a1}+n_{a2}$

$C = 2n_{c1}+n_{c2}$

avec, n_{a1} le nombre d'espèces du groupe «acide de type 1»

n_{a2} le nombre d'espèces du groupe «acide de type 2»

n_{c1} le nombre d'espèces du groupe «calcaire de type1»

n_{c2} le nombre d'espèces du groupe «calcaire de type2»

Différents tests ont été effectués afin de déterminer quels étaient les meilleurs poids à donner au nombre d'espèces de « type 1 » et au nombre d'espèces de « type 2 » dans le but de refléter au mieux les potentialités de présence de pelouses sableuses dans les polygones (la présence de pelouses est précisées pour certains polygones e la base).

Ces deux indices ont ensuite permis de trier les polygones en 4 groupes (figure 6) :

- « acide » : polygone susceptible de contenir une pelouse sableuse acide ;
- « calcaire » : polygone susceptible de contenir une pelouse sableuse calcaire ;
- « calcaire-acide » : polygone susceptible de contenir une pelouse sableuse acide et une calcaire ;
- « autre » : polygone ne contenant a priori aucune pelouse sableuse.

Ce tri a été réalisé de la manière suivante :

- si $A > 5$ et $C < 5$ alors le polygone est classé « acide »
- si $A < 5$ et $C > 5$ alors le polygone est classé « calcaire »
- si $A > 5$ et $C > 5$ alors le polygone est classé « calcaire-acide »
- si $A < 5$ et $C < 5$ alors le polygone est classé « autre ».

Le seuil de 5 a été choisi afin de sélectionner un nombre suffisant de polygones tout en évitant d'avoir trop d'erreurs de diagnostic afin de gagner du temps lors de la phase de terrain.

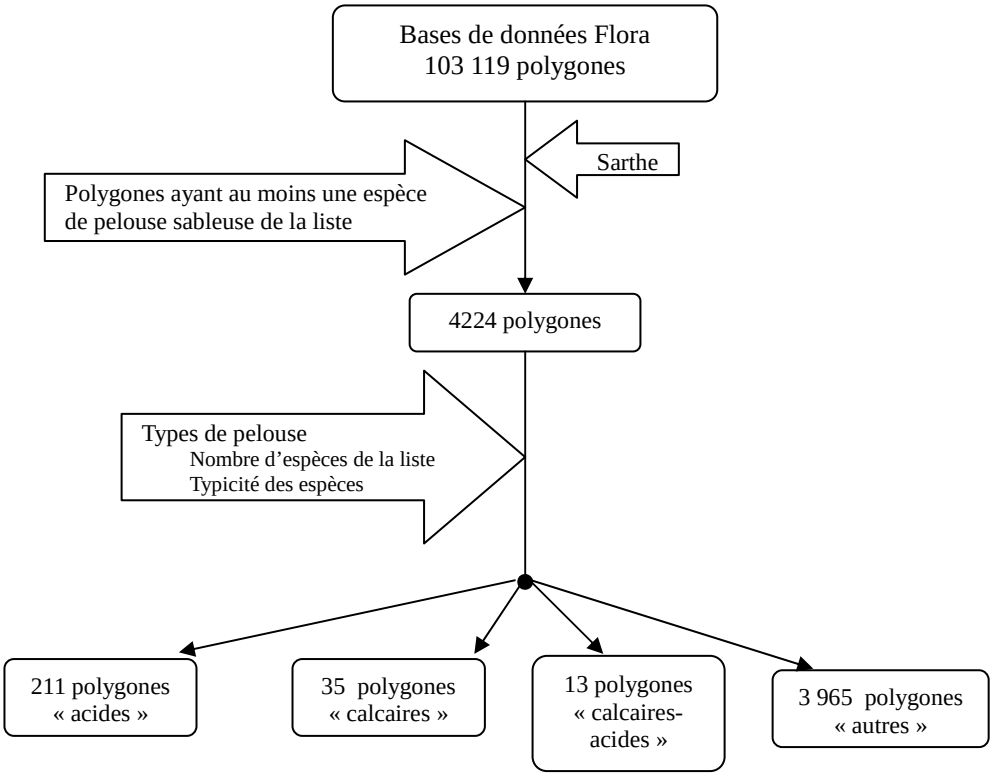


Figure 6: Critères de sélection des polygones de la base "Flora"

2.2.2. Choix des pelouses à visiter : stratégie échantillonnage

2.2.2.1. Découpage du territoire sarthois

Afin d'inventorier la plus grande diversité possible d'habitats de pelouses sableuses dans la Sarthe, il a fallu chercher au préalable, avant la phase de terrain, des critères pouvant être source de diversité et dont la donnée était accessible.

La première variable pouvant expliquer la répartition de la végétation est la nature du sol. Cependant, je n'ai pas eu accès à des données pédologiques ou géologiques permettant de distinguer les territoires sableux de Sarthe assez finement, et ce premier critère n'a pu être utilisé directement. Il a donc fallu mettre en évidence des variables pouvant avoir un lien direct ou indirect avec la nature du sol. Ainsi, la carte géologique de la Sarthe au 1/250 000 a permis de prendre en compte la nature de l'unité géologique : le Bassin parisien et le Massif armoricain.

D'autre part, le territoire de la Sarthe se découpe en trois grandes vallées : la vallée de la Sarthe, la vallée de l'Huisne et la vallée du Loir. Il semble pertinent de prendre en compte ce découpage dans le plan d'échantillonnage car il est probable que, lors de la formation des sols sableux de la Sarthe, une partie des matériaux fut apportée par l'eau. Les sables pourraient donc avoir une origine et donc une nature différente selon le cours d'eau qui les a déposés. Enfin, quelques espèces possèdent une aire de répartition ayant pour limite approximative nord (*Quercus pyrenaica, Arenaria montana* par exemple) ou sud (*Vaccinium myrtillus)* la hauteur de la ville du Mans (Bournérias *et al.*, 2001 ; Hunault et Moret, 2009). Derrière ce constat de nombreuses variables sont sûrement cachées tels le climat, l'occupation du sol et la nature du sol. Aucune étude n'ayant été menée à ce sujet dans le département de la Sarthe il ne semble pas possible de réellement distinguer toutes ces variables. Néanmoins ce facteur étant une source probable de diversité végétale entre le territoire situé au nord du Mans et celui situé au sud du Mans, il est

intéressant de le prendre en compte dans cette étude.

La pluviométrie ainsi que l'altitude n'ont pas des gradients importants dans la Sarthe, en particulier au sein des secteurs où se trouvent potentiellement les pelouses sableuses, il ne semble donc pas pertinent de les prendre en compte dans le plan d'échantillonnage.

Cette méthode permet d'aboutir à 16 « classes d'échantillonnage » (figure 7) dont l'inventaire de chacune est ainsi un moyen de tenter d'évaluer au mieux la diversité des habitats de pelouses sableuses de la Sarthe.

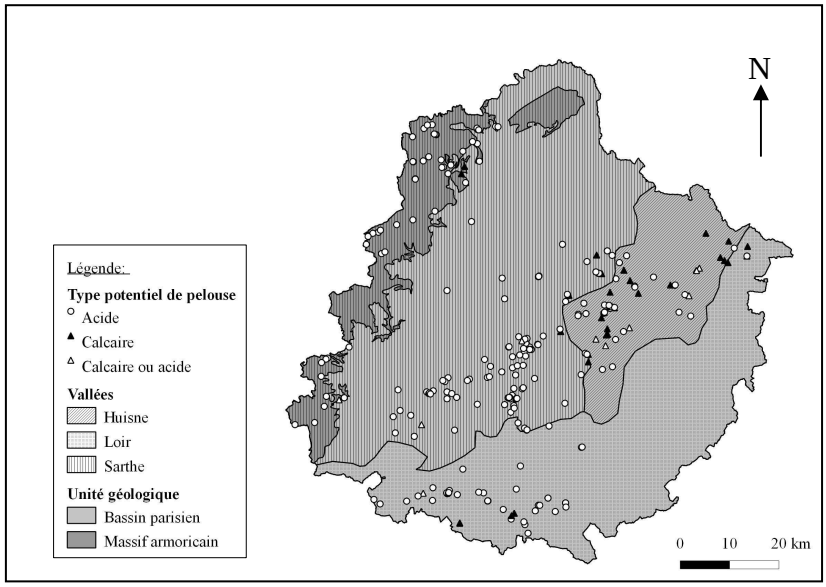


Figure 7: Localisation des polygones extraits de la base de données Flora et susceptibles de contenir un habitat de pelouse sableuse

2.2.2.2. Protocole d'échantillonnage

Compte tenu du temps imparti pour réaliser la phase de terrain, le nombre de relevés à effectuer est fixé à 60. Étant donné l'incertitude sur la réelle présence de pelouses sableuses dans les polygones sélectionnés, il est difficile de fixer un nombre de relevés à effectuer par classe. D'autre part, le nombre de polygones par classe étant hétérogène (tableau 2), la stratégie d'échantillonnage a été adaptée à chaque classe dans le but de voir un maximum de diversité d'habitats. Ainsi, les polygones appartenant à des classes ayant moins de 4 polygones de type acide ou de type calcaire font tous l'objet d'une visite sur le terrain et de la réalisation d'un relevé dans le cas de la présence d'une pelouse sableuse. Dans les autres classes, un minimum de 4 relevés est effectué en choisissant parmi les polygones de type calcaire et non calcaire.

Type de polygone	Calcaire + Calclaire/Acide 35 + 13											
Géologie	Bassin parisien 32 + 12						Massif armoricain 3					
Situation géographique par rapport au Mans	Nord 24 + 6			Sud 8 + 6			Nord 2			Sud 1 + 1		
Vallée	Sarthe 4	Loir 4	Huisne 16 + 6	Sarthe 1 + 2	Loir 4 + 2	Huisne 3 + 2	Sarthe 2	Loir -	Huisne -	Sarthe 1 + 1	Loir -	Huisne -

Type de polygone	Acide + Calclaire/Acide 211 + 13											
Géologie	Bassin parisien 164 + 12						Massif armoricain 47 + 1					
Situation géographique par rapport au Mans	Nord 46 + 6			Sud 118 + 6			Nord 39			Sud 8 + 1		
Vallée	Sarthe 18	Loir 1	Huisne 27 + 6	Sarthe 75 + 2	Loir 38 + 2	Huisne 5 + 2	Sarthe 39	Loir -	Huisne -	Sarthe 8 + 1	Loir -	Huisne -

Tableau 3: Nombre de polygones par classe

(les nombres situés après les "+" correspondent aux polygones de type calcaire-acide)

Concernant les polygones situés dans le Massif armoricain, leur quantité semble surestimée au regard des surfaces de formations géologiques sableuses situées sur ce territoire (tableau 2). Néanmoins, l'absence de données plus précises sur la nature du substrat en surface ne permet pas de faire une sélection plus restreinte.

2.3. Le relevé de terrain

2.3.1. Aire du relevé et choix de l'emplacement

Le choix de l'aire de relevé doit répondre à plusieurs critères. En effet, le relevé doit être effectué sur une surface suffisamment importante pour contenir la quasi-totalité des espèces présentes sur l'ensemble de zone occupée par le groupement végétal considéré. Une surface trop grande rendrait le relevé hétérogène, avec le risque de contenir une proportion trop importante d'espèces des groupements végétaux adjacents (Delpech, 2006). D'autre part, afin de ne pas avoir un effet taille du relevé dans les analyses statistiques ultérieures et compte tenu que tous les relevés appartiennent à un même type de communauté végétale (des pelouses sableuses), la surface sera identique pour l'ensemble des relevés. Au regard des informations issues de la bibliographie (Delpech, 2006 ; Meddour, 2010) et après m'être rendue sur le terrain pour tester la surface de relevé, une aire de 20 m² a été conservée.

Cette surface de 20 m² est positionnée sur le terrain de sorte que le relevé soit homogène structurellement, floristiquement et écologiquement tout en étant représentatif de l'habitat échantillonné. En complément de ce relevé, une liste des espèces présentes sur l'ensemble de la surface d'habitat homogène et non présentes dans le relevé a été effectuée. Dans le cas de groupements appauvris, ce relevé complémentaire peut être utilisé pour aider à sa classification.

2.3.2. Les données relevées

Afin de pouvoir enrichir la base de données habitats du CBNBP, les relevés de terrain ont été effectués en utilisant le bordereau d'inventaire des habitats du conservatoire (feuilles 1 et 3 de l'annexe 2). La feuille de relevé de la flore a été adaptée à l'étude de pelouses sableuses et le bordereau a été complété par une fiche propre à l'étude (feuilles 2, 4 et 5 de l'annexe 2).

2.3.2.1. Les paramètres stationnels

Une partie du bordereau du relevé est consacrée aux données générales relatives à la station et au relevé.

Tout d'abord, des données sur la localisation de l'habitat sont notées. Ainsi, n'ayant pas de GPS, pour chaque site un croquis est dessiné afin de pouvoir localiser précisément le lieu du relevé pour pouvoir y retourner plus facilement en cas de besoin ou dans le cadre de futures études.

D'autre part, des paramètres permettant de décrire la situation géographique, topologique et géomorphologique et pouvant avoir un impact sur la végétation sont relevés. C'est le cas entre autres de l'exposition et de la pente.

2.3.2.2. Les caractéristiques du sol

Les pelouses sableuses sont colonisées par un grand nombre d'espèces dont le système racinaire est très peu développé en profondeur et se cantonne souvent aux quinze premiers centimètres. L'étude du sol est donc essentiellement réalisée sur ces quinze premiers centimètres de sol et ce, même si certaines espèces, telles que *Artemisia campestris*, ont un système racinaire plus développé en profondeur. En effet, l'analyse des sols au-delà de 15 cm n'est pas envisageable pour des questions pratiques notamment du fait que la plupart des relevés sont effectués sur des terrains privés (ne connaissant pas à l'avance où se situent exactement les pelouses sableuses il n'est pas possible de contacter le propriétaire avant de se rendre sur le terrain pour lui demander son autorisation) et qu'aucun matériel (tarière, pioche) n'est disponible.

Les pelouses sableuses subissant souvent des contrastes hydriques importants, des éléments pouvant influencer la réserve en eau du sol ont été recensés tels que la taille et la quantité d'éléments grossiers. La texture du sol ainsi que l'épaisseur d'humus (quand il est présent) ont également été relevés.

2.3.2.3. Les menaces et les facteurs de maintien des pelouses

Tout d'abord, des indices en faveur du maintien des pelouses sont notés tels que des indicateurs de gestion du milieu (pâturage extensif, fauchage,…).

Ensuite, les indices d'abandon et de reprise de la dynamique naturelle sont pris en compte. Ainsi certains signes de fermeture du milieu sont inventoriés (présence de ligneux) ainsi que la présence d'ombrage modifiant le microclimat qui devient plus frais. Les traces d'activités humaines potentiellement négatives sont également prises en compte : l'extraction de sable (carrière), le voisinage actuel de cultures susceptibles d'entraîner un apport d'engrais sur les pelouses, les activités sources potentielles de pollution (usine) ainsi que l'urbanisation (routes, habitations). Les espèces envahissantes sont, quant à elles, mentionnées dans le relevé floristique.

Enfin, une des variables permettant de décrire une pelouse étant le degré de stabilité du sable (Beyschlag et Jentsch, 2003), l'absence ou la présence de sable mobile est relevée ainsi que les traces de certains animaux (grattis de lapins, taupinières, fourmilières,…).

2.3.2.4. La flore

L'ensemble de la flore présente sur le relevé est inventorié selon la méthode du relevé phytosociologique en utilisant comme référentiel taxonomique le référentiel taxonomique des plantes vasculaires de France métropolitaine (version 01aa du 10/02/2005) basé sur la Base de données nomenclaturales de la flore de France (version 3.02.). Le recouvrement de chaque espèce y est exprimé en pourcentage de la surface du relevé. Ainsi, la présence des espèces est notée selon les deux critères abondance et dominance qui sont regroupés au sein du même coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (Foucault, 1986) :

- i : individu isolé ;
- r : individus très rares et recouvrement négligeable ;
- + : individus rares et recouvrement très faible ;
- 1 : individus peu ou assez abondants, mais de recouvrement faible inférieur à 5 % de la surface ;
- 2 : individus abondants ou très abondants, recouvrement compris entre 5 % et 25 % de la surface ;
- 3 : nombre d'individus quelconque, recouvrement compris entre 25 % et 50 % de la surface ;
- 4 : nombre d'individus quelconque, recouvrement compris entre 50 % et 75 % de la surface ;
- 5 : nombre d'individus quelconque, recouvrement de plus de 75 % de la surface.

2.3.3. La mesure du pH

Le pH influence la végétation du milieu. Il indique entre autre le niveau général du sol en éléments chimiques assimilables et il est en relation directe avec les cations et les anions échangeables. Il existe plusieurs manières de mesurer le pH d'un sol, chaque méthode apportant une information différente. Ainsi, le pH déterminé à l'eau correspond à l'acidité active du sol dont la somme avec l'acidité échangeable et l'acidité résiduelle représente l'acidité totale du sol. Cette acidité active détermine la solubilité de plusieurs substances et fournit la solution du sol dans lequel les racines des végétaux et les microorganismes sont exposés (Giasson et Jaouich, 2008). Cette méthode de mesure est utilisée ici dans le but de comparer les différents relevés entre eux.

Deux prélèvements de sol sont effectués par relevés à deux endroits différents au sein du relevé. Ces deux échantillons de terre sont prélevés dans les quinze premiers centimètres de sol situés sous l'éventuelle couche d'humus puis mélangés. La terre est ensuite laissée à sécher à l'air

libre puis tamisée à 2 mm. Le mélange eau déminéralisée-terre est ensuite réalisé avec un rapport volumétrique sol/eau de 1 pour 2,5 afin d'avoir suffisamment de surnageant pour effectuer la mesure de pH. Le mélange est ensuite agité une première fois puis laissé à reposer pendant 30 minutes durant lesquelles le mélange est agité 5 à 6 fois afin d'atteindre un équilibre dans le mélange eau-sol (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec et ministère de l'Agriculture *et al.*, 2003). Le pH est ensuite mesuré en plongeant l'électrode du pH-mètre, préalablement étalonné, dans la suspension partiellement déposée jusqu'à l'obtention d'une valeur stable tout en prenant soin d'agiter continuellement l'échantillon de sol en suspension pendant la détermination du pH afin d'éviter le fait qu'il puisse exister une différence entre le pH du surnageant et le pH de la fraction sédimentée.

2.4. Traitements des données

Les analyses statistiques ont toutes été réalisées par le biais du logiciel R (Development Core Team, 2011).

L'analyse des données relevées sur le terrain est effectuée à partir d'un tableau récapitulatif ayant les relevés en colonnes et les espèces en lignes. À l'intersection d'une ligne i et d'une colonne j se situe le coefficient d'abondance-dominance de l'espèce i dans le relevé j. Le but du traitement est de ranger tous les relevés en catégories homogènes. Il existe essentiellement deux méthodes pour réaliser ce travail. La première, dite « méthode des tableaux », est manuelle (Delpech, 2006). Elle consiste à réaliser une partition du tableau brut en tableaux homogènes plus petits en observant les corrélations positives (espèces souvent ensembles dans un relevé) et négatives (espèces jamais ensemble dans un relevé) entre espèces. La seconde méthode, réalisée par le biais d'un ordinateur, est automatique et utilise la représentation vectorielle des relevés. Dans le cadre de cette étude, les deux méthodes sont employées. La méthode automatique permet dans un premier temps d'ordonner les relevés floristiques. Ce tableau sert ensuite de base au tri manuel des relevés.

2.4.1. Ordination des relevés et diagonalisation automatique du tableau

Ce travail est réalisé sur le tableau floristique en présence–absence. Le choix est fait d'utiliser une méthode d'ordination limitant l'effet des espèces rares, étant donné que dans le jeu de données 26 % des espèces ne sont présentes que dans un seul relevé. L'analyse non symétrique des correspondances (NSC), méthode considérée comme la plus robuste pour l'analyse d'un tableau floristique simple ne décrivant qu'une seule strate de végétation en présence-absence d'après Bouxin (Bouxin, 2008a ; Bouxin, 2008b), est donc appliquée au jeu de données de cette étude. Cette analyse est réalisée sous le logiciel R avec la fonction *dudi.nsc* du package *ade4* (Dray *et al.*, 2004 ; Dray *et al.*, 2007 et Chessel, 2004). Les relevés sont ensuite triés dans le tableau floristique en fonction de leurs coordonnées issues de l'ordination afin d'obtenir un premier rapprochement des relevés. À l'issue de cette première étape, il est possible d'utiliser une méthode automatique comme la classification ascendante hiérarchique pour individualiser les groupes de relevés. Mais compte tenu de la taille du jeu de données, le choix est fait d'utiliser les résultats de la NSC pour servir de base à une classification manuelle du tableau brut.

2.4.2. Classification manuelle des relevés

Cette classification est réalisée sur le tableau floristique en abondance–dominance ordonné.

La première étape de cette méthode consiste à permuter les lignes et les colonnes afin de rapprocher les relevés qui se ressemblent et les espèces socio-écologiquement proches (espèces se trouvant souvent ensemble au sein d'un relevé). Cette technique permet de mettre en évidence des groupes de relevés se ressemblant entre eux mais pas aux relevés des autres groupes. Ce tri du tableau brut est réalisé en s'appuyant entre autres sur les études déjà existantes sur les groupements végétaux potentiellement présents sur les pelouses sableuses sarthoises ainsi que sur

les connaissances d'expert (Frédéric Hendoux). Ces données permettent, en comparaison avec la bibliographie, d'affecter chaque groupe d'espèces et de relevés à un syntaxon (classe, ordre, alliance ou sous-alliance).

La validation des groupes de relevés ainsi formés est renforcée par la réalisation d'une analyse multidimensionnelle de variance par permutations permettant de vérifier si la composition floristique des groupes est significativement différente. La fonction *adonis* du package *vegan* du logiciel R (Oksanen *et al.*, 2011) est utilisée pour exécuter ce test. Il s'agit d'une méthode non paramétrique testant l'absence de différences entre plusieurs groupes, préalablement établis dans le cas présent.

Le tableau final contient ainsi les relevés classés par groupe en colonne et les espèces classées selon leur appartenance aux différents groupements végétaux sur les lignes. Ces espèces sont ordonnées par ordre décroissant de fréquence au sein de chaque groupement végétal en utilisant les classes suivantes :

- V : fréquence > 80 %
- IV : 60 % < fréquence ≤ 80 %
- III : 40 % < fréquence ≤ 60 %
- II : 20 % < fréquence ≤ 40 %
- I : 10 % < fréquence ≤ 20 %
- + : 5 % < fréquence ≤ 10 %
- r : 0 < fréquence ≤ 5 %.

2.4.3. Caractérisation des groupes de relevés

2.4.3.1. Saisies des données

Afin de pouvoir analyser l'ensemble des données, un recodage de chaque variable prise sur le terrain a été nécessaire. Le recodage a été réalisé de sorte que l'effectif de chaque modalité d'une variable soit suffisamment grand (tableau 3).

	Variables	type	Modalités	Codage
Classe du protocole d'échantillonage	Position par rapport au Mans	qualitative à 2 modalités	Nord du Mans Sud du Mans	N S
	Vallées	qualitative à 3 modalités	Sarthe Loir Huisne	S L H
Pédologie et géologie	Élements grossiers	qualitative à 3 modalités	0 %]0 % ; 5 %]]5 % ; 50 %]	0 2,5 38
	Nature de la roche mère	qualitative à 6 modalités	Colluvions Roches calcaires Sables calcaires Grès Sables non calcaires	CO C SC G SNC
	Texture	qualitative à 3 modalités	S L SG	Sableuse Limoneuse Sablo-graveleuse

	Variables	type	Modalités	Codage
Pressions physiques	Horizon humifère	qualitative à 2 modalités	Présent Absent	1 0
	Gratis de lapins ou taupinières	qualitative à 2 modalités	Présent Absent	1 0
	Insectes ou lézards	qualitative à 2 modalités	Présent Absent	1 0
	Mobilité du sable	qualitative à 2 modalités	Oui Non	1 0
	Patûrage	qualitative à 2 modalités	Présent Absent	1 0
	Piétinement	qualitative à 2 modalités	Présent Absent	1 0
	Fauchage	qualitative à 2 modalités	Présent Absent	1 0
	Talus	qualitative à 2 modalités	Oui Non	1 0
	Pente	qualitative à 4 modalités	< 1° 1 à 6° 27 à 45° 45 à 70°	0,5 3,5 36 58
Pressions biologiques	Distance à la végétation ligneuse compétitrice	qualitative à 3 modalités	< 5 m 5 à 25 m < 25 m	2,5 10 100
	Présence d'ombre	qualitative à 2 modalités	Présence Absence	1 0
	Position de l'ombre	qualitative à 2 modalités	- Ombre positionnée au nord, nord-est, nord-ouest ou est - Ombre positionnée au sud, sud-ouet, sud-est ou ouest	Froid Chaud
	Exposition	qualitative à 3 modalités	- pas d'exposition dominante - nord, nord-est, nord-ouest ou est -sud, sud-ouet, sud-est ou ouest	Non Froid Chaud
Pressions chimiques	Distance à des activités humaines	qualitative à 3 modalités	< 5 m 5 à 25 m < 25 m	2,5 23 100
	Distance à la culture	qualitative à 2 modalités	< 25 m > 200 m	13 100
	Bord de route	qualitative à 2 modalités	Oui Non	1 0

Tableau 4: Variables utilisées dans l'analyse des groupes de relevés

2.4.3.2. Caractérisation floristique des groupes

La liste d'espèces indicatrices de chaque groupe est obtenue en croisant les données bibliographiques et les informations issues des relevés sur le terrain. Le jeu de données étant restreint, ces groupes d'espèces ne peuvent pas être phytosociologiquement interprétés comme des groupes d'espèces caractéristiques de groupements végétaux. D'autre part, ces groupes d'espèces indicatrices n'ont un sens qu'à l'échelle du territoire de la Sarthe.

Dans un premier temps, à partir du tableau floristique en présence–absence, une première liste d'espèces indicatrices est déterminée pour chaque groupe en utilisant la méthode décrite par Dufrêne et Legendre (2007), selon laquelle une espèce est considérée comme indicatrice si elle est typique d'un groupe de relevés c'est-à-dire si elle est significativement plus abondante dans les relevés de ce groupe par rapport à ceux des autres groupes. Ce calcul est réalisé sous le logiciel R avec la fonction *strassoc* du package *indicspecies* (De Caceres et Legendre, 2009). Ces résultats sont ensuite comparés avec des données phytosociologiques issues de la bibliographie (données présentées dans le paragraphe 1.2.3.) dans le but de valider cette liste d'espèces et éventuellement de la compléter notamment par des espèces moins fréquentes mais typiques de l'habitat.

D'autre part, le pourcentage d'espèces herbacées vivaces de pelouses (annexe 3) est calculé pour chaque groupe. Les informations concernant le type biologique (vivace ou annuelle) des espèces sont issues de la base de données Baseflor (Julve, 1998).

2.4.3.3. Caractérisation écologique et stationnelle des groupes

Cette caractérisation des relevés se base sur les données relevées sur le terrain telles que le pH, la localisation géographique et la texture du sol.

Deux étapes sont réalisées afin de sélectionner les variables caractérisant le mieux chacun des groupes. Tout d'abord, ces données sont comparées entre les groupes en analysant la répartition de chacune des valeurs prises par les variables dans chaque groupe. L'homogénéité de ces variables à l'intérieur de chaque groupe est également prise en compte dans leur sélection. Ce travail d'analyse des données s'appuie également sur des tests statistiques quand les données le permettent (tailles des effectifs notamment). La comparaison entre groupes est notamment renforcée par l'utilisation du test H de Kruskal et Wallis (dans le cas d'une comparaison entre une variable qualitative à plus de deux modalités et d'une variable quantitative), test non paramétrique de comparaison de plusieurs échantillons non appariés et du test exact de Fisher (dans le cas de comparaison de deux variables qualitatives), test basé sur l'analyse de tableaux de contingence. Ces deux méthodes sont exécutées sous R, le test H avec la fonction *kruskal.test* du package *stats* (R Development Core Team and contributors worldwide, 2011) et le test exact de Fisher avec la fonction *fisher.test* du même package. Dans le cas particulier de la comparaison d'une variable quantitative avec une variable qualitative à deux modalités, le test U de Wilcoxon-Mann-Whitney est appliqué par le biais de la fonction *wilcox.test* contenu dans le même package que les deux précédentes.

Afin d'aider à la caractérisation des pelouses, des calculs d'indices d'Ellenberg (Ellenberg *et al.*, 1992) sont effectués. Ces indices permettent de décrire les conditions de milieu par le biais des espèces qui le colonisent. En effet, chaque espèce est affectée d'une valeur qui la caractérise vis-à-vis d'une des conditions du milieu suivantes : la lumière, la température, le pH, la continentalité, l'humidité édaphique, la richesse en nutriments du sol et la salinité. Parmi ces facteurs, trois ont été prioritairement considérés pour cette étude. Tout d'abord, le pH qui permet de compléter les mesures de pH. L'humidité édaphique quant à elle est intéressante car certains types de pelouses sont moins xériques telles les pelouses des *Nardetalia strictae*. Et, enfin, la richesse en nutriments du sol qui peut jouer un rôle important sur la nature du groupement végétal qui colonise le milieu puisqu'un milieu plus riche est souvent moins contraignant et peut permettre à certaines espèces de se développer. Ces indices sont classés selon les échelles suivantes :

- l'humidité édaphique (de 1 à 12) : espèce hyperxérophile (1), espèce xérophiles strictes (2),

espèce crassulescente (3), espèce mésoxérophile (4), espèce hydrophile (8), espèce aquatique monobiotique (12) ;
- le pH (de 1 à 9) : espèce hyperacidophile (1), espèce acidophile (2), espèce acidocline (4) (pH < 5,5), espèce neutrocline (pH>5,5) (6), espèce neutrophile (7), espèce basophile (8) et espèce hyperbasophile (9) ;
- la richesse en nutriments du sol (de 1 à 9) : hyperoligotrophe (1), oligotrophe (2), intermédiaire (3), mésooligotrophe (4), mésotrophe (5), mésoeutrophe (6), intermédiaires (7), eutrophe (8), polytrophe (9).

Le calcul des indices moyens d'Ellenberg du relevé prend en compte le pourcentage de recouvrement des espèces présentes par rapport au recouvrement total. Les classes d'abondance–dominance utilisées dans les relevés ne sont donc pas applicables directement. Pour pouvoir effectuer les calculs, il faut les transformer afin d'obtenir un recouvrement de 100 % par relevé lorsque l'ensemble des recouvrements des espèces qui le composent sont additionnés.

La première étape du calcul consiste à transformer les classes d'abondance–dominance par la valeur médiane du gradient de recouvrement qu'elles représentent :

coefficient d'abondance-dominance	gradient de recouvrement	médiane
5	75 % < x < 100 %	87,50%
4	50 % < x < 74 %	62%
3	25 % < x < 49 %	37%
2	5 % < x < 24 %	14,50%
1	0,2 % < x < 4 %	2,10%
i, + et r	0,1 % < x < 0,2 %	0,15%

Tableau 5: Correspondance entre les coefficients d'abondance-dominance et le recouvrement en pourcentage

Ensuite, afin d'obtenir un recouvrement total de 100 % par relevé, le pourcentage de recouvrement de chaque espèce du relevé est pondéré par la somme totale des recouvrements de toutes les espèces du relevé. Prenons l'exemple suivant :

espèces du relevé j	coefficient d'abondance-dominance	médiane de la classe	recouvrement utilisé pour le calcul de l'indice d'Ellenberg moyen du relevé
esp 1	2	14,50%	(14,50 x 100)/146 = 9,90 %
esp 2	4	62%	(62 x 100)/146 = 42,50 %
...	...	...	...
...	...	...	...
total	-	146%	100%

Tableau 6: Exemple de calcul de recouvrement

Enfin, les indices d'Ellenberg moyens des relevés sont calculés de la manière suivante (exemple pour le pH) :

$$Indice_{pH}^{releve\_j} = \frac{\sum_{i=1}^{nb\_esp\_releve\_j} \%recouvrement_{esp\_i}^{releve\_j} \times indice\_pH\_esp\_i}{100}$$

2.4.3.4. Mise en évidence des menaces exercées sur les pelouses sableuses

La recherche des menaces sur le maintien des pelouses sableuses au sein de chaque groupe de relevés pourra aider à révéler les relevés références et éventuellement l'état de conservation optimal à atteindre dans chaque groupe de relevés. Cette analyse se base sur les principes définis par le modèle « pression – état – réponse » mis au point par l'Organisation de coopération et de développement économiques (1993). Ce modèle s'appuie sur l'hypothèse que les activités humaines exercent des pressions sur l'environnement, qui peuvent déterminer des changements dans l'état de ce dernier. La société peut répondre à des changements dans les pressions ou les résultats par des politiques et programmes visant à prévenir, réduire ou atténuer les pressions et, par là, limiter les dommages à l'environnement. Les indicateurs sont des outils permettant de définir les relations « pression – état – réponse ». Concernant l'étude des pelouses sableuses, les indicateurs d'état servent à décrire la situation environnementale, les caractéristiques biologiques et physiques de l'habitat en mettant l'accent sur des enjeux de préservation. Les indicateurs de pression, quant à eux, caractérisent l'impact exercé par les activités humaines et les processus naturels qui provoquent des changements sur le milieu. Enfin, les indicateurs de réponse évaluent les actions réalisées ou qui doivent être mises en place pour résoudre un problème révélé par les indicateurs précédents.

- **Choix des indicateurs d'état**

Afin d'évaluer la qualité du milieu sur chaque site, quatre indicateurs floristiques vont être utilisés. Les deux premiers s'intéressent à la patrimonialité des espèces et les deux autres à la représentativité de la flore du relevé par rapport à la flore caractéristique du groupement végétal auquel il est rattaché.

La présence d'espèces patrimoniales représente la richesse en espèces sensibles sur le site et donc l'importance de ce milieu dans des objectifs de conservation de ces espèces. Une espèce sera ici dite patrimoniale en fonction de son niveau de protection, de sa rareté et des menaces qui pèsent sur elle. Ce critère de patrimonialité est étudié à deux échelles différentes : régionale (Pays de la Loire) et départementale (Sarthe). En effet, la Sarthe est un département un peu original par rapport au reste de la région des Pays-de-la-Loire puisqu'elle est majoritairement située sur le Bassin parisien alors que le reste des Pays-de-la-Loire est en majorité sur le Massif armoricain. De ce fait, sa flore est quelque peu différente du reste de celle de la région et il apparaît donc intéressant de traiter de la patrimonialité à ces deux échelles. L'indicateur de patrimonialité régionale est calculé à partir des espèces figurant sur la liste rouge des Pays-de-la-Loire (Lacroix *et al.*, 2008). À chaque espèce est attribuée une note entre 0 et 4 (tableau 6).

		note
Statut de l'espèce dans la liste rouge Pays de la Loire	En danger extrême de disparition	4
	En danger de disparition	3
	Vulnérable	2
	Quasi menacée	1
	Aucun statut	0
Rareté de l'espèce en Sarthe	Non revue récemment	3
	Extrêmement rare	2
	Très rare	1
	Autre niveau de rareté	0

Tableau 7: Grille de notation des espèces

La patrimonialité à l'échelle de la Sarthe est prise en compte par le biais de l'indice de rareté définie par Maëlle Rambaud (Rambaud, 2010). Cet indice est calculé à partir de la répartition des espèces dans des mailles de 5 x 5 km (269 mailles au total) sur le département sur les observations contemporaines (après 2000). Les espèces non revues après 2000 sont dans la catégorie « non revue récemment » (249 espèces), les espèces occupant au plus 12 mailles sont considérées extrêmement rares (603 espèces), les espèces occupant entre 13 et 30 mailles très rares (292

espèces). Les espèces plus communes que ces catégories ne seront pas utilisées pour le calcul de la patrimonialité. La note de patrimonialité départementale est ensuite calculée de la même manière que la note régionale.

L'indicateur de patrimonialité, régionale ou départementale, d'un relevé j est obtenu tout d'abord en sommant l'ensemble des notes de ses espèces ($note^{relevé\ j}_{intermédiaire}$), puis en rapportant cette note à la $note_{intermédiare}$ maximale. La note finale est finalement calculée en ramenant ce résultat à une note sur 20 :

$$Note^{relevé\_j}_{intermédiaire} = \sum_{i=1}^{nombre\_espèces\_relevéj} note\_esp_i \qquad Note^{relevé\_j}_{patrimonialité} = 20 \times \frac{Note^{relevé\_j}_{int\ ermédiaire}}{\max(Note_{int\ ermédiaire})}$$

Afin d'évaluer la typicité du relevé au sein de son groupe, les deux autres indicateurs sont calculés. Le premier s'intéresse directement à la flore indicatrice du groupe et correspond au pourcentage du nombre d'espèces caractéristiques présentes dans le relevé par rapport au nombre d'espèces caractéristiques du groupe. Le second, à l'inverse prend en compte les espèces n'étant pas typiques de pelouses en calculant le pourcentage du nombre d'espèces ayant un habitat optimal très différent des pelouses par rapport au nombre total d'espèces. L'habitat optimal, déterminé à partir des travaux de Julve (1998), de chaque espèce utilisée dans ce calcul est répertorié dans l'annexe 4.

- **Choix des indicateurs de pression**

Les indicateurs de pression permettent notamment d'analyser l'influence des activités, des usages et des processus naturels qui maintiennent le milieu, ou qui le transforment. Trois grands types de pressions peuvent être exercés sur les pelouses sableuses :

- des pressions physiques telles que l'altération de l'habitat, le fauchage ;
- des pressions chimiques telles que l'exposition à des engrais issus de l'agriculture ou à d'autres substances polluantes ;
- des pressions biologiques telles que la présence d'espèces invasives, la fermeture du milieu.

Ces pressions peuvent avoir un impact à court terme ou à long terme, positif ou négatif sur le maintien du milieu. Ainsi, dans le but de mettre en évidence les pressions réelles ou potentielles qui pèsent sur chacun des groupes de relevés, l'impact de chaque critère de pression (tableau 6) sur chacun des indicateurs d'état, décrits dans le paragraphe 2.2.3.3, est testé statistiquement par l'intermédiaire soit du test H de Kruskal et Wallis soit de la régression linéaire. Ces deux méthodes sont exécutées sous R ; le test H avec la fonction *kruskal.test* du package *stats* (R Development Core Team and contributors worldwide, 2011) et la régression linéaire avec la fonction *lm* du même package. Dans le cas particulier de la comparaison d'une variable quantitative avec une variable qualitative à deux modalités, le test U de Wilcoxon-Mann-Whitney est appliqué par le biais de la fonction *wilcox.test* contenu dans le même package que les deux précédentes.

Les espèces considérées comme invasives correspondent aux espèces décrites dans le rapport « Liste des plantes vasculaires invasives, potentiellement invasives et à surveiller en région Pays de la Loire » (Lacroix *et al.*, 2010). Sur le même principe que pour les espèces dites « patrimoniales », une note est attribuée à chaque espèce invasive en fonction de son statut. Ainsi une note de 3 est affectée aux espèces invasives avérées c'est-à-dire aux plantes non indigènes ayant une dynamique d'extension rapide dans leur territoire d'introduction et formant localement des populations denses et bien installées. Deux points sont donnés aux espèces potentiellement invasives, à savoir des taxons non indigènes ne présentant pas actuellement de caractère invasif avéré dans les Pays de la Loire mais dont la dynamique à l'intérieur du département ou dans les régions limitrophes ou climatiquement proches, est telle qu'il existe un risque de les voir devenir à plus ou moins long terme des invasives avérées. Enfin, seulement un point revient aux espèces dites « à surveiller », autrement dit aux plantes non indigènes ne présentant actuellement pas (ou plus) de caractère invasif avéré dans la région mais dont la possibilité de développer un caractère

invasif n'est pas totalement écartée, compte tenu notamment du caractère invasif de ces plantes dans d'autres régions du monde. Toutes les autres espèces sont affectées de la note 0. L'indicateur d'espèces invasives est calculé de la manière suivante :

$$Note_{espèces\_invasives}^{relevé\_j} = \sum_{i=1}^{nombre\_espèces\_relevé\_j} note_{esp\_i}$$

<table>
<tr><th></th><th>Indicateurs d'état
Indicateurs potentiels de pression</th><th>Pourcentage d'espèces caractéristiques</th><th>Pourcentage d'espèces de prairies, de friches</th><th>Note de patrimonialité régionale</th><th>Note de patrimonialité départementale</th></tr>
<tr><td rowspan="8">Pressions physiques</td><td>Pâturage</td><td colspan="4" rowspan="7">Test U de Wilcoxon-Mann-Whitney</td></tr>
<tr><td>Piétinement</td></tr>
<tr><td>Fauchage</td></tr>
<tr><td>Présence de grattis de lapin ou de taupinières</td></tr>
<tr><td>Présence d'insectes ou de lézards</td></tr>
<tr><td>Sable mobile</td></tr>
<tr><td>Pente</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Pressions chimiques</td><td>Proximité de la route (gaz d'échappement)</td><td colspan="4">Test U de Wilcoxon-Mann-Whitney</td></tr>
<tr><td>Proximité de cultures</td><td colspan="4" rowspan="3">Test H de Kruskal et Wallis</td></tr>
<tr><td>Anthropisation du milieu</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Pressions biologiques</td><td>Exposition du milieu</td></tr>
<tr><td>Présence de végétation ligneuse compétitrice</td></tr>
<tr><td>Ombrage</td></tr>
<tr><td>Note de présence d'espèces invasives</td><td colspan="4">Régression linéaire</td></tr>
</table>

Tableau 8: Tests statistiques utilisés en fonction des indicateurs comparés

3. Analyse des relevés floristiques : établissement d'une typologie et étude des facteurs d'influence des différents groupements

3.1. Bilan global

Au total, 136 polygones ayant potentiellement des pelouses sableuses ont été visités (tableau 8), pour une surface de 360 ha, ce qui correspond à plus de 50 % du nombre de zones de pelouses sableuses potentielles de la Sarthe identifiées à partir de Flora. Parmi ces 136 zones, 58 pelouses, ont été validées y compris 16 pelouses qui avaient échappé au préinventaire (ajouts) pour une surface au total d'un peu plus de 10 ha. Ces relevés se répartissent de la manière suivante dans les différentes classes d'échantillonnage :

Type de polygone	Acide 35											
Géologie	Bassin parisien 33						Massif armoricain 2					
Situation géographique par rapport au Mans	Nord 8			Sud 25			Nord 2			Sud 0		
Vallée	Sarthe	Loir	Huisne	Sarthe	Loir	Huisne	Sarthe	Loir	Huisne	Sarthe	Loir	Huisne
	5	0	3	9	23	3	2	-	-	-	-	-

Type de polygone	Calcaire 23											
Géologie	Bassin parisien 23						Massif armoricain 0					
Situation géographique par rapport au Mans	Nord 20			Sud 4			Nord -			Sud -		
Vallée	Sarthe	Loir	Huisne	Sarthe	Loir	Huisne	Sarthe	Loir	Huisne	Sarthe	Loir	Huisne
	4	3	12	0	3	1	-	-	-	-	-	-

Tableau 9: Répartition des relevés dans les classes d'échantillonnage

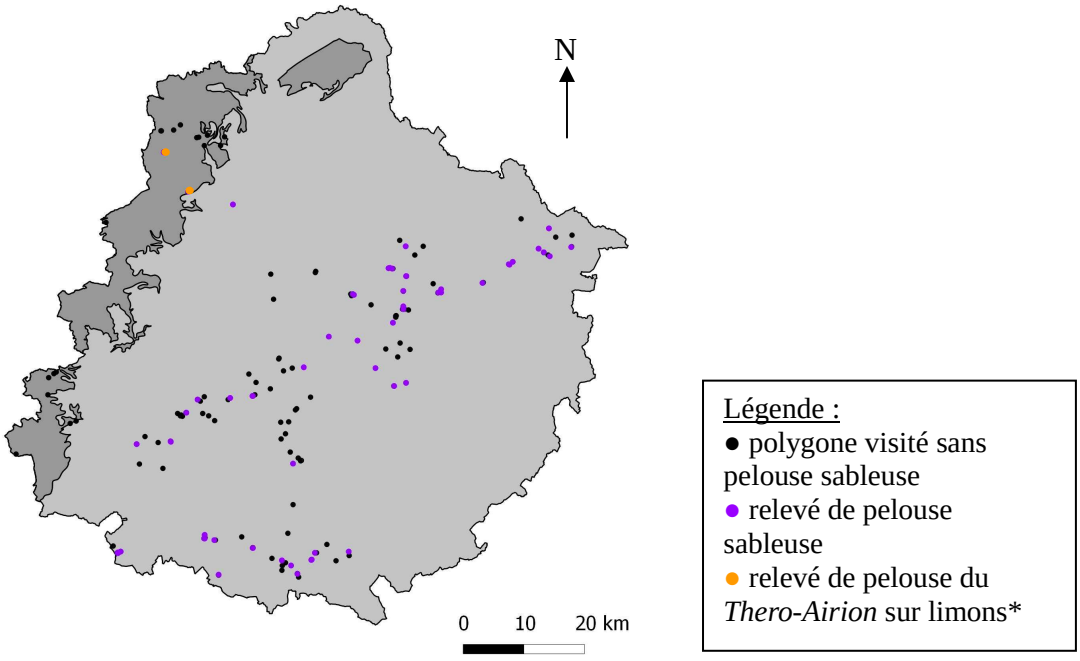
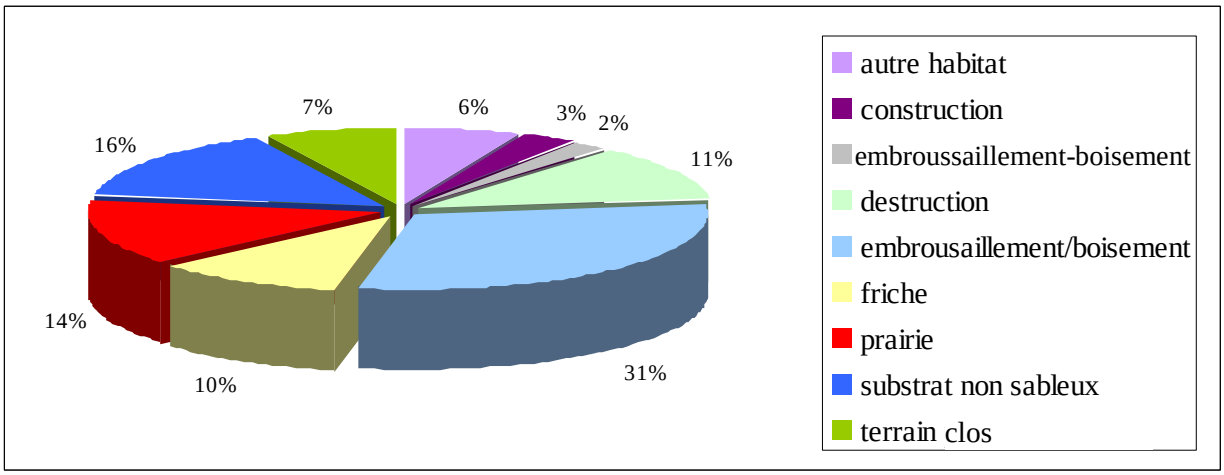


Figure 8: Localisation des polygones visités et des relevés effectués

(deux relevés ont été effectués dans le Massif armoricain sur des pelouses colonisées par les mêmes groupements végétaux que les pelouses sableuses mais situées sur un substrat limoneux, le but étant de les comparer avec ces mêmes groupements situés sur des pelouses sableuses)*

La quantité minimale de relevés par classe était fixée à quatre dans le protocole d'échantillonnage cependant, compte tenu du nombre important de polygones sélectionnés ne contenant pas de pelouses sableuses, ce nombre minimum n'a pas pu être respecté dans tous les cas.

Sur l'ensemble des zones prospectées, 94 ne contenaient pas de pelouses sableuses ou ont été retirées de l'inventaire, soit 70 % du total. Certains terrains clos n'ont pas pu être accessibles mais cela représente uniquement 7% des polygones supprimées (graphique 1). Parmi les polygones ne contenant pas de pelouses sableuses, il s'agissait en majorité de milieux beaucoup plus fermés que les pelouses (prairie, friche ou embroussaillement-boisement sur le graphique 1), environ 50 %. Un certain nombre de polygones contenaient les mêmes groupements végétaux que ceux rencontrés sur les pelouses sableuses mais le substrat y était non sableux (16% des polygones), la plupart d'entre eux se situaient dans le Massif armoricain. Enfin certaines pelouses sableuses ont été détruites soit par des constructions, soit par un gyrobroyage soit par une mise en culture.



Graphique 3: Répartition des polygones sélectionnés par erreur

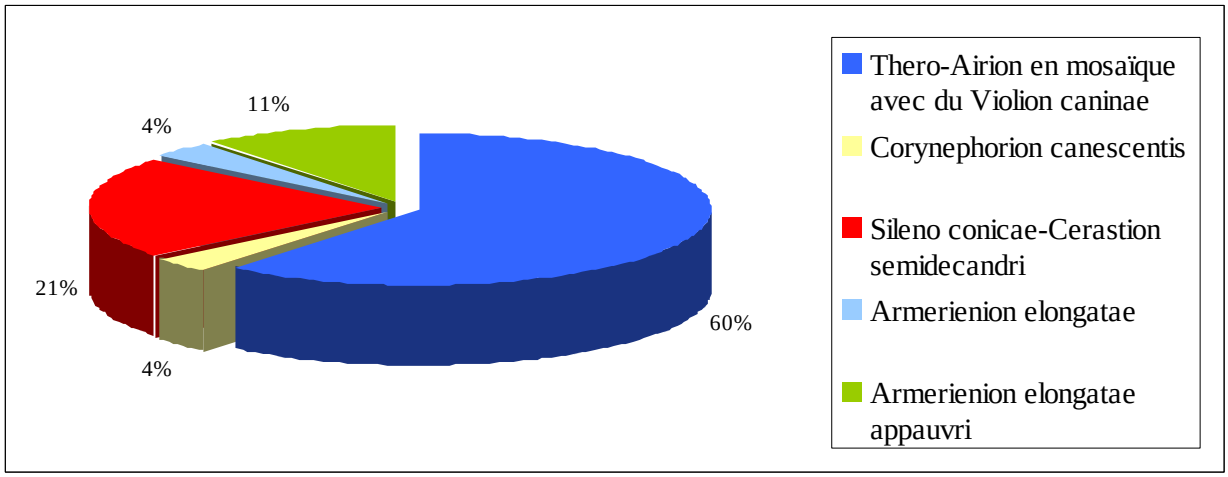
3.2. Typologie des groupements végétaux

3.2.1. Mise en évidence des groupements

L'analyse phytosociologique des 58 relevés a conduit à l'identification de cinq groupes (le tableau phytosociologique figure en annexe 5), dont les compositions floristiques sont statistiquement différentes (d'après l'analyse multidimensionnelle de variance par permutations):

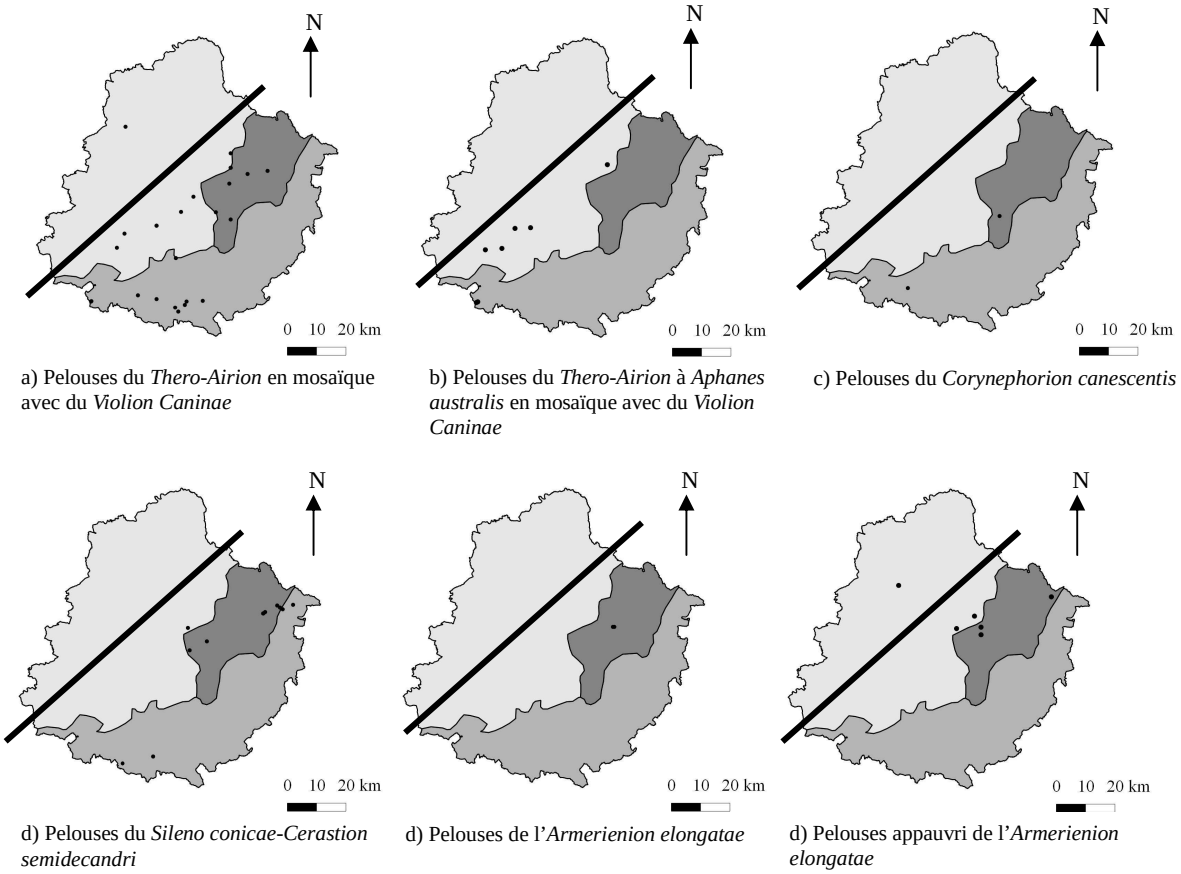
- Groupe 1 : pelouses du *Thero-Airion* en mosaïque avec des pelouses oligotrophes acidiphiles du *Violion caninae ;*
- Groupe 2 : pelouses du *Corynephorion canescentis* ;
- Groupe 3 : pelouses du *Sileno conicae-Cerastion semidecandri ;*
- Groupe 4 : pelouses de l'*Armerienion elongatae* ;
- Groupe 5 : pelouses des *Festuco valesiacae-Brometea erecti* plus pauvre que le groupe 4 (*Armerienion elongatae* appauvri).

Deux relevés de pelouse sableuse calcaire n'ont pas pu être interprétés ni classés du fait de leur faciès végétal appauvri. D'autre part, la représentation des différents groupes de pelouses sableuses n'est pas homogène (graphique 2). Ainsi, les groupes 2 et 4 sont représentés chacun par uniquement deux relevés : il serait donc intéressant de conforter leur étude.



Graphique 4: Répartition des différents habitats de pelouse sableuse inventoriés (sur 58 relevés)

Les pelouses inventoriées se situent principalement dans la moitié sud-est du département. Néanmoins, les pelouses acides sont réparties sur un territoire plus large que les calcaires qui se cantonnent surtout à la vallée de l'Huisne (figure 9).



a) Pelouses du *Thero-Airion* en mosaïque avec du *Violion Caninae*

b) Pelouses du *Thero-Airion* à *Aphanes australis* en mosaïque avec du *Violion Caninae*

c) Pelouses du *Corynephorion canescentis*

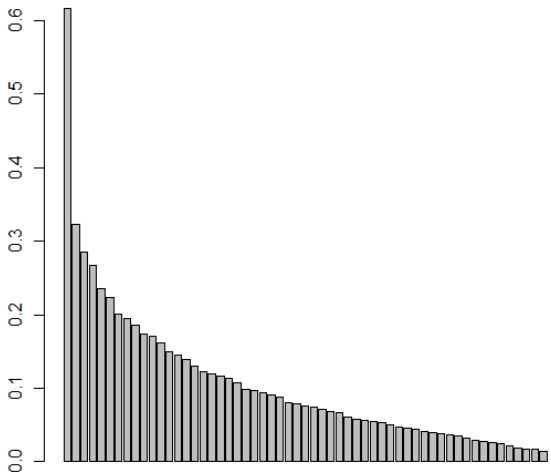
d) Pelouses du *Sileno conicae-Cerastion semidecandri*

d) Pelouses de l'*Armerienion elongatae*

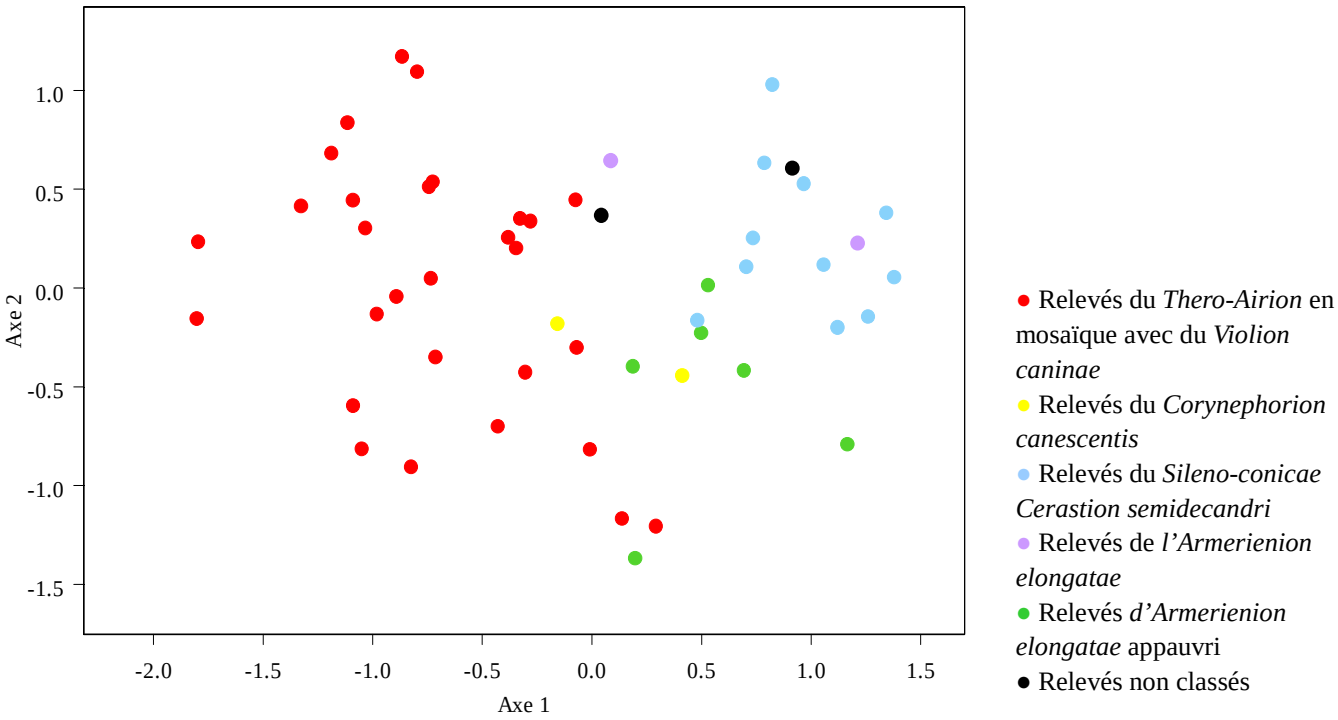
d) Pelouses appauvri de l'*Armerienion elongatae*

Figure 9: Localisation des différents habitats de pelouse sableuse inventoriés

Cette classification a été obtenue manuellement suite à l'ordination des relevés par le biais d'une NSC. Il est donc intéressant de comparer ces groupes de relevés réalisés manuellement avec les répartitions sur le premier plan factoriel des relevés (graphique 4), les deux premiers axes étant significatifs (graphique 3).



Graphique 5: Histogramme des valeurs propres des axes de la NSC



Graphique 6: Plan factoriel (axe 1-axe 2) des relevés

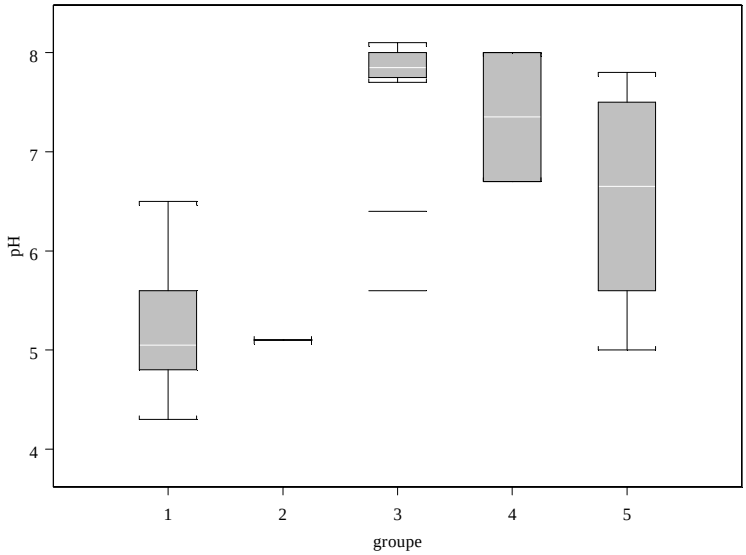
Les groupes des pelouses du *Thero-Airion* en mosaïque avec du *Violion caninae*, des pelouses du *Sileno conicae-Cerastion semidecandri*, des pelouses du *Corynephorion canescentis* et des pelouses de *l'Armerienion elongatae* appauvri sont globalement cohérents avec la répartition des relevés le long des axes factoriels. Les deux relevés de l'*Armerienion elongatae* ne sont pas proches puisque l'un d'eux est situé au sein du *Sileno conicae-Cerastion semidecandri* alors que l'autre est plus proche du *Thero-Airion.* Cependant, au regard du cortège floristique de ces deux relevés, ce groupe apparaît bien différent des autres groupements végétaux présents sur les pelouses sableuses. Le groupe de l'*Armerienion elongatae* n'étant pas bien défini sur le plan factoriel, les positions respectives des deux relevés de pelouses sableuses calcaires indéterminées ne permettent pas de les rattacher à l'un des groupements de pelouses sablo-calcaires.

3.2.2. Description des habitats de pelouses sableuses

Une fiche par habitat de pelouses sableuses figure en annexe 6. Ces fiches permettent de récapituler les informations principales sur chacun des groupes afin d'aider à la détermination de ces habitats dans le cadre de futurs inventaires ou encore de mise en place d'une gestion de ces habitats.

3.2.2.1. Comparaison des quatre groupements (5 groupes de relevés)

Cette classification, basée sur la flore, met donc en évidence des groupements plutôt de sables acides (groupes 1 et 2) et d'autres de sables calcaires (groupes 3, 4 et 5). Les mesures de pH se révèlent bien être corrélées à ces deux types de groupements (graphique 5). Cette différence de pH entre ces deux grands types de pelouses est statistiquement significative au regard des résultats du test non paramétrique U de Wilcoxon-Mann-Whitney. En revanche, le nombre de relevés n'étant pas suffisant dans les groupes 2 et 4 il n'est pas prudent de conclure quant à l'éventuelle existence d'une différence de pH au sein des groupes acides d'une part et au sein des groupes calcaires d'autre part.



Graphique 7: Diagramme en boîte à moustaches du pH dans les 5 groupes de relevés

3.2.2.2. Les pelouses des sables acides

- **Groupe 1 : Pelouses du *Thero-Airion* en mosaïque avec du *Violion caninae***

Ces pelouses sableuses acides sont les plus représentées dans l'inventaire avec 34 relevés et sont principalement situées sur des alluvions (près de 50 % des relevés). Essentiellement localisées sur des surfaces planes ce sont celles qui s'étendent sur les plus grandes surfaces (jusqu'à plus de 1ha). L'existence d'une corrélation linéaire (p-value = 0,02 et R^2 = 16%) entre le recouvrement total de la végétation et le nombre d'espèces indicatrices du *Violion caninae* peut permettre d'avancer une hypothèse quant à l'existence d'une telle mosaïque. En effet, une densification progressive de la végétation de pelouses du *Thero-Airion* peut conduire petit à petit à l'apparition de groupements d'espèces du *Violion caninae* suite à l'absence d'action régressive (Bournérias *et al.*, 2001).

D'après les valeurs d'Ellenberg moyennes des relevés, la plupart des pelouses se trouvent sur des milieux oligotrophes à hyperoligotrophes donc relativement pauvres. Malgré la présence de groupements du *Violion caninae*, la flore n'indique pas un milieu légèrement moins xérique que les autres types de pelouses mis à part un ou deux relevés mais pour lesquels le nombre d'espèces caractéristiques du *Violion caninae* n'est pas plus important.

La liste d'espèces retenue pour caractériser ce groupe est assez vaste puisqu'elle contient 21 espèces. Le groupe d'espèces caractéristiques de ces alliances et fréquemment rencontrés sur les relevés ne contient cependant que 8 taxons (selon l'analyse des valeurs indicatrices des espèces et de leur fréquence) : *Scleranthus annuus ; Spergula arvensis ; Ornithopus perpusillus ; Vulpia bromoides ; Aira caryophyllea ; Aira praecox ; Filago vulgaris ; Anthoxanthum odoratum*. Certaines espèces typiques de ces groupements végétaux, telle que *Tuberaria guttata*, ne sont que

faiblement présentes dans les relevés, ce qui peut rendre difficile la détermination de cet habitat. D'autre part, un groupe d'espèces différentielles permet de distinguer un sous-groupe à *Aphanes australis*, caractérisé par un milieu légèrement moins sec, d'après sa flore et plus riche en espèces typiques de friche, lande, forêt et prairie.

- **Groupe 2 : pelouses du *Corynephorion canescentis***

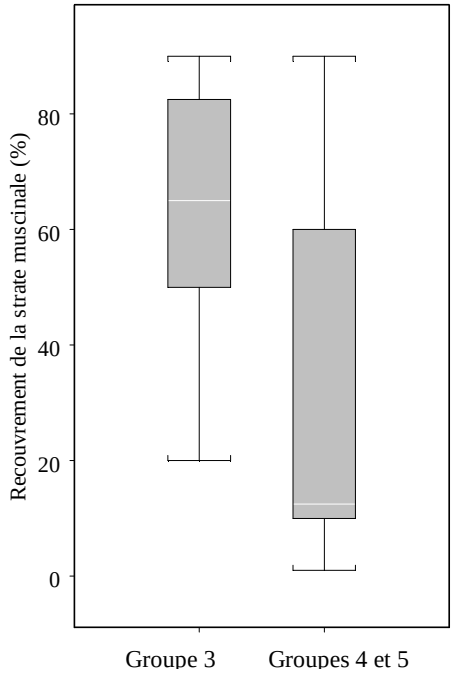
La caractérisation de ce groupe est difficile car seulement deux relevés le composent. Les espèces qui colonisent ces pelouses sont semblables à celles du *Thero-Airion* (*Ornithopus perpusillus ; Mibora minima ;Teesdalia nudicaulis ; Logfia minima ; Ornithopus compressus*) mais elles se distinguent de ces dernières par la présence de *Corynephorus canescens* et de certaines vivaces, telles que *Sesamoides purpurascens*. De plus, le recouvrement de la strate herbacée de ce groupement végétal, autour de 50 %, est plus faible que celui du groupe 1 qui lui est plus proche de 70 %. Ces observations ainsi que la présence d'une strate bryolychénique non négligeable (50-60 % de recouvrement) conduisent plus à conclure que ces relevés se situent en phase post-pionnière (caractérisée par une fermeture progressive du tapis végétal) que pionnière (Bensettiti, 2005). Enfin, ces pelouses sont caractérisées par un substrat non stabilisé puisque leurs sols font l'objet de perturbations engendrées par le passage occasionnel de véhicules.

3.2.2.3. Les pelouses sablo-calcaires

- **Groupe 3 : pelouses du *Sileno conicae-Cerastion semidecandri***

Dans l'inventaire, ces pelouses sont localisées essentiellement dans la vallée de l'Huisne à l'est du Mans sur des sables plus ou moins grossiers du Crétacé et ponctuellement au sud du département dans la vallée du Loir. Ce groupement végétal semble préférentiellement coloniser les milieux à pente nulle voire légèrement faible. Ces pelouses sont globalement situées sur des sables plutôt basiques. Les quelques relevés de sables neutres, voire légèrement acides, ne sont pas pour autant moins riches en espèces typiques de ce groupe.

Ces pelouses, majoritairement composées d'espèces pionnières annuelles (plus de 50 % du nombre d'espèces dans un relevé) se caractérisent par un couvert muscinal relativement dense en général comparé aux autres groupements végétaux inventoriés sur les sables calcaires (graphique 6 et test U significatif). D'autre part, il est intéressant de noter qu'il existe une corrélation linéaire négative (avec un R^2 de 40 % et une p-value de 0,02) entre le pourcentage de recouvrement total du relevé et la proportion d'espèces caractéristiques. Les relevés les plus typiques floristiquement (pourcentage d'espèces indicatrices du groupe supérieur à 50 %) ont un recouvrement total inférieur à 70 %.



Graphique 8: Diagramme en boîte à moustaches du recouvrement de la strate muscinale dans les groupes de pelouse sablo-calcaire

En l'absence de connaissance du pH du sable de ces pelouses, la présence d'espèces de sols calcaires telles que *Artemisia campestris*, *Bromus tectorum*, *Alyssum alyssoides*, *Cerastium pumilum* ou encore *Himantoglossum hircinum* peuvent servir à les distinguer des pelouses pionnières des sables acides dont le substrat ne permet pas d'accueillir ce type d'espèces.

- **Groupes 4 et 5 : Pelouses de l'*Armerienion elongatae***

De la même manière que pour le groupe de pelouses du *Corynephorion canescentis*, la caractérisation de ce groupement végétal est compliquée puisque seulement deux relevés en possèdent une forme relativement bien exprimée ; six autres pourraient en être une forme appauvrie. Ce faible inventaire peut s'expliquer par le fait qu'un certain nombre d'espèces caractéristiques de ce groupement (*Phleum phleoides, Armeria arenaria, Koeleria macrantha…*) sont assez rares à l'échelle départementale. Cette rareté peut avoir différentes causes: conditions écologiques non réunies pour leur développement, présence d'espèces compétitrices, facteurs limitant leur dispersion (un sous-inventaire de ces espèces semble peu probable compte tenu qu'elles sont pérennes et repérables une bonne partie de l'année et que la pression d'échantillonnage de la flore dans le département est correcte). Ces conditions ne facilitent pas la détermination de ce groupement, elles peuvent en limiter la présence et expliquer l'existence plus abondante d'une forme appauvrie de ce groupement.

Ces pelouses se situent essentiellement dans la vallée de l'Huisne, sur des sables grossiers voire graveleux. L'amplitude des valeurs de pH est relativement élevée dans ces deux groupes en comparaison de celles des groupes 1, 2 et 3. L'*Armerienion elongatae* coloniserait des substrats au pH en moyenne neutre et parfois à tendance légèrement acide ou basique. La flore qui colonise ces milieux comprend ainsi des espèces qui vont d'acidiclines à basophiles. Ces espèces indiquent également une richesse faible à très faible en nutriments (nitrates et ammonium) dans le sol.

Tout comme pour les pelouses du groupe 3, la présence d'espèces de sols calcaires permet de les distinguer des pelouses pionnières des sables acides dont le substrat n'accueille pas ce type d'espèce. Le rattachement des milieux appauvris, caractérisés par l'absence d'un groupe d'espèces bien caractéristiques d'un groupement végétal, se fait par l'intermédiaire des espèces indicatrices des *Festuco valesiacae-Brometea erecti*. En effet, les données bibliographiques consultées (paragraphe 1.3.4.), ainsi que les relevés de terrain ont tendance à montrer que cette classe ne serait présente que sous la forme de l'*Armerienion elongatae* sur les pelouses sableuses de la Sarthe (une étude approfondie de ce groupement végétal pourrait permettre de confirmer ces observations).

L'analyse précédente des groupements végétaux a permis de mettre en évidence un certain nombre de caractéristiques permettant de les décrire. Ainsi, le principal facteur expliquant leur diversité est la nature du sol qu'ils colonisent et notamment le degré d'acidité. Cependant, des variables comme la quantité d'éléments grossiers ou la présence d'un humus n'apparaissent pas pertinentes pour expliquer l'origine de cette diversité. Les indicateurs de degré de stabilisation du sable relevés sur le terrain (faune, insectes, mobilité du sable…) ne permettent pas, eux non plus, de distinguer les groupements reconnus comme se développant sur des sables mobiles (*Corynephorion canescentis* et *Sileno conicae-Cerastion semidecandri*) des autres groupements puisqu'ils sont présents en quantité assez importante dans l'ensemble des groupes. La nature de la roche mère quant à elle, est une variable ne devant pas être prise en compte car à plusieurs reprises, elle s'est révélée ne pas être en accord avec les observations faites sur le terrain.

3.2.2.4. Élaboration d'une liste de critères permettant la détermination des habitats

Le faible nombre de relevés présents dans deux des groupements végétaux (*Corynephorus canescentis* et *Armerienion elongatae*) ne permet pas de réaliser une clef de détermination des habitats pertinente, pouvant être utilisée pour n'importe quelle pelouse sableuse de la Sarthe. En revanche, la présence d'un ensemble de critères floristiques, écologiques, environnementaux peut aider à la détermination de chacun des habitats.

- **Critères permettant de distinguer les groupements végétaux « acides » et « calcaires »**

Le premier facteur est un critère chimique, il s'agit de tester l'effervescence du sol à HCl à au moins deux endroits différents sur un échantillon de sable pris dans les quinze premiers centimètres (hors humus). Le deuxième critère est, quant à lui floristique, il s'agit de la présence d'au moins deux espèces basophiles ou hyperbasophiles (Julve, 1998) parmi la liste suivante : *Artemisia campestris, Phleum phleoides, Koeleria macrantha, Himantoglossum hircinum, Alyssum alyssoides, Bromus tectorum, Cerastium pumilum, Ajuga chamaepytis.*

La présence couplée d'une effervescence à HCl et de la présence de deux espèces de la liste conduit à se diriger vers les groupements calcaires 3, 4 et 5. L'absence de ces deux critères amène à se diriger vers les groupements acides 1 et 2. En revanche, l'unique présence d'effervescence à HCl ou bien de deux espèces permet difficilement de conclure. Il est plus prudent alors de se référer aux fiches.

- **Critères de distinction au sein des pelouses acides**

Une liste de trois critères (tableau 9) a pu être établie au regard de l'analyse des relevés des groupes 1 et 2. Une conclusion ne peut être émise que lorsque les trois critères sont vérifiés.

	Groupe 1	Groupe 2
Présence de *Corynephorus canescens* et de *Sesamoides purpurascens*	0	X
Recouvrement de la strate herbacée inférieur à 50 %	0	X
Recouvrement de la strate herbacée supérieur à 70 %	X	0

Tableau 10: Critères de distinction des pelouses acides

- **Critères de distinction au sein des pelouses calcaires**

Une conclusion ne peut, là encore, être émise que lorsque les quatre critères sont vérifiés.

	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
Pourcentage d'espèces annuelles supérieur à 50 %	X	0	0
Recouvrement de la strate herbacée inférieur à 70 %	X	0	0
Recouvrement de la strate muscinale supérieur à 65 %	X	0	0
Présence de *Phleum phleoides* et de *Petrorhagia prolifera*	0	X	0

Tableau 11: Critères de distinction des pelouses calcaires

3.3. État actuel des pelouses sableuses et proposition de gestion

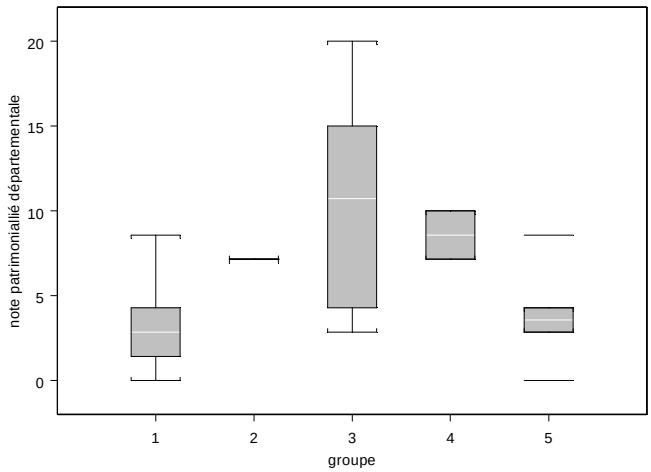
3.3.1. Bilan sur la valeur patrimoniale des pelouses sableuses inventoriées

Au cours de cet inventaire, plus de 210 taxons ont été observés, dont 42 sont considérés comme patrimoniaux selon les critères définis dans le paragraphe 2.2.2.3. Aucune espèce n'est protégée au niveau national, seulement une l'est au niveau régional, il s'agit de l'Ornithope comprimé (*Ornithopus compressus*). La liste complète de ces espèces, considérées comme patrimoniales, ainsi que leur statut de protection ou de rareté se situe dans l'annexe 7.

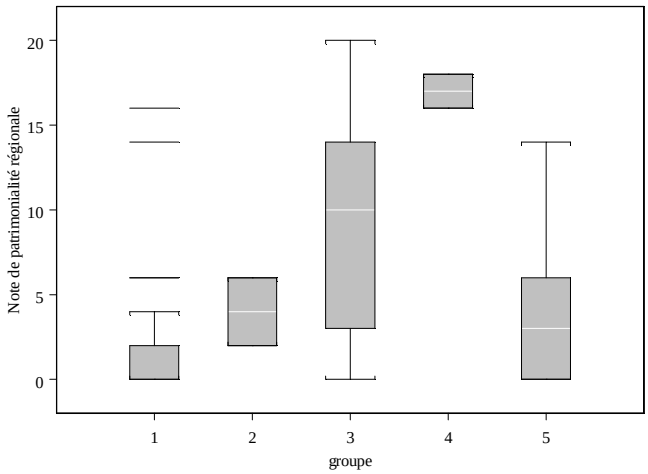
La note moyenne de patrimonialité à l'échelle régionale est de 4,2 sur 20 et de 4,9 pour la

patrimonialité moyenne départementale mais avec une hétérogénéité importante entre les relevés (écart type de 5,9 pour la note de patrimonialité régionale et de 4,4 pour celle départementale).

À l'échelle des groupes de relevés, les valeurs patrimoniales départementale et régionale sont statistiquement différentes entre les différents groupements de végétaux (test H de Kruskal et Wallis). Les groupements calcaires semblent posséder un plus grand nombre d'espèces patrimoniales (graphique 7 et 8).



Graphique 9: Diagramme en boîte à moustaches des notes de patrimonialité régionale des 5 groupes de relevés



Graphique 10: Diagramme en boîte à moustaches des notes de patrimonialité départementale des 5 groupes de relevés

Les valeurs patrimoniales les plus élevées se retrouvent dans les relevés les plus typiques du *Sileno conicae-Cerastion semidecandri*, c'est-à-dire ceux possédant le plus grand nombre d'espèces indicatrices de ce groupement (la régression linéaire entre le nombre d'espèces indicatrices du groupement et la valeur patrimoniale départementale possède une p-value inférieure à 0,001 et un coefficient de corrélation de 78 %). En effet, 9 taxons indicateurs de ce groupement végétale sont également des espèces patrimoniales (ils sont inscrits sur la liste rouge régionale ou font partie des espèces très rares à extrêmement rares du département).

3.3.2. Mise en évidence des pressions exercées sur les pelouses et propositions de gestion

L'ensemble des résultats des tests statistiques effectués dans cette partie figure en annexe 9.

3.3.2.1. Les pressions biologiques

- **Les espèces invasives**

Parmi la liste d'espèces invasive des Pays-de-la-Loire seulement 4 taxons, pour un total de 7 sites, ont été rencontrés lors de cet inventaire, *Berteroa incana*, *Bromus catharticus*, *Robinia pseudoacacia* et *Solidago gigantea*.

Seul le Robinier faux-acacia présente un caractère invasif avéré. Cette espèce est fortement drageonnante et se développe très rapidement en formant des peuplements denses où les plantes indigènes ont bien du mal à survivre. Cet arbre, qui affectionne les milieux secs et chauds, peut représenter une menace importante pour les pelouses sableuses. En effet, il conduit à l'enrichissement des sols en augmentant leur teneur en azote par fixation symbiotique de l'azote atmosphérique ; ceci accélère le phénomène de boisement et le changement de biodiversité qui l'accompagne. Cependant, sa présence a uniquement été observée sur deux habitats (seul un relevé le contient) tous deux appartenant aux pelouses du *Sileno conicae-Cerastion semidecandri.* L'éradication de cette espèce pourrait être préconisée dans le cas où elle commence à coloniser des pelouses caractéristiques d'un des groupes de relevés, c'est-à-dire les pelouses dont le groupement floristique est caractéristique et dont la surface est assez grande. Le Robinier étant une espèce qui rejette très vigoureusement de souche lorsqu'on la coupe, d'autres méthodes

peuvent être employées pour y remédier tel que l'arrachage des jeunes individus ou encore l'incision de l'écorce, dans le but de priver les racines de réserves, suivi d'un abattage l'année suivante (Commission suisse pour la conservation des plantes sauvages, 2009).

Solidago gigantea et *Berteroa incana* sont deux taxons encore rares en Sarthe. Néanmoins, *Berteroa incana* étant une espèce invasive potentielle, des actions préventives peuvent être menées pour éviter son développement notamment lorsqu'elle est présente sur des pelouses à forts enjeux patrimoniaux (habitat prioritaire, valeur patrimoniale élevée, pelouses caractéristiques de son groupe).

Enfin, *Bromus catharticus*, espèce invasive à surveiller, n'est présente que sur un seul site. Cette espèce ne s'avère donc pas être une grande menace pour les pelouses sableuses.

- **Les espèces ligneuses compétitrices**

Les analyses effectuées sur les différents groupes de relevés ne révèlent pas d'impact direct de la présence d'espèces (plus ou moins proches) telles *Rubus fructicosus*, *Cytisus scoparius*, *Ulex europaeus* sur la composition floristique des pelouses sableuses. En revanche, plus de 50 % des pelouses, sont plus ou moins colonisées par ces espèces et ce quel que soit le groupe considéré. Leur présence traduit une dynamique progressive, c'est-à-dire une fermeture du milieu et donc à terme une disparition de ces pelouses au profit d'habitats plus fermés tels que des prairies, landes, fourrés et à terme des forêts. L'analyse, dans la suite de l'étude, des pressions telles que le pâturage et le fauchage pourra permettre de proposer d'éventuelles actions à mener pour ralentir, voire arrêter, cette dynamique.

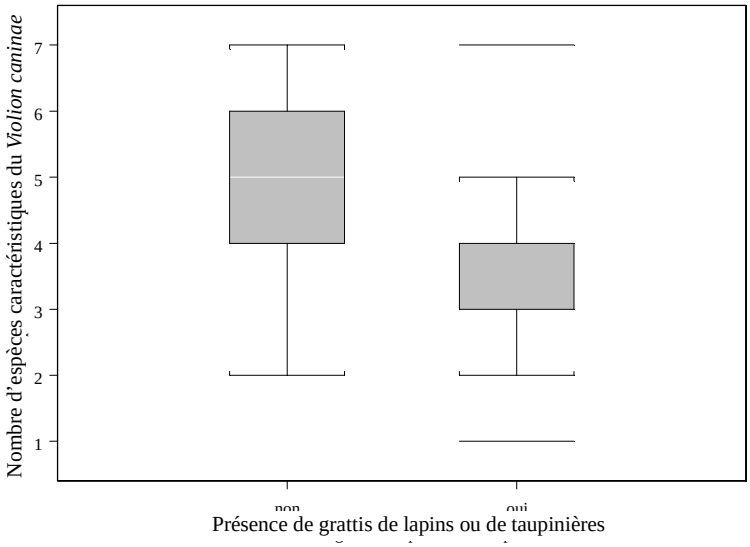
Concernant l'exposition de l'habitat ainsi que la présence d'ombre, aucune analyse n'a mis en évidence un impact réel de ces facteurs.

3.3.2.2. Les pressions physiques

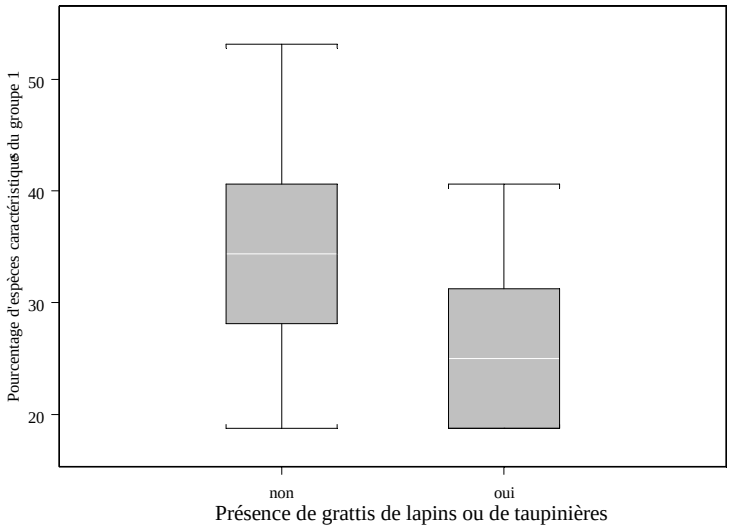
Plusieurs facteurs contribuant à la perturbation du sol ont été analysés : la présence de grattis de lapin ou de taupinières, le piétinement, le pâturage, la pente, le passage de véhicule (carrière, parking, bas côté de la route).

- **Pressions physiques exercées sur les pelouses du groupe *Thero-Airion* en mosaïque avec du *Violion caninae***

Au sein du groupe 1, la présence de grattis de lapins ou de taupinières a un impact sur la composition floristique de l'habitat. Ainsi le nombre d'espèces caractéristiques de ce groupe et plus particulièrement du *Violion caninae* diminue significativement (test U de Wilcoxon-Mann-Whitney significatif) en présence de ces animaux (graphique 9 et 10).



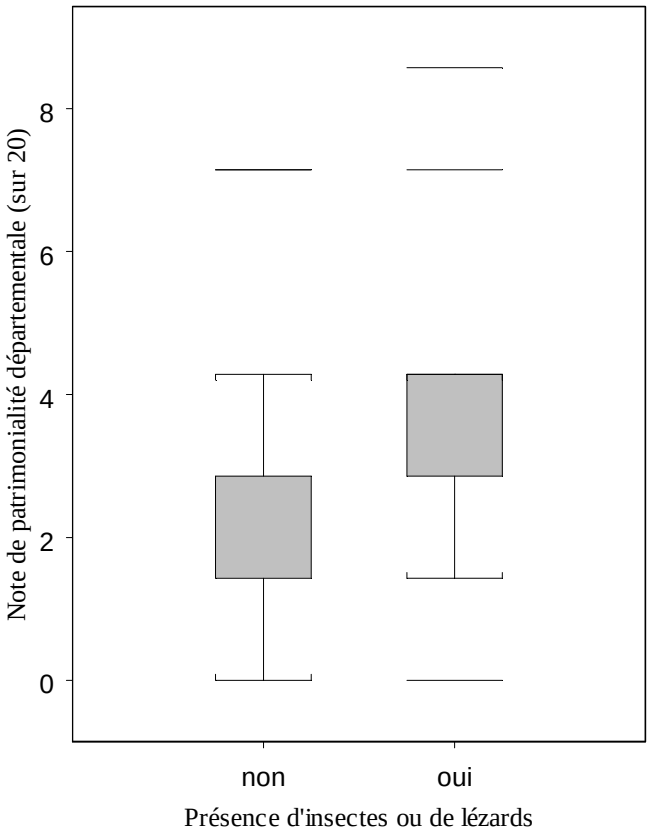
Graphique 11: Diagramme en boîte à moustaches du nombre d'espèces caractéristiques *du Violion caninae* en présence ou en l'absence de faune



Graphique 12: Diagramme en boîte à moustaches du pourcentage d'espèces caractéristiques du groupe 1 en présence ou en l'absence de faune

Les espèces du *Thero-Airion* et du *Violion caninae* coloniseraient donc préférentiellement des sols peu souvent mis à nu par des perturbations ce qui est cohérent avec les données bibliographiques qui concernent les conditions stationnelles sur lesquelles ces groupements végétaux se développent.

En revanche, le pâturage n'apparaît pas comme une contrainte pour ces pelouses. En effet, la richesse en espèces caractéristiques est plus forte sur les pelouses pâturées. Le piétinement du sol occasionné par les animaux n'aurait pas un impact aussi négatif que les pressions précédentes et l'abroutissement de la végétation permettrait de garder un milieu assez ouvert. La mise en place d'un pâturage extensif sur les pelouses de ce groupe pourrait donc permettre de les maintenir en place. Enfin, les valeurs floristiques patrimoniales régionale et départementale sont significativement plus fortes, d'après le test U de Wilcoxon-Mann-Whitney pour les relevés où les insectes et les lézards sont présents et creusent des trous et des galeries dans le sable (graphique 11).



Graphique 13: Diagramme en boîte à moustaches de la note de patrimonialité départementale du groupe 1 en présence ou en l'absence de lézards ou d'insectes

Les relevés effectués sur le terrain ne permettent pas de conclure quant à l'effet du fauchage sur ces pelouses puisque seulement 3 relevés sont concernés par cette pratique.

- **Pressions physiques exercées sur les pelouses du groupe 2**

Ce groupe étant représenté uniquement par deux relevés, aucune conclusion générale quant aux menaces et au mode de gestion de ce type de pelouses ne peut être tirée des données inventoriées sur le terrain. Cependant, il est intéressant de noter que ces deux relevés se situent sur des sites où des véhicules roulent occasionnellement. Ces perturbations du sol ne sembleraient pas être un obstacle au maintien de ces pelouses. Afin de pouvoir confirmer cette hypothèse voire conclure au fait que ces perturbations favorisent la colonisation de ces milieux par des espèces de ce groupement, il serait nécessaire d'avoir un jeu de données plus grand. Si cela se confirme, l'étrépage (technique visant à décaisser et exporter le sol sur 10 à 20 cm sur une surface restreinte), le maintien de population de lapins ou leur réintroduction pourraient être utilisés pour maintenir ces pelouses.

- **Pressions physiques exercées sur les pelouses du groupe 3**

La présence de traces de perturbations du sol n'a pas d'effet sur le degré de typicité des relevés de ces pelouses d'un point de vue statistique. Cependant, même si le pourcentage moyen d'espèces indicatrices du groupe 3 se situe autour de 45 % avec ou sans perturbation du sol, les pelouses possédant soient des sables mobiles, soient des grattis de lapins ou des taupinières, ont une proportion d'espèces indicatrices beaucoup moins variable et plus centrée autour de 45 % que les pelouses n'étant pas soumises à ces pressions. La perturbation régulière du sol pourrait ainsi favoriser le maintien de ces pelouses. Le maintien des populations de lapins ou la réintroduction de lapin de garenne (Fédération départementale des chasseurs de la Lozère, 2006) pourraient être utilisée comme moyen d'éviter la stabilisation du sable.

Le fauchage quant à lui semble limiter la fermeture du milieu puisque les deux relevés étant soumis à cette pression ont un recouvrement beaucoup plus faible et une proportion d'espèces caractéristiques assez élevée. Cette technique de maintien du milieu pourrait ainsi être utilisée là où les populations de lapins ne peuvent pas s'implanter (notamment au bord des routes).

- **Pressions physiques exercées sur les pelouses du groupe 4**

La présence de seulement deux relevés dans ce groupe rend difficile l'analyse de l'impact des pressions physiques exercées sur ce milieu. De plus, la comparaison avec les relevés du groupe 5, moins caractéristique de *l'Armerienion elongatae*, ne permet pas de faire ressortir de différences entre ces deux groupes vis-à-vis des pressions physiques. Cependant, le fauchage, pratiqué sur les deux sites, semble permettre de maintenir ces pelouses en bon état mais une analyse sur un plus grand nombre de relevés est nécessaire pour confirmer cette tendance.

3.3.2.3. Les pressions chimiques

L'analyse des trois de sources de pressions chimiques (proximité de la route, des cultures et l'anthropisation du milieu) n'a pas permis de mettre en évidence de réel impact de ces facteurs sur les indicateurs d'état des pelouses sableuses et ce quel que soit le groupe de relevés.

3.3.2.4. Les outils d'aide à la mise en place de technique de gestion

À la vue des résultats des analyses présentés dans les paragraphes 3.3.2.1., 3.3.2.2. et 3.2.2.3, le tableau 11 répertorie certaines techniques de gestion pouvant être utilisées pour le maintien des différents types de pelouse.

groupe	pâturage	fauchage	réintroduction de lapins ou maintien des populations présentes	étrépage
1	intéressant	-	-	-
2	-	-	intéressant	intéressant
3	-	intéressant	intéressant	intéressant
4	-	intéressant	-	-

Tableau 12: Techniques de gestion des pelouses sableuses par groupe de relevés

L'application de différentes techniques proposées n'est pas envisageable sur toutes les pelouses. Elle doit en priorité se faire sur les pelouses à forte valeur patrimoniale, typiques de leur groupe. D'autre part, un inventaire exhaustif des pelouses sableuses pourrait permettre d'évaluer la quantité de chaque groupe de pelouse et ainsi de définir certains groupes prioritaires car plus rares.

- **Les ZNIEFF, un argument en faveur de la mise en place de mesures de gestion**

L'application des différentes mesures de gestion peut être facilitée pour les pelouses se situant dans des ZNIEFF. En effet, ces pelouses, souvent de petite surface, s'inscrivent ainsi dans un territoire plus vaste et particulièrement intéressant sur le plan écologique ou constituant le milieu de vie d'espèces animales et végétales rares, caractéristiques du patrimoine naturel régional.

- **Gestion patrimoniale des bords de route**

La gestion des pelouses des groupes 3 et 4 par fauchage pourrait notamment être

envisagée pour certaines pelouses situées en bord de route. En effet, dans le cadre de l'inventaire ces pelouses représentent plus de 50 % des relevés de ces deux groupes et aucun effet négatif de la proximité d'une route sur les indicateurs d'état de conservation floristique n'a été mis en évidence. Les bords de route étant des milieux accessibles, la mise en place d'une gestion patrimoniale pourrait intéresser les collectivités. Il faudrait cependant veiller à ce que le fauchage ne soit pas trop précoce. La seule gestion de pelouses situées en bord de route doit s'accompagner de la prise de précautions lors des travaux de remaniement de talus de bord de route lors de la réfection de la route au risque de voir disparaître ces milieux.

- **Les mesures agri-environnementales**

La mise en place de ces mesures agri-environnementales pourrait être envisagée pour la gestion extensives de quelques pelouses bien particulières par le pâturage.

- **Mise en place d'un plan de réimplantation de lapins**

La réintroduction de lapins peut s'envisager dans le cadre de l'amélioration de la gestion des espèces de petit gibier sédentaire, une des orientations régionales de gestion et de conservation de la faune sauvage et de ses habitats (Délégation régionale de l'office national de la chasse et de la faune sauvage et direction régionale de l'environnement des Pays de la Loire, 2005). Différents exemples de réintroduction existent. Ainsi, dans le cadre de cette orientation, un plan de réimplantation de lapins de garenne en Loire-Atlantique a été réalisé.

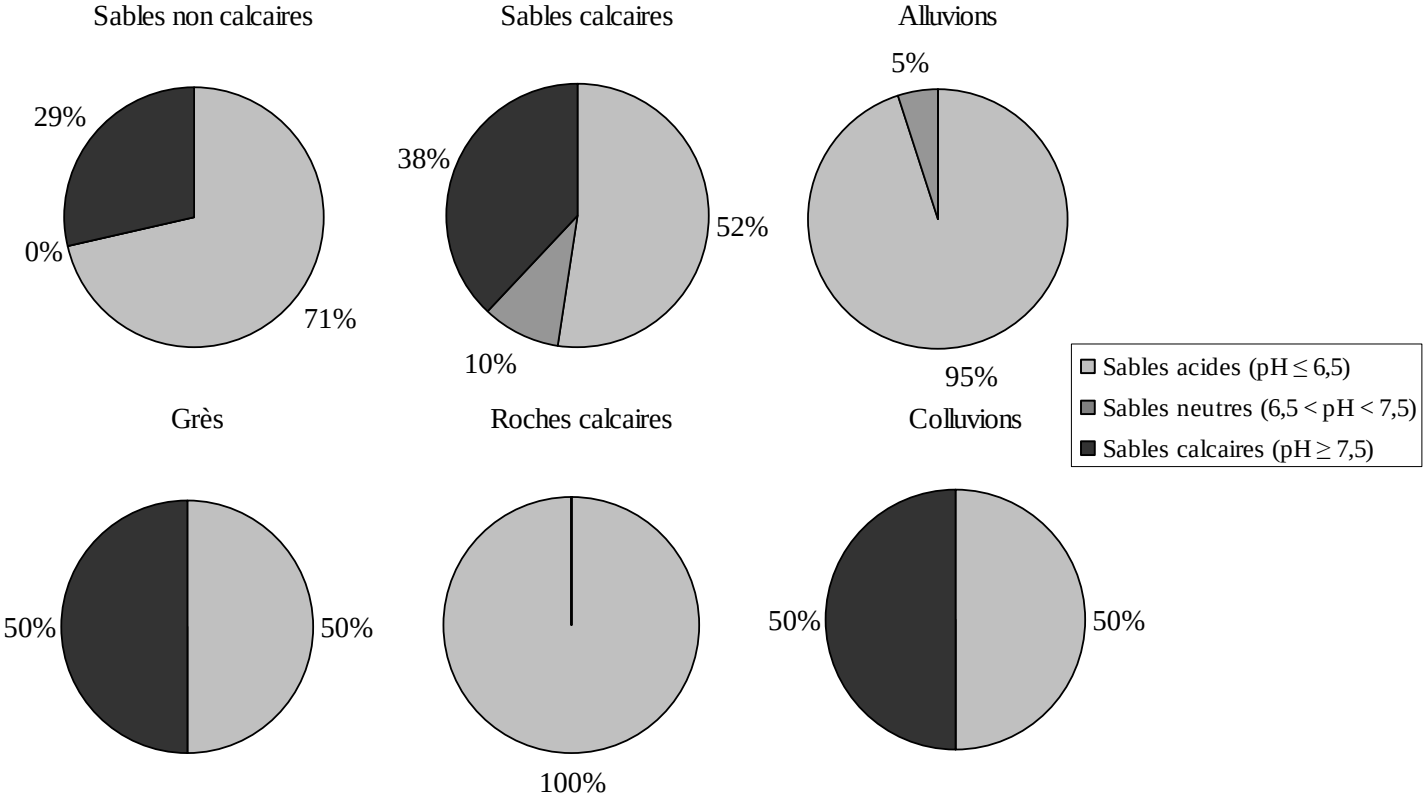
4. Analyse critique du travail

4.1. Critiques et propositions d'amélioration de la méthodologie

4.1.1. La méthode de sélection des polygones de la base Flora

La sélection des zones à prospecter par le biais de la base Flora était nécessaire puisqu'aucune donnée de localisation des pelouses sableuses présentes en Sarthe n'était répertoriée. Cependant cet outil s'est révélé peu fiable puisque plus de 70 % des polygones sélectionnés n'ont pas pu faire l'objet d'un relevé d'habitat de pelouse sableuse.

La première explication se trouve dans le mode de sélection des espèces de pelouses sableuses. En effet, la liste d'espèces a été établie à partir des taxons caractéristiques des groupements végétaux qui étaient susceptibles de coloniser ces pelouses. Or, la plupart de ces groupements ne se développent pas uniquement sur des sols sableux. Pour tenter de résoudre ce problème, deux relevés de pelouses non sableuses mais ayant des communautés végétales proches de celles rencontrées sur les pelouses sableuses ont été inclus dans l'étude (relevés du Massif armoricain). Les deux relevés appartiennent au groupe des pelouses du *Thero-Airion* en mosaïque avec du *Violion caninae*. Cependant, la comparaison de la composition floristique de ces deux relevés avec celles des autres relevés de ce groupe ne révèle aucune différence. Les groupements végétaux des pelouses sableuses colonisant des sols souvent superficiels, la meilleure solution pour pallier ce problème serait donc d'avoir à disposition une carte pédologique de la Sarthe à grande échelle qui fournirait à la fois la structure du sol (sable) mais également sa nature chimique (acide ou calcaire). La carte géologique au 1/50 000, plus simple d'accès, peut se révéler insuffisante à certains endroits pour ce qui est de la structure du sol. Ainsi, certaines pelouses ont été inventoriées sur une roche mère gréseuse. Le risque d'omettre certains types de pelouses sableuses en utilisant la carte géologique est donc plus élevé. D'autre part, il est encore plus difficile de déterminer la nature chimique du sable à partir de cette carte comme l'illustre le graphique 12.



Graphique 14: Répartition de la nature chimique des sables (déterminée par la mesure du pH) en fonction de la roche mère de la carte géologique au 1/50 000

D’autre part, les pelouses sableuses ont souvent une surface restreinte (en moyenne 0,2 ha), leur repérage sur des photographies aériennes n’est donc pas envisageable et ce d’autant plus que les polygones de la base Flora regroupent souvent plusieurs habitats, parfois très différents et sur des surfaces très variables.

Une autre tentative a été d’appliquer la méthode de sélection des polygones de la base Flora présentée dans le paragraphe 2.2.1.2. en se servant de la nouvelle liste d’espèces caractéristiques (annexe 8) conçue d’après les relevés de terrain. Cependant, les résultats ne sont pas concluants puisque la proportion de polygones sélectionnés par erreur reste inchangée. D’autres tests ont été effectués en augmentant la valeur seuil du nombre d’espèces de pelouses dans un relevé afin d’être plus restrictif. Ceci permet bien de diminuer le nombre de polygones sélectionnés par erreur mais cela augmente aussi le nombre de polygones non sélectionnés alors qu’ils contiennent une pelouse sableuse. D’autres méthodes, plutôt basées sur les proportions d’espèces indicatrices dans chaque groupe d’espèce ne se sont pas révélées plus probantes. La solution la plus efficace serait donc bien de disposer d’information sur la texture du sol à l’échelle du département. À ce sujet, dans le cadre du programme d’inventaire, gestion et conservation des sols mené par le Groupement d’intérêt scientifique Sol (GIS Sol, 2011), une carte pédologique au 1/250 000 sera prochainement disponible sous forme informatisée (l’ensemble des relevés de terrain étaient finis fin 2010 et l’informatisation des données est en cours).

Concernant la classification des polygones en type calcaire ou en type acide, la méthode s’est révélée être relativement cohérente avec les données relevées sur le terrain puisque le taux d’erreur est seulement de 7 %.

4.1.2. Le protocole d’échantillonnage

Les classes du protocole d’échantillonnage (nord-sud, vallée, massif géologique) ne semblent pas permettre de séparer les différents types d’habitat de pelouses sableuses. Cependant la quantité de relevés par groupement végétal étant faible (seulement deux relevés pour deux groupements), ce constat ne peut pas être validé statistiquement.

4.1.3. Les relevés de terrain

Les relevés ont été effectués au cours d’un printemps particulièrement chaud et sec. En effet, la Sarthe a connu un des mois d’avril les plus chauds depuis 1946 avec des températures largement au-dessus des normales de saison (de plus de 2 °C ou 3 °C pour les minimales et de plus de 6 °C pour les maximales). Les températures du mois de mai ont, elles aussi, dépassé les normales saisonnières avec des températures maximales élevées, avec 3 °C à 4 °C de plus qu’habituellement. Ces fortes chaleurs se sont accompagnées d’un déficit de précipitations qui a atteint 75 % à 90 % de la normale (Météo-France, 2011). Ces conditions climatiques ont rendu les conditions stationnelles des pelouses sableuses encore plus contraignantes ce qui a pu entraîner l’absence de certaines espèces rendant le travail de détermination des habitats plus difficile.

D’autre part, la période de terrain s’étalant de fin mars à début juin, l’état d’avancement de la végétation, notamment des espèces annuelles, a été très varié entre le premier et le dernier relevé. Pour pallier ce problème un deuxième passage a été effectué sur les premiers relevés afin de compléter la liste des espèces du relevé par les taxons plus tardifs. En revanche, du fait des conditions climatiques, certaines espèces ont rapidement fané ; il est donc possible que certaines espèces n’aient pas été inventoriées.

Ces deux constatations amènent à préconiser un enrichissement de cet inventaire par d’autres relevés à effectuer durant un printemps moins exceptionnel.

Le type de sol a une influence importante sur la végétation qui le colonise. Une analyse pédologique plus poussée aurait peut-être permis d’apporter des informations supplémentaires. Ainsi, l’un des objectifs au départ de l’étude était de retourner sur le terrain après la phase d’analyse des relevés afin d’effectuer trois relevés pédologiques par groupe (un sur un relevé très caractéristique du groupement, un sur un relevé intermédiaire et un sur un relevé pauvre).

L'épaisseur de la couche de sable et la nature chimique du sol en profondeur auraient ainsi pu être notées. Cependant, le manque de temps et l'absence de matériel n'ont pas permis d'effectuer cette analyse.

4.1.4. Méthode d'analyse des relevés

Au départ, il était prévu d'effectuer la classification phytosociologique des relevés par une méthode statistique (ordination des relevés suivie d'une classification ascendante hiérarchique). Cependant, les essais de classification par cette méthode n'ont pas été concluants notamment du fait de la faible taille du jeu de données et de la forte présence d'espèces peu fréquentes mais très caractéristiques de certains groupements végétaux. Ainsi, les groupes de relevés qui ressortaient à l'issue de la classification hiérarchique ascendante n'avaient aucun sens d'un point de vue phytosociologique. La réalisation d'un plus grand nombre de relevés pourrait donc permettre d'appliquer cette méthode mais aussi d'obtenir une caractérisation phytosociologique plus fine (définition d'associations végétales).

D'autre part, une partie de l'analyse bibliographique a consisté à répertorier les études phytosociologiques existantes sur les groupements végétaux susceptibles d'être présents sur les pelouses sableuses sarthoises. Une grande partie des relevés phytosociologiques de ces études ont ainsi été rentrés sur une base de données dans le but de les comparer avec les relevés de terrain. Le but était de projeter les relevés de la bibliographie dans le plan factoriel issus de l'ordination des relevés de terrain. Cependant, la liste d'espèces des relevés bibliographiques étant très différentes de celles des relevés réalisés dans cette étude, cette analyse n'a pas pu être utilisée (les relevés de la bibliographie correspondant à différents groupements végétaux se retrouvaient tous au même endroit dans le plan factoriel). Cette base de données a donc essentiellement servi à aider au rattachement de groupes d'espèces végétales à un groupement végétal.

4.2. Perspectives

Le travail présenté dans ce rapport pourra servir de base à de futures études. Ainsi, la mise en évidence des groupements végétaux et leur caractérisation pourra aider à la détermination des habitats dans le cadre de diverses études.

En connaissant la répartition, ainsi que les surfaces concernées par chacun des habitats, leur état de conservation pourra être évalué afin d'établir un ordre de priorité dans la mise en place de mesures de gestion.

D'autre part, le printemps 2011 ayant été très sec et chaud, il serait intéressant d'effectuer, pour chaque station, un nouveau relevé. Ce travail pourrait également servir dans le cadre d'une étude sur l'impact des changements climatiques sur les pelouses sableuses.

Conclusion

Les principaux objectifs de ce stage étaient la caractérisation de la diversité des groupements végétaux de pelouses sableuses, la mise en évidence de certains déterminants environnementaux sur leur répartition et l'étude de leur état de conservation. Ce travail a permis d'avoir une première approche sur ces habitats et de définir les grands types de pelouses sableuses en vue d'un inventaire complémentaire qui visera à décrire des sous-groupes (associations végétales) appartenant aux groupes de pelouses sableuses définis dans cette étude. Dans ce cadre, des fiches de description de chaque habitat ainsi que la mise en évidence de critères de distinction entre les groupes ont été réalisées dans le souci de faciliter la détermination des habitats lors des prochains inventaires.

L'inventaire de la diversité des pelouses sableuses de la Sarthe a mis en évidence l'existence de quatre types de pelouses : les pelouses du *Thero-Airion* en mosaïque avec du *Violion caninae* ; les pelouses du *Corynephorion canescentis* ; les pelouses du *Sileno conicae-Cerastion semidecandri* et les pelouses de *l'Armerienion elongatae*. Elles sont toutes de taille généralement réduite et sont souvent localisées sur des alluvions. Ces milieux se sont révélés être riches en espèces aux affinités thermoatlantique et méditerranéenne. Les pelouses des sables acides sont légèrement plus représentées (56 % des pelouses) dans cet inventaire que celles des sables calcaires. Ce sont plus particulièrement les pelouses des sables acides mobiles et des sables calcaires stabilisés qui sont les plus rares, telles les pelouses à Corynéphore blanchâtre (*Corynephorion canescentis*) et celle à Armoise champêtre (*Armerienion elongatae*). Cependant, compte tenu de la quantité de relevés effectués au cours de cet inventaire, il est nécessaire de le compléter par d'autres relevés afin d'avoir un jeu de données plus conséquent. Ceci faciliterait le travail d'interprétation des données et permettrait également de confirmer si les observations faites quant à la quantité de chaque type de pelouses, reflètent toute la réalité ou s'il s'agit uniquement d'un sous-inventaire de certains groupes de pelouses sableuses.

Les pelouses sablo-calcaires renferment une valeur patrimoniale floristique plus importante que celles des sables acides. Même si ces milieux sont riches et peu fréquents, ils sont souvent soumis à des pressions négatives dont l'impact à court ou long terme est encore souvent mal connu. La menace la plus importante est la reprise de la dynamique végétale suite à l'abandon du pastoralisme et au déclin des populations de lapins. Les plantes envahissantes, quant à elles, ne semblent pas encore être une menace forte sur ces écosystèmes. Enfin, aucune menace chimique de la part de l'agriculture ou de l'urbanisme n'a été mise en évidence ; cependant ces activités humaines grignotent petit à petit ces surfaces. La mise en place de placettes permanentes sur les pelouses les plus caractéristiques (floristiquement et écologiquement) permettrait de mieux comprendre leur dynamique et d'adapter au mieux les techniques de gestion aux différents groupes de pelouses. En effet, la mise en place d'une stratégie de conservation de ces milieux semble pertinente et importante, les pelouses sèches (dont les pelouses sableuses) ayant notamment fait l'objet d'un programme Life Nature « Protection des pelouses sèches relictuelles de France ». Cette stratégie se fondrait sur la hiérarchisation des sites à protéger (en fonction de leur richesse floristique, de leur taille, de leur rareté) et des menaces à contrecarrer, ainsi que sur les moyens à mettre en place pour maintenir ces pelouses sableuses.

Bibliographie

Bardat J., Bioret F., Botineau M., Boullet V., Delpech R., Géhu J.-M., Haury J., Lacoste A., Rameau J.-C., Royer J.-M., Roux G. et Touffet J. 2004 — *Prodrome des végétations de France* — Paris : Muséum national d'Histoire naturelle — 171 p. (collection Patrimoines naturels, vol. 61).

Bensettiti (Farid). 2005 — *Cahier d'habitats Natura 2000 : habitats agropastoraux*. — Paris : Muséum national d'Histoire naturelle, la documentation française — Tome 4, 445 p. (vol. 1) et 487 p. (vol. 2).

Beyschlag (Wolfram) et Jentsch (Anke). 2003 — Vegetation ecology of dry acidic grasslands in the lowland area of central europe — *Flora*, **198** (1): 3-25.

Bissardon (Myriam) et Guibal (Lucas). 1997 — *Nomenclature Corine Biotope – types d'habitats français*. — Nancy : Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts. — 217 p.

Bournérias (Marcel), Arnal (Gérard) et Bock (Christian). 2001 — *Guide des groupements végétaux de la région parisienne* — Belin — 640 p.

Bouxin (Guy). 2008a — *Analyse statistique des données de végétation : Les techniques d'analyse factorielle et d'ordination*. — consulté en avril 2011, http://users.skynet.be/Bouxin.Guy/ASDV/Ordinationtechniques.pdf

Bouxin (Guy). 2008b — *Analyse statistique des données de végétation : Recommandations générales*. — consulté en avril 2011, http://users.skynet.be/Bouxin.Guy/ASDV/Ordinationtechniques.pdf

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec et ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. 2003 — *Détermination du pH à l'eau dans les sols agricoles, MA. 1010 – pH 1.0*, — Québec : ministère de l'Environnement du Québec — 8 p.

Chessel D., Dufour A.B. et Thioulouse J. 2004 — The ade4 package-I- One-table methods. — *R News*. 4: 5-10.

Commission suisse pour la conservation des plantes sauvages. 2009 — *Plantes exotiques envahissantes: une menace pour la nature, la santé et l'économie : Robinier faux-acacia* — Fiche 3p. (accessible sur http://www.cps-skew.ch/plantes_exotiques_envahissantes/fiches.html)

De Caceres (Miquel) et Legendre (Pierre). 2009 — *Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference*. — Ecology, **90** (12): 3566-3574 — accessible sur: http://sites.google.com/site/miqueldecaceres/.

Délégation régionale de l'office national de la chasse et de la faune sauvage et la direction régionale de l'environnement des Pays de la Loire. 2005 — *Orientations régionales de gestion et de conservation de la faune sauvage et de ses habitats* — Gestion des milieux naturels et biodiversité, 76 p.

Delpech R., 2006. *La phytosociologie* — http://www.tela-botanica.org /page:PhytoDelpech Methode, 14h02 - 01 septembre 2006

Dray S., Dufour A.B. 2007 — The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. — *Journal of Statistical Software*. **22** (4): 1-20.

Dray S., Dufour A.B. et Chessel D. 2007 — The ade4 package-II: Two-table and K-table methods. — *R News*. **7** (2): 47-52.

Dufour (Jeanne). 1981 — *Agriculture et agriculteurs dans les campagnes mancelles : le devenir des régions agricoles* — Neuville : Université Paris I — 596 p. (Thèse de doctorat).

Dufrêne (Marc), Legendre (Pierre). 1997 — Species asssemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach — *Ecological Monographs*, **67** (3): 345-366.

Ellenberg (Heinz), Weber (Heinrich E.), Düll (Ruprecht), Wirth (Volkmar) et Werner (Willy). 1992 — *Zeigerwerte von pflanzen in Mitteleuropa* —Scripta Geobotanica, 18, 258 p.

Espaces Naturels de France. 2002 — Les pelouses sèches relictuelles de France : proposition pour une stratégie de conservation, diagnostic et éléments de propositions. — *Le journal des pelouses, bulletin d'information du programme Life*.

Fédération départementale des chasseurs de la Lozère. 2006 — *Réintroduire le lapin de garenne.* — 9 p. (accessible sur http://www.chasseurdelozere.com/lapin/REINTRODUIRE LE LAPIN DE GARENNE.pdf)

Foucault (Bruno, de). 1986 — *Petit manuel d'initiation à la phytosociologie sigmatiste* — Amiens : Société Linnéenne du Nord de la France. Lille : Faculté de pharmacie, laboratoire de botanique — 51 p. (Mémoire)

Gallanda J.-D., Gillet F., Havlicek E. et Perrenoud A.. 1995 — *Typologie et systémique phyto-écologiques des pâturages boisés du Jura suisse.* — Laboratoire d'écologie végétale, Université de Neuchâtel. — Rapport (3 volumes, 4 annexes, 1 CD-ROM). Vol. I, 466 p.

Giasson (Philippe) et Jaouich (Alfred). 2008 — *Les propriétés chimiques du sol.* — http://hydrohane.com/Documents/Chap_3_Proprietes_chimiques_des_sols.pdf — mars 2011

Gillet (François). 2000 — *La phytosociologie synusiale intégrée : guide méthodologique* — Laboratoire d'écologie végétale, Université de Neuchâtel. — Document 1, 4e édition, 68 p.

Groupement d'intérêt scientifique Sol. — *Etat d'avancement du Référentiel Régional Pédologique* — mars 2011 — http://www.gissol.fr/programme/igcs/etat_av_rrp.php

Hunault (Gérard) et Moret (Jacques). 2003 — *Atlas des plantes protégées de la Sarthe* — Paris : Patrimoines Naturels, n°56, 363p.

Hunault (Gérard) et Moret (Jacques). 2009 — *Atlas de la flore sauvage du département de la Sarthe* — Mèze : Biotope — 640 p. (Collection Parthénope).

Julve (Philippe). 1998 — *Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France.* — 22 mars 2011 — http://philippe.julve.pagesperso-orange.fr/catminat.htm

Lacroix (Pascal). 2008 — *Landes et pelouses sèches* — Conservatoire botanique national de Brest, Rapport, 65 p.

Lacroix (Pascal), Brindejonc (Olivier), Geslin (Julien), Guitton (Hermann), Hunault (Gérard), Le Bail (Jean), Poncet (Laurent) et Thomassin (Guillaume). 2008 — *Liste rouge régionale des plantes vasculaires rares et/ou menacées en Pays de la Loire.* — Conservatoire botanique national de Brest et Conservatoire botanique national du Bassin parisien. — Rapport, 87 p.

Lacroix (Pascal), Le Bail (Jean), Dortel (Fabien), Geslin (Julien), Hunault (Gérard) et Vallet (Jeanne). 2010 *Liste des plantes vasculaires invasives, potentiellement invasives et à surveiller en région Pays de la Loire* — Conservatoire botanique national de Brest et Conservatoire botanique national du Bassin parisien. — version 2 (mise à jour 2010), Rapport, 63 p.

Lemée (Georges). 1937 — *Recherches écologiques sur la végétation du Perche.* — Paris : Faculté des sciences. — 388 p. (Thèse de doctorat).

Loiseau (Jean-Edme) et Felzines (Jean-Claude). 2009 — *Les groupements du* Koelerio-Phleion *des alluvions de l'Allier et de la Loire (Auvergne, Bourgogne, Centre ; France)*

Loiseau (Jean-Edme) et Felzines (Jean-Claude). 2004 — *Groupements thérophytiques printaniers acidiphiles médio ligérien. Contribution à la structuration de l'alliance* Thero-Airion *et de l'ordre des* Helianthemetalia guttati *(classe des* Tuberarietea*)*

Loiseau (Jean-Edme) et Felzines (Jean-Claude). 2007 — *Les groupements des pelouses à Corynephorus canescens des vallées de l'Allier et du cours moyen de la Loire (Auvergne, Bourgogne, Centre ; France). Nouvelle composition des* Corynephoretalia canescentis

Meddour (Rachid). 2010 — *Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie : exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie djurdjuréenne.* — Tizi Ouzou : Université Mouloud Mammeri, Faculté des sciences biologiques et agronomiques. — 461 p. (Thèse de doctorat)

Météo-France, Centre départemental de la Sarthe. 2011 — *Bulletin climatologique mensuel, Sarthe, avril 2011* — Le Mans, n°72, 4 p.

Météo-France, Centre départemental de la Sarthe. 2011 — *Bulletin climatologique mensuel, Sarthe, mai 2011* — Le Mans, n°73, 4 p.

Ministère de l'Écologie et du Développement durable (France). 2004 — *Décret n° 2004-696 du 8 juillet 2004 modifiant le code de l'environnement (deuxième partie : Réglementaire) et relatif aux conservatoires botaniques nationaux* — Journal officiel, n°163 du 16 juillet 2004.

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (France). 2010 — *Arrêté du 17 mai 2010 relatif au renouvellement de l'agrément du conservatoire botanique du Bassin parisien en tant que Conservatoire botanique national.* — Journal officiel, n° 0154 du 6 juillet 2010, page 12244.

Ministère de l'Écologie et du Développement durable — *Le réseau Natura 2000, Pays de la Loire : Sarthe* — 3 mars 2011 — http://natura2000.environnement.gouv.fr/regions/departements/DEPFR514.html

Organisation pour la coopération et le développement économiques. 1993 — Corps central d'indicateurs de l'OCDE pour les examens des performances environnementales. — *Monographie environmentale,* n°83.

Oksanen (Jari), Blanchet (F. Guillaume), Kindt (Roeland), Legendre (Pierre), O'Hara (R. B.), Simpson (Gavin L.), Solymos (Peter), Henry (M.), Stevens (H.) et Wagner (Helene). 2011 — *The Vegan package (version 1.17-11) : Community Ecology Package*. — Accessible sur : http://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html.

Rambaud (Maëlle). 2010 — *Rareté des espèces végétales (Rapport de synthèse)* — Paris : Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien, Muséum National d'Histoire Naturelle. — 37 p.

R Development Core Team. 2011 — *R: A language and environment for statistical computing* — Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing — ISBN 3-900051-07-0, http://www.R-project.org/.

R Development Core Team and contributors worldwide. 2011— *The R Stats Package (version 2.12.2)*. — Accessible sur: http://127.0.0.1:18562/library/stats/html/00Index.html.

Sirot (Benjamin). 2008 — *Guide des « habitats déterminants ZNIEFF » de la région Centre*. — Orléans : DIREN Centre. — 94 p.

Wattez (Jean-Roger). 1985 — Etudes phytosociologiques dans la forêt domaniale de Sillé-le-Guillaume et le Massif des Coëvrons — *Documents phytosociologiques*, (9) : p. 221-300.

Liste des contacts

Patrice Brahic
DDTM – Pépinière de l’état
90, chemin de la Pioline
13546 AIX-EN-PROVENCE Cedex 04
04 42 59 03 46
06 24 94 70 25
patrice.brahic@agriculture.gouv.fr

Fréderic Hendoux, directeur du Conservatoire botanique national du Bassin parisien
Muséum national d'Histoire naturelle
USM 304
"Inventaire et suivi de la biodiversité"
61, rue Buffon
75005 Paris
Tél. : 01.40.79.35.54
hendoux@mnhn.fr

Jeanne Vallet, responsable de la délégation Sarthe du Conservatoire botanique national du Bassin parisien
CBNBP Délégation Sarthe
Maison de l'eau
43 rue de l'Estérel
72000 Le Mans
jvallet@mnhn.fr

Tables des annexes

Annexe 1 : Liste des espèces sélectionnées pour l’extraction des polygones de la base Flora

Annexe 2 : Fiches de relevé de terrain

Annexe 3 : Liste des espèces triées par type biologique

Annexe 4 : Listes des espèces triées par habitat optimal

Annexe 5 : Tableau phytosociologique

Annexe 6 : Fiches habitats

Annexe 7 : Liste des espèces patrimoniales

Annexe 8 : Liste des espèces indicatrices des groupes de relevés

Annexe 9 : Tableau récapitulatif des résultats des tests statistiques effectués

Annexe 1 : Liste des espèces sélectionnées pour l’extraction des polygones de la base Flora

Espèces	calcaire type 1*	calcaire type 2*	acide type 1*	acide type 2*
Aira caryophyllea L.				X
Aira praecox L.			X	
Allium sphaerocephalon L.	X			
Alyssum alyssoides (L.) L.	X			
Anacamptis morio (L.) Bateman, Pridgeon & Chase		X		
Arabis sagittata (Bertol.) DC.	X			
Armeria arenaria (Pers.) Schult.	X			
Artemisia campestris L.	X			
Asperula cynanchica L.	X			
Bromus tectorum L.	X			
Cerastium glutinosum Fr.	X			
Cerastium semidecandrum L.		X		X
Coincya cheiranthos (Vill.) Greuter & Burdet			X	
Corynephorus canescens (L.) P.Beauv.			X	
Crassula tillaea Lest.-Garl.			X	
Cynodon dactylon (L.) Pers.		X		
Jasione montana L.				X
Koeleria macrantha (Ledeb.) Schult.	X			
Linaria supina (L.) Chaz.		X		
Logfia gallica (L.) Coss. & Germ.			X	
Logfia minima (Sm.) Dumort.			X	
Medicago minima (L.) L.		X		
Mibora minima (L.) Desv.				X
Micropyrum tenellum (L.) Link				X
Ornithopus compressus L.			X	
Ornithopus perpusillus L.				X
Ornithopus pinnatus (Mill.) Druce			X	
Orobanche purpurea Jacq.	X			
Petrorhagia prolifera (L.) P.W.Ball & Heywood	X			
Phleum phleoides (L.) H.Karst.	X			
Potentilla neglecta Baumg.				X
Saxifraga tridactylites L.		X		
Scabiosa columbaria L.	X			
Scleranthus perennis L.			X	
Sedum acre L.		X		
Sedum forsterianum Sm.				X
Sedum rupestre L.				X
Sedum sexangulare L.		X		
Sesamoides purpurascens (L.) G.Lopez			X	
Silene conica L.	X			
Silene otites (L.) Wibel	X			
Spergula morisonii Boreau			X	
Spergula pentandra L.			X	
Teesdalia nudicaulis (L.) R.Br.			X	
Thymus pulegioides L.				X
Trifolium arvense L.		X		X
Trifolium striatum L.			X	
Tuberaria guttata (L.) Fourr.			X	
Vicia lathyroides L.			X	
Vulpia bromoides (L.) Gray			X	
Vulpia membranacea (L.) Dumort.	X			
Lupinus angustifolius L. subsp. reticulatus (Desv.) Arcang.			X	
Minuartia hybrida (Vill.) Schischk. subsp. hybrida	X			
Minuartia hybrida (Vill.) Schischk. subsp. tenuifolia (L.) KerguÚlen	X			

*type 1: espèces présentes surtout sur des pelouses sableuses et parfois sur un autre type de milieu

*type 2: espèces présentes sur pelouses sableuses en générale mais pouvant se situer sur plus d'un autre type de milieu

Annexe 2 : Fiches de relevé de terrain

Juin - 2008

BORDEREAU D'INVENTAIRE HABITATS

Conservatoire botanique national du Bassin parisien
Muséum national d'Histoire naturelle
61, rue Buffon - 75005 PARIS –
Tél. 01 40 79 35 54 - Fax 01 40 79 35 53 –
Mail cbnbp@mnhn.fr

☐ **Saisi**

☐ **Cartographié**

Commanditaire(s) **aucun** ☐

.....

IDENTIFIANTS

Observateur (s) : .....

Organisme : .....

Date observation (j/m/a) : ...../...../..... **N° personnel station :**.....

LOCALISATION

Commune(s) : ..... **Dépt. :** .....

Lieu-dit : .....

INFORMATIONS SUR L'OBSERVATION

Nature de l'observation

- ☐ Relevé phytosociologique
- ☐ Autres relevés floristiques
- ☐ Interprétation in situ
- ☐ Interprétation à distance
- ☐ Supports d'interprétation : Ph Sc Ge

Cliché habitat ☐ **Échelle :** ☐ 5000 ☐ 10 000 ☐ autres

Causes d'inaccessibilité

- ☐ Propriété privée (murs, grillage…)
- ☐ Refus du propriétaire
- ☐ Causes naturelles (eau, fourrés denses…)
- ☐ Autres

EXPOSITION ET ALTITUDE

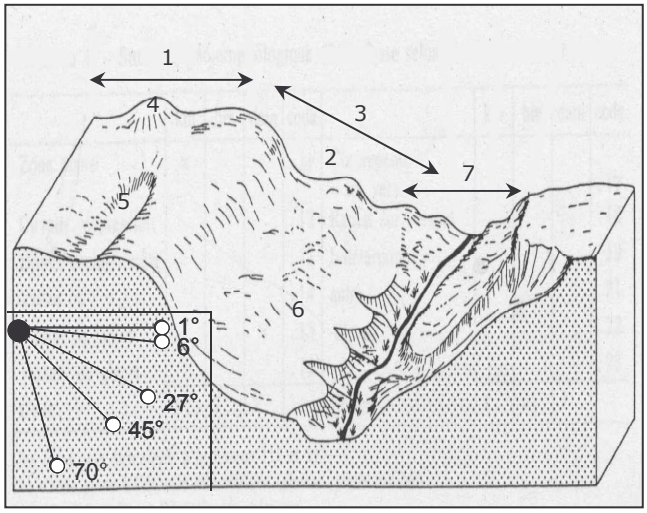
- ☐ Nord ☐ Sud
- ☐ Nord-Est ☐ Sud-Ouest
- ☐ Est ☐ Ouest
- ☐ Sud-Est ☐ Nord-Ouest
- ☐ pas d'exposition dominante

Altitude : ..... **m**

GÉOMORPHOLOGIE ET TOPOGRAPHIE *(travailler par échelle emboîtée)*

	hm	dm	*Profil*
1-Terrain plat, sur plateau, en plaine	☐	☐	
2-Replat du versant	☐	☐	☐ ⌒
3-Versant			
-Haut de versant	☐	☐	
-Milieu de versant	☐	☐	☐ ∪
-Bas de versant	☐	☐	
4-Butte, crête	☐	☐	☐ /
5-Cuvette	☐	☐	
6-Vallon	☐	☐	
7-Vallée	☐	☐	

Pente (échelle dm) ☐ <1° ☐ 1 à 6° ☐ 6 à 27° ☐ 27 à 45° ☐ 45 à 70° ☐ >70 ☐ autres



GRANDS TYPES DE MILIEUX ARTIFICIELS *(échelles hectométriques et décamétriques seulement)*

hm	dm		hm	dm	
☐	☐	1-Haie, alignement d'arbres	☐	☐	11-Fossé
☐	☐	2-Plantation d'arbres	☐	☐	12-Bassin artificiel
☐	☐	3-Culture	☐	☐	13-Mur, pont, bâti
☐	☐	4-Verger, vignoble	☐	☐	14-Trottoir, surface pavée
☐	☐	5-Carrière	☐	☐	15-Talus artificiel, digue
☐	☐	6-Voie ferrée	☐	☐	16-Chemin (hors forestier)
☐	☐	7-Parc, jardin, pelouse artificielle	☐	☐	17-Layon forestier
☐	☐	8-Cimetière	☐	☐	18-Bord de chemin
☐	☐	9-Terrain rudéral	☐	☐	19-Bord de route
☐	☐	10-Canal	☐	☐	autres

UNITÉ DE VÉGÉTATION

☐ Simple ☐ Mosaïque topographique ☐ Mosaïque dynamique ☐ Autres types Nbr d'habitats :

COMMENTAIRES STATION

.....

.....

.....

.....

.....

N° personnel station : MS-11/0 / -

Croquis du site *(orientation et échelle à noter)*

TYPOLOGIE

n° de l'habitat et % (si mosaïque)	Syntaxon	Code(s) CORINE biotopes
☐ %=.....	..... et/ou	… … . … … … … … …
		x … … . … … … … … …
Validation ☐ niveau 1 ☐ niveau 2 ☐ niveau 3		x … … . … … … … … …

PÉDOLOGIE / GÉOLOGIE *(Les champs en italiques sont facultatifs)*

Type de roche mère (d'après la carte géologique)

Lecture carte géologique 1 : 50 000 du BRGM : .....

Autre, si observations de terrain différentes : .....

Texture superficielle

☐ Argileuse ☐ Argilo-limoneuse ☐ Argilo-sableuse ☐ Argilo-limono-sableuse ☐ Argilo-graveleuse

☐ Limoneuse ☐ Limono-sableuse ☐ Limono-graveleuse ☐ Graveleuse ☐ Tourbeuse

☐ Sableuse ☐ Sablo-graveleuse ☐ Caillouteuse ☐ Gravelo-caillouteuse ☐ Blocs

☐ Vaseuse

pH ☐ <4 ☐ 4 ☐ 4,5 ☐ 5 ☐ 5,5 ☐ 6

☐ 6,5 ☐ 7 ☐ 7,5 ☐ 8 ☐ >8 ☐ autres

ÉTAT DE CONSERVATION

Etat observé

Typicité cortège	Intégrité structure	Etat de conservation
☐ bonne	☐ bonne	☐ bon
☐ moyenne	☐ moyenne	☐ moyen
☐ mauvaise	☐ mauvaise	☐ mauvais
☐ non déterminée	☐ non déterminée	☐ non déterminé

Gestion observée : présence/absence (obligatoire) *et positif (+) ou négatif (-) en fonction de l'impact (facultatif)*

☐	☐ coupes de régénération	☐	☐ fauchage
☐	☐ gestion en taillis	☐	☐ jachère, abandon provisoire
☐	☐ gestion en taillis sous futaie	☐	☐ curage (fossés, canaux, plan d'eau…)
☐	☐ gestion en futaie	☐	☐ chasse
☐	☐ gyrobroyage	☐	☐ pêche
☐	☐ pâturage	☐	☐ tonte
☐	☐ culture	☐	☐ autres

Facteurs de dégradation constatés : *présence/absence*

☐	extraction de matériaux	☐	mise en culture, travaux du sol
☐	dépôt de matériaux, décharge	☐	intensification des pratiques (agricoles, forestières)
☐	pollution des eaux et/ou sols	☐	surpâturage
☐	comblement, assèchement, drainage des ZH	☐	fermeture du milieu, déprise, enfrichement
☐	rectification, artificialisation des berges	☐	plantation espèces autochtones
☐	modification du fonctionnement hydraulique	☐	plantation espèces allochtones
☐	aménagements liés à la pisciculture	☐	monoculture essence forestière
☐	atterrissement, envasement, assèchement naturel	☐	coupe à blanc, coupe rase
☐	surfréquentation, piétinement, tassement	☐	morcellement, fractionnement du milieu
☐	eutrophisation	☐	urbanisation, infrastr linéaire (rte, réseau de comm…)
☐	espèce envahissante	☐	catastrophe naturelle
☐	prélèvement sur la flore	☐	érosion des sols
☐	infrastructure et équipement agricole	☐	autres

COMMENTAIRES HABITAT

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

N° personnel station : MS-11/0 / -

PEDOLOGIE

Eléments grossiers

Type	Composition
☐ graviers (0,2 à 2 cm)	.....
☐ cailloux (2 à 7,5 cm)	.....
☐ pierres (7,5 à 25 cm)	.....
☐ blocs (> 25 cm)	.....

Quantité

☐ < 5%
☐ 5 - 50 %
☐ > 50 %

Horizon humifère *(épaisseur)* : ..... cm

FAUNE

Taupinières: …… % Terriers de lapin : …… % Autre: ……sur …... %
(pourcentage de la surface du site)

Trous d'insectes dans le sol :
Localisation : ☐ localisés ☐ sur tout le site ☐ absents
Densité : ☐ peu denses ☐ denses

ENVIRONNEMENT

Distance au plus proche de chacun des éléments *(∞ si absence)*

Végétation:

Landes: …….m Arbres: …….m *Cytisus* : …….m *Rubus* : …….m *Ulex* : …….m

Activités humaines:

Habitations: …….m Usine/entreprise: …..m Cultures:……..……..
(types et distance en m)

Autres: …….. à …….m

Ombrage:

Source: ☐ Feuillus ☐ Résineux ☐ Bâtiment ☐ Autres: ……

Localisation par rapport au centre du site:

☐ Nord ☐ Nord-Est ☐ Est ☐ Sud-Est
☐ Sud ☐ Sud-Ouest ☐ Ouest ☐ Nord-Ouest

Surface du site concernée:

☐ totale ☐ partielle: ……..% *(si estimation possible)*

MOBILITE DU SABLE

☐ oui ☐ non

Si oui, cause: ☐ pente ☐ eau ☐ autre: ……

AUTRES REMARQUES

n°personnel station : MS -11 / … / …- …….

Date du relevé: …. / …. / 2011

n°habitat *(si mosaïque)* [ ]

Surface: …….**m²**

Recouvrement: …….**%**

Hauteur moyenne végétation: ………**m**

STRATE ARBOREE

Rec = ……..%

Taxons	A/D	S

STRATE ARBUSTIVE

Rec = ……..%

Taxons	A/D	S

STRATE MUCINALE

Rec = ……..%

Taxons	A/D	S

STRATE HERBACEE

Rec = ……..%

Taxons	A/D	S	Taxons	A/D	S
Agrostis capillaris L.			Luzula campestris (L.) DC.		
Aira caryophyllea L.			Medicago arabica		
Aira praecox L.			Medicago minima (L.) L.		
Achillea millefolium			Mibora minima (L.) Desv.		
Anchusa arvensis			Minuartia hybrida (Vill.) Schischk. s		
Anthoxanthum odoratum L.			Myosotis ramosissima		
Arenaria leptoclados			Nardus stricta L.		
Brachypodium pinnatum Gr.			Ornithopus compressus L.		
Bromus hordeaceus			Ornithopus perpusillus L.		
Bromus tectorum L.			Petrorhagia prolifera (L.) P.W.Ball		
Calluna vulgaris			Plantago lanceolata		
Cardamine hirsuta			Polygala vulgaris L.		
Carex caryophyllea Latourr.			Potentilla erecta (L.) Rausch.		
Cerastium fontanum			Potentilla neglecta Baumg.		
Cerastium glomeratuem			Potentilla neumanniana		
Cerastium semidecandrum L.			Ranunculus bulbosus L.		
Conyza canadensis			Rumex acetosa L.		
Corynephorus canescens (L.) P			Rumex acetosella L.		
Crassula tillaea Lest.-Garl.			Sanguisorba minor subsp. Minor		
Cynodon dactylon (L.) Pers.			Saxifraga granulata L.		
Cytisus scoparius			Saxifraga tridactylites L.		
Danthonia decumbens (L.) DC.			Scabiosa columbaria L.		
Echium vulgare			Sedum acre L.		
Erica cinerea			Sedum album L.		
Erodium cicutarium (L.) L'Her.			Sedum rubens		
Euphorbia cyparissias			Sedum rupestre L.		
Festuca filiformis Pourr.			Senecio jacobaea		
Festuca ovina L.			Sesamoides purpurascens (L.) G.L		
Galium saxatile L.			Teesdalia nudicaulis (L.) R.Br.		
Galium verum			Teucrium scorodonia		
Geranium molle			Thymus pulegioides L.		
Hieracium pilosella			Trifolium arvense L.		
Holcus lanatus			Trifolium dubium		
Hypericum perforatum			Trifolium striatum L.		
Hypochaeris glabra L.			Tuberaria guttata (L.) Fourr.		
Hypochaeris radicata			Veronica arvensis		
Jasione montana L.			Veronica officinalis		
Leontodon saxatilis Lam.			Vicia lathyroides L.		
Logfia minima (Sm.) Dumort.			Vicia sativa L. subsp. nigra (L.) Ehr		
Lotus corniculatus			Vulpia bromoides (L.) Gray		

STRATE HERBACEE

Taxons	A/D	S	Taxons	A/D	S

COMPLEMENT FLORE

Annexe 3 : Liste des espèces triées par type biologique

Type biologique	Espèce
Thérophyte	Aira caryophyllea L.
	Aira praecox L.
	Ajuga chamaepitys (L.) Schreb.
	Alyssum alyssoides (L.) L.
	Anchusa arvensis (L.) M.Bieb.
	Andryala integrifolia L.
	Aphanes arvensis L.
	Aphanes australis Rydb.
	Aphanes sp.
	Arabidopsis thaliana (L.) Heynh.
	Arenaria leptoclados (Rchb.) Guss.
	Arenaria serpyllifolia Gr.
	Arenaria serpyllifolia L. subsp. serpyllifolia
	Avena fatua L.
	Berteroa incana (L.) DC.
	Bromus diandrus Roth
	Bromus sterilis L.
	Bromus tectorum L.
	Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.
	Cardamine hirsuta L.
	Cerastium brachypetalum Desp. ex Pers.
	Cerastium glomeratum Thuill.
	Cerastium pumilum Curtis
	Cerastium semidecandrum L.
	Coincya cheiranthos (Vill.) Greuter & Burdet
	Crassula tillaea Lest.-Garl.
	Crepis capillaris (L.) Wallr.
	Crepis sancta (L.) Bornm. subsp. nemausensis (Vill.) Babc.
	Draba muralis L.
	Erodium cicutarium (L.) L'Her.
	Erophila verna (L.) Chevall. subsp. verna
	Filago vulgaris Lam.
	Galium aparine L.
	Geranium molle L.
	Geranium rotundifolium L.
	Herniaria glabra L.
	Herniaria hirsuta L.
	Herniaria sp.
	Hypochaeris glabra L.
	Kandis perfoliata (L.) KerguÚlen
	Linaria supina (L.) Chaz.
	Logfia minima (Sm.) Dumort.
	Logfia sp.
	Lotus angustissimus L.
	Matricaria maritima L.
	Medicago arabica (L.) Huds.
	Medicago minima (L.) L.
	Mibora minima (L.) Desv.
	Minuartia hybrida (Vill.) Schischk.
	Myosotis arvensis Hill
	Myosotis discolor Pers.
	Myosotis ramosissima Rochel
	Ornithopus compressus L.
	Ornithopus perpusillus L.
	Ornithopus sp.
	Papaver dubium L.
	Parentucellia viscosa (L.) Caruel
	Petrorhagia prolifera (L.) P.W.Ball & Heywood
	Poa annua L.
	Raphanus raphanistrum L.
	Saxifraga tridactylites L.
	Scleranthus annuus L.
	Sedum rubens L.
	Senecio vulgaris L.
	Silene conica L.
	Spergula arvensis L.
	Spergula pentandra L.
	Spergularia rubra (L.) J. & C.Presl
	Teesdalia nudicaulis (L.) R.Br.
	Trifolium arvense L.
	Trifolium campestre Schreb.
	Trifolium dubium Sibth.
	Trifolium incarnatum L.
	Trifolium striatum L.
	Trifolium subterraneum L.
	Tuberaria guttata (L.) Fourr.
	Valerianella carinata Loisel.
	Valerianella locusta (L.) Laterr.
	Valerianella sp.
	Veronica arvensis L.
	Veronica hederifolia L.
	Veronica persica Poir.
	Vicia hirsuta (L.) Gray
	Vicia lathyroides L.
	Vicia lutea L.
	Vicia sativa L.
	Vicia sativa L. subsp. nigra (L.) Ehrh.
	Vicia sativa L. subsp. sativa
	Vulpia bromoides (L.) Gray
	Vulpia myuros (L.) C.C.Gmel.

Type biologique	Espèce
Vivace	Achillea millefolium L.
	Agrostis capillaris L.
	Anthoxanthum odoratum L.
	Armeria arenaria (Pers.) Schult.
	Arrhenatherum elatius (L.) P.Beauv. ex J. & C.Presl
	Artemisia campestris L.
	Artemisia vulgaris L.
	Asperula cynanchica L.
	Avenula pubescens (Huds.) Dumort.
	Bellis perennis L.
	Brachypodium pinnatum (L.) P.Beauv.
	Bromus catharticus Vahl
	Bromus erectus Huds.
	Bromus hordeaceus L.
	Campanula rapunculus L.
	Carex hirta L.
	Carex pairae F.W.Schultz
	Carex spicata Huds.
	Centaurea nigra L.
	Cerastium fontanum Baumg.
	Chondrilla juncea L.
	Cirsium vulgare (Savi) Ten.
	Clinopodium vulgare L.
	Convolvulus arvensis L.
	Corynephorus canescens (L.) P.Beauv.
	Crepis vesicaria L.
	Cruciata laevipes Opiz
	Cynodon dactylon (L.) Pers.
	Dactylis glomerata L.
	Daucus carota L.
	Echium vulgare L.
	Eryngium campestre L.
	Euphorbia cyparissias L.
	Festuca ovina Gr.
	Festuca pratensis Huds.
	Festuca rubra Gr.
	Festuca sp.
	Galium mollugo L.
	Galium verum L.
	Hieracium pilosella L.
	Himantoglossum hircinum (L.) Spreng.
	Holcus lanatus L.
	Holcus mollis L.
	Hyacinthoides non-scripta (L.) Chouard ex Rothm. subsp. non-scripta
	Hypericum perforatum L.
	Hypochaeris radicata L.
	Jasione montana L.
	Koeleria macrantha (Ledeb.) Schult.
	Leucanthemum vulgare Lam.
	Lolium perenne L.
	Lotus corniculatus L.
	Luzula campestris (L.) DC.
	Malva moschata L.
	Muscari comosum (L.) Mill.
	Ononis spinosa L. subsp. maritima (Dumort. ex PirÚ) P.Fourn.
	Ophrys aranifera Huds.
	Orchis simia Lam.
	Origanum vulgare L.
	Ormenis nobilis (L.) Coss. & Germ.
	Ornithogalum pyrenaicum L.
	Ornithogalum sp.
	Ornithogalum umbellatum L.
	Phleum phleoides (L.) H.Karst.
	Picris hieracioides L.
	Pimpinella saxifraga L.
	Plantago coronopus L.
	Plantago lanceolata L.
	Poa angustifolia L.
	Poa bulbosa L.
	Poa compressa L.
	Poa nemoralis L.
	Poa pratensis L.
	Potentilla neglecta Baumg.
	Potentilla neumanniana Rchb.
	Pteridium aquilinum (L.) Kuhn
	Ranunculus bulbosus L.
	Rubus fruticosus L.
	Rumex acetosa L.
	Rumex acetosella L.
	Sanguisorba minor Scop. subsp. minor
	Saxifraga granulata L.
	Scabiosa columbaria L.
	Sedum acre L.
	Sedum rupestre L.
	Senecio jacobaea L.
	Sesamoides purpurascens (L.) G.Lopez
	Silene latifolia Poir.
	Solidago gigantea Aiton
	Stellaria graminea L.
	Stellaria holostea L.
	Teucrium scorodonia L.
	Thymus praecox Opiz
	Thymus pulegioides L.
	Thymus sp.
	Turritis glabra L.
	Verbascum sp.
	Veronica chamaedrys L.

Annexe 4 : Listes des espèces triées par habitat optimal

Habitat optimal	Espèce
Pelouses	*Agrostis capillaris L.*
	Aira caryophyllea L.
	Aira praecox L.
	Alyssum alyssoides (L.) L.
	Anthoxanthum odoratum L.
	Aphanes australis Rydb.
	Arenaria leptoclados (Rchb.) Guss.
	Arenaria serpyllifolia L. subsp. serpyllifolia
	Armeria arenaria (Pers.) Schult.
	Artemisia campestris L.
	Asperula cynanchica L.
	Avenula pubescens (Huds.) Dumort.
	Bromus erectus Huds.
	Centaurea nigra L.
	Cerastium brachypetalum Desp. ex Pers.
	Cerastium pumilum Curtis
	Cerastium semidecandrum L.
	Corynephorus canescens (L.) P.Beauv.
	Crassula tillaea Lest.-Garl.
	Crepis capillaris (L.) Wallr.
	Crepis sancta (L.) Bornm. *subsp. nemausensis* (Vill.) Babc.
	Erodium cicutarium (L.) L'Her.
	Erophila verna (L.) Chevall. *subsp. verna*
	Eryngium campestre L.
	Euphorbia cyparissias L.
	Filago vulgaris Lam.
	Galium verum L.
	Halimium umbellatum (L.) Spach
	Herniaria glabra L.
	Hieracium pilosella L.
	Himantoglossum hircinum (L.) Spreng.
	Hypochaeris glabra L.
	Hypochaeris radicata L.
	Jasione montana L.
	Kandis perfoliata (L.) Kerguelen
	Koeleria macrantha (Ledeb.) Schult.
	Linaria supina (L.) Chaz.
	Logfia minima (Sm.) Dumort.
	Lotus angustissimus L.
	Lotus corniculatus L.
	Luzula campestris (L.) DC.
	Medicago minima (L.) L.
	Mibora minima (L.) Desv.
	Minuartia hybrida (Vill.) Schischk.
	Myosotis ramosissima Rochel
	Ononis spinosa L. subsp. maritima (Dumort. ex PirÚ) P.Fourn.
	Ophrys aranifera Huds.
	Orchis simia Lam.
	Ornithopus compressus L.
	Ornithopus perpusillus L.
	Parentucellia viscosa (L.) Caruel
	Petrorhagia prolifera (L.) P.W.Ball & Heywood
	Phleum phleoides (L.) H.Karst.
	Pimpinella saxifraga L.
	Plantago coronopus L.
	Poa annua L.
	Poa bulbosa L.
	Poa compressa L.
	Potentilla neglecta Baumg.
	Potentilla neumanniana Rchb.
	Ranunculus bulbosus L.
	Rumex acetosella L.
	Sanguisorba minor Scop. subsp. minor
	Saxifraga granulata L.
	Saxifraga tridactylites L.
	Scabiosa columbaria L.
	Sedum acre L.
	Sedum rupestre L.
	Sesamoides purpurascens (L.) G.Lopez
	Silene conica L.
	Spergula pentandra L.
	Spergularia rubra (L.) J. & C.Presl
	Teesdalia nudicaulis (L.) R.Br.
	Thymus praecox Opiz
	Thymus pulegioides L.
	Trifolium arvense L.
	Trifolium campestre Schreb.
	Trifolium incarnatum L.
	Trifolium striatum L.
	Trifolium subterraneum L.
	Tuberaria guttata (L.) Fourr.
	Veronica arvensis L.
	Vicia lathyroides L.
	Vulpia bromoides (L.) Gray
	Vulpia myuros (L.) C.C.Gmel.

Habitat optimal	Espèces
Prairies	*Achillea millefolium L.*
	Arrhenatherum elatius (L.) P.Beauv. ex J. & C.Presl
	Bellis perennis L.
	Bromus hordeaceus L.
	Carex hirta L.
	Cerastium fontanum Baumg.
	Crepis vesicaria L.
	Cynodon dactylon (L.) Pers.
	Dactylis glomerata L.
	Festuca pratensis Huds.
	Holcus lanatus L.
	Leucanthemum vulgare Lam.
	Lolium perenne L.
	Malva moschata L.
	Ormenis nobilis (L.) Coss. & Germ.
	Plantago lanceolata L.
	Poa pratensis L.
	Rumex acetosa L.
	Stellaria graminea L.
Fourrés, sous-bois et forêts	*Castanea sativa* Mill.
	Cytisus scoparius (L.) Link
	Hyacinthoides non-scripta (L.) Chouard ex Rothm. *subsp. non-scripta*
	Ornithogalum pyrenaicum L.
	Poa nemoralis L.
	Robinia pseudoacacia L.
	Ulex europaeus L.
Friches	*Andryala integrifolia L.*
	Artemisia vulgaris L.
	Berteroa incana (L.) DC.
	Bromus catharticus Vahl
	Bromus diandrus Roth
	Bromus sterilis L.
	Chondrilla juncea L.
	Cirsium vulgare (Savi) Ten.
	Convolvulus arvensis L.
	Daucus carota L.
	Galium aparine L.
	Hypericum perforatum L.
	Myosotis arvensis Hill
	Ornithogalum umbellatum L.
	Picris hieracioides L.
	Poa angustifolia L.
	Senecio jacobaea L.
	Silene latifolia Poir.
	Trifolium dubium Sibth.
	Vicia sativa L.
	Vicia sativa L. subsp. sativa
Landes	*Calluna vulgaris (L.)* Hull
	Erica cinerea L.
Lianes grimpantes sur parois et arbres	*Lonicera periclymenum L.*
Mégaphorbiaies	*Solidago gigantea* Aiton
Ourlets	*Campanula rapunculus L.*
	Carex pairae F.W.Schultz
	Cruciata laevipes Opiz
	Galium mollugo L.
	Holcus mollis L.
	Pteridium aquilinum (L.) Kuhn
	Rubus fruticosus L.
	Stellaria holostea L.
	Teucrium scorodonia L.
	Turritis glabra L.
	Veronica chamaedrys L.
Cultures	*Ajuga chamaepitys (L.) Schreb.*
	Anchusa arvensis (L.) M.Bieb.
	Aphanes arvensis L.
	Avena fatua L.
	Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.
	Cerastium glomeratum Thuill.
	Coincya cheiranthos (Vill.) Greuter & Burdet
	Herniaria hirsuta L.
	Medicago arabica (L.) Huds.
	Papaver dubium L.
	Raphanus raphanistrum L.
	Senecio vulgaris L.
	Veronica hederifolia L.
	Veronica persica Poir.
	Vicia hirsuta (L.) Gray
	Vicia lutea L.
	Vicia sativa L. subsp. nigra (L.) Ehrh.

Annexe 5 : Tableau phytosociologique

Numéro du relevé	19	20	21	29	31	56	57	58	25	26	27	17	18	13	14	15	22	23	24	30	28	4	5	32	12	16	3	33	6	7	8	11	9	10	1	2	34	35	36	37	38	39	40	41	44	47	49	50	42	43	45	51	52	53	54	55	46	48	
Surface du relevé (m²)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Recouvrement (%)	95	90	95	95	95	100	60	100	95	70	100	100	70	70	98	75	90	95	85	90	90	50	100	98	80	98	80	98	70	75	70	98	90	90	90	90	80	60	40	85	70	90	80	85	100	95	90	95	70	60	90	90	95	90	40	80	98	95	
Nombre d'espèces	25	16	14	24	16	19	16	27	23	14	24	22	22	16	14	20	34	18	21	22	33	14	27	33	21	20	44	40	29	26	19	25	24	21	39	31	35	24	31	29	25	33	32	27	27	27	28	19	36	22	40	41	28	28	26	36	23	24	Présence
Thero Airion																																																										
Ornithopus perpusillus L.				r		1	+		+	+	+	1	+	+	2	+	1	+	2	r	+	r	1	+	i	2	+	+		+	+	+	+	+	+																				+		+	III
Aira caryophyllea L.	1	1		3							+	2	2	+	+	+	2		1		+				r	+	+	+				+								+			+	+			i		+		+	+						+	III
Vulpia bromoides (L.) Gray	1						2		2	r	3	+		2	4	+	2	1	2		3				4			1						3				i														+						+	II
Mibora minima (L.) Desv.		+								1			r	2		1	+	+	+			2	r				1			+					r			+				+			2					+					1		+	II
Teesdalia nudicaulis (L.) R.Br.					+									+	1	2	1		i	1	+	r	r	r	i	2	+		1	+		+	+	3		+																	+	+	1			II
Vicia lathyroides L.				i					+							+	+			r			r		r		+			+	i	+		+			i								1											+			II
Aphanes australis Rydb.						+							i							r							+		i	i	+	+	r	+	r			r								i	r												II
Arabidopsis thaliana (L.) Heynh.																					r				r		+	i	r	+	i	+			i				i					1	+									r			+	1			II
Myosotis ramosissima Rochel				+																		r					+	r	r	+	+							r		+		+					r	r			+	r					+		II
Filago vulgaris Lam.				+	r										+		+	2									i	i				+														+	+			1		r								II
Aira praecox L.	r	r		+					+							+		r									+					+																							+								I
Scleranthus annuus L.							2		+					+		+			+									+							1	+																										I
Spergula arvensis L.									r			2		+	1		+							+																																										I
Logfia minima (Sm.) Dumort.			r	+																	+		r											+		r																													I
Crassula tillaea Lest.-Garl.									+	1			r																									r							+																				I
Ornithopus compressus L.								+			+						1				+			i	+			1							+							i																			I
Trifolium striatum L.																			i						1	r						+	+																				r			i							I
Myosotis discolor Pers.														+																				+		+																														I
Spergula pentandra L.																			+							+																																										I
Tuberaria guttata (L.) Fourr.					+																																r													+																	I
Lotus angustissimus L.																													+																																								I
Vulpia myuros (L.) C.C.Gmel.																									3																																											I
Minuartia hybrida (Vill.) Schischk.													r																													r				+				+	+													I
Corynephorion canescentis																																																										
Corynephorus canescens (L.) P.Beauv.																																					+	2																									I
Trifolium subterraneum L.				+																											i		+			i	+	r																										I
Halimium umbellatum (L.) Spach																																					1																										I
Sesamoides purpurascens (L.) G.Lopez																																					r																										I
Sileno Cerastion																																																										
Cerastium semidecandrum L.				+				r		+	+						+	r			r		+			+			1						+	+		+	+	+	1	1	+	2	2	+	+	r							+		+	III
Artemisia campestris L.			+		i												i						+													+	2	1	+	1	+		2					1	2	+		+			1			II
Echium vulgare L.																	r									i	+					1				r		i	+			r	r	r			r		+		+		+			i				II
Silene conica L.																	i																						+	+	+	+	+	+	+	+						+									I
Ononis spinosa L. subsp. maritima (Dumort. ex PirÚ) P.Fourn.																																							r	i	1	+	2		+		+														I
Koeleria macrantha (Ledeb.) Schult.																																							+			3	2	1		2				2	i						2	+		I
Medicago minima (L.) L.																																							1			r	+	+	1					+									+	I
Sedum acre L.																																									2		2		3	2			+			3								4	I
Bromus tectorum L.																																							1	r		+	+																			I
Alyssum alyssoides (L.) L.																																							+	+	+																					I
Sedum rubens L.			1																				i											1					+			+	+			r						+							I
Saxifraga tridactylites L.																													+													i					+																	i		I
Cerastium pumilum Curtis																									r																			i												r										I
Poa bulbosa L.																																																								+						I
Himantoglossum hircinum (L.) Spreng.																																																i							r								I
Armeria arenaria (Pers.) Schult.																																						i																									I
Koelerio - Phleion																																																										
Phleum phleoides (L.) H.Karst.																																																					4	2											I
Petrorhagia prolifera (L.) P.W.Ball & Heywood	+																																												r					r	+									I
Violion Caninae																																																										
Hypochaeris radicata L.	+	+	r	+	i	2	+	+	+	r	2	1	+	+	+	+	+	+	+	1	1		r	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	r		+	r		+	+	+			+	+	+			1		+	r	+		+	+		+	V
Rumex acetosella L.	+	1	3	2	1	1	2	+	1	3	1	2	+	2	+	2	+	+	+	3	+	r	1	+	1	2	2	+	2	+		+	+	+		+				r	+		r						1			+	1		1	2			IV
Anthoxanthum odoratum L.	+	2	2			2	+	1	1		1	4	1		i		2	1	2	1	+			2		+	2	+						3				+												+			1		1	1	1		III
Hypochaeris glabra L.		+	+	r	+	+		r	+		+	1	r				+		+	r	+	r		+				i							2		+	r			+	+																+	i		III
Jasione montana L.		1	+								+	2	r	+		1	+	+			r			+		r		+						r															+							+		II
Hieracium pilosella L.		3				3	+	+					+		+				2		1			+		+	+		1				1		+	+				2				2			+	r				+		+			2	+	II
Luzula campestris (L.) DC.					1	2		+			2						+		+	1	1		r					+									+							+		+															II
Potentilla neglecta Baumg.				+							+										r	r		+		+	+					+		+	+			+											+			r							II
Agrostis capillaris L.													2				+																																				1											I
Drabo muralis - Cardaminion hirsutae																																																										
Erodium cicutarium (L.) L'Her.	1	1	+	2		r		i	1	+	+		+	+	+		+	+	+	+		r	r	+	+	+	+	+	r	4		+	1	3		+				r				3			+	r		+	r				+		+	IV
Veronica arvensis L.				+	i	+		+				r					+			r	i			r		+	+	r			+	+		+	r		r		i	r		+	+		r		r	i			+	+	i		+	+		r	III
Cerastium glomeratum Thuill.					+	r			+			r	+		+	+			+	r	r	r		i		+	+			+	+	r	+	+		+					r			+						+	r		+				III
Trifolium dubium Sibth.	r			+				+			+		r				+			r	+			+			+	+				+	+		r	+							+	+	+	+	+			+	+				+		+	III
Trifolium arvense L.	+		+						+	r		+				+	+	+		+			+			+	1		+				+	+		+			i		+	1						i							+			II
Geranium molle L.	r		+	r															+	r		r	+			+		r			+						+						r	r	+	+	r	+			r	+				r		+	II
Vicia sativa L. subsp. nigra (L.) Ehrh.				+							+	r								+	+			r		+		r				+					r				+								+	+	+	+						II
Erophila verna (L.) Chevall. subsp. verna				+			+								+		r								+					+		r		+		+	r	+	r	+	+	+		+	+			r	r						r	II
Saxifraga granulata L.		+									+					+						r	+			+															+				+				2	r	1			+			II
Vicia hirsuta (L.) Gray		+									+	r									+			i			+	i				+									+							+	r	+	i	+				+		II
Plantago coronopus L.								+		1			1		+						+			+	2							+		+	+									r																	I
Herniaria glabra L.	+								1											r	+				1		+	+						+	r																							1	I
Cerastium brachypetalum Desp. ex Pers.																	+				+						+				+										r		+							+	+		+		+			I
Arenaria leptoclados (Rchb.) Guss.																	+				+						+										+				+		+	+		+				+									I
Geranium rotundifolium L.																														+										i										i			i	+				+			I
Anchusa arvensis (L.) M.Bieb.	r															+									i			r	r		+													i						i		i				+				I
Arenaria serpyllifolia L. subsp. serpyllifolia																																									+									+	+				+							I
Draba muralis L.																																																									+		r		+			I
Herniaria hirsuta L.																																							i									+														I
Trifolium campestre Schreb.																									r																						+			+			+						+					I
Trifolium incarnatum L.										+																																																						I
Spergularia rubra (L.) J. & C.Presl									r						+						r																																												I
Parentucellia viscosa (L.) Caruel																													+																																						I
Medicago arabica (L.) Huds.																									i				+																									+							I
Valerianella carinata Loisel.																																								+				+					+														I
Cardamine hirsuta L.																													+		r																															I
Poa compressa L.																																									1						1														I
Mesobromion erecti																																																										
Sanguisorba minor Scop. subsp. minor								r																					1		+					r				+	+	+	+					1	1					+	+			+		II
Scabiosa columbaria L.																																							r		+	+		+							+	1				+		r			I
Avenula pubescens (Huds.) Dumort.						+					1																																r	2	1																	I
Thymus praecox Opiz											r									+																						+			+													1			I
Asperula cynanchica L.																																									+						+														I
Muscari comosum (L.) Mill.																				+										+				+				r									i				+		+	+	+	+	+			I
Euphorbia cyparissias L.											+																									+			r							+	i		+	1					+	r	i	r			I
Thymus pulegioides L.	+								+							i													1														1			2									4	r		r					I
Potentilla neumanniana Rchb.																																				+				+										+	2				2	2	+		i			I
Sedum rupestre L.																														r																										+	+	1	+			I
Ranunculus bulbosus L.						+														i			r						i																	i			r					+	+		r		i	1		I
Eryngium campestre L.	+																																							+		i							1	+	i			4		+				1	I
Taraxacum erythrosperma Gr.												i																									i																	i		i				r	I
Bromus erectus Huds.																																									1						1									3	4					I
Lotus corniculatus L.																																													+					2													I
Orchis simia Lam.																																																		+														I
Pimpinella saxifraga L.																																																							+	r							I
Brachypodium pinnatum (L.) P.Beauv.																																																						+									I
Clinopodium vulgare L.																																																			r												I
Origanum vulgare L.																																																					+	1									I
Carex spicata Huds.																																																														3	I
Ophrys aranifera Huds.																																											+																				I
Arrhenatheretea elatioris																																																										
Plantago lanceolata L.	+						+	1	1	+		2					+		+		1	r	r				+	+		+	+		+		+	+	+	+		r	1	r		+	+	+			r	+	r	+	i	+		+	+	+	IV
Achillea millefolium L.						+	+		+		2		r						r		+	r	r	r		+	+	+	+		+		+			r	+	i		+	+	+		r	+	r	+		+		+	+	+			1	+		III
Bromus hordeaceus L.	+		2				1		+				+				1	+										+	+									1			+					1	+	1			+	2							II
Senecio jacobaea L.	r			i		+			+		r				r		i						r	i	+	r		+				+					r			i	+			r		+			+							+	r	II
Hypericum perforatum L.						+		r			r								+				r			+		r									r				i	+					r	i	+			i	r	+	+	r	i		II
Poa pratensis L.								1													+						1	+								+						2	+				+			+	+				r		I
Rumex acetosa L.	r			r							r																				+																													r	I
Cerastium fontanum Baumg.				+				r				+				+											+									+																		+		I
Galium mollugo L.	r																		r									+											r				r									+						I
Holcus lanatus L.								+			+																+						+																	i									I
Carex hirta L.																																								1				+			+																I
Crepis capillaris (L.) Wallr.																										r						+																													I
Festuca pratensis Huds.																																		r																											I
Leucanthemum vulgare Lam.						+		+																												i																						i		I
Stellaria graminea L.																																																										+					I
Arrhenatherum elatius (L.) P.Beauv. ex J. & C.Presl																																																						+								I
Dactylis glomerata L.							1																												+														+																I
Crepis vesicaria L.																																	+																													I
Malva moschata L.																																														i																		I
Bellis perennis L.																																																													+			I
Vicia sativa L.																														+						r																									+	I
Vicia sativa L. subsp. sativa		+						r																						+																		+													+			I
Campanula rapunculus L.																															+																	i			+		i								I
Centaurea nigra L.							+																																																									I
Galium verum L.																																					i											i																		I

Numéro du relevé	19	20	21	29	31	56	57	58	25	26	27	17	18	13	14	15	22	23	24	30	28	4	5	32	12	16	3	33	6	7	8	11	9	10	1	2	34	35	36	37	38	39	40	41	44	47	49	50	42	43	45	51	52	53	54	55	46	48	
Surface du relevé (m²)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Recouvrement (%)	95	90	95	95	95	100	60	100	95	70	100	100	70	70	98	75	90	95	85	90	90	50	100	98	80	98	80	98	70	75	70	98	90	90	90	90	80	60	40	85	70	90	80	85	100	95	90	95	70	60	90	90	95	90	40	80	98	95	
Nombre d'espèces	25	16	14	24	16	19	16	27	23	14	24	22	22	16	14	20	34	18	21	22	33	14	27	33	21	20	44	40	29	26	19	25	24	21	39	31	35	24	31	29	25	33	32	27	27	27	28	19	36	22	40	41	28	28	26	36	23	24	Présence
Stellarietea mediae																																																											
Aphanes arvensis L.																																											i								+	r			+				I
Ajuga chamaepitys (L.) Schreb.																																							+							+													I
Raphanus raphanistrum L.											i													i																																			I
Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.																	r																																										I
Senecio vulgaris L.																														i																													I
Coincya cheiranthos (Vill.) Greuter & Burdet																									+																												+						I
Papaver dubium L.																		r																				+																					I
Veronica hederifolia L.																																							i															r	+				I
Avena fatua L.			+																																																+								I
Veronica persica Poir.																																			r												r												I
Vicia lutea L.																												+																															I
Valerianella locusta (L.) Laterr.																											+								i																+	i							I
Galium aparine L.																																																			i								I
Myosotis arvensis Hill																														+									i																	+			I
Matricaria maritima L.							1																																																				I
Kandis perfoliata (L.) KerguÚlen																																							i																		+		I
Linaria supina (L.) Chaz.																																					r					+																	I
Autres et Accidentelles																																																											
Cynodon dactylon (L.) Pers.						2				3				1									r					2			2				r					1	+		2	+	+	2		2											II
Bromus sterilis L.	+	+														+							r	+	+	2	r			1		+			r			1				1			2					2	1				+				II
Cytisus scoparius (L.) Link								+					r			+	+				+			+			+		r		i				r	r				r					+										+	+			II
Quercus sp.																i	i				r					i	i		r	r						r				r		r						r			+				+				II
Bromus diandrus Roth				+								1						r											1									+			2		i								+								I
Andryala integrifolia L.														i												+		+				+																	+						+				I
Berteroa incana (L.) DC.	+																																																r	+			+						I
Picris hieracioides L.																																																	+	r									I
Bromus catharticus Vahl																																											i																I
Convolvulus arvensis L.															r													r				+																	i										I
Poa angustifolia L.																																										+																	I
Chondrilla juncea L.																											+																																I
Ornithogalum umbellatum L.																																																					r						I
Artemisia vulgaris L.																																			r		r				i																		I
Silene latifolia Poir.					+																								i	+					i																							i	I
Cirsium vulgare (Savi) Ten.																																																	i										I
Daucus carota L.						+												i	i																								i						r										I
Calluna vulgaris (L.) Hull					+																																																						I
Lonicera periclymenum L.																																																							+				I
Solidago gigantea Aiton																																						1																					I
Holcus mollis L.				+																																																							I
Veronica chamaedrys L.								r																													i																	r					I
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn																													+																														I
Stellaria holostea L.																													r																														I
Teucrium scorodonia L.																													+				+																										I
Carex pairae F.W.Schultz									+																																																		I
Cruciata laevipes Opiz								+																																																			I
Turritis glabra L.																													1																											i			I
Ulex europaeus L.																																			i																								I
Erica cinerea L.					+																																																						I
Castanea sativa Mill.																																																							i				I
Robinia pseudoacacia L.																																					r																						I
Lolium perenne L.																																					2																						I
Ormenis nobilis (L.) Coss. & Germ.																																	1																										I
Poa annua L.												+															+																								+								I
Hyacinthoides non-scripta (L.) Chouard ex Rothm. subsp. non-scripta																													i																														I
Ornithogalum pyrenaicum L.																																																			+								I
Poa nemoralis L.																					+																								1														I
Crepis sancta (L.) Bornm. subsp. nemausensis (Vill.) Babc.																																							+																				I
Agrostis sp.																							2												2																								I
Allium sp.	i																																						i													r							I
Aphanes sp.					+																			i																																			I
Arenaria serpyllifolia Gr.																														+						i				r														r	+			+	I
Betula sp.								r																																																			I
Brachypodium sp.																																							+																				I
Cerastium sp.																													i																														I
Conyza sp.																																											r							i									I
Dianthus sp.																																																			r				+				I
Festuca ovina Gr.	1									2																										3																							I
Festuca rubra Gr.																			+	3	+				+	2			1					1		+																				i			I
Festuca sp.		2						2				2		+						1																									2														I
Herniaria sp.																																		+											i														I
Iris sp.																																						+																					I
Lilium sp.									+																																																		I
Linaria sp.								i				i																								r																							I
Logfia sp.																							r																																				I
Myosotis sp.																								i										i	i						r	+			+						r			+					I
Ornithogalum sp.																				+																																							I
Ornithopus sp.					+																															+																							I
Orobanche sp.																																																		+	i								I
Papaver sp.																														+	r								+				i								i		+	i					I
Prunus sp.																																																								+			I
Pyracantha sp.																																																				r							I
Rubus fruticosus L.	r				i		i				+					+													+		i	i												i										i	+				I
Ranunculus sp.																																				i																							I
Rosa sp.																																															i						+	+					I
Taraxacum sp.																								i				r				i																									+		I
Thymus sp.																															+																						+						I
Trifolium sp.		r					+	r					+										r											+	+			+																			+		I
Ulmus sp.																																																		r				r					I
Valerianella sp.																													i	+									+														+	r	+	+			I
Verbascum sp.																							r												+										i					+									I
Veronica sp.																						r	r													r																							I
Vicia sp.			+																																	i																							I

Annexe 6 : Fiches habitats

Notice des fiches des groupements végétaux

Localisation des pelouses :
Le fond cartographique utilisé est obtenu à partir de la carte géologique de la Sarthe au 1/250 000.
Légende du fond cartographique :

- Couche géologique non sableuse
- Couche géologique alluviale
- Couche géologique sableuse

Relevé caractéristique : relevé possédant les espèces les plus caractéristiques du groupe et en nombre supérieur par rapport aux autres relevés du groupe. De plus, ce relevé contient une proportion moindre d'espèces de friche, prairie, lande ou forêt.

Caractéristiques stationnelles
La nature du substrat est donnée au regard des observations de terrain.
Le pH moyen ainsi que l'erreur standard sont donnés à titre indicatif.
Les indications sur les recouvrements de la strate herbacée et de la strate muscinale sont mentionnées lorsqu'elles permettaient de distinguer le groupement d'un autre.

Description générale
Les informations apportées dans cette rubrique sont issues des observations de terrain et de vérification par des tests statistiques quand le jeu de données le permettait.

Groupe d'espèces indicatrices :

- **Gras vert** : espèce caractéristique de l'alliance et rencontrée plus fréquemment dans ce groupe que dans les autre groupes
- **Gras noir** : espèce caractéristique de l'alliance et du groupe de relevés mais pouvant être rencontrée dans les autre groupes
- sans mise en forme : espèces caractéristiques de l'alliance mais de fréquence inférieure à 20% dans le groupe de relevés.

Ces espèces ne correspondent pas forcément aux espèces « caractéristiques » du groupement au sens phytosociologique. Ce sont des espèces données à titre indicatif au regard des relevés effectués sur le terrain et avec l'appui des connaissances phytosociologiques sur ces groupements. Il s'agit d'une aide à la détermination des groupements végétaux adaptée au contexte des pelouses sableuses sarthoise. La présence de plusieurs de ces espèces dans un même habitat guide ainsi l'identification vers ce groupement.

Indications de gestion, menaces potentielles
Les impacts des indications de gestion fournies ainsi que des menaces potentielle sont statistiquement significatifs sur les relevés du groupe étudié.

Écogrammes
Ils sont construits à partir du calcul des valeurs moyennes d'Ellenberg des relevés.

Groupe n° 1 : PELOUSES DU *THERO-AIRION* EN MOSAÏQUE AVEC DU *VIOLION CANINAE*

Code Corine Biotope	35.21 x 35.1
Code habitat Eur 25	-
Prodrome	32.0.1.0.3 x 45.0.1.0.3

Caractéristiques stationnelles

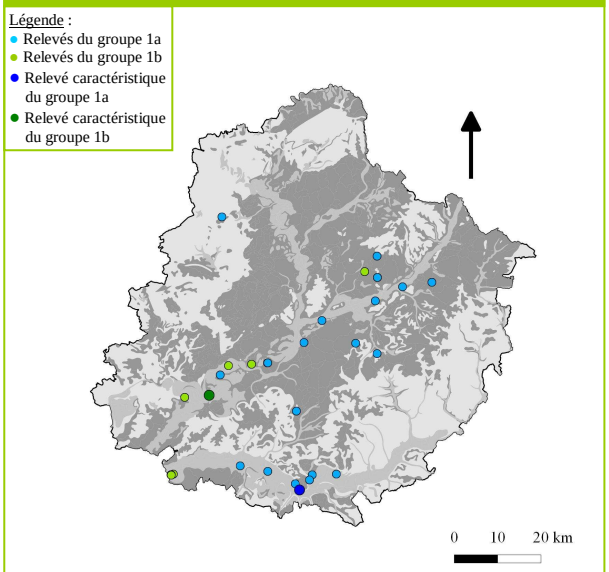
pH_{moy} = 5,2 ± 0,5
Substrat sableux essentiellement d'origine alluviale
Pente généralement faible à nulle
Recouvrement de la strate herbacée souvent supérieur à 70 %

Valeur patrimoniale

Espèces patrimoniales : *Ornithopus perpusillus ; Spergula pentandra.*

$Note^{dep}_{moy}$ = 1,8 ; $Note^{reg}_{moy}$ = 3

Localisation de pelouses appartenant au groupe 1



Description générale

Ces pelouses pionnières sont majoritairement situées dans les vallées alluviales de l'Huisne et du Loir. Leur cortège floristique est essentiellement composé d'espèces annuelles.
Deux sous-groupes se distinguent parmi les pelouses du *Thero-Airion* inventoriées, dont une variante (groupe 1b) à *Aphanes australis* qui partage les mêmes espèces indicatrices que l'autre mais possède trois espèces supplémentaires: *Aphanes australis, Arabidopsis thaliana et Myosotis ramosissima.*

Groupe d'espèces indicatrices

Groupe 1a	***Scleranthus annuus ; Spergula arvensis ; Ornithopus perpusillus ; Vulpia bromoides ; Aira caryophyllea ; Aira praecox ; Filago vulgaris ; Anthoxanthum odoratum ; Vicia lathyroides ; Mibora minima ; Teesdalia nudicaulis ;*** *Myosotis discolor ; Spergula pentandra ; Tuberaria guttata ; Lotus angustissimus ; Vulpia myuros ; Minuartia hybrida ; Logfia minima ; Crassula tillaea ; Ornithopus compressus ; Trifolium striatum.*	-
Groupe 1b		***Aphanes australis ; Arabidopsis thaliana ; Myosotis ramosissima.***

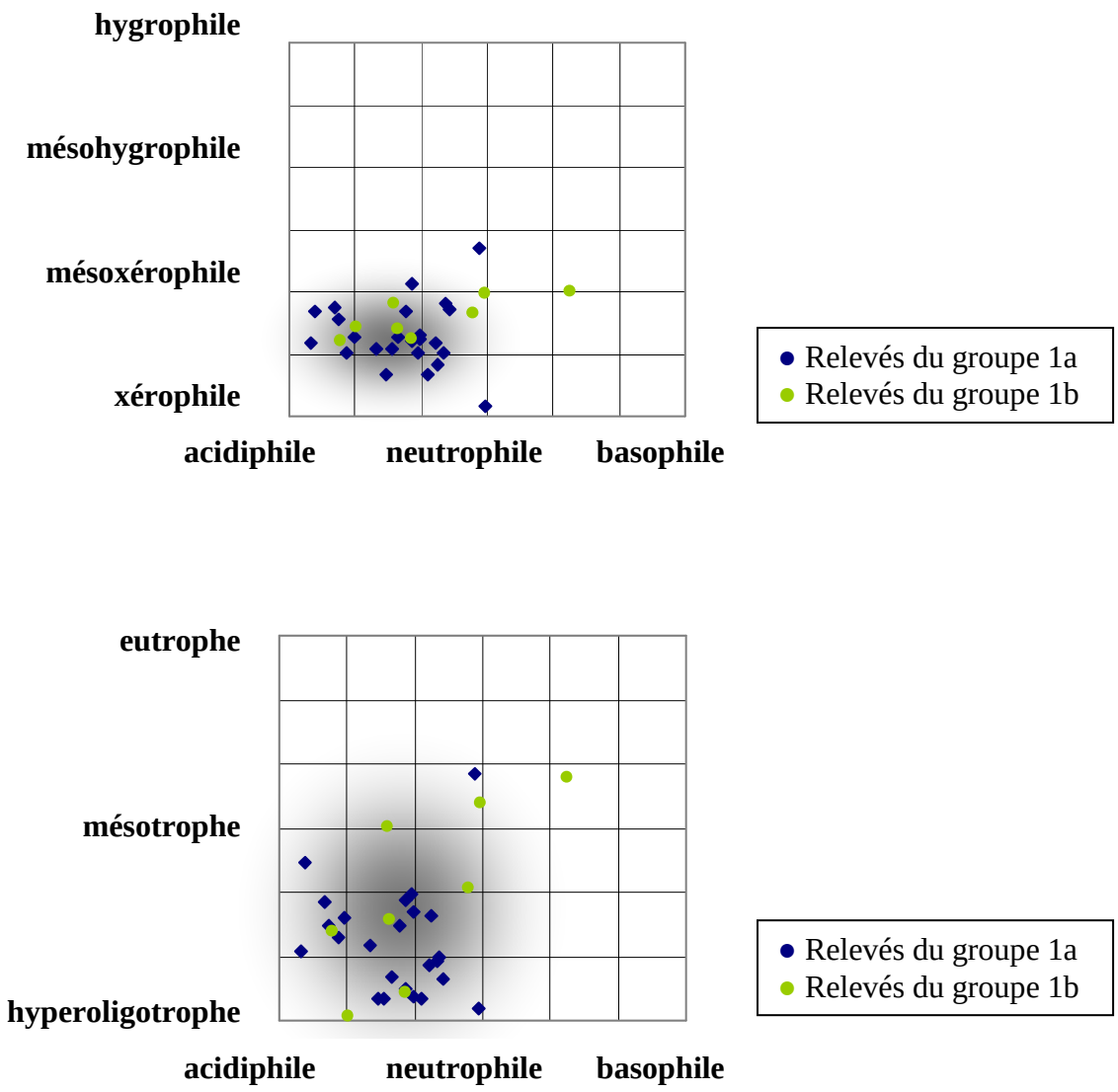
Menaces potentielles

Une trop forte densité de grattis de lapin, ou de taupinières sur ce type de pelouse peut engendrer une dynamique régressive vers des pelouses sableuses acides de sable mobile.
Le mélange du *Thero-Airion* en mosaïque avec du *Violion caninae* risque à terme d'aboutir au *Violion caninae* pur du fait de l'étouffement les espèces annuelles par les espèces vivaces.

Indications de gestion

Sur les pelouses de surface suffisamment grande un pâturage extensif pourrait être envisagé afin de ralentir la dynamique naturelle de fermeture progressive du milieu.

Ecogrammes


hygrophile
mésohygrophile
mésoxérophile
xérophile
acidiphile
neutrophile
basophile
Relevés du groupe 1a
Relevés du groupe 1b
eutrophe
mésotrophe
hyperoligotrophe
acidiphile
neutrophile
basophile
Relevés du groupe 1a
Relevés du groupe 1b

Groupe n°2: PELOUSES DU *CORYNEPHORION CANESCENTIS*

Code Corine Biotope	35.23 x 64.11
Code habitat Eur 25	6210
Prodrome	36.0.1.0.1

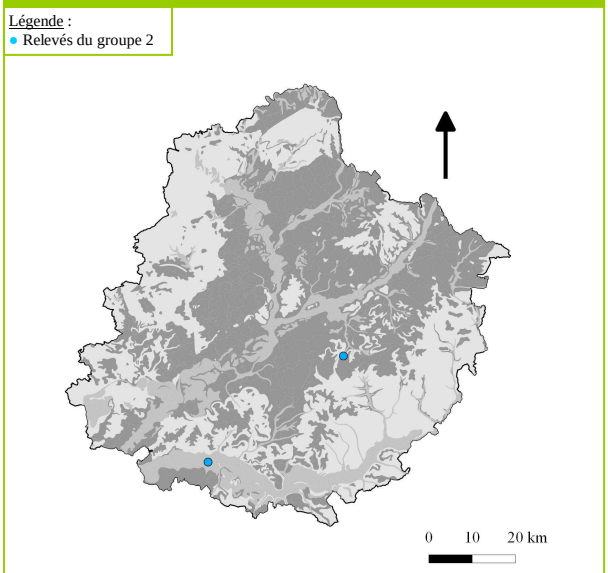
Caractéristiques stationnelles

pH_{moy} = 5,1
Substrat sableux à éléments grossiers
Recouvrement herbacée souvent inférieur ou égal à 50 %

Valeur patrimoniale

Espèces patrimoniales:
Corynephorus canescens ; Halimium umbellatum ; Sesamoides purpurascens ; Trifolium subterraneum
$Note^{dep}_{moy}$ = 7,1 $Note^{reg}_{moy}$ = 4

Localisation de pelouses appartenant au groupe 2



Description générale

Les deux relevés appartenant à ce groupement se situent dans des milieux perturbés par le passage de véhicules plus ou moins régulièrement. Ces pelouses font partie des premiers stades de colonisation des substrats sur lesquels elles se situent. Cette alliance, peu représentée dans l'inventaire des pelouses sableuses sarthoises, partage un certain nombre d'espèces avec les pelouses du *Thero-Airion* (*Ornithopus perpusillus ; Mibora minima ; Teesdalia nudicaulis ; Logfia minima ; Ornithopus compressus*).

Groupe d'espèces indicatrices

Corynephorus canescens ; Trifolium subterraneum ; Sesamoides purpurascens.
Ornithopus perpusillus ; Mibora minima ; Teesdalia nudicaulis ; Logfia minima ; Ornithopus compressus

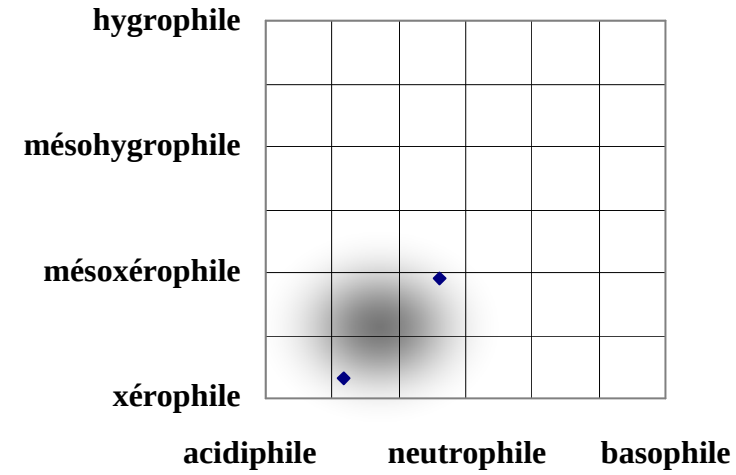
Menaces potentielles

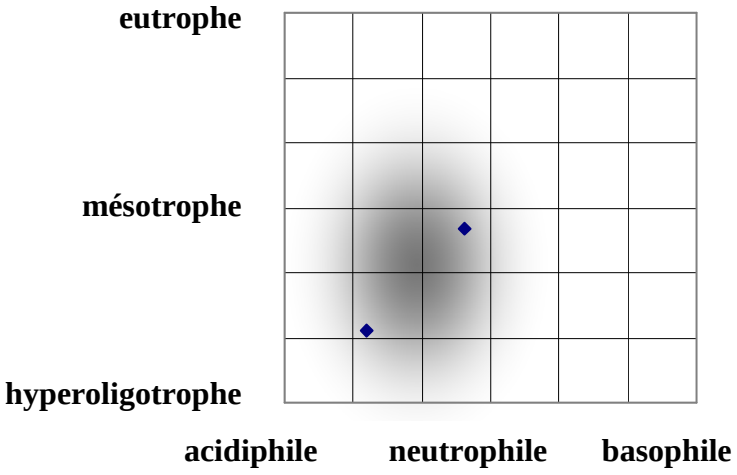
Un début de colonisation par des espèces ligneuses telles que *Cytisus scoparius*, *Ulex europaeus* est visible sur le relevé situé au sud du département.

Indications de gestion

Ce groupement nécessiterait une étude plus approndie afin de conforter son existence dans la Sarthe. Si peu d'autres sites sont détectés, un débroussaillement régulier du site situé dans la vallée du Loir pourrait être réalisé afin de maintenir cet habitat.
La mise en place de sources de perturbation du sol (introduction de lapins, étrépage) pourrait être envisagée sur les sites possédant cet habitat mais où le sable commence à se stabiliser.

Ecogrammes


hygrophile
mésohygrophile
mésoxérophile
xérophile
acidiphile
neutrophile
basophile


eutrophe
mésotrophe
hyperoligotrophe
acidiphile
neutrophile
basophile

Groupe n° 3 : PELOUSES DU *SILENO CONICA–CERASTION SEMIDECANDRI*

Code Corine Biotope	34.12
Code habitat Eur 25	6120 (habitat prioritaire)
Prodrome	36.0.1.0.4

Caractéristiques stationnelles

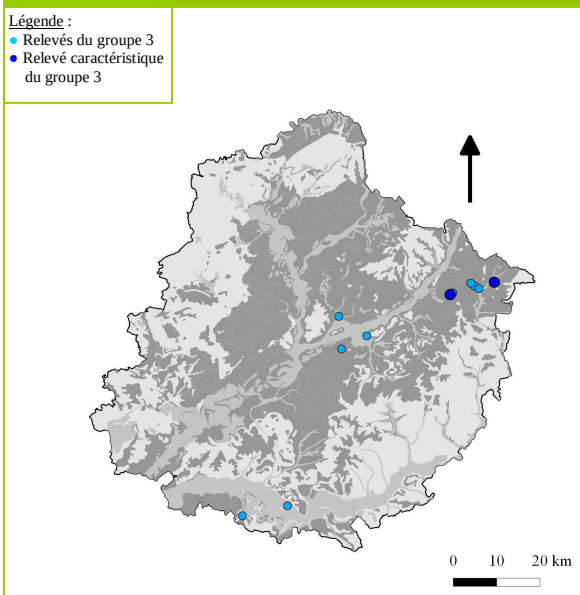
pH_{moy} = 7,6 ± 0,7
Substrat sableux calcaire sec
Pente généralement faible à nulle
Recouvrement de la strate herbacée souvent inférieure ou égale à 70 %
Recouvrement de la strate muscinale souvent supérieure à 65 %

Valeur patrimoniale

Espèces patrimoniales : *Alyssum alyssoides ; Armeria arenaria ; Artemisia campestri ; Cerastium pumilum ; Koeleria macrantha ; Silene conica.*

$Note^{dep}_{moy}$ = 10 ; $Note^{reg}_{moy}$ = 8,8

Localisation de pelouses appartenant au groupe 3



Description générale

Pelouses pionnières avec de nombreuses espèces annuelles, majoritairement situées dans la vallée de l'Huisne à l'est de la ville du Mans sur des sables du Crétacé et ponctuellement au sud du département. Groupement à forte valeur patrimoniale, une des plus importantes de tous les habitats de pelouses sableuses inventoriés.

Groupe d'espèces indicatrices

Cerastium semidecandrum ; Artemisia campestris ; Echium vulgare ; Silene conica ; Ononis spinosa ; Koeleria macrantha ; Medicago minima ; Bromus tectorum ; Alyssum alyssoides ; Sedum rubens ; ***Sedum acre ;*** *Saxifraga tridactylites ; Poa bulbosa ; Cerastium pumilum ; Himantoglossum hircinum ; Armeria arenaria.*

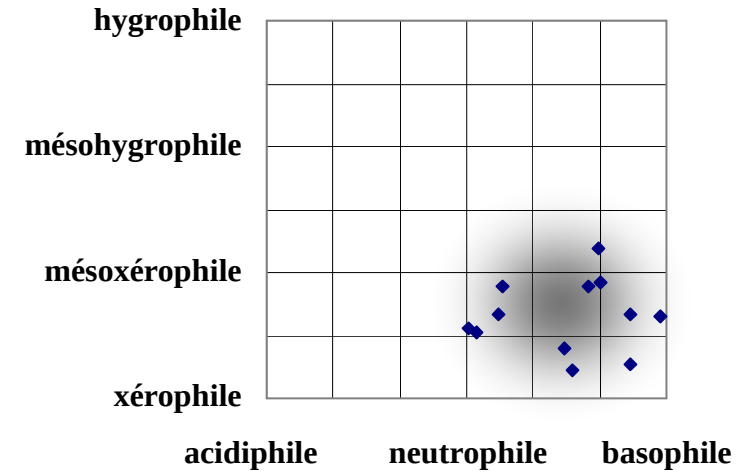
Menaces potentielles

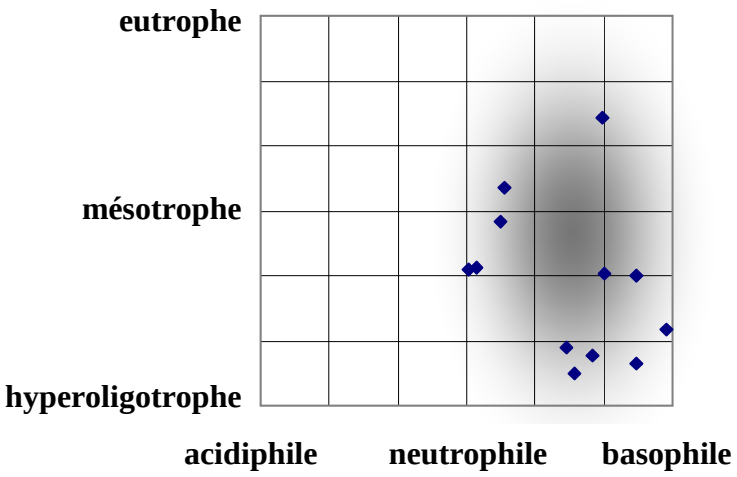
La fermeture du milieu semble aboutir à la diminution du nombre d'espèces indicatrices de ce groupement. Cette dynamique progressive pourrait à terme aboutir à la formation de pelouses sableuses des *Brometalia erecti* (*Armerienion elongatae*).

Indications de gestion

Ces pelouses ont un enjeu patrimonial important, il serait donc intéressant que les habitats possédant la plus forte valeur patrimoniale fassent l'objet d'un entretien et d'un suivi (placette permanente) dans le but de les maintenir d'autant qu'aucun habitat de ce type ne fait l'objet d'une gestion conservatoire actuellement dans le département. Des techniques tels que le fauchage, le pâturage extensif (pour les sites à valeur pastorale suffisante), l'introduction de lapins pourraient ralentir la dynamique naturelle.
Une restauration, en employant des techniques semblables aux précédentes, pourrait être envisagée pour les pelouses de surface assez grande dont le stade d'évolution naturelle est déjà assez avancé mais là où la présence de certaines espèces patrimoniales a déjà été répertoriée.

Ecogrammes


hygrophile
mésohygrophile
mésoxérophile
xérophile
acidiphile
neutrophile
basophile


eutrophe
mésotrophe
hyperoligotrophe
acidiphile
neutrophile
basophile

Groupe n°4 (et 5): PELOUSES DE L'*ARMERIENION ELONGATAE*

Code Corine Biotope	34.342
Code habitat Eur 25	6210 (38)
Prodrome	26.0.2.0.7.2

Caractéristiques stationnelles

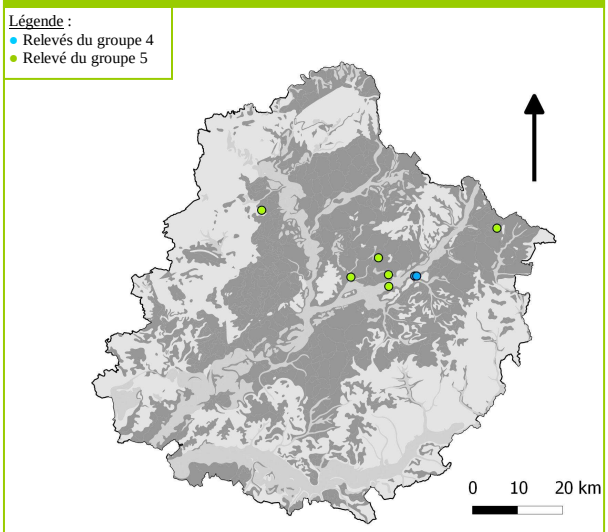
pH_{moy} = 7,4
Substrat sableux calcaire sec

Valeur patrimoniale

Espèces patrimoniales : *Phleum phleoides, Alyssum alyssoides ; Armeria arenaria ; Artemisia campestri ; Cerastium pumilum ; Koeleria macrantha ; Silene conica.*

$Note^{dep}_{moy}$ = 8,6 ; $Note^{reg}_{moy}$ = 17

Localisation de pelouses appartenant au groupe 4



Description générale

Les deux relevés de ce groupement se situent dans la vallée de l'Huisne. Cette sous-alliance, peu représentée dans l'inventaire, partage un certain nombre d'espèces avec le groupe 3 (*Sileno conicae-Cerastion semidecandri*) mais se caractérise par la présence de *Phleum phleoides* et de *Petrorhagia prolifera*. Cependant, cette sous-alliance est souvent présente sous une forme appauvrie (groupe 5).
Les espèces indicatrices différentes de celles du *Sileno conicae-Cerastion semidecandri* sont rares à l'échelle du département ce qui peut rendre difficile la détermination de ce groupement.

Groupe d'espèces indicatrices

Artemisia campestris ; Echium vulgare ; Cerastium pumilum ; Sedum acre ; Phleum phleoides ; Petrorhagia prolifera.
Cerastium semidecandrum ; Koeleria macrantha ; Silene conica.
Armeria arenaria.

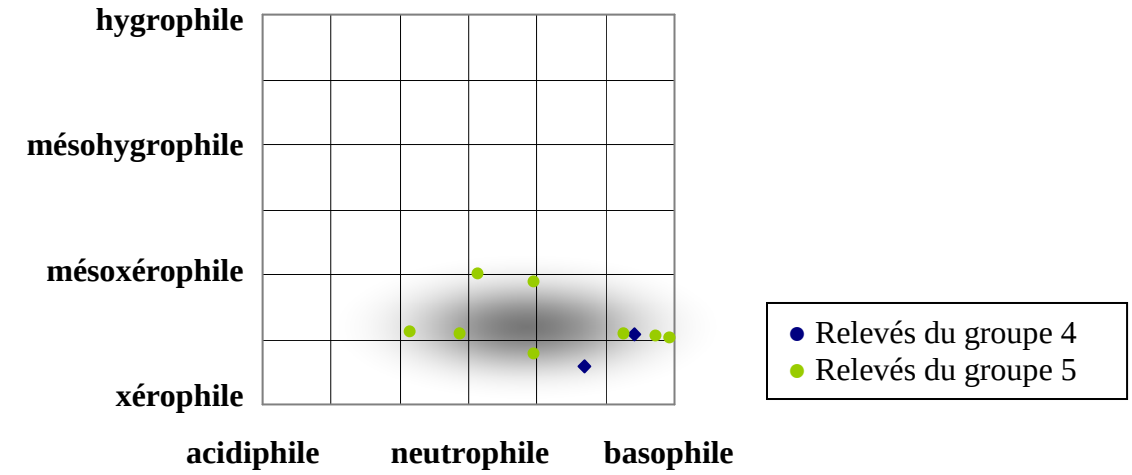
Menaces potentielles

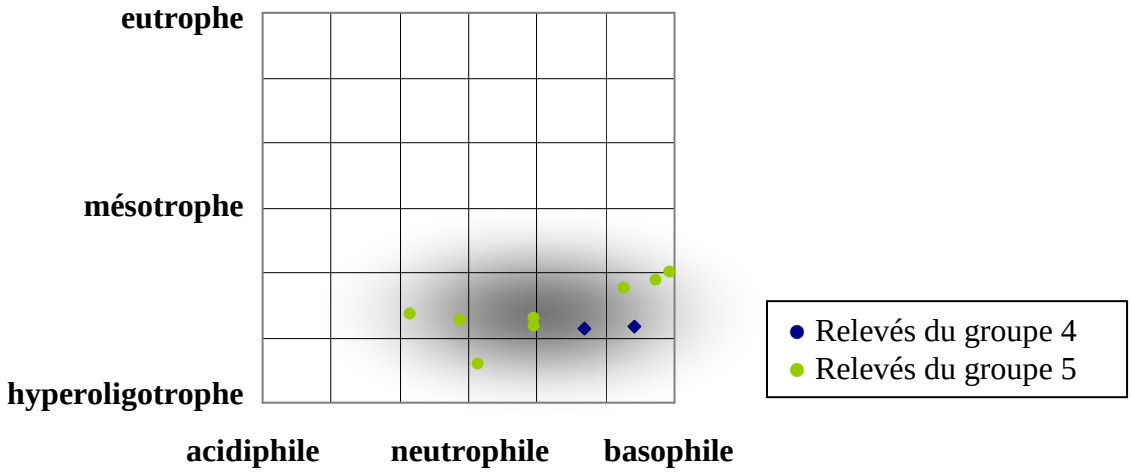
Compte tenu du faible nombre de relevés aucune menace n'a pu être mise en évidence sur ce type de pelouse.

Indications de gestion

Une étude approfondie de ce groupement permettrait de conforter l'existence de cette sous-alliance dans le département.
D'autre part, compte tenu de valeur patrimoniale potentielle des espèces de cet habitat et du fait que la présence ce groupement reste, a priori, assez restreinte il paraît intéressant de mettre en place une gestion des sites non encore gérés par fauchage ou pâturage extensif.

Ecogrammes


hygrophile
mésohygrophile
mésoxérophile
xérophile
acidiphile
neutrophile
basophile
Relevés du groupe 4
Relevés du groupe 5


eutrophe
mésotrophe
hyperoligotrophe
acidiphile
neutrophile
basophile
Relevés du groupe 4
Relevés du groupe 5

Annexe 7 : Liste des espèces patrimoniales

Espèce	Protection régionale	Liste rouge Pays-de-la-Loire	Statut de rareté en Sarthe (Rambaud, 2010)
Ajuga chamaepitys (L.) Schreb.		An.4(VU)	RR
Alyssum alyssoides (L.) L.		An.2(CR)	RRR
Arenaria serpyllifolia L. subsp. serpyllifolia			RR
Armeria arenaria (Pers.) Schult.		An.5(NT)	RRR
Artemisia campestris L.		An.3(EN)	RRR
Asperula cynanchica L.			RR
Bromus tectorum L.			RR
Carex pairae F.W.Schultz			R
Cerastium pumilum Curtis		An.5(NT)	RR
Cerastium semidecandrum L.			R
Chondrilla juncea L.			RR
Coincya cheiranthos (Vill.) Greuter & Burdet			R
Corynephorus canescens (L.) P.Beauv.			RR
Crassula tillaea Lest.-Garl.			R
Crepis sancta (L.) Bornm. subsp. nemausensis (Vill.) Babc.			R
Draba muralis L.			R
Erophila verna (L.) Chevall. subsp. verna			RR
Festuca pratensis Huds.			R
Halimium umbellatum (L.) Spach		An.5(NT)	RR
Herniaria glabra L.			R
Herniaria hirsuta L.			R
Hypochaeris glabra L.			RR
Koeleria macrantha (Ledeb.) Schult.		An.4(VU)	RR
Linaria supina (L.) Chaz.			RR
Logfia minima (Sm.) Dumort.			R
Lotus angustissimus L.			RR
Medicago minima (L.) L.			RR
Minuartia hybrida (Vill.) Schischk.			R
Ormenis nobilis (L.) Coss. & Germ.			R
Ornithopus compressus L.	X	An.5(NT)	RR
Parentucellia viscosa (L.) Caruel			RR
Petrorhagia prolifera (L.) P.W.Ball & Heywood			R
Phleum phleoides (L.) H.Karst.		An.2(CR)	RRR
Poa angustifolia L.		An.4(VU)	NRR
Poa bulbosa L.			RR
Poa compressa L.			R
Sesamoides purpurascens (L.) G.Lopez		An.5(NT)	RR
Silene conica L.			RRR
Spergula pentandra L.		An.2(CR)	RRR
Thymus praecox Opiz			RR
Trifolium incarnatum L.			RRR
Trifolium striatum L.			R
Trifolium subterraneum L.			R
Tuberaria guttata (L.) Fourr.			R
Turritis glabra L.		An.4(VU)	R
Vicia lathyroides L.			RR
Vicia lutea L.			R
Vicia sativa L. subsp. sativa			RR

Légende:
CR: plante en danger critique de disparition
EN: plante en danger de disparition
VU: plante vulnérable
NT: plante quasi-menacée

R: taxon rare
RR: taxon très rare
RRR: taxon extrêmement rare

Annexe 8 : Liste des espèces indicatrices des groupes de relevés

	Espèces
Pelouse du Thero-airion en mosaïque avec une pelouse des Nardetalia	Ornithopus perpusillus L. Vulpia bromoides (L.) Gray Aira caryophyllea L. Mibora minima (L.) Desv. Teesdalia nudicaulis (L.) R.Br. Vicia lathyroides L. Aphanes australis Rydb. Arabidopsis thaliana (L.) Heynh. Myosotis ramosissima Rochel Aira praecox L. Scleranthus annuus L. Spergula arvensis L. Logfia minima (Sm.) Dumort. Crassula tillaea Lest.-Garl. Ornithopus compressus L. Trifolium striatum L. Filago vulgaris Lam. Myosotis discolor Pers. Spergula pentandra L. Tuberaria guttata (L.) Fourr. Lotus angustissimus L. Vulpia myuros (L.) C.C.Gmel. Minuartia hybrida (Vill.) Schischk. Hypochaeris radicata L. Rumex acetosella L. Anthoxanthum odoratum L. Hypochaeris glabra L. Jasione montana L. Hieracium pilosella L. Luzula campestris (L.) DC. Potentilla neglecta Baumg. Agrostis capillaris L.
Pelouse du Corynephorion canescetis	Corynephorus canescens (L.) P.Beauv. Trifolium subterraneum L. Sesamoides purpurascens (L.) G.Lopez
Pelouse du Sileno conicae-Cerastion semidecandri	Cerastium semidecandrum L. Artemisia campestris L. Silene conica L. Ononis spinosa L. subsp. maritima (Dumort. ex PirÚ) P.Fourn. Koeleria macrantha (Ledeb.) Schult. Echium vulgare L. Medicago minima (L.) L. Sedum acre L. Bromus tectorum L. Alyssum alyssoides (L.) L. Sedum rubens L. Saxifraga tridactylites L. Cerastium pumilum Curtis Poa bulbosa L. Himantoglossum hircinum (L.) Spreng. Armeria arenaria (Pers.) Schult.
Pelouse de l'Armerienion elongatae	Phleum phleoides (L.) H.Karst. Petrorhagia prolifera (L.) P.W.Ball & Heywood
Pelouse des Festuco valesiacae-brometea erecti	Sanguisorba minor Scop. subsp. minor Scabiosa columbaria L. Avenula pubescens (Huds.) Dumort. Thymus praecox Opiz Asperula cynanchica L. Muscari comosum (L.) Mill. Euphorbia cyparissias L. Thymus pulegioides L. Potentilla neumanniana Rchb. Sedum rupestre L. Ranunculus bulbosus L. Eryngium campestre L. Taraxacum erythrosperma Gr. Bromus erectus Huds. Lotus corniculatus L. Orchis simia Lam. Pimpinella saxifraga L. Brachypodium pinnatum (L.) P.Beauv. Clinopodium vulgare L. Origanum vulgare L. Carex spicata Huds. Ophrys aranifera Huds.

Annexe 9 : Tableau récapitulatif des résultats des tests statistiques effectués

		Pressions physiques							Pressions chimiques			Pressions biologiques			
		pâturage	piétinment	fauchage	gratis lapins ou taupinieres	insectes ou lézard	sable mobile	pente	route	culture	activités anthropique autre	exposition	végéation ligneuse compétitrice	ombrage	espèces invasives
Groupe 1 : *Thero-Airion* en mosaïque avec du *Violion caninae* (n=34)	Patrimonialité régionale	0	NA		0	+	0						0	0	0
	Patrimonialité départementale					+									
	% d'espèces typiques de pelouses	+			-	0									
	% d'espèces non typiques de pelouses	0			-								-		
Groupe 2 : *Corynephorion canescenti* (n=2)	Patrimonialité régionale	NA													
	Patrimonialité départementale														
	% d'espèces typiques de pelouses														
	% d'espèces non typiques de pelouses														
	Note de présence d'invasives														
Groupe 3 : *Sileno conicae-Cerastion semidecandri* (n=12)	Patrimonialité régionale	NA			0										
	Patrimonialité départementale														
	% d'espèces typiques de pelouses														
	% d'espèces non typiques de pelouses														
	Note de présence d'invasives														
Groupe 4 : *Armerienion elongatae* (n=2)	Patrimonialité régionale	NA													
	Patrimonialité départementale														
	% d'espèces typiques de pelouses														
	% d'espèces non typiques de pelouses														
	Note de présence d'invasives														
Groupe 5 : *Festuco valesiacae-Brometea erecti* (*Armerienion elongatae* appauvri) (n=6)	Patrimonialité régionale	NA		0		NA	0								
	Patrimonialité départementale														
	% d'espèces typiques de pelouses														
	% d'espèces non typiques de pelouses														
	Note de présence d'invasives														

Légende:
NA: nombre de données insuffisant pour réaliser le test statistique
0: test non significatif
+: test significatif, relation positive
-: test significatif, relation négative

Résumé

Les pelouses sableuses de la Sarthe n'ont presque jamais fait l'objet d'études jusqu'à maintenant. Ce mémoire de fin d'études donne les premières bases d'évaluation de la diversité des pelouses sableuses de la Sarthe. L'étude débute par un bilan des connaissances puis par l'élaboration d'un protocole d'échantillonnage afin d'inventorier le maximum de diversité d'habitats. L'inventaire effectué sur le terrain est ensuite analysé phytosociologiquement afin de faire ressortir des groupements végétaux qui font ensuite l'objet d'une description de leurs caractéristiques et des menaces auxquels ils doivent faire face. Enfin, des mesures de gestion de ces habitats sont proposées dans le but de maintenir leur diversité.