



HAL
open science

Les plantes indicatrices du climat en France et leur télédétection

Emmanuel Garbolino

► **To cite this version:**

Emmanuel Garbolino. Les plantes indicatrices du climat en France et leur télédétection. Ecologie, Environnement. Université Nice Sophia Antipolis, 2001. Français. NNT : . tel-00008446

HAL Id: tel-00008446

<https://theses.hal.science/tel-00008446v1>

Submitted on 11 Feb 2005

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

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

UNIVERSITE DE NICE – SOPHIA ANTIPOLIS
U.F.R. ESPACES ET CULTURES
U.M.R. 6012 E.S.P.A.C.E., Equipe de Nice

Les plantes indicatrices du climat en France et leur télédétection

Volume 1 : Exposé de la thèse

Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'Université de Nice-Sophia Antipolis

Discipline : Géographie

Présentée et soutenue publiquement par

Emmanuel GARBOLINO

Le 12 Décembre 2001

Commission d'examen :

François BLASCO, directeur de recherche, Université Paul Sabatier, Toulouse 3, Président

Joël CHARRE, professeur, Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse, Rapporteur

André DAUPHINE, professeur, Université de Nice-Sophia Antipolis, Directeur

Maryse GUIGO, professeur, Université Joseph Fourier, Grenoble 1, Rapporteur

Henry BRISSE, ingénieur de recherche, Université de Saint-Jérôme, Aix-Marseille 3, Invité

à Monica...

REMERCIEMENTS

Une thèse est une entreprise dont la réussite n'est possible qu'avec l'aide d'un certain nombre de personnes. Ainsi, je tiens à exprimer, dans ces trop brèves formules, mes très sincères remerciements :

- à André Dauphiné, professeur à l'université de Nice-Sophia Antipolis, pour m'avoir accueilli au sein du Laboratoire d'Analyse Spatiale et pour avoir suivi mes recherches ;
- à François Blasco, directeur de recherche à l'Université Paul Sabatier de Toulouse 3, pour avoir bien voulu faire partie du jury de cette thèse ;
- à Joël Charre, professeur à l'Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse, pour sa participation dans le jury de cette thèse ;
- à Maryse Guigo, professeur à l'Université Joseph Fourier de Grenoble 1, pour son concours dans le jury de la présente thèse ;
- à Henry Brisse, ingénieur de recherche à l'université d'Aix-Marseille III, pour son aide dans la réalisation de cette thèse ;
- à Gilles Grandjouan, ingénieur de recherche à l'Université de Montpellier 2, pour ses conseils au sujet des traitements numériques ;
- à Patrice de Ruffray, ingénieur d'étude à l'Université de Strasbourg, pour la mise à disposition des données de la banque « Sophy » ;
- à Alfred de Jager, consultant en SIG et SGBD au JRC de Ispra, pour son aide dans l'apprentissage de la programmation et de l'exploitation des bases de données relationnelles ;
- à Michel Amsellem, responsable du secteur informatique des unités ARIS et EGEO au JRC de Ispra, pour m'avoir permis d'utiliser les données NOAA AVHRR sur la France ;
- à Jean Meyer-Roux, responsable de l'unité EGEO au JRC de Ispra, pour m'avoir accueilli au sein de son unité durant un stage de neuf mois ;
- aux membres de Centre de Calculs de Saint-Jérôme, Aix-Marseille III, et plus particulièrement à Robert Jacquier, ex-directeur, Dominique Muller et Alain Bock, pour m'avoir donné les moyens de réaliser les calculs de cette thèse ;
- aux personnes de ma famille et à mes amis, pour leur soutien infaillible et la confiance qu'ils m'ont témoignée tout au long de cette aventure.

RESUME

Dès ses débuts, la géographie botanique a reconnu l'influence du climat sur la répartition des plantes grâce à la comparaison de territoires et à l'examen de limites climatiques et floristiques. Elle a exprimé cette influence par des cartes plus que par des mesures. Elle a progressivement donné naissance à une discipline biologique, l'écologie végétale, qui se fonde, en milieu naturel, sur des observations stationnelles et sur des traitements numériques. Mais cette discipline a surtout mesuré les variables stationnelles les plus accessibles, celles qui concernent le substrat de la végétation plutôt que son climat, tout au moins à grande échelle. Aujourd'hui, cette discipline dispose d'une banque de données climatiques, celle de Météo-France, et d'une banque de données floristiques «Sophy». Elle peut établir les relations entre plantes et climats sur une base stationnelle et numérique, donc plus objective, plus précise et plus complète que la géographie botanique.

Le réseau météorologique national fournit des données standardisées dans 828 postes en France. Parmi les facteurs les plus actifs sur les plantes, il y a la température du jour et de la nuit, mois par mois, reflétées respectivement par la température mensuelle maximale et minimale ; il y a également les hauteurs et les fréquences mensuelles des précipitations. Ces facteurs sont ramenés à une même période de référence après estimation des données manquantes. De son côté, la banque «Sophy» fournit les présences et les abondances de 4.500 taxons botaniques dans 140.000 stations en France. Elle permet de distinguer le comportement d'une plante soit par sa présence, soit par un seuil d'abondance. La conjonction de ces deux banques fournit un échantillonnage d'environ 12.000 stations floristiques réparties entre les climats de 574 postes.

La dépendance apparente d'une plante envers un facteur se manifeste par la concentration de ses présences dans la gamme du facteur. Cette concentration se calcule comme une probabilité et elle suit un gradient rigoureusement unimodal dans la gamme du facteur. La concentration maximale exprime le pouvoir indicateur de la plante, de telle façon que ce paramètre ne soit nul que pour une plante ubiquiste. Ce pouvoir indicateur est d'autant plus élevé que la plante est meilleure indicatrice. Le rang de la concentration maximale indique la position optimale de la plante. Les douze pouvoirs indicateurs et les douze positions optimales résument le comportement d'une plante dans la gamme d'un facteur. Ce travail présente le catalogue des comportements pour 2.800 plantes indicatrices du climat et pour six grandeurs climatiques sous la forme de graphiques. Le catalogue présente aussi la répartition géographique de chaque plante entre les 140.000 stations de la banque «Sophy». Ce catalogue n'est pas seulement un dictionnaire écologique des plantes indicatrices du climat. Il est aussi un outil informatique qui permet d'estimer avec précision le climat dans une communauté dépourvue de poste météorologique et d'introduire ainsi le climat de façon numérique dans toute étude phyto-écologique en France.

Mis à part l'application précédente, le catalogue ne montre pas de synthèse. Il est complété par une classification climatique des plantes qui montre la hiérarchie des phénomènes et leur importance statistique. Cette classification détermine des groupes de plantes ayant des comportements similaires d'après leurs fidélités cumulées aux rangs des variables climatiques. Elle caractérise un groupe par ses pouvoirs indicateurs et ses positions optimales. Elle aboutit à un catalogue des principaux groupes, depuis les plus nombreux et les plus différents, constituant les premiers niveaux de synthèse, jusqu'aux plus détaillés. Elle montre que le gradient phytoclimatique majeur sépare le littoral, la région méditerranéenne et les montagnes des plaines continentales. Le groupe littoral, par exemple, se subdivise en groupes atlantiques et méditerranéens, puis en sous-groupes cantonnés dans une partie seulement de chaque climat.

Un travail analogue est entrepris sur les relations entre les plantes et les variables du satellite NOAA. Comme en géographie botanique, les relations entre plantes et mesures satellitaires se fondent souvent sur la superposition de ces images, basées sur un indice de végétation (NDVI),

avec des cartes de végétation. Ces images et leur interprétation montrent de grandes catégories de végétation, telles que formations forestières et cultures. La banque « Sophy » permet une étude stationnelle et non plus cartographique du phénomène. Cette banque associe des données floristiques à des données satellitaires issues du même emplacement, dans 11.000 pixels de 5,5 km de côté. Les synthèses mensuelles du NDVI montrent des différences de comportement entre les plantes de formations différentes, telles que prairies, forêts, ripisylves, formations méditerranéennes et les landes atlantiques, littorales et montagnardes. Les pouvoirs indicateurs sont parfois élevés et similaires pour les plantes de la même formation. Mais ils montrent encore quelques incohérences, soit d'un mois sur l'autre, soit d'une variable satellitaire à une autre, faute d'une standardisation insuffisante dans la caractérisation des pixels. Des variables satellitaires standardisées portant sur une plus longue période, dont les données manquantes seraient calculées, devraient être susceptibles de localiser des phytoclimats, grâce aux groupes de plantes qui les représentent, et de généraliser sur le terrain les connaissances stationnelles de la phytoclimatologie.

RIASSUNTO

Fin dal suo esordio, la geografia botanica ha riconosciuto l'influenza del clima sulla distribuzione delle piante, grazie al confronto fra i territori e all'esame dei confini climatici e floristici. Essa ha espresso tale influenza per mezzo di carte piuttosto che di misure. Ha dato origine poi progressivamente ad una disciplina biologica, l'ecologia vegetale, che si fonda, nel contesto della natura, su rilevazioni della composizione floristica di una carta area, detta « stazione », fatte direttamente sul luogo, e dalla loro rielaborazione informatica. Questa disciplina ha misurato soprattutto le variabili « stazionali », ossia rilevate in una data stazione, più accessibili, cioè quelle che riguardano il substrato della vegetazione piuttosto che il suo clima, almeno su larga scala. Oggi questa disciplina dispone di una banca di dati climatici, quella di Meteo-France, e di una banca di dati floristici « Sophy ». Essa può stabilire delle relazioni tra piante e climi basandosi su un metodo stazionale e informatico, quindi più oggettivo, più preciso e più completo rispetto alla geografia botanica.

Il sistema metereologico nazionale fornisce dati standardizzati in 828 postazioni in Francia. Tra i fattori più attivi sulle piante vi è la temperatura diurna e notturna, mese per mese, espresse rispettivamente dalla temperatura mensile massima e minima, i picchi e le frequenze mensili delle precipitazioni. Tali fattori sono rielaborati in uno stesso periodo di riferimento dopo aver stimato i dati mancanti. Da parte sua la banca « Sophy » fornisce la presenza e l'abbondanza di 4500 taxa botanici in 140.000 stazioni in Francia. Permette inoltre di distinguere il comportamento di una pianta sia in base alla sua presenza, sia in base alla soglia di abbondanza. L'integrazione delle due banche fornisce un campionamento di circa 12.000 stazioni floristiche, ripartite fra i climi di 574 osservatori.

La dipendenza apparente di una pianta rispetto ad un fattore si manifesta attraverso la concentrazione della pianta nella scala di misurazioni del fattore stesso. Tale concentrazione si calcola come una probabilità e segue un gradiente rigorosamente unimodale nella scala del fattore. La concentrazione massima esprime il potere indicatore della pianta, in modo tale che questo parametro sia nullo solo per una pianta ubiquitaria. Tale potere indicatore è tanto più elevato quanto più la pianta è una migliore indicatrice. Il livello della concentrazione massima indica la posizione ottimale della pianta. I dodici poteri indicatori e le dodici posizioni ottimali riassumono il comportamento della pianta nella scala del fattore. Questo lavoro presenta il catalogo dei comportamenti di 2800 piante indicatrici del clima e di 6 grandezze climatiche sottoforma di grafici.

Il catalogo presenta anche la ripartizione geografica di ciascuna pianta fra le 140.000 stazioni della banca « Sophy ». Questo catalogo non è soltanto un dizionario ecologico di piante indicatrici del clima. E' anche uno strumento informatico che permette di stimare con precisione il clima in una comunità priva di postazione metereologica e di introdurre così una valutazione informatica del clima in ogni studio fito-ecologico in Francia.

Eccellenza fatta per l'applicazione precedente, il catalogo non mostra sintesi. E' completato da una classificazione climatica delle piante, che indica la gerarchia dei fenomeni e la loro importanza statistica. Questa classificazione determina gruppi di piante che possiedono comportamenti simili in base alle loro fedeltà accumulate nei livelli delle variabili climatiche. Caratterizza inoltre un gruppo attraverso i suoi poteri indicatori e le sue posizioni ottimali. Approda ad un catalogo dei principali gruppi, fra i più numerosi e diversi, partendo dai primi livelli di sintesi, fino ai più dettagliati. Essa mostra che il gradiente fitoclimatico maggiore separa il litorale, la regione mediterranea e le montagne dalle pianure continentali. Il gruppo litorale per esempio si suddivide in gruppi atlantici e mediterranei, quindi in sottogruppi localizzati in una parte soltanto di ciascun clima.

Si é intrapreso un lavoro analogo sulle relazioni tra le piante e le variabili del satellite NOAA. Come per la geografia botanica, le relazioni fra le piante e le misure satellitarie si fondano spesso sulla sovrapposizione di tali immagini, basate su un indice di vegetazione (NDVI), con carte di vegetazione. Queste immagini e la loro interpretazione mostrano grandi categorie di vegetazioni quali le formazioni forestiere e colturali. La banca «Sophy» permette uno studio stazionario e non più cartografico del fenomeno. Questa banca associa i dati floristici ai dati satellitari provenienti dalla stessa postazione, nei 11.000 pixels di lato.

Le sintesi mensili del NDVI mostrano delle differenze di comportamento fra le piante di diversa formazione, come le praterie, le foreste, i boschi umidi, le formazioni mediterranee, e le lande atlantiche, litorali e montagnose. I poteri indicatori sono talvolta elevati e simili per le piante della stessa formazione. Ma mostrano ancora qualche incoerenza, sia da un mese all'altro, sia da una variabile satellitaria all'altra, a causa di una standardizzazione insufficiente nella caratterizzazione dei pixels. Variabili satellitarie tandardizzate, misurate su un periodo più lungo, dovrebbero essere in grado di localizzare i fitoclimi, grazie ai gruppi di piante che li rappresentano, e di generalizzare sul terreno le conoscenze stazionario della fitoclimatologia.

SUMMARY

From its beginnings, the botanical geography has recognized the influence of the climate on the distribution of the plants thanks to the comparison of territories and the study of climatic and floral limits. It has expressed this influence with maps rather than measurements. It has progressively given birth to a biological discipline, the plant ecology, which blends, in a natural environment, with field observations and with numerical treatments. But this discipline has mainly measured the most readily available field variables, namely those which concern the substrate of the vegetation rather than its climate, at least on a large scale. This discipline has today a climatic data bank, the one from Météo-France, and a floral data bank "Sophy" at its disposal. It can establish relations between plants and climates on a field and numerical basis, and is therefore more objective, more precise and more complete than the botanical geography.

The national meteorological network delivers standardised data from 828 stations in France. Among the most active factors on the plants, there are the day and the night temperatures, month by month, reflected respectively by the monthly maximum and minimum temperatures; there are also the amounts and the monthly frequencies of rainfall. These factors are reduced to an equal period of reference after estimation of the missing data. The bank 'Sophy' for its part supplies the presence and the abundance of 4 500 botanical taxons from 140 000 stations in France. It allows to distinguish the behavior of a plant be it by its presence or be it by a threshold of abundance. The conjunction of the two banks supplies a sampling of about 12 000 floral stations distributed between the climates of 574 stations.

The apparent dependance of a plant on a factor is shown by the concentration of its presence on a factor scale. This concentration can be calculated as a probability and it follows a rigorous unimodal gradient on the factor scale. The maximal concentration expresses the power indicator of the plant in a way that this parameter is only zero for an omnipresent plant. This power indicator is all the more elevated the better the plant is indicative. The maximum concentration rank indicates the optimal position of the plant. The twelve power indicators and the twelve optimal positions summarize the behavior of a plant on the factor scale. This work presents the catalogue of behaviors for 2 800 plants indicative of the climate and for six climatic sizes in graphic form. The catalogue also presents the geographical distribution of all plants among the 140 000 field stations of the 'Sophy' data bank. This catalogue is not only an ecological dictionary of climate indicative plants. It is also an information tool which allows to estimate with precision the climate in a community which is deprived of a meteorological station and which therefore allows to introduce the climate in a numerical way in all phyto-ecological studies in France.

Apart from the above mentioned application, the catalogue does not show a synthesis. It is completed by a climatic classification of plants which show the hierarchy of phenomena and their statistical importance. This classification determines the plant groups having similar behaviors according to their accuracy accumulated in the ranks of the climatic variables. It characterises a group by its indicative powers and its optimal positions. It ends in a catalogue of principal groups, from the most numerous and the most different, forming the leading levels of synthesis, to the most detailed. It shows that the major phytoclimatic gradient separates the coast, the Mediterranean region and the mountains of the continental plains. The coastal group, for example, can be subdivided in Atlantic and Mediterranean groups, then in subgroups confined to only a part of each climate.

A similar work has been done concerning the relations between the plants and the variables of the satellite NOAA. As in the botanical geography, the relations between plants and satellite measurements are often founded on the superimposition of these images, based on a vegetation index (NDVI = Normalized Difference Vegetation Index), with vegetation charts. These images and

their interpretation show large vegetation categories, like forest and farming formations. The bank 'Sophy' allows an observation study and not only a cartographic study of the phenomenon. This bank links the floral data with the satellite data given of the same place, in 11 000 pixels of 5,5 km to the side. The monthly synthesis of the NDVI shows the differences of behavior between the plants of different formations, like the grassland, forests, ripisylves (vegetation of humid zones), Mediterranean formations and the Atlantic moors, coasts and mountains. The power indicators are sometimes high and similar for the plants of the same formation. But they are still showing some incoherences, be they from one month to another, be they from one satellite variable to another, for want of an insufficient standardisation in the characterisation of the pixels. Standardised satellite variables over a longer period, missing data of which could be calculated, might be capable to localise phytoclimates, thanks to the groups of plants they represent, and to generalise in the field the observation knowledge of the phytoclimatology.

AVANT PROPOS

Détermination puis télédétection des phytoclimats : deux objectifs inégalement réalisés

Le but de ce travail est non seulement d'améliorer l'étalonnage et la classification des plantes indicatrices du climat à l'échelle de la France, mais de tenter de détecter ces relations par des mesures satellitaires. Il prolonge les travaux réalisés depuis trente ans par une équipe de botanistes et d'écologues dans le domaine de la phytoclimatologie et de la socio-écologie (Brisse et Grandjouan, 1971; Brisse *et al.*, 1998). Il utilise la banque de données floristiques «Sophy» qui recense la présence et l'abondance d'environ 4.500 taxons dans plus de 110.000 localités situées dans toute la France. Il améliore les résultats antérieurs grâce aux trois perfectionnements essentiels suivants :

1°) l'enrichissement des données floristiques recensées dans la banque : elles sont aujourd'hui dix fois plus nombreuses qu'en 1980 ;

2°) l'enrichissement du réseau des postes pluvio-thermométriques de Météo-France : le réseau disponible a quadruplé depuis la même époque ;

3°) enfin, l'augmentation considérable de la vitesse et de la mémoire des ordinateurs qui a permis d'adapter les calculs à la multiplicité des données en milieu naturel.

Ces trois perfectionnements sont de nature technique pour l'écologie, mais ils ont entraîné un progrès scientifique par la précision et la généralité des nouveaux résultats. Ils ont abouti à un catalogue des plantes indicatrices du climat, ainsi qu'à un catalogue des phytoclimats qui résumant les comportements des plantes indicatrices.

Le présent mémoire ne se limite pas à l'étude des relations entre plantes et climats. Il vise aussi à quantifier les relations entre les phytoclimats et les mesures satellitaires. L'essor considérable durant les trente dernières années de l'utilisation des satellites pour la cartographie de la végétation et des milieux montre l'intérêt porté par les scientifiques et les gestionnaires pour la télédétection. Les pixels d'une image satellitaire couvrent le territoire de façon continue alors que les relevés de terrain et les postes météorologiques occupent des emplacements discontinus relativement ponctuels. La télédétection des phytoclimats est la partie la plus novatrice de notre travail.

Cependant cette étude est moins avancée pour la télédétection que pour le climat. En effet, les météorologistes ont établi depuis longtemps la pertinence des mesures climatiques quotidiennes. Ils les ont résumées par des valeurs moyennes comparables d'une localité à une autre. En revanche, les mesures satellitaires sont plus récentes. Elles visent souvent des buts à court terme alors que le climat conditionne la flore à long terme. Elles sont tout aussi volumineuses que les mesures climatiques, mais elles comportent des lacunes beaucoup plus nombreuses en raison de perturbations atmosphériques. Elles demanderont un traitement original pour établir des valeurs caractéristiques analogues aux « normales » climatiques. C'est pourquoi cette étude ne présente encore que des exemples d'étalonnage satellitaire de plantes, lesquelles sont considérées comme des témoins des caractéristiques spectrales des milieux qui les abritent. La démarche employée montre ainsi une méthode susceptible de localiser des phytoclimats.

Le présent mémoire comporte deux fascicules et un CD-ROM. Le premier fascicule présente l'exposé de la thèse, depuis les données et les méthodes jusqu'aux principaux résultats. Le second fascicule contient des exemples plantes indicatrices du climat et de 100 phytoclimats, tous présentés de façon standardisée pour les rendre facilement consultables. Le CD-ROM contient le catalogue complet des plantes indicatrices des variables climatiques et satellitaires, ainsi que l'ensemble des phytoclimats.

TABLE DES MATIERES

Premier fascicule : Exposé de la thèse

LES PLANTES INDICATRICES DU CLIMAT EN FRANCE ET LEUR TELEDETECTION

REMERCIEMENTS

RESUME

RIASSUNTO

SUMMARY

AVANT PROPOS

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GENERALE	1
1.1. Objectif de la recherche	1
1.2. Echelle de perception des phénomènes étudiés	2
1.2.1. Echelle de perception des relations entre plantes et climats	2
1.2.2. Echelle de perception des relations entre plantes et mesures satellitaires	2
1.3. Hypothèses de recherche	3
1.3.1. Expression du lien entre une plante et un facteur du milieu.....	3
1.3.2. Influences des facteurs climatiques sur les plantes.....	4
1.3.2.1. <i>Le climat : définition et caractérisation</i>	4
1.3.2.2. <i>Importance des valeurs moyennes dans les relations entre plantes et climats</i>	5
1.3.2.3. <i>Action de la température et des précipitations sur les plantes</i>	6
1.3.3. Evolution des méthodes en phytoclimatologie	7
1.3.3.1. <i>La démarche géographique en phytoclimatologie : le problème des limites</i>	7
1.3.3.2. <i>La géographie des associations végétales</i>	8
1.3.3.3. <i>La démarche écologique stationnelle en phytoclimatologie</i>	9
1.3.4. Propositions pour une démarche stationnelle et probabiliste en phytoclimatologie	10
1.3.4.1. <i>Nature des données floristiques et climatiques</i>	10
1.3.4.2. <i>Schéma d'un traitement probabiliste</i>	11
1.3.5. Télédétection de la végétation : concepts généraux et méthodes	11
1.3.5.1. <i>Concepts généraux sur les propriétés optiques des végétaux</i>	12
1.3.5.2. <i>Intérêt de NOAA AVHRR pour la télédétection de la végétation</i>	13
1.3.5.3. <i>Les méthodes d'étude de la télédétection des végétaux terrestres</i>	15
1.3.6. Une démarche écologique probabiliste pour la télédétection de la végétation	16

1.4. Conclusion : intérêt d'une démarche stationnelle et probabiliste pour l'étude des relations entre les plantes et leurs milieux	16
CHAPITRE 2 : DONNEES FLORISTIQUES ET CLIMATIQUES	18
2.1. Les données floristiques de la banque « Sophy »	18
2.1.1. Les relevés phytosociologiques	18
2.1.2. Localisation des relevés	20
2.1.3. Les codes floristiques	21
2.1.4. Références bibliographiques	22
2.1.5. Bilan de la banque « Sophy »	23
2.2. Les données climatiques de Météo-France	24
2.2.1. Variables climatiques utilisées	24
2.2.2. Estimation des données climatiques manquantes	26
2.2.2.1. Principe du calcul des données manquantes	26
2.2.2.2. Résultats du calcul des données manquantes	28
2.3. Echantillonnage des relevés aux alentours des postes climatiques	30
CHAPITRE 3 : UN MODELE PROBABILISTE DES RELATIONS ENTRE PLANTES ET CLIMATS	32
3.1. Introduction	32
3.2. Approches usuelles en écologie végétale et choix d'une méthode probabiliste	32
3.2.1. La méthode phyto-écologique	32
3.2.1.1. Découpage des mesures environnementales en classes	32
3.2.1.2. Fréquences corrigées et profils écologiques	33
3.2.1.3. Sélection des espèces et des descripteurs selon leur information mutuelle	39
3.2.1.4. Constitution des groupes écologiques de taxons	41
3.2.1.5. Conclusion sur l'analyse fréquentielle	43
3.2.2. Corrélations et régressions	43
3.2.3. Les analyses multidimensionnelles	44
3.2.4. Les classifications	47
3.2.5. Conclusion sur les hypothèses des procédés usuels en écologie végétale	49
3.3. Etalonnage climatique de la flore	49
3.3.1. Principes généraux	49
3.3.2. Codage des données ordinales par des rangs	50
3.4. Influence d'un facteur sur une plante	51

3.4.1. Proximité d'un taxon dans la gamme d'un facteur climatique	51
3.4.2. Caractérisation du comportement climatique d'un taxon	53
3.4.3. Représentation graphique des comportements climatiques	53
3.5. Estimation du climat d'après la flore	56
3.5.1. Position modale d'une distribution	56
3.5.2. Justesse et stabilité des estimations	58
3.6. Classification climatique des plantes	59
3.6.1. Pourquoi une classification climatique des plantes ?	59
3.6.2. Importance des fidélités cumulées comme moyen de comparaison des comportements	60
3.6.3. Choix d'une mesure de distance entre les comportements	60
3.6.4. Justesse des niveaux de synthèse	61
3.6.5. Comportement climatique d'un groupe phytoclimatique	62
3.6.6. Représentation graphique des comportements des groupes phytoclimatiques	63
3.6.7. Cartographie des groupes phytoclimatiques	63
3.7. Conclusion	64
CHAPITRE 4 : LES PLANTES INDICATRICES DU CLIMAT	66
4.1. Introduction	66
4.2. Exemples de comportements climatiques de taxons en France	67
4.3. Expression de comportements climatiques de taxons en fonction de leur abondance	75
4.4. Comportements climatiques de taxons issus de mêmes genres	77
4.4.1. Comportements climatiques des taxons du genre <i>Cistus</i>	77
4.4.2. Comportements climatiques des taxons du genre <i>Genista</i>	80
4.4.3. Comportements climatiques des taxons du genre <i>Lonicera</i>	83
4.5. Discussion sur les principaux catalogues de comportements climatiques	86
4.5.1. Le catalogue d'Ellenberg	87
4.5.2. Le catalogue de l'USGS	89
4.5.3. Apports du nouvel étalonnage climatique de la flore par rapport aux précédents	91
4.6. Conclusion et perspectives	94
CHAPITRE 5 : LES PHYTOCLIMATS EN FRANCE	96
5.1. Introduction	96
5.2. Présentation des principaux phytoclimats de France	97
5.2.1. Groupes phytoclimatiques du premier niveau de synthèse	99

5.2.2. Groupes phytoclimatiques du deuxième niveau de synthèse	103
5.2.3. Groupes phytoclimatiques du troisième niveau de synthèse	111
5.2.4. Gradients climatiques repérés par les groupes phytoclimatiques de France	127
5.2.5. Conclusion : identification des gradients climatiques de flore à l'échelle de la France	135
5.3. Apports d'une démarche probabiliste pour l'étude des phytoclimats en France	135
5.3.1. Les travaux des phytogéographes et leur comparaison avec les phytoclimats	135
5.3.2. Apports de la nouvelle classification climatique de la flore par rapport à celle de 1977	141
5.4. Conclusion : cohésion écologique et géographique des phytoclimats	141
CHAPITRE 6 : LES PLANTES INDICATRICES DES CARACTERISTIQUES SPECTRALES DE LEURS MILIEUX. PERSPECTIVES POUR LA TELEDETECTION DES PHYTOCLIMATS	143
6.1. Introduction	143
6.2. Les images NOAA AVHRR	143
6.2.1. Correction des images brutes	144
6.2.1.1. Etalonnage radiométrique	144
6.2.1.2. Corrections atmosphériques	144
6.2.1.3. Détection des nuages et des côtes	145
6.2.1.4. Corrections géométriques.....	145
6.2.1.5. Ré-échantillonnage	145
6.2.2. Sélection des images prétraitées	145
6.2.3. Sélection des variables utilisées dans le cadre de l'étalonnage satellitaire des plantes	146
6.2.3.1. Facteurs de variation du NDVI	147
6.2.3.2. Synthèses numériques du NDVI	150
6.2.4. Echantillonnage des taxons botaniques dans les pixels NOAA	152
6.2.5. Préparation des données satellitaires en vue de leur étalonnage	155
6.3. Etalonnage spectral des milieux de la flore de France	156
6.3.1. Principes généraux de l'étalonnage	156
6.3.2. Expression graphique des résultats	157
6.4. Relations entre les caractéristiques spectrales des milieux et la flore qui les structure	159
6.4.1. Exemples de plantes de même milieu	161
6.4.1.1. Plantes de milieux montagnards	162
6.4.1.2. Plantes de milieux méditerranéens	164
6.4.1.3. Plantes des plaines et collines continentales	166

6.4.1.4. <i>Plantes des landes et des forêts de l'ouest</i>	168
6.4.1.5. <i>Plantes des littoraux</i>	170
6.4.1.6. <i>Plantes des ripisylves et des milieux aquatiques dulçaquicoles</i>	172
6.4.2. Exemples de gradients spectraux de milieux exprimés par les taxons de mêmes genres	173
6.4.2.1. <i>Comportements spectraux des milieux renfermant des taxons du genre Rhamnus</i> ..	174
6.4.2.2. <i>Comportements spectraux des milieux renfermant des taxons du genre Quercus</i> ..	176
6.4.2.3. <i>Comportements spectraux des milieux renfermant des taxons du genre Gentiana</i> ..	178
6.4.3. Conclusion	180
6.5 Exemples de relations entre phytoclimats et mesures satellitaires vues par la concordance entre températures et valeurs cumulées du NDVI	181
6.6. Intérêt de l'étalonnage entre la flore et les mesures NOAA et perspectives pour un étalonnage des phytoclimats en France	184
6.6.1. L'étalonnage de la flore : une approche écologique	184
6.6.2. Pourquoi la télédétection des phytoclimats ?	185
6.6.3. Le problème des données manquantes en télédétection	185
6.7. Conclusion et perspectives	188
CHAPITRE 7 : CONCLUSION GENERALE	190
BIBLIOGRAPHIE	194
ANNEXES	202
ANNEXE 1 : Liste des taxons climatiquement étalonnés	203
ANNEXE 2 : Correspondance entre les valeurs des optimums climatiques exprimés en pourcentages et les mesures climatiques réelles	251
ANNEXE 3 : Dendrogramme complet de la classification climatique des plantes étalonnées en France .	254
ANNEXE 4 : Dendrogramme réduit de la classification climatique des taxons étalonnés en France	272
ANNEXE 5 : Exemple de fichier Leader d'une image NOAA AVHRR de niveau 3	279
ANNEXE 6 : Liste des images présentant des artéfacts au niveau de la France	280
ANNEXE 7 : Résultats de l'étalonnage de la flore et des indices différents du NDVI pour un nombre limité de taxons en France	281
LISTE DES FIGURES	302
LISTE DES TABLEAUX	308

Second fascicule : Illustrations

CATALOGUE DES PLANTES INDICATRICES DU CLIMAT ET CATALOGUE DES PHYTOCLIMATS

1. Description de quelques comportements climatiques de plantes
2. Description des principaux groupes phytoclimatiques
3. Description des agrégations des groupes phytoclimatiques

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GENERALE

1.1. Objectif de la recherche

Le principal objectif de cette recherche est de montrer, de façon numérique, que les plantes peuvent indiquer les mesures du milieu, provenant soit d'un réseau de postes climatiques ou bien de mesures satellitaires, reflétant les propriétés optiques de leurs biotopes. Dans ce contexte, les plantes sont considérées comme des témoins quantitatifs de ces facteurs. Il ne s'agit pas de rechercher les causes de ces liens, mais plutôt de mettre en évidence des relations apparentes entre les plantes et ces mesures. Cette démarche est de type écologique et tente de répondre à la question suivante : existe-t-il un lien statistique entre les plantes et les climats, et entre les plantes et les mesures satellitaires en France ?

Un premier étalonnage, concernant les plantes et les mesures climatiques, a été réalisé afin de montrer le comportement climatique de 2800 plantes en France, issues de 12.000 stations floristiques. Ces résultats ont été obtenus à l'aide des observations botaniques de la banque « Sophy » et des mesures climatiques du réseau d'observation de la Météorologie Nationale, qui compte plus de 570 postes climatiques. Une classification de ces comportements a été réalisée dans le double but de montrer les groupes de plantes indicatrices de climats similaires, appelés phytoclimats, et d'identifier des gradients climatiques de flore sur le territoire français. La méthodologie employée repose sur celle décrite par Grandjouan (1996 et 1998), concernant les relations entre les plantes et les facteurs du milieu. Cet étalonnage fait suite aux travaux de Brisse et Grandjouan (1977 et 1994).

La présente méthodologie est différente de celle employée précédemment, car elle utilise à chaque étape des probabilités, alors que les travaux précédents réalisés entre 1977 et 1994 utilisaient des principes géométriques, l'intégration des probabilités ayant été graduelle et réalisée uniquement sur l'étalonnage. Actuellement, les probabilités sont aussi bien présentes au niveau de l'étalonnage que de la classification des comportements. Les calculs probabilistes demandant plus de ressources informatiques que les calculs géométriques ou algébriques, le passage aux probabilités n'a été rendu possible que grâce à l'évolution du matériel de calcul. En outre, ce nouvel étalonnage comprend un nombre bien plus volumineux d'observations botaniques (six fois plus qu'en 1994) et de mesures climatiques (trois fois plus qu'en 1994), apportant des résultats plus précis et plus complets : entre 1994 et 1999 ce sont 1500 taxons de plus qui ont été étalonnés. Enfin, seule une classification des comportements climatiques des plantes, de type géométrique, avait été obtenue en 1977. La nouvelle classification procure des résultats plus précis et encore plus généraux, car portant sur un plus grand nombre de données.

La deuxième partie de cette recherche vise à étudier les relations entre les phytoclimats et les mesures satellitaires. Une étape préliminaire a été réalisée afin de tester en premier lieu les relations entre les plantes et les mesures du satellite NOAA AVHRR. Cette étape repose sur un étalonnage entre 2000 taxons issus d'un réseau de plus de 90.000 stations botaniques en France et de 1000 images satellitaires, prises sur cinq années successives. Ces premiers résultats ont montré que les plantes peuvent indiquer les caractéristiques spectrales des milieux dans lesquelles elles vivent, mais que ces relations demeurent relativement « floues » selon les cas, compte tenu de l'irrégularité des mesures satellitaires.

Ainsi, la télédétection des phytoclimats reste une étape à réaliser ultérieurement à condition de résoudre le problème des données satellitaires manquantes, aspect dépassant le cadre de cette recherche. La démarche employée et les résultats apportent un regard nouveau sur les relations entre les plantes et les mesures satellitaires : ils montrent l'intérêt d'une démarche écologique stationnelle dans la discipline de la télédétection. Ils soulignent également l'intérêt apporté par un catalogue des

relations entre plantes et mesures satellitaires, dans l'objectif prochain d'estimer la flore et les milieux à partir des pixels des images prises sur la France.

1.2. Echelle de perception des phénomènes étudiés

L'étude proposée utilise deux grands types de données : des observations et des mesures climatiques stationnelles, localisées de façon précise sur un territoire très restreint, et des mesures satellitaires, dont le pixel d'une image est de 5 km de côté. Il convient, avant de discuter des hypothèses de recherche, de définir l'échelle de perception des phytoclimats et des relations entre plantes et mesures satellitaires. Dans les deux approches, les données botaniques sont des observations de terrain réalisées sur des parcelles ne dépassant que très rarement 100 m², mais dont la composition floristique témoigne d'un type de milieu et de végétation bien définis. Cette parcelle floristique représente non pas un échantillon de territoire, mais un échantillon de situation écologique, où les plantes sont considérées comme les témoins des variables du milieu. L'échelle de perception dépend plus de la nature des phénomènes étudiés que de la taille des échantillons.

1.2.1. Echelle de perception des relations entre plantes et climats

Le climat mesuré dans un poste climatique correspond essentiellement au topoclimat (ou climat local), c'est à dire au climat représentatif d'une zone de 10 km de côté en plaine et de 1 km de côté en montagne (Guyot, 1997). Comme les relevés échantillonnés aux alentours des postes climatiques ne s'en écartent pas au-delà de 10 km, la flore climatiquement étalonnée est représentative du topoclimat. Elle représente également le climat moyen, car les mesures utilisées correspondent à des moyennes mensuelles prises sur une période de 50 ans.

1.2.2. Echelle de perception des relations entre plantes et mesures satellitaires

Un échantillon de la flore en phytosociologie est un relevé qui occupe environ 100 m² en forêt. En revanche, un échantillon du tapis végétal reflété par une variable satellitaire est un pixel qui occupe 1 kilomètre carré, soit 10.000 fois plus, voire 25 kilomètres carrés si le pixel a 5 kilomètres de côté. Dans une telle surface peuvent coexister des formations disparates, forêts, prairies, cultures, ainsi que des substrats variés. Quelle est la représentativité d'un échantillon aussi grand et hétérogène ?

Un relevé ou un pixel est l'échantillon d'une situation et non d'un territoire. Il est l'exemple d'une coexistence entre végétation et milieu. Il ne vise à représenter ni la végétation, ni le milieu considérés séparément, mais à établir les relations entre ces deux ensembles.

Cependant, la validité de la relation est tributaire de l'échantillonnage des situations et elle n'a de sens que si un nombre suffisamment important de situations écologiques ont été échantillonnées. Pour s'en rendre compte, il suffit de considérer les plantes comme des témoins des caractéristiques spectrales des milieux dans lesquels elles poussent. La concordance entre les diverses expressions de ces caractéristiques par des plantes de même milieu permet de juger de la pertinence de ces relations. Ainsi, les plantes permettent de localiser le milieu d'abord dans un espace relationnel, puis dans un espace géographique.

La nature du milieu susceptible d'être mise en évidence est conditionnée non par la taille des échantillons, mais par leur éloignement les uns des autres. En l'occurrence, les relevés comme les pixels sont considérés sur des gradients à l'échelle du territoire français. A cette échelle, les gradients montrent principalement l'effet du climat sur la végétation, même si parfois on peut distinguer dans la carte d'une espèce l'effet des grands ensembles calcaires ou siliceux notamment

sur des gradients plus réduits. A l'échelle de la parcelle ou de la formation, l'influence conjointe du sol et de l'action anthropique est encore plus marquée.

Le passage du relevé au pixel provoque une augmentation de la taille de l'échantillon, qui elle-même augmente l'hétérogénéité du substrat et de l'influence humaine. En revanche, elle augmente peu l'hétérogénéité du climat, qui est le facteur principal et qui influence majoritairement la répartition de la végétation à cette échelle. Ainsi, des pixels de 5 kilomètres de côté reflètent les gradients climatiques : cela est démontré par un ensemble de résultats obtenus parallèlement aux calculs phytoclimatiques, qui sont issus du calcul de la flore probable, fondé sur des quadrats de 5 km de côté, afin d'atténuer les conséquences du sur-échantillonnage local de certaines espèces (La probabilité de présence d'une plante dans ces quadrats occupe Garbolino *et al.*, article soumis), par ses valeurs supérieures, un territoire cohérent et montre souvent des gradients réguliers en relation avec des gradients climatiques.

1.3. Hypothèses de recherche

Le terme « écologie » a été défini par Ernest Haeckel en 1869 (Heinrich et Hergt, 1990) comme étant « la science des relations entre les êtres vivants et le monde qui les entoure ». Ces relations sont déduites à partir de l'influence des facteurs du milieu sur les êtres vivants. Ces facteurs environnementaux se manifestent par leurs effets sur la répartition de la végétation à l'échelle du globe.

1.3.1. Expression du lien entre une plante et un facteur du milieu

Trois hypothèses portent sur les relations entre plantes et facteurs environnementaux et suffisent à fonder les calculs proposés dans cette recherche :

- 1) L'effet d'un facteur est graduel, quelle que soit l'intermittence de la plante.
- 2) L'effet d'un facteur suit un gradient à tendance unimodale, quelle que soit l'irrégularité dans la distribution de la plante.
- 3) L'effet d'un facteur se manifeste par la concentration des présences de la plante dans la gamme du facteur.

De façon pratique, l'effet apparent qu'un facteur induit sur une plante s'exprime au niveau des occurrences de la plante et de ses abondances dans une localité donnée. En écologie, la localité peut être remplacée par la mesure d'un facteur du milieu comme la température du jour, par exemple. L'écologie cherche à connaître dans quelle partie de la gamme d'une variable se trouve une plante, mais également si cette plante est concentrée dans cette partie de la gamme.

Ces deux paramètres de position et de concentration permettent de définir d'abord la valeur optimale de la variable dans laquelle une plante peut croître, mais aussi le degré de liaison entre cette valeur et la plante. Dans ce cas, le lien entre plante et variable du milieu est un lien quantitatif, qui s'exprime selon un gradient correspondant à la gamme de la variable. Le calcul de ce lien a l'intérêt de pouvoir considérer les plantes comme des indices quantitatifs de variables du milieu et de les utiliser, par la suite, pour estimer les valeurs de ces mesures. Ainsi, toutes les plantes sont considérées comme indicatrices des mesures du milieu, quelles soient rares ou fréquentes, leurs liens à l'égard d'une variable étant exprimés par des pourcentages.

Cependant, la répartition d'un taxon sur un territoire n'est pas continue, même si le taxon peut coloniser bien plus de localités que ses observations ne le montrent. Son intermittence est le plus souvent liée à des facteurs contingents comme la capacité de dissémination des semences, la compétition interspécifique ou bien encore l'action anthropique. Il existe donc des hiatus au niveau

de sa représentation spatiale, car il ne colonise jamais toutes les localités dans lesquelles les conditions environnementales lui seraient favorables.

Par extension, un taxon présente des intermittences dans les rangs d'une variable climatique, se traduisant par exemple par des occurrences à -5°C et à $+5^{\circ}\text{C}$, sans pour autant qu'il soit observé à 0°C . Evidemment, cela ne signifie pas que ce taxon ne puisse survivre à une température de 0°C , mais le hasard de sa distribution dans la gamme des températures du jour n'a pas permis de repérer des occurrences dans les valeurs intermédiaires. Dans ces conditions, il convient d'utiliser une méthode numérique, qui puisse tenir compte de ces intermittences : ce constat a motivé l'emploi d'une méthode probabiliste pour l'étude des relations entre plantes et climats à l'échelle de la France. Ce modèle probabiliste suppose qu'un taxon montre une distribution unimodale dans la gamme d'un facteur climatique, ce qui s'exprime par la probabilité pour ce taxon de présenter à la fois un optimum (position optimale) dans la gamme du facteur climatique et, d'autre part, de présenter un pouvoir indicateur (concentration) montrant le degré de liaison entre taxon et facteur.

1.3.2. Influences des facteurs climatiques sur les plantes

Parmi les facteurs environnementaux agissant sur l'écologie des plantes, le climat représente un des facteurs les plus importants. Son importance se manifeste par la répartition des biomes à l'échelle de la planète (Braque, 1988). Ces biomes correspondent à des formations végétales donnant des paysages globalement homogènes, qui peuvent représenter des couverts continus ou bien des mosaïques de végétation. Cependant, d'autres facteurs comme la roche mère ou le sol influencent également cette répartition, mais dans une moindre mesure que le climat (Douguedroit, 1976) : ce sont donc des influences hiérarchisées qui sont observées en fonction des échelles de perception des phénomènes.

La France étant un territoire soumis à des climats relativement contrastés, des formes variées de végétation y sont observées et montrent leurs liens avec les ensembles climatiques. Ce constat a notamment été formulé par les botanistes, comme c'est le cas de la célèbre Flore de Fournier : « Pas plus que la France n'a un climat unique, elle n'a une flore unique. Le moins qu'on en puisse distinguer se ramène aux quatre flores indiquées dans le sous-titre de ce volume : générale, alpine, méditerranéenne, littorale. » (Fournier, 1947).

Les premiers travaux suggérant le rôle du climat dans la répartition de la végétation ont été écrits par Théophraste au IV^{ème} siècle avant J.-C.. Plus tard, au siècle des lumières, le géographe et naturaliste Alexander von Humboldt insista sur la prise en compte de la géographie des climats pour expliquer la géographie des plantes : « La géographie des plantes, dont le nom même était presque inconnu il y a un demi siècle, offrirait une nomenclature aride et dépourvue d'intérêt si elle ne s'éclairait pas des études météorologiques » (Humboldt, 1845). Il conseilla d'appuyer la recherche des relations entre les paramètres du milieu et la géographie des plantes non seulement sur les cartes de distribution des plantes et des facteurs auxquelles elles sont soumises, mais également sur la recherche « des éléments numériques de la géographie des plantes » (1820, in Dettelbach, 1997). Il souligna ainsi l'importance des mesures des facteurs du milieu pour expliquer l'écologie des plantes.

1.3.2.1. Le climat : définition et caractérisation

Le climat représente l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné. Deux notions sont contenues dans cette définition : la notion de climat moyen, qui correspond à l'ensemble des conditions qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un endroit ou une région, et la notion de variabilité climatique, qui correspond à la dispersion statistique des éléments caractéristiques climatiques autour de leur valeur moyenne (Guyot, 1997). Les paramètres

cosmiques et les facteurs géographiques sont à l'origine de la diversité des climats. Les premiers se manifestent en fonction de l'angle d'éclairement de la terre par rapport aux rayons solaires, ce qui met en avant le rôle de la latitude et de l'épaisseur de la couche atmosphérique qui est traversée par les rayons. Ils sont responsables de l'organisation zonale des climats (Pagney, 1994). Les facteurs géographiques sont principalement la répartition des masses terrestres et marines, la présence des courants marins, l'orientation des masses continentales et l'existence de reliefs. Ces facteurs sont responsables des altérations azonales des climats.

La caractérisation des climats est réalisée à partir de mesures climatiques standardisées, effectuées par des stations au sol. Ce sont principalement les températures et les précipitations qui sont utilisées pour caractériser les différents types de climats. Néanmoins, d'autres paramètres comme la durée d'ensoleillement et le rayonnement global sont mesurés, mais dans une moindre quantité de stations. En France, le Service de la Météorologie Nationale recueille ces informations, grâce à un réseau d'observations réparti sur l'ensemble du territoire. Il sert à la prédiction du temps et à l'étude des phénomènes climatiques sur des périodes longues. Pour caractériser le climat moyen, une période de référence de 30 ans a été fixée par l'Organisation Météorologique Mondiale. Les valeurs moyennes mensuelles des variables climatiques sont calculées pour cette période et constituent les « normales » de chaque mois pour chaque année.

Les paramètres climatiques influençant la vie des végétaux sont principalement la lumière, la température et les précipitations. Comme le facteur lumineux n'est que très rarement mesuré dans des stations de référence, il n'a pas été sélectionné pour réaliser l'étalonnage climatique de la flore. Ainsi, seuls la température et les précipitations sont prises en compte dans cette recherche.

1.3.2.2. Importance des valeurs moyennes dans les relations entre plantes et climats

L'écologie considère les grandeurs climatiques qui sont fréquemment mesurées sur une longue période et celles qui sont les plus actives sur la vie des plantes. Parmi les grandeurs actives, mais trop rarement mesurées pour connaître précisément leur effet statistique sur les plantes en milieu naturel, il y a par exemple le rayonnement global qui correspond à l'éclairement reçu par une surface, paramètre important pour l'activité photosynthétique. A l'opposé, parmi les grandeurs partout disponibles, mais dépourvues d'effet marqué sur les plantes, il y a la pression atmosphérique. En définitive, les données utilisées dans le cadre de l'étude des relations entre les plantes et les climats en France sont des moyennes mensuelles, enregistrées sur une période suffisamment longue pour prendre en compte le climat mensuel moyen qui agit sur la végétation. Ce climat moyen représente une valeur statistique de la distribution des mesures climatiques.

La flore qui est en place dans une région donnée est sensée représenter l'espace climatique dans lequel elle vit. Elle est donc représentative aussi bien du climat moyen que de la variabilité de ce climat dans ce territoire. Cette variabilité climatique peut se manifester à partir d'« accidents » climatiques, comme par exemple les périodes de gel ou de sécheresse exceptionnels. Le terme « accident » signifie que ces anomalies se produisent sur une période relativement courte et rarement observée pour un climat précis. Ces perturbations peuvent provoquer des modifications importantes du point de vue biogéographique, en éliminant des espèces peu adaptées dont la répartition a pu être favorisée par des conditions climatiques anormalement clémentes sur un secteur donné, ou bien par l'action anthropique (Blondel, 1995). De ce fait, les dommages provoqués sur la végétation ne sont pas irrémédiables pour les taxons établis depuis une longue période dans une région donnée.

Enfin, la prise en compte des variables mensuelles permet aussi d'observer la variabilité du comportement écologique des taxons d'une façon plus précise que par l'utilisation de synthèses

numériques annuelles : les plantes, étant des témoins du milieu, elles le sont aussi pendant tous les mois de l'année.

1.3.2.3. Action de la température et des précipitations sur les plantes

La physiologie végétale nous renseigne sur le rôle de la température et de l'eau dans les processus assurant la vie des végétaux (Heller *et al.*, 1993 ; Lüttge *et al.*, 1992 ; Soltner, 1992).

La température joue des rôles différents pendant le jour, alors que se produit notamment la photosynthèse, et pendant la nuit, alors que se produit la respiration cellulaire. Nous verrons que la distinction entre ces deux types de température apporte des informations inédites sur les comportements des plantes. L'alternance journalière ou mensuelle de la température (thermopériodisme) agit sur la levée de la dormance des graines et la mise à fleur, ainsi que sur la vitesse de croissance des végétaux.

Cependant, si les températures dépassent certains seuils de tolérance dépendants des espèces, elles peuvent provoquer des dommages importants sur les végétaux. Des températures trop basses peuvent arrêter la croissance des végétaux. Le gel provoque une action mécanique importante sur les cellules végétales, par la formation de cristaux de glace qui peuvent détruire les parois cellulaires et provoquer des nécroses au niveau des tissus. Il provoque également une perte d'eau, qui entraîne une dessiccation de certains organes. Les hautes températures ont un effet lié à l'évaporation des réserves en eau contenues dans les sols et génèrent une transpiration excessive des feuilles.

L'eau étant un élément qui peut représenter plus de 80 % de la masse des feuilles, il est évident qu'une plante doit maintenir un certain équilibre hydrique pour survivre. L'eau entre dans les mécanismes de maintien de la structure de la plante, dans le transport et les échanges des ions et des molécules entre les cellules et l'espace intercellulaire. La perte d'eau se réalise essentiellement au niveau de la feuille, par les stomates et la cuticule. Elle est compensée par l'absorption d'eau au niveau des poils absorbants des racines. La sécheresse physiologique correspond au stade où le déficit en eau n'est plus compensé par la plante. Dans certains cas, les plantes ont besoin du stress que représente la sécheresse pour fleurir. En général, la sécheresse a une action défavorable sur la mise à fleur, car elle provoque une réduction des ébauches florales. Elle a également une action sur le ralentissement de la croissance et du développement de la plante. Selon sa durée et son intensité, elle peut être létale pour des plantes peu ou pas adaptées.

Au total, les basses températures et la sécheresse, *sensu lato*, sont les facteurs climatiques qui limitent la distribution des végétaux sur la terre (Biro, 1965 ; Woodward, 1987). Au cours de leur histoire, les plantes se sont diversifiées et se sont adaptées dans une certaine mesure à ces facteurs environnementaux limitants. Ces adaptations sont identifiables par rapport à la morphologie et au métabolisme des végétaux. Par exemple, la réduction de la surface foliaire constitue une adaptation à la sécheresse et aux basses températures, comme c'est le cas de certaines espèces de la région méditerranéenne et des hautes montagnes. Certaines plantes ont un métabolisme adapté à la sécheresse : c'est le cas des plantes dont le cycle de Calvin est basé sur la fixation du CO₂ sur un sucre en C₄ et des plantes grasses (CAM : Crassulecean Acid Metabolism). Les plantes en C₄ consomment moins de molécules d'H₂O que les plantes en C₃, elles-mêmes les plus représentées sur la terre, car elles maintiennent longtemps la fermeture de leurs stomates, ce qui évite une trop grande transpiration. Dans le cas des plantes grasses, la période de fixation du CO₂ atmosphérique par les stomates est inversée par rapport à celle des autres plantes, car elle est nocturne et réduit la perte d'eau à partir des stomates.

Il en résulte que les plantes se répartissent dans des biomes, dont la localisation est avant tout déterminée par les facteurs climatiques, et que les nuances de leur distribution sont liées aux paramètres édaphiques. Ces mêmes facteurs climatiques influencent, dans une certaine mesure, la formation et l'évolution des sols et des types d'humus, eux-mêmes liés en partie aux types de végétation qui les colonisent. Comme la répartition des types de végétation suit celle des climats, il est possible d'utiliser les plantes comme des indicateurs de variables climatiques : cette démarche est l'objet de la phytoclimatologie.

1.3.3. Evolution des méthodes en phytoclimatologie

Le phytoclimat est défini comme le climat tel qu'il est ressenti par la flore. Les méthodes d'étude des phytoclimats ont évolué dans la nature des données qu'elles utilisent et dans la façon de les comparer. Les données furent initialement de nature géographique, correspondant aux territoires soumis à un climat ou occupés par une végétation. Les méthodes ont progressivement gagné en précision, à mesure que les données portaient non plus sur des territoires, mais sur des quadrats, puis sur des stations. Précisons qu'une station est un échantillon homogène du tapis végétal, dans lequel végétation et milieu sont observés conjointement en vue d'étudier leurs relations statistiques. Les méthodes phytoclimatiques ont pu progresser grâce au stockage des données stationnelles nombreuses sur la flore et sur le climat dans des banques informatiques et grâce aux moyens de calcul nécessaires pour traiter ces données.

1.3.3.1. La démarche géographique en phytoclimatologie : le problème des limites

La géographie botanique a constitué une discipline privilégiée de l'étude des rapports entre les répartitions des flores et des climats. Drude (1897) la définit comme étant la science qui « recherche les lois présidant à la répartition des flores à la surface du globe, et des rapports reliant les diverses modalités de la vie végétale aux conditions extérieures variables avec la situation géographique ». Cette démarche part de la comparaison entre les territoires floristiques et climatiques et cherche à repérer leurs liens apparents, par rapport à l'apparition ou à l'extinction de ces éléments. Des données stationnelles sont recueillies et servent à définir les limites des territoires. Cependant, il y a imprécision en théorie dans la définition même d'un territoire occupé par une plante, étant donné qu'elle ne colonise jamais toutes les localités qui pourraient l'abriter. Il y a aussi imprécision en pratique dans la détermination d'une limite d'un facteur environnemental sur le terrain, car ce dernier se manifeste par des gradients plus ou moins continus.

Une démarche géographique fréquente étudie la concordance entre deux limites : d'une part, une limite climatique telle qu'une isotherme et, d'autre part, une limite botanique comme celle du territoire occupé par une plante. Par exemple, Ozenda (1955) tente de montrer que la limite supérieure des forêts en montagne est liée à une isotherme dans les Pyrénées et le Mercantour. Cette comparaison se fonde sur ce qui fait mourir la plante et sur ce qui peut changer les coordonnées géographiques de la limite. La comparaison se fonde ainsi sur un phénomène fluctuant, aux marges du milieu propice à la plante, au lieu de considérer directement ce milieu. Cette approche est d'autant plus imprécise que les formations végétales actuelles ont été grandement perturbées par l'action anthropique, leurs limites ne correspondant pas forcément à leur optimum de présence et d'abondance dans les localités où elles sont observées. Dans ce cas, il faut peut-être mieux s'en tenir à la recherche des paramètres qui font vivre les plantes, en considérant ces dernières comme les témoins de ces paramètres.

La géographie botanique ne s'en tient pas seulement aux isothermes ou bien aux isohyètes, mais elle utilise également des indices qui combinent les températures et les précipitations. Elle cherche les corrélations entre la répartition des formations végétales ou des espèces prises isolément et des territoires climatiques caractérisés par ces indices (Ozenda, 1986). Par exemple, Douguedroit

(1976) utilise des isothermes et des isohyètes couplés avec des indices climatiques, afin de repérer les facteurs du milieu qui agissent sur la répartition des paysages forestiers de Haute-Provence et des Alpes-Maritimes. Cependant, Douguedroit observe que les limites climatiques fluctuent d'une année à l'autre indépendamment de la végétation. Ces constatations montrent le problème lié à la notion de « limites ». Elles montrent également l'importance de l'utilisation du concept de climat moyen pour caractériser l'espace climatique des plantes, étant donné la variation des mesures climatiques d'une année sur l'autre.

Ainsi, en raison des problèmes que porte la définition et l'identification des limites, c'est plutôt la notion de gradient qui sera utilisée pour décrire les territoires phytoclimatiques dans notre recherche. Un gradient représente la variation spatiale des valeurs d'un phénomène ou des fréquences des observations botaniques sur un territoire. Ce gradient est constitué d'abord par un centre où le facteur est concentré, puis il est prolongé par des valeurs décroissantes. Un gradient peut se manifester également avec un ou plusieurs centres : par exemple, des gradients d'altitude sont visualisés entre les différents massifs montagneux de France, lesquels ne sont pas forcément en contacts, comme c'est le cas des Pyrénées et des Alpes.

1.3.3.2. La géographie des associations végétales

La phytosociologie étudie la répartition des plantes entre les communautés végétales. Pour Braun-Blanquet, un des pères fondateurs de la discipline, l'association représente « un groupement végétal plus ou moins stable et en équilibre avec le milieu ambiant, caractérisé par une composition floristique déterminée dans laquelle certains éléments exclusifs ou à peu près (espèces caractéristiques) révèlent par leur présence une écologie particulière et autonome » (Guinochet, 1973). Dans cette discipline les données floristiques sont stationnelles. La synthèse de ces données définit la hiérarchie des groupements végétaux et ensuite seulement elle introduit les données du milieu, notamment celles du climat. Là encore ce sont les territoires occupés par les groupements qui sont caractérisés par leur écologie. Nous restons ici, pour moitié, dans une démarche géographique. Cette démarche a fourni les connaissances les plus répandues sur les relations entre plantes et climats. Deux écoles françaises ont contribué à développer ces connaissances, d'une part celle d'Emberger pour la région méditerranéenne, d'autre part celle de Gaussen pour l'ensemble de la France et au-delà.

Emberger localise un ensemble de postes météorologiques sur un graphique en fonction de deux indices climatiques. Les données climatiques sont donc des données stationnelles. Il attribue chaque poste à une végétation climax, d'après une interprétation floristique des alentours du poste. Cette végétation climax représente le stade ultime d'évolution de la végétation en un lieu donné, dépendant des facteurs environnementaux, notamment du climat (Ozenda, 1985). Cette attribution a la précision du territoire occupé par une végétation climax. La similitude climatique des postes, situés dans une même végétation climax, définit un étage bioclimatique et résume les relations entre végétation et climat.

Gaussen et son école utilisent eux aussi des données climatiques stationnelles. Ils ont recours à leurs propres indices climatiques susceptibles de caractériser le bioclimat à l'intérieur comme à l'extérieur de la région méditerranéenne. Ils répartissent les associations végétales entre des séries de végétation, les associations d'une série aboutissant au même climax. C'est le territoire occupé par une série qui sanctionne sa relation avec le climat, même si ce territoire est déterminé par approximations successives. Cette méthode a couvert toute la France par des cartes de la végétation à l'échelle de 1/200.000. Elle a été appliquée à toute l'Europe (Ozenda et Borel, 2000). Les résultats sont considérables ; les méthodes restent intermédiaires entre la démarche typiquement géographique, qui compare des territoires, et la démarche typiquement écologique, qui compare des stations.

1.3.3.3. La démarche écologique stationnelle en phytoclimatologie

Les données stationnelles pour la flore comme pour le climat mesurent des phénomènes plus homogènes et montrent des relations plus précises que les données territoriales. Le passage graduel des données territoriales à des données stationnelles a été rendu possible par le progrès technique. Il est devenu la règle pour une grande partie de l'écologie en milieu naturel.

La phytocécologie est la discipline qui tente de caractériser le comportement écologique des plantes par rapport aux paramètres mesurés dans les stations où elles vivent. En France, le Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques (CEPE)-Louis Emberger de Montpellier, créé en 1961, a représenté l'école de pensée en la matière pendant près de trente ans. Le but des travaux entrepris fut de fournir des bases sur le comportement écologique des plantes et de développer des outils pour la gestion du territoire. Deux principaux types de travaux ont été menés : l'étude de l'écologie des plantes, dont Gounot (1969), Long (1974 et 1975), Daget et Godron (1982) expliquent les méthodes et la production de cartes écologiques, dont le principe a été exposé par Long (1968).

La méthode consiste à rapprocher les observations botaniques des mesures environnementales, puis à utiliser des procédés numériques tels que les profils écologiques afin de caractériser l'écologie des taxons. Cette approche a motivé la création, au sein du CEPE de Montpellier, de l'« Ecothèque », banque de données regroupant des informations phytosociologiques et des mesures du milieu, dont les traitements statistiques étaient réalisés par des programmes standardisés (David *et al.*, 1979). Les observations botaniques ont été effectuées avec des relevés phytosociologiques, auxquels sont ajoutées des mesures de variables stationnelles comme la pente du relevé, l'altitude, le type de substratum, la nature de l'humus ou le pH des premiers horizons du sol. Ces données ont été intégrées dans l'« Ecothèque » et l'étude de l'écologie des taxons a été réalisée par le calcul des valeurs indicatrices des espèces et des groupes d'espèces végétales à l'égard des paramètres environnementaux (chapitre 3, § 3.2.1.). Les valeurs indicatrices servent à créer des profils écologiques basés sur les fréquences des espèces dans les classes de variables. Ces profils sont censés représenter le comportement écologique des taxons. Puis, au moyen de la comparaison visuelle de la morphologie des histogrammes, le phytocécologue constitue des groupes écologiques d'espèces.

Les résultats obtenus ont donné des catalogues de valeurs indicatrices des plantes et des groupes de plantes de facteurs pédologiques essentiellement, les paramètres climatiques étant considérés de façon implicite par rapport aux coordonnées géographiques (latitude, longitude et altitude), ce qui reste imprécis. Il faut ajouter que ces méthodes numériques dépendent fortement de l'échantillonnage et demandent des prospections très localisées sur des territoires relativement restreints, encourageant de préférence le recueil de mesures pédologiques plutôt que climatiques.

En effet, l'étude stationnelle du climat demande des prospections floristiques sur des gradients étendus, afin de rendre manifeste l'effet du climat sur la flore à travers la diversité des substrats et des traitements. Elle demande aussi des mesures climatiques standardisées pendant une durée suffisante pour définir un climat moyen, ce que n'exige pas une étude phytopédologique. Pour obtenir de telles mesures, une étude stationnelle doit soit mobiliser un appareillage spécialisé ou s'en remettre aux stations déjà implantées par la Météorologie Nationale, ou encore estimer le climat d'une station par interpolation entre des postes météorologiques.

Des forestiers américains ont publié un atlas montrant des relations entre des taxons ligneux et des variables climatiques (Thompson *et al.*, 1999). Les données floristiques portent sur des quadrats dont la surface se mesure en kilomètres carrés et se place, dans la gamme de précision, entre la station et le territoire. Les données climatiques sont déterminées par interpolation. Les données floristiques et climatiques sont simplement juxtaposées sur des diagrammes, qui montrent le

domaine climatique d'une essence par rapport à l'ensemble des climats échantillonnés. Cette étude phytoclimatique est presque stationnelle, mais elle s'arrête à une présentation visuelle des résultats, plante par plante. Elle ne calcule pas le lien de dépendance entre une plante et les variables climatiques. Elle ne procède pas non plus à une synthèse de ces relations.

1.3.4. Propositions pour une démarche stationnelle et probabiliste en phytoclimatologie

Un inventaire précis demande une expression numérique des phytoclimats et non plus seulement une interprétation visuelle des résultats. Il doit quantifier l'objet spécifique de l'écologie, qui est le lien entre plante et climat au moyen d'un étalonnage. En outre il a besoin d'un second outil numérique pour rendre intelligible la diversité des comportements et aussi pour révéler leurs importances statistiques respectives. Cet outil est, en l'occurrence, la classification climatique des plantes.

Le besoin d'un lien quantitatif entre plantes et milieu a été ressenti avant même que l'on ait les moyens de l'établir sur des bases stationnelles et numériques. Ainsi, il existe depuis 25 ans un catalogue des comportements climatiques et édaphiques des plantes (Ellenberg, 1974). Ce catalogue résulte d'une expertise collective réalisée par des écologistes. Il range les espèces selon un barème empirique pour chacun des facteurs synthétiques envisagés. Il fait le lien, espèce par espèce, entre une observation botanique et son interprétation écologique. Bien qu'il fut empirique, ce catalogue fut largement utilisé. Il est possible désormais de proposer un catalogue plus complet, plus précis et surtout plus objectif.

Les données stationnelles sont actuellement mobilisables en grand nombre pour le climat comme pour la flore grâce aux banques de données. Pour le climat, l'organisme national Météo-France fournit les données de précipitations et de températures dans environ 800 postes, année par année. Pour la flore, la banque « Sophy » fournit les observations de présence et d'abondance de plantes dans plus de 110.000 stations en France. Les stations sont plus restreintes, donc plus homogènes que des quadrats et les territoires. Les données portent sur l'ensemble de la flore, sans se limiter aux principales essences forestières. Elles permettent de faire l'inventaire des relations entre plantes et climats à l'échelle de la France.

1.3.4.1. Nature des données floristiques et climatiques

Les données floristiques sont ici des données binaires. La présence d'une plante est à l'évidence une donnée binaire. L'abondance d'une plante est une donnée ordinale, mais elle est prise en compte ici par le biais de données binaires. Au sein d'un taxon suffisamment fréquent, l'abondance sert à distinguer deux plantes à seuil d'abondance (PASA), l'une comprenant toutes les présences, l'autre comprenant seulement les présences lorsque l'abondance atteint ou dépasse un seuil (§ 2.1.1.c). La présence d'une plante est une donnée binaire particulière car elle n'est pas toujours définie. Ainsi, la présence d'une plante dans deux stations exprime une similitude entre les deux stations. Sa présence dans une station et son absence de l'autre exprime une différence. En revanche, son absence dans deux stations n'exprime pas une similitude : elle n'apporte aucune information sur la similitude entre les deux stations. En effet, les absences d'une plante constituent un ensemble de stations généralement beaucoup plus hétérogène que les présences.

Les données climatiques sont des rangements, autrement dit des données « ordinales » (Diday *et al.*, 1982). Elles définissent des inégalités, mais pas des sommes. Le cas est bien connu pour les températures, qui rangent les stations selon un gradient du chaud vers le froid, mais qui ne sont pas théoriquement cumulatives : dix degrés plus dix degrés ne font pas vingt degrés. En revanche, les précipitations s'additionnent, puisqu'on utilise leur cumul mensuel. Cependant, si les précipitations rangent les stations selon un gradient du sec à l'humide, elles ont un effet fluctuant sur les plantes

dans la gamme des précipitations. Entre deux climats secs, par exemple, une légère différence de pluviosité joue un rôle important, alors que la même différence sera insignifiante entre deux climats pluvieux. C'est pourquoi les précipitations comme les températures sont traitées comme des données ordinales. Les mesures climatiques seront donc transformées en rangs, ce qui a l'avantage de conserver la précision du nombre de mesures et leur aspect quantitatif, sans dépendre des unités qui les caractérisent.

1.3.4.2. Schéma d'un traitement probabiliste

Un traitement probabiliste tente de répondre aux questions suivantes :

- a) Quel est l'effet apparent d'un facteur sur une plante ?
- b) Quelle est la valeur d'un facteur dans une communauté d'après les plantes indicatrices ?
- c) Quelles sont les plantes qui ont des comportements similaires ?

Le traitement numérique répond à ces questions sans algèbre, tout en utilisant un ensemble cohérent de paramètres. Il quantifie un phénomène par son effet sur le rangement des présences dans la gamme du facteur.

- a) Il quantifie l'effet d'un facteur sur une plante par la concentration des présences de la plante dans la gamme du facteur.
- b) Il quantifie la valeur probable d'un facteur dans une communauté d'après les pouvoirs indicateurs des plantes dans la communauté et leur distribution dans la gamme du facteur.
- c) Il quantifie la similitude de deux comportements par la ressemblance entre leurs fréquences relatives cumulées dans les rangs du facteur. Chaque réponse se traduit par une fréquence relative, qui a la forme d'une probabilité et qui en a la signification, dans la mesure où l'échantillonnage est représentatif des communautés végétales et des climats français.

Les résultats donnent un inventaire des comportements climatiques des plantes en France. Cet inventaire constitue un catalogue des comportements et leur classification montre des groupes phytoclimatiques identifiables sur le territoire français. Ces phytoclimats pourront faire l'objet d'une étude ultérieure de télédétection. Mais en premier lieu, une étude de télédétection de la végétation doit être menée afin de rendre compte du type de relations possibles entre la végétation et les images satellitaires et d'autre part, afin de mettre au point une démarche pour réaliser la télédétection des phytoclimats.

1.3.5. Télédétection de la végétation : concepts généraux et méthodes

La télédétection représente « l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci » (Comitas, 1988 *in* Bonn et Rochon, 1996). Depuis près de trente ans, la télédétection spatiale a vu le nombre de ses missions se développer, au fur et à mesure des perfectionnements des plate-formes satellitaires, pour aborder des thèmes très diversifiés, allant de la détection des écosystèmes terrestres et marins à la prévision des récoltes et à l'étude des phénomènes climatiques globaux.

En écologie, l'utilisation de la télédétection ne cesse de croître assurant un moyen pour observer, comprendre et gérer les écosystèmes selon des échelles spatio-temporelles variables (Blasco *in* Legay et Barbault, 1995). Parmi les satellites d'observation de la terre, les satellites héliosynchrones de la série Tiros-N de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), notamment ceux utilisant le capteur AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), ont été très largement utilisés dans le cadre du suivi des récoltes (Guyot et Seguin,

1988 ; Lepoutre, 1992), ou bien pour la cartographie de la végétation (Goward *et al.*, 1987 ; Derrien *et al.*, 1992 ; Roy, 1997 ; Häme *et al.*, 1999). Ces plates-formes semblent adaptées à l'étude de la télédétection des phytoclimats et de la flore à l'échelle de la France en raison des bandes spectrales qu'ils utilisent mais aussi grâce à leur fauchée, à leur résolution spatiale et à leur fréquence de passage.

L'objectif de cette recherche est de réaliser un essai de l'étude des relations apparentes entre la flore et les mesures du satellite NOAA AVHRR, afin d'envisager par la suite une méthode visant à détecter les phytoclimats de France. Les relations mises en évidence donnent des plantes indicatrices des caractéristiques spectrales des milieux dans lesquels elles vivent.

1.3.5.1. Concepts généraux sur les propriétés optiques des végétaux

Les propriétés optiques des végétaux permettent leur détection à distance par l'emploi de capteurs incorporés aux plates-formes aériennes et satellitaires. Cette détection se réalise à partir des longueurs d'ondes, que les plantes reflètent ou absorbent. Les satellites NOAA utilisent la réflectance et l'émissivité des objets pour les repérer. La réflectance correspond à la longueur d'onde réfléchi par une surface dans l'intervalle allant de 300 nm à 3000 nm. Au-delà des 3000 nm, la signature spectrale de l'objet correspond à son émissivité, notamment entre 8000 nm et 14000 nm (infrarouge thermique), où la signature spectrale de l'objet est liée à sa température de surface. La figure 1 montre l'évolution des propriétés optiques d'une feuille de blé en fonction de la longueur d'onde, allant du visible à l'infrarouge moyen.

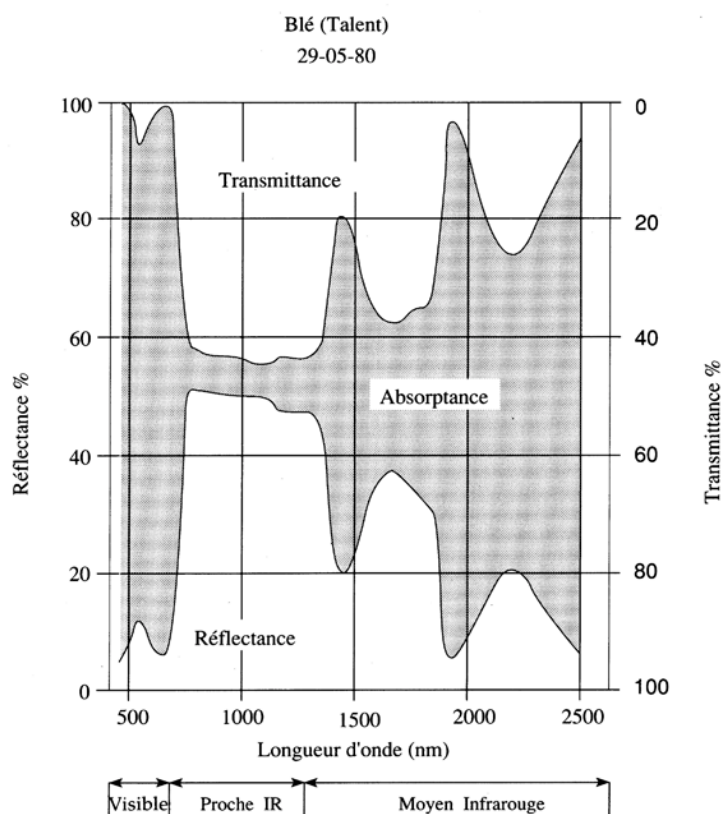


Figure 1 : Evolution des propriétés optiques d'une feuille de blé en fonction de la longueur d'onde (d'après Guyot, 1992).

Dans le visible, de 400 nm à 700 nm, la réflectance des feuilles est faible en raison de l'absorption du rayonnement par les pigments foliaires comme la chlorophylle a et b, les carotènes, les xanthophylles et les anthocyanes, mais elle montre toutefois un pic à 550 nm en raison de la forte absorption des chlorophylles a et b, dans le bleu et le rouge. Dans le proche infrarouge (PIR), de

700 nm à 1300 nm, et l'infrarouge moyen, de 1300 nm à 2500 nm, c'est la structure anatomique de la feuille et sa teneur en H₂O qui participent le plus à la réflectance, car les pigments foliaires et la cellulose sont transparents à ces longueurs d'ondes (Guyot, 1992). Dans l'infrarouge thermique, les signatures spectrales donnent des informations sur l'état hydrique et énergétique des surfaces (Girard et Girard, 1999). Elles correspondent à la température de surface des feuilles et des couverts végétaux. Cette température dépend en partie de la température extérieure, mais aussi de l'activité biologique des feuilles.

La réflectance et l'émissivité des végétaux ne sont pas géographiquement et temporellement constantes. De nombreux facteurs externes et internes aux plantes affectent les propriétés optiques des feuilles et des couverts végétaux (Guyot, 1995). Pour les réflectances, les surfaces lisses réfléchissent le rayonnement dans une direction unique : on parle alors de surface spéculaire. En revanche, les surfaces rugueuses réfléchiront dans toutes les directions de façon uniforme : on parle alors de surface lambertienne. Les couverts végétaux se comportent de façon intermédiaire comme des surfaces lambertiennes imparfaites, ce qui signifie qu'ils réfléchissent de façon diffuse, mais dans une direction préférentielle. Comme la réflectance suit l'axe d'incidence du rayonnement reçu, on parle alors de réflectance bidirectionnelle (Bonn et Rochon, 1996).

Au niveau de la plante, les propriétés bidirectionnelles de réflexion varient en fonction de nombreux paramètres liés à la géométrie et à l'orientation des feuilles, de leur teneur en eau, de leur âge et en fonction également des propriétés optiques des autres organes tels que les branches, les fleurs, l'écorce ou des appareils reproducteurs comme les cônes des gymnospermes, par exemple (Guyot, 1992). Dans l'infrarouge thermique, l'émissivité des feuilles varie en fonction de l'activité physiologique de la feuille. Cette activité est liée à la modification de la température des feuilles qui dépend aussi de la teneur en eau des racines ou de leur état phytosanitaire (attaque parasitaire), ce qui peut se traduire par des perturbations au niveau des échanges hydriques des feuilles et de la phénologie de la plante (feuille verte / feuille sénescence).

Au niveau des couverts végétaux, la réflectance et l'émissivité peuvent varier selon le taux de recouvrement de la végétation, l'orientation du couvert, la géométrie du couvert et l'activité physiologique des plantes, dans la mesure où elle est liée à l'inclinaison des feuilles. Enfin, les facteurs externes affectent aussi la réflectance bidirectionnelle, car cette dernière dépend de l'angle de visée du satellite, de la hauteur du soleil, de la nébulosité et de la vitesse du vent, qui tend à modifier l'orientation des feuilles.

L'étude de ces variations permet d'utiliser la télédétection dans de nombreux domaines, notamment par l'intermédiaire du satellite NOAA AVHRR.

1.3.5.2. Intérêt de NOAA AVHRR pour la télédétection de la végétation

Lors d'une étude de télédétection il est nécessaire de prendre en compte trois composantes liées aux caractéristiques du satellite (Robin, 1995) : une composante spectrale, liée à la gamme de longueurs d'onde que détecte le satellite ; une composante spatiale, correspondant à la précision spatiale des images fournies par le satellite ; une composante temporelle, liée à la fréquence de passage du satellite.

a. Résolution spectrale de NOAA AVHRR :

Le satellite NOAA capte les réflectances et les émissivités de la végétation dans les gammes spectrales allant du rouge à l'infrarouge thermique grâce au capteur AVHRR travaillant dans les cinq bandes spectrales suivantes :
Rouge (Canal 1 : 0.58-0.68 μm) ;

InfraRouge Proche (Canal 2 : 0.725-1.10 μm) ;
InfraRouge Moyen (Canal 3 : 3.55-3.93 μm) ;
InfraRouge Thermique (Canal 4 : 10.3-11.3 μm et Canal 5 : 11.5-12.5 μm).

La combinaison linéaire des canaux Rouge (R) et Proche InfraRouge (PIR) donne un indice qui permet de différencier les surfaces végétales des autres types de surfaces : il s'agit du NDVI (Normalised Difference Vegetation Index, d'après Rouse *et al.*, 1974 in Girard et Girard, 1999) dont la formule est la suivante :

$$\text{NDVI} = (\text{PIR} - \text{Rouge}) / (\text{PIR} + \text{Rouge})$$

Il correspond à la part de réflectance émise par la végétation. Cet indice a l'avantage de refléter le pourcentage de couverture de la végétation au sol. Plus cet indice est élevé, plus la végétation recouvre le territoire observé. Il indique également la quantité de biomasse végétale au sol, qui est proportionnelle à l'augmentation des valeurs du NDVI.

b. Résolution spatiale de NOAA AVHRR :

La résolution spatiale du satellite NOAA est de 1,1 km correspondant au format LAC (Local Area Coverage), ce qui lui permet de détecter des ensembles de végétation. Cependant, selon l'échelle et les besoins des études, il est possible de travailler sur des pixels de taille plus importante comme le format GAC (Global Area Coverage) de 4,4 km de côté, voire de 5,5 km à 8,8 km de côté ou le format GVI (Global Vegetation Index) de 15 km de côté. Dans notre étude, ce sont des pixels de 5,5 km de côtés qui ont été utilisés.

De tels pixels détectent évidemment d'autres objets que la végétation comme par exemple les fleuves et les rivières, les roches ou les zones urbaines. Cependant, l'usage du NDVI permet déjà d'extraire la part liée à la végétation et, par conséquent, d'en repérer le degré de couverture. D'autre part, l'objectif de cette recherche n'est pas de faire une carte de la végétation, mais d'utiliser les plantes comme des témoins des caractéristiques spectrales des milieux dans lesquelles elles vivent. De ce fait, la part de recouvrement d'une espèce donnée n'entre pas en considération pour l'étude de ce lien apparent. Seul l'aspect stationnel entre en jeu, car il représente un échantillon d'une expérience entre plantes et milieux.

c. Résolution temporelle de NOAA AVHRR :

Un des intérêts majeurs du satellite NOAA est qu'il fournit quotidiennement une image pour une même localité à une même heure. Cette propriété est un très grand avantage motivant le choix de ce satellite NOAA par rapport à d'autres plate-formes satellitaires. Sa fréquence de passage et la date de sa mise en service permettent d'avoir une grande quantité d'informations pour un secteur donné, ce qui est important si une étude dépend de synthèses numériques faites sur une longue période. D'autre part, il est possible de suivre l'évolution des couverts végétaux durant toute l'année et ce, pendant une longue période, permettant de mettre en évidence des différences phénologiques de la végétation.

Ces trois points confortent le choix du satellite NOAA AVHRR dans le cadre de la télédétection de la végétation à l'échelle de la France puis, ultérieurement, pour la télédétection des phytoclimats.

1.3.5.3. Les méthodes d'étude de la télédétection des végétaux terrestres

La majorité des études concernant le satellite NOAA dans le cadre de la télédétection de la végétation utilise un lot peu important d'images, dont les mesures sont basées sur le NDVI. Les pixels de ces images sont le plus souvent soumis à des classifications, qui permettent de les regrouper dans des classes dont le nombre peut être ou non fixé par l'utilisateur (classification supervisée ou non-supervisée). Ces classifications ont pour objectif de mettre en évidence les formations végétales et les milieux distincts d'un territoire.

Cependant, il convient de valider ces classifications afin d'identifier les classes correspondantes aux types de végétation, étant donné que la résolution du satellite NOAA peut regrouper différents types de végétation ou bien d'éléments de nature diverse. La validation des classifications des pixels NOAA consiste à comparer la répartition géographique des classes avec des sources de données de référence, pouvant être de nature variée comme des cartes digitalisées, des observations paysagères visant à repérer les formations végétales, ou des mesures spectrales effectuées sur le terrain. Ces techniques de comparaison constituent des méthodes de superposition entre territoires. Ces comparaisons peuvent être effectuées soit visuellement ou bien numériquement, à l'aide de corrélations entre les ensembles de données.

Les méthodes empiriques correspondent à l'interprétation visuelle de la classification, afin d'affecter un type de végétation à une classe donnée. Cette affectation se fait soit à partir des connaissances générales de l'interpréteur, soit en comparant la classification avec des cartes de végétation issues d'études de terrain. Farki et Sairouni (1991) et Derrien *et al.* (1992) réussissent à identifier 20 classes liées en parties à l'utilisation du sol en France, en employant des données cartographiques issues du Recensement Général de l'Agriculture au 1/100.000^{ème} et en les comparant visuellement avec une classification des pixels d'une image NOAA AVHRR sur la France et l'Espagne.

Les validations basées sur la comparaison entre les images NOAA et des supports digitalisés utilisent soit des cartes de végétation, soit des images de satellites ayant une résolution spatiale plus fine de NOAA comme LANDSAT TM ou SPOT HRV, afin d'en déterminer le contenu précis. Ces approches tendent à réduire le problème de la mixité des objets détectés dans les pixels NOAA. La méthode employée consiste d'abord à identifier les objets, végétaux ou non, détectés dans les pixels SPOT ou LANDSAT, puis de ramener ces pixels à la résolution spatiale de ceux de NOAA, tout en considérant la proportion des objets initialement détectés. La dernière étape consiste à superposer ces deux sources de données et à appliquer des traitements statistiques, comme les corrélations, afin de définir les classes de végétation de NOAA et d'identifier les pixels mal classés (Ouaidrari *et al.*, 1996 ; Häme *et al.*, 1997 ; Maselli *et al.*, 1998). D'autres études utilisent des cartes bioclimatiques digitalisées, montrant les principaux types de végétation, et les comparent de façon statistique avec les classifications des pixels NOAA AVHRR (Lobo *et al.*, 1997). Dans certains cas, des descriptions de paysages dans des sites de référence renforcent la validation des classifications (Hirosawa *et al.*, 1996 ; Duchemin *et al.*, 1998).

Enfin, l'utilisation de mesures spectrales *in situ* constitue une approche plus directe pour la validation des classifications des pixels NOAA. Afin d'étudier la relation entre la couverture de la végétation et des indices de végétation, Purevdorj *et al.* (1998) utilisent conjointement des photographies aériennes et 1200 spectres de terrain mesurés par un spectroradiomètre sur trépied. Cet appareil permet de calibrer les mesures du satellite avec celles du terrain. La relation entre ces ensembles de données est calculée au moyen d'une régression. Les résultats permettent de discriminer de grands types de végétation comme les forêts, les steppes désertiques, les prairies et les steppes montagnardes au Japon et en Mongolie.

L'ensemble de ces approches, mis à part la dernière citée, est basé en grande partie sur la superposition de données complémentaires des images NOAA, afin de fournir des éléments de comparaison vis-à-vis des classifications de pixels. Ce sont des techniques très fréquemment utilisées en télédétection de la végétation avec NOAA. Dans l'ensemble, ces méthodes conduisent à repérer de grandes structures de végétation comme les forêts, les formations buissonnantes et les prairies. Cependant, ces approches n'utilisent pas les plantes comme des indices de variables satellitaires. A l'inverse, la démarche proposée cherche à utiliser les plantes comme des indicateurs des caractéristiques spectrales des milieux dans lesquels elles vivent, ce qui représente une approche originale pour la télédétection de la végétation.

1.3.6. Une démarche écologique probabiliste pour la télédétection de la végétation

La démarche utilisée dans la recherche présentée est écologique dans la mesure où elle tend à calculer le lien apparent entre des mesures satellitaires et des observations botaniques en France. Nous l'avons vu : les données botaniques sont des données binaires ordinales. Les données satellitaires sont également des données ordinales dans la mesure où elles correspondent à des rangements caractérisant les surfaces détectées : pour une même image, les mesures correspondant à des forêts sont comprises dans un intervalle de valeurs bien déterminées ; hors de cet intervalle, les valeurs indiquent d'autres types de formations végétales et de milieux. Ces mesures satellitaires sont intégrées dans les calculs à partir de synthèses numériques du NDVI, comprenant les valeurs maximales, moyennes, médianes et cumulées pour chaque mois sur une période de cinq années consécutives. L'emploi de mesures moyennes et médianes constitue une approche plutôt inhabituelle dans ce domaine, car en général ce sont les données maximales ou cumulées qui sont employées. Ces deux paramètres statistiques permettent de définir le comportement spectral moyen ou médian des pixels échantillonnés.

Le traitement numérique employé pour étudier les relations entre ces deux ensembles est basé sur un étalonnage probabiliste, dont le principe est analogue à celui employé pour l'étude des relations entre plantes et climats. L'intérêt de cet étalonnage est de respecter la nature ordinale des données et de pallier le problème de l'intermittence des observations botaniques dans les rangs des variables du NDVI. Appliqué au domaine de la télédétection, il constitue une nouveauté conceptuelle car il considère les plantes comme des témoins de caractéristiques spectrales des milieux dans lesquelles elles vivent. Il apporte un regard nouveau sur les relations entre les plantes et les mesures satellitaires, qui est matérialisé par un catalogue de 2000 plantes indicatrices de valeurs du NDVI des milieux dans lesquels elles ont été observées. Cette approche constitue également un test préliminaire afin de dégager les principaux problèmes liés aux données manquantes dans les longues séries temporelles NOAA. La résolution ultérieure de ces problèmes permettra de passer à la télédétection des phytoclimats en France, ainsi qu'à l'estimation de la flore et des milieux à partir des pixels des images NOAA.

1.4. Conclusion : intérêt d'une démarche stationnelle et probabiliste pour l'étude des relations entre les plantes et leurs milieux

L'étude présentée produit des résultats susceptibles d'apporter une connaissance nouvelle de l'écologie des plantes dans leurs milieux. Dans un premier lieu, cette étude tente d'exprimer les relations entre les plantes et les mesures climatiques par des probabilités, afin de respecter la nature des données stationnelles utilisées. La précision est non seulement apportée par l'emploi d'une méthode probabiliste, mais également par l'acquisition d'un volume considérablement augmenté de mesures climatiques et d'observations botaniques, par rapport aux étalonnages précédents.

Dans un second temps, l'originalité de cette étude se traduit par le regard qu'elle porte dans le domaine de la télédétection, en considérant les plantes comme des témoins des milieux spectraux

dans lesquelles elles vivent. La mise en commun d'observations botaniques exhaustives sur un grand territoire et des mesures satellitaires représente, à notre connaissance, un pas nouveau dans cette discipline.

Une telle démarche apporte la précision de la station pour définir la notion de territoire qui est aussi bien utilisée en phytoclimatologie qu'en télédétection. Elle permet de retourner au territoire sous un angle écologique, par l'utilisation des plantes indicatrices de variables du milieu, et de définir des territoires floristiques représentatifs des liens.

CHAPITRE 2 : DONNEES FLORISTIQUES ET CLIMATIQUES

2.1. Les données floristiques de la banque « Sophy »

La banque « Sophy » montre les présences et les abondances de 4.500 taxons botaniques dans 140.000 localités en France et tout autour. Les sources de la banque sont les relevés phytosociologiques effectués par un millier de botanistes depuis un siècle. Ces relevés ont l'intérêt de suivre le protocole relativement standardisé de la phytosociologie et de fournir des observations comparables d'une localité à une autre. Ces relevés sont traditionnellement publiés *in extenso* et ils constituent une mine d'informations pour la connaissance du milieu naturel.

La banque de données « Sophy » a été créée il y a 25 ans par un groupe de botanistes, dont le but premier était l'étude des relations entre les plantes et le climat en France (Brisse et Grandjouan, 1977). Par la suite, cette banque de données a été utilisée pour l'étude des communautés végétales, puis pour l'étude du comportement écologique des plantes et pour la caractérisation écologique des milieux (Brisse *et al.*, 1980, 1995, 1998). La banque « Sophy » est structurée en quatre ensembles qui concernent les relevés phytosociologiques, à savoir leur contenu botanique, les localisations des relevés, les fichiers floristiques qui permettent de coder les taxons et la bibliographie.

2.1.1. Les relevés phytosociologiques

Ils représentent les observations botaniques effectuées sur le terrain. Ces observations sont vérifiées au fur et à mesure de leur informatisation. Actuellement, la banque « Sophy » contient plus de 137.000 relevés répartis sur le territoire français et dans les zones limitrophes des pays voisins. Ce sont près de trois millions d'observations élémentaires, c'est-à-dire d'occurrences de plantes, qui ont été enregistrées dans la banque. Parmi cet ensemble de relevés, 117.000 ont été localisés.

Un relevé phytosociologique représente une liste de plantes auxquelles on affecte un coefficient d'abondance-dominance reflétant le recouvrement général des taxons. Ce coefficient est évalué par rapport au recouvrement des plantes sur une surface donnée. La surface du relevé est proportionnée à la structure de la communauté échantillonnée. Elle est assez grande pour contenir la totalité de la flore qui pousse dans la communauté. Elle est aussi limitée que possible pour réduire l'examen laborieux de la couverture végétale, point par point, et pour demeurer au sein d'un milieu aussi homogène que possible. En pratique, elle est de l'ordre de 1 m² dans les formations de Théophytes, constituées d'espèces messicoles ou rudérales. Elle est plus importante dans les formations forestières, mais ne dépasse généralement pas 100 m². Le coefficient d'abondance-dominance s'échelonne en six classes définies par Braun-Blanquet (Guinochet, 1972) :

- 1 plante simplement présente, recouvrement très faible ;
- 2 plante abondante et recouvrement faible, ou peu abondante avec un plus grand recouvrement ;
- 3 plante très abondante ou recouvrement supérieur à 5% ;
- 4 plante à recouvrement de 25 à 50%, abondance quelconque ;
- 5 plante à recouvrement de 50 à 75%, abondance quelconque ;
- 6 plante à recouvrement supérieur à 75%, abondance quelconque.

Les observations botaniques des relevés phytosociologiques tiennent compte du rang taxonomique, de la présence de taxons dans les différentes strates et de l'abondance des taxons rencontrés. Pour normaliser ces observations afin de les intégrer dans les calculs, trois conventions sont appliquées sur chacun de ces paramètres :

a. Le rang taxonomique :

Les taxons rencontrés par les botanistes sont le plus souvent des espèces, mais assez fréquemment ces observations concernent aussi des sous-espèces et des variétés. Si un taxon au rang de sous-espèce a été observé, on peut par conséquent admettre que le rang supérieur, c'est-à-dire l'espèce, est contenu implicitement dans cette observation. Ainsi, les observations des rangs inférieurs à l'espèce sont comptabilisées et additionnées au niveau de l'espèce. Cette méthode permet d'abord de voir l'étendu globale d'une espèce et de « gommer » dans certains cas d'éventuelles erreurs de détermination des niveaux infra-spécifiques. Néanmoins, l'information infra-spécifique reste toujours présente et peut être intégrée dans les calculs.

b. Les semis et les strates :

Il arrive que les botanistes notent dans un même relevé plusieurs fois la même plante, si elle est présente dans des strates différentes, comme par exemple dans la strate buissonnante et la strate arborée pour le cas des plantes ligneuses, ou encore sous la forme de semis. Dans ce cas, la convention adoptée est de ne considérer que l'observation taxonomique qui possède le niveau d'abondance le plus fort. Cette hypothèse consiste à supposer que les niveaux d'abondance inférieurs soient implicitement inclus dans le niveau le plus élevé et, qu'à ce niveau, la plante montre un optimum d'abondance dans le milieu où elle a été rencontrée.

c. Les plantes à seuil d'abondance (PASA) :

L'abondance des taxons varie essentiellement en fonction des paramètres du milieu. Une abondance supérieure montre la capacité qu'a un taxon de se développer dans un environnement particulier. Ainsi, l'abondance témoigne des facteurs environnementaux qui sous-tendent la distribution spatiale des taxons. L'hypothèse envisagée est qu'un taxon abondant indique mieux les paramètres environnementaux qui lui permettent de vivre, plutôt qu'un taxon simplement présent. La préparation des plantes à seuil d'abondance consiste à attribuer, pour un même taxon suffisamment observé dans différentes classes d'abondance, un numéro particulier qui correspond aux observations où le taxon est simplement présent, puis à affecter un autre numéro correspondant aux observations de ce taxon à un niveau d'abondance déterminé. A l'heure actuelle, la banque « Sophy » contient 7500 PASA, dont 4800 plantes n'ayant pas de niveau d'abondance particulier (noté 1-6), 2625 plantes ayant deux niveaux d'abondance et 65 plantes ayant trois niveaux d'abondance. Le tableau 1 donne un exemple de relevé ayant le format utilisable pour les traitements numériques.

1	2	3	4	5	6
14916	38	2623	2	1	RELEVÉ DANS PINEDE A P. D'ALEP., STAEHEL. ET ROMARIN
1	309	437	1	1	
2	768	997	1	1	
3	777	1002	1	1	
4	787	1019	1	2	
5	1416	1717	1	1	
6	1579	1914	1	4	
7	1580	1914	1	4	
8	2238	2845	1	3	
9	2555	3225	1	1	
10	2587	3279	1	1	
11	2589	3283	1	4	
...					
37	6911	9034	1	4	
38	6912	9034	1	4	

Tableau 1 : Exemple de relevé phytosociologique de la banque « Sophy ».

La première ligne correspond aux informations générales sur ce relevé :

Colonne 1 : numéro séquentiel du tableau phytosociologique (14916).

Colonne 2 : nombre de taxons du relevé, y compris de PASA (38).

Colonne 3 : numéro de la référence bibliographique (2623).

Colonne 4 : le numéro du tableau dans la référence (2).

Colonne 5 : nombre de relevés (1).

Colonne 6 : titre du tableau phytosociologique.

Les lignes suivantes correspondent aux enregistrements botaniques.

Colonne 1 : comptage des enregistrements.

Colonne 2 : code des plantes à seuil d'abondance.

Colonne 3 : code sub-séquentiel. Le taxon numéroté 9034 est présent deux fois dans ce fichier car il recense deux plantes à seuil d'abondance codées respectivement 6911 et 6912 dans la colonne précédente.

Colonne 4 : comptage du taxon dans le tableau phytosociologique.

Colonne 5 : abondance maximale du taxon dans le relevé.

2.1.2. Localisation des relevés

La banque de données « Sophy » contient à l'heure actuelle 117.000 relevés phytosociologiques localisés en majorité sur le territoire français. La localisation de ces sources s'effectue à partir de publications, ou bien directement à partir de cartes ayant les pointages des relevés communiqués par les botanistes. L'échelle des cartes utilisées pour la localisation varie entre le 1/50.000^{ème} et le 1/25.000^{ème}. Un logiciel contrôle l'affectation d'un relevé à sa commune d'origine en comparant les coordonnées géographiques du relevé avec celles du centre de la commune.

Trois niveaux de précision pour la localisation des relevés ont été adoptés : le niveau 1, précision maximale, concerne les relevés pointés sur des cartes, ou bien ceux qui ont été déjà localisés par les auteurs. La précision est de 100 m, soit un milligrade, et représente 20 % des relevés de la banque. Le niveau 2 correspond au lieu-dit et a une précision d'environ 500 m à 1 km. Les relevés de précision 2 constituent 55 % des relevés de la banque. Enfin, les relevés de niveau 3 ont une précision d'environ 1 à 5 km à peu près. Ils constituent 25 % des relevés de la banque et ont comme coordonnées celles du centre de la commune dans laquelle ils ont été effectués.

1	2	3	4	5	6	7
228	13	119169	2623	2	1	RELEVÉ DANS PINEDE A P. D'ALEP., STAEHEL. ET ROMARIN

1	2	3	4	5	6	7	8	9
119169	1	MOUJAN, FLANC W DE LA CLAPE, HAUTEUR	47.965	FR	.817	11	75	1

Tableau 2 : Exemple de localisation d'un relevé phytosociologique effectué par A. Gaston en 1961 dans la montagne de La Clape.

La première ligne comporte des informations générales sur la référence.

Colonne 1 : numéro du fichier contenant les localisations.

Colonne 2 : comptage du tableau phytosociologique dans le fichier des localisations.

Colonne 3 : numéro séquentiel du tableau par rapport à tous les tableaux de la banque Sophy.

Colonne 4 : numéro de la référence bibliographique.

Colonne 5 : numéro du relevé dans cette référence.

Colonne 6 : nombre de relevés dans le tableau.

Colonne 7 : titre du tableau phytosociologique.

La ligne suivante correspond à la localisation proprement dite du relevé phytosociologique.

Colonne 1 : numéro séquentiel du relevé.

Colonne 2 : numéro du relevé donné par l'auteur.

Colonne 3 : titre du relevé.

Colonne 4 : latitude exprimée en grades avec une précision au millième de grade.

Colonne 5 : pays où le relevé a été effectué.

Colonne 6 : longitude exprimée en grades avec une précision au millième de grade.

Colonne 7 : numéro du département.

Colonne 8 : altitude du relevé.

Colonne 9 : précision de la localisation.

2.1.3. Les codes floristiques

Pour utiliser d'une façon simple les informations botaniques des relevés phytosociologiques dans les traitements numériques et pour la gestion de la banque « Sophy », les noms latins des taxons ont été codés en valeurs numériques.

La nomenclature des noms latins des taxons est celle employée dans « les quatre flores de France » de Fournier (1947). Le tableau 3 présente un extrait du code floristique des PASA qui est utilisé dans les traitements numériques.

1	2	3	4	5	6	7
1	3	4	31	1	ACANTHUS MOLLIS L.	1-5
2	5	4	2868	1	ACER CAMPESTRE L.	2-6
3	5	4	5800	2	ACER CAMPESTRE L.	1-6
4	9	4	981	1	ACER MONSPESSULANUM L.	1-5
5	13	4	44	1	ACER NEGUNDO L.	3-4
6	13	4	148	2	ACER NEGUNDO L.	1-4
7	14	4	887	1	ACER OPALUS MILLER	2-5
8	14	4	2149	2	ACER OPALUS MILLER	1-5
9	15	5	43	1	ACER OPAL SUBS ITALUM L	2-4
10	15	5	124	2	ACER OPAL SUBS ITALUM L	1-4
11	17	4	553	1	ACER PLATANOIDES L.	2-5
12	17	4	1448	2	ACER PLATANOIDES L.	1-5
13	18	4	1658	1	ACER PSEUDOPLATANUS L.	3-6
14	18	4	6616	2	ACER PSEUDOPLATANUS L.	1-6

Tableau 3 : Extrait du code floristique des plantes à seuil d'abondance (PASA).

Colonne 1 : code de la plante à seuil d'abondance (PASA).

Colonne 2 : code de la plante sans la prise en compte de son niveau d'abondance.

Colonne 3 : code du rang taxonomique du taxon. (4 pour l'espèce ; 5 pour la sous-espèce).

Colonne 4 : fréquence du taxon observé dans la banque en considérant sa classe d'abondance : pour *Acer opalus* Miller, ce taxon présente deux niveaux d'abondance pour le rang de l'espèce et 2 PASA pour ses sous-espèces.

Colonne 5 : comptage du taxon en fonction de ses niveaux d'abondance.

Colonne 6 : nom latin du taxon basé sur les noms de la flore de France de Fournier (1947).

Colonne 7 : classe d'abondance du taxon.

Comme le nombre d'observations de taxons varie entre chaque mise à jour de la banque « Sophy », le code floristique des PASA est actualisé afin de tenir compte des nouvelles fréquences des taxons et de leurs classes d'abondance.

D'autres fichiers floristiques sont également utilisés pour la gestion de la banque « Sophy », comme le fichier synonymique de la flore française (Kerguelen, 1993 ; Brisse et Kerguelen, 1994) qui permet de coder et d'informatiser des sources phytosociologiques, utilisant une autre nomenclature botanique de celle de Fournier.

2.1.4. Références bibliographiques

Les observations de la banque de données botaniques et écologiques « Sophy » proviennent de rapports d'activité, de doctorats, de thèses de troisième cycle, de mémoires de DEA, d'articles, de carnets de terrain et de fichiers informatisés. Actuellement 2940 sources bibliographiques phytosociologiques ont été rassemblées et 2000 d'entre elles ont été informatisées. La figure ci-dessous présente un exemple de tableau d'une référence bibliographique.

1	2	3	4	5
1001	2623	GASTON (A.)	1961	70 relevés effectués dans la Montagne de la Clape (Aude). Première partie (relevés 1 à 70). Relevés manuscrits

Tableau 4 : Exemple de référence bibliographique informatisée dans la banque SOPHY.

Colonne 1 : Comptage des enregistrements des références bibliographiques.

Colonne 2 : numéro de la référence.

Colonne 3 : nom et initiale(s) du prénom de l'auteur.

Colonne 4 : année de la publication de la référence.

Colonne 5 : titre de la référence bibliographique et éventuellement le type de document. Pour les publications telles que les mémoires, les articles ou les thèses, le nombre de pages est noté dans cette colonne.

Pour chaque référence bibliographique il est possible de connaître le nombre de relevés effectués, le nombre d'observations contenues dans la référence et la localisation des sources bibliographiques informatisées d'un auteur.

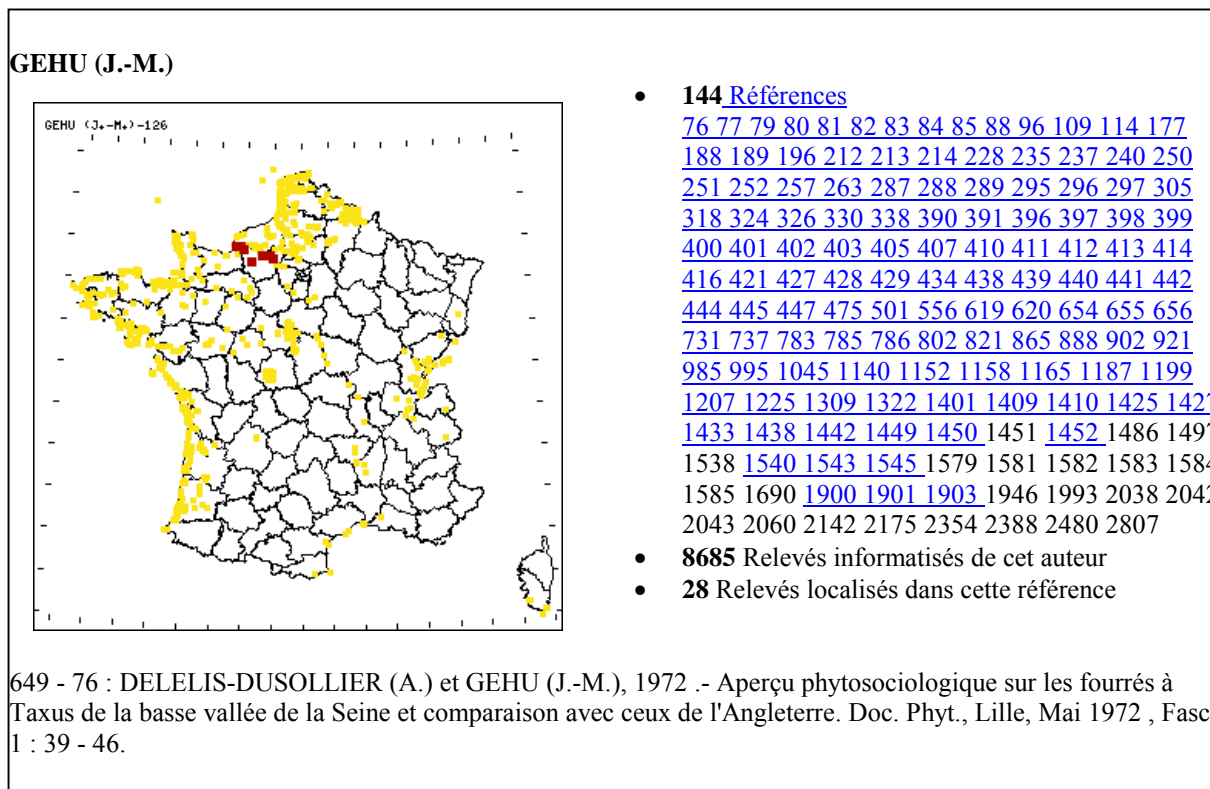


Figure 2 : Exemple de localisation d'une référence bibliographique ayant pour auteur J.-M. Géhu. En entête figure le nom et les initiales de l'auteur. La carte montre l'ensemble des références de l'auteur qui ont été localisées dans la banque « Sophy » avec en rouge la localisation de la référence sélectionnée. A droite sont indiquées toutes les références pour lesquelles l'auteur a participé et en bleu celles qui ont été localisées. Figurent ensuite le nombre total de relevés de l'ensemble des références et le nombre de relevés de la référence sélectionnée. La dernière ligne donne le titre complet de la référence bibliographique sélectionnée.

L'ensemble des références bibliographiques et leur localisation figurent sur le site Internet de « Sophy » à l'adresse suivante :

<http://jupiter.u-3mrs.fr/msc41www/impalpha.htm>

2.1.5. Bilan de la banque « Sophy »

Après 25 années de recueil de données, la banque « Sophy » constitue un ensemble de sources botaniques et écologiques informatisées unique en France. L'ensemble des 137.000 relevés phytosociologiques représente plus de 2.900.000 observations élémentaires sur le sol français et dans les régions frontalières des pays limitrophes. La figure 3 représente l'ensemble des 117.000 localisations des relevés phytosociologiques de la banque.

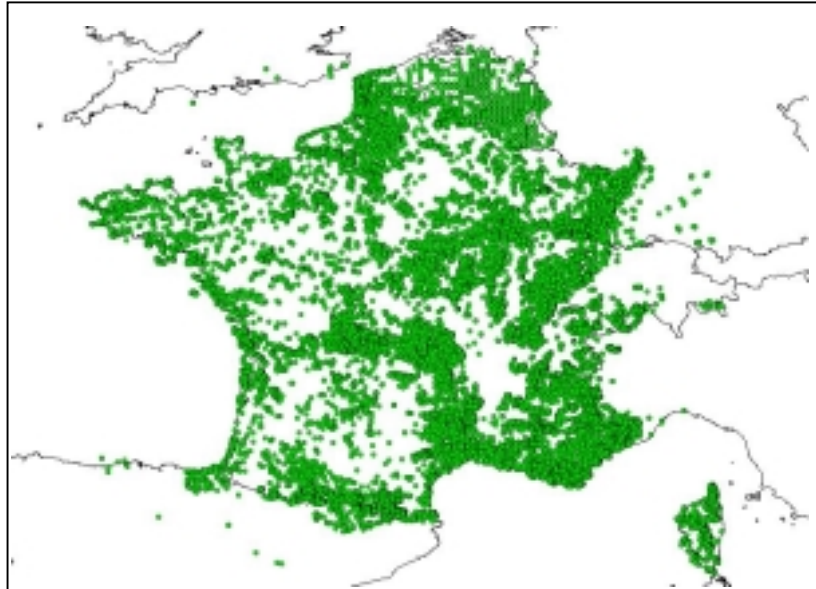


Figure 3 : Répartition des relevés de la banque de données botaniques et écologiques « Sophy ». Bien que cette répartition soit spatialement hétérogène, les observations botaniques et les relevés constituent un inventaire des principaux taxons et milieux de France.

Certes, la carte des relevés montre qu'il reste encore çà et là des territoires restreints dépourvus d'observations. Cependant, la banque montre la diversité des territoires avec peu d'exceptions. Elle présente la diversité des situations écologiques avec encore moins d'exceptions, étant donné que la même situation écologique se répète dans des localités différentes (Brisse *et al.*, 1998).

La carte des relevés indique également des densités d'échantillonnage inégales selon les territoires. Cette inégalité ne représente pas un obstacle pour montrer la diversité des milieux que reflètent les relevés, à condition que l'interprétation écologique des relevés dépende aussi peu que possible de la richesse floristique et de la densité géographique des relevés. Ce sera le rôle du traitement numérique, présenté au chapitre 3.

2.2. Les données climatiques de Météo-France

Le réseau d'observation du Service de la Météorologie Nationale (Météo-France) enregistre des mesures quotidiennes des variables climatiques, comme les températures et les précipitations, qui servent à caractériser les différents types de climats en France.

2.2.1. Variables climatiques utilisées

La caractérisation d'un climat se porte essentiellement sur les températures et les précipitations, mais d'autres mesures, comme la durée d'ensoleillement, sont enregistrées par le réseau d'observations de Météo-France.

Cependant, seules les mesures des précipitations et des températures ont été retenues dans notre étude car ce sont les variables qui sont enregistrées dans un plus grand nombre de postes climatiques (Tableau 5). D'autre part, ce sont celles les plus souvent utilisées pour caractériser les traits majeurs d'un climat.

Réseaux	Maille (Km)	Nombre total de postes
Pluviométrique	15	3 500
Thermométrique	30	900
Synoptique	60	170
Héliographique	70	103
Pyranométrique	150	95

Tableau 5 : Les différents réseaux de mesures climatiques de Météo-France (D'après Choissnel, 1992 à *in* Guyot, 1997). Les réseaux de mesure des précipitations et des températures sont les plus importants et ont une maille plus fine que les autres.

Les plantes d'un secteur particulier subissent l'action de variables climatiques tout au long de l'année et sur une longue période climatique, laquelle est caractérisée par un climat moyen. Ces plantes témoignent alors d'un climat moyen. Aussi, les postes sélectionnés pour la présente étude doivent répondre à certains critères, permettant d'étudier la répartition des mesures climatiques sur une période relativement longue : le nombre d'années consécutives d'enregistrements doit être au minimum égal à 30 années, ce qui correspond aux normales climatiques, avec au maximum 5 années manquantes pour un poste donné. Les postes doivent enregistrer simultanément les températures et les précipitations afin d'utiliser en même temps ces deux grandeurs pour caractériser le comportement climatique d'une plante. Si les variables étaient utilisées dans des stations différentes, leur rapprochement avec des données floristiques serait biaisé.

Les grandeurs climatiques retenues sont les températures du jour, reflétées par les températures maximales, les températures de la nuit, reflétées par les températures minimales, les hauteurs des précipitations et le nombre de jours de pluie. Cette dernière variable donne des résultats inédits concernant les relations entre plantes et climats, car elle souligne l'importance pour certaines plantes de l'alternance ou de la régularité de la répartition des précipitations. La moyenne mensuelle des températures montre les températures les plus fréquemment subies par les plantes, tandis que la valeur extrême montre les températures responsables des accidents de gel ou de sécheresse. Ces deux phénomènes sont, comme nous l'avons vu (chapitre 1, § 1.3.2.3.), parmi les facteurs les plus importants qui conditionnent la répartition de la végétation. D'autre part, l'alternance entre les températures du jour et de la nuit étant un phénomène important pour le développement des végétaux, leur intégration dans l'étalonnage climatique des plantes donne également des résultats inédits. Au total, ce sont six grandeurs climatiques qui ont été sélectionnées :

- moyenne mensuelle de la température minimale quotidienne (Tmin);
- moyenne mensuelle de la température maximale quotidienne (Tmax);
- valeur extrême mensuelle de la température minimale quotidienne (Tmin Extrêmes);
- valeur extrême mensuelle de la température maximale quotidienne (Tmax Extrêmes);
- cumul mensuel des hauteurs des précipitations (P);
- nombre mensuel de jours ayant des précipitations supérieures ou égales à 0,1 mm (Nbj);

Ces six grandeurs représentent 72 variables sélectionnées (12 mois × 6 variables climatiques). Deux lots de données climatiques ont été réunis pour former un total de 828 postes climatiques. Le premier concerne 187 postes météorologiques répartis sur l'ensemble du territoire français et ayant déjà fait l'objet de deux précédentes études phytoclimatiques (Grandjouan, 1980 ; Brisse et Grandjouan, 1994). Les variables utilisées pour ces travaux sont Tmin, Tmax et P pour la période 1921-1970. En 1998, 641 postes supplémentaires ont été acquis pour la période 1949-1998 avec les six variables Tmin, Tmax, Tmin Extrêmes, Tmax Extrêmes, P et Nbj. Comme la mise en commun de ces deux lots de données rassemble des postes mis en fonction selon des périodes différentes, une estimation des données manquantes a été réalisée.

2.2.2. Estimation des données climatiques manquantes

Un réseau important de données climatiques présente inévitablement des données manquantes principalement provoquées par les différences entre les périodes de fonctionnement pour les postes du réseau. Les données peuvent aussi manquer lorsqu'un poste n'a pas enregistré de mesures pendant une certaine période. Or les climats de deux postes sont comparables lorsqu'ils portent sur la même période de mesure. Une différence de période peut entraîner une différence climatique aussi forte qu'une différence de plusieurs centaines de kilomètres. C'est pourquoi il est nécessaire de se fixer une période de référence unique pour tous les postes du réseau et de remplacer les données manquantes par des estimations aussi fiables que possible.

En 1981, De Ruffray *et al.* ont proposé un procédé pour estimer les données manquantes fondé sur les corrélations entre postes climatiquement voisins. Cette approche permettait de pallier les artéfacts des méthodes ordinairement utilisées, comme l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC), qui conduisait à estimer la donnée manquante d'un poste en utilisant les moyennes des mesures issues de l'ensemble des postes du territoire. Ceci signifie que, pour estimer les données manquantes du poste de Nice, les mesures des postes de Lille ou du Mont Aigoual étaient utilisées. Comme alternative de ce calcul, les auteurs avaient proposé un procédé utilisant les corrélations pour définir un voisinage constant de trois postes climatiques pour un poste donné. L'intérêt d'utiliser les corrélations était de rapprocher des postes de régime climatique analogue en comparant leurs variations inter-annuelles, ce qui permettait de rapprocher des postes d'une même région. La donnée manquante était ensuite évaluée par régression, en ajoutant à la donnée du poste voisin la valeur du coefficient de régression. La donnée estimée représentait la moyenne des trois estimations basées sur les trois postes les plus voisins du poste à compléter. Les résultats montraient des estimations de températures avec un écart moyen de 0,26°C par rapport aux mesures.

Cependant, cette démarche reposait sur un nombre fixe, et donc arbitraire, de postes climatiques voisins pour un poste donné. Cet aspect pouvait provoquer des écarts entre estimations et mesures plus importants qu'en utilisant un nombre variable de postes pour faire une estimation. Ainsi, un nouveau calcul de données manquantes a été réalisé. Il est fondé sur un voisinage variable de nombre de postes climatiques compris entre 1 et 8, ce qui permet d'optimiser l'estimation. Il prend également en compte les écarts médians entre postes climatiquement proches, ce qui permet de donner de meilleures estimations des valeurs manquantes qu'en utilisant les écarts moyens.

2.2.2.1. Principe du calcul des données manquantes

L'estimation d'une donnée manquante conserve autant que possible les écarts médians avec les données observées dans les postes ayant des régimes similaires. Le calcul comporte trois étapes :

- a) la détermination des postes ayant des régimes similaires ;
- b) la détermination de l'effectif optimal des postes similaires ;
- c) le calcul de l'écart médian entre le poste à compléter et le poste voisin.

Le calcul utilise les médianes plutôt que les moyennes, afin de tenir en compte des valeurs les plus fréquentes et de minimiser ainsi l'influence des valeurs extrêmes exceptionnelles. L'estimation se fonde sur les similitudes climatiques entre les postes et non pas forcément géographiques. Elle ne tient pas compte des continuités ni des discontinuités territoriales, car elle vise à appliquer les résultats à des stations floristiques immédiatement voisines du poste, en vue de quantifier les relations entre flore et climat. Elle estime une donnée manquante d'après la donnée mesurée dans les postes voisins, la même année, et d'après les écarts habituels entre le poste à compléter et chacun de ses voisins. Une estimation fondée sur un seul voisin est égale à la donnée mesurée dans ce poste voisin, simplement additionnée de l'écart médian algébrique entre les deux postes. Cet

écart médian est calculé pour toutes les années où les mesures du poste voisin et du poste à compléter sont connues. Une estimation fondée sur plusieurs voisins est égale à la moyenne des estimations.

Le paramètre essentiel du calcul est celui qui définit le voisinage d'un poste. Ce paramètre est la dispersion des écarts entre les mesures de deux postes, pendant un mois donné, au cours des années successives (Tableau 6). Pour que ce paramètre soit aussi stable que possible, il repose non seulement sur le mois qui est à compléter, mais aussi sur le mois précédent et sur le mois suivant.

1. Rangement des postes « Q » voisins du poste « P » à compléter :

Les postes voisins Q sont rangés selon leurs fluctuations par rapport au poste P à compléter, pour une grandeur V. Soit $V(A, M, Q)$ la grandeur pendant les mois M des années A dans les postes Q du réseau. Les postes Q sont rangés selon les valeurs croissantes de la dispersion des écarts connus entre P et Q pendant les années A. Cette dispersion est la médiane des écarts notés comme suit :

$$| [V(A1, M, P) - V(A1, M, Q)] - [V(A2, M, P) - V(A2, M, Q)] |$$

pour les couples (A1, A2) où les mesures sont connues. N est le rang du poste Q. Ce calcul est étendu au mois qui précède le mois considéré M et au mois qui le suit.

2. Estimation EST pour une année « A1 » d'après un seul poste « Q » qui est le n^{ième} voisin de « P » :

$EST(A1, M, P) = V(A1, M, Q) +$ médiane algébrique de $(V(A, M, P) - V(A, M, Q))$ pour les années A où les mesures $V(A, M, P)$ et $V(A, M, Q)$ sont connues.

Estimation d'après les « N » premiers voisins lorsque $N > 1$:

$EST(A1, M, P) =$ moyenne des estimations d'après chacun des N voisins.

3. Précision de l'estimation :

$J(N) =$ médiane de $|V(A, M, P) - EST(A, M, P)|$ pour les années « A » où la mesure $V(A, M, P)$ est connue.

4. Optimisation du voisinage :

Si $J(N) < J(N-1)$, le N^{ième} poste voisin a amélioré la précision de l'estimation. Le (N+1)^{ème} peut l'améliorer encore. Il faut donc incrémenter N et utiliser le poste voisin suivant.

Si $J(N) > J(N-1)$, le N^{ième} poste voisin n'a pas amélioré la précision de l'estimation. L'effectif du voisinage optimal permettant la meilleure précision est égal à N-1. Le calcul est terminé.

Tableau 6 :Etapes de l'estimation des données manquantes dans un poste P.

La figure suivante montre un exemple de sélection de postes climatiques pour l'estimation des données manquantes d'un poste donné, en fonction de la variable P. Cette sélection est fondée sur leurs écarts médians durant l'ensemble de leur période commune d'enregistrement des données.

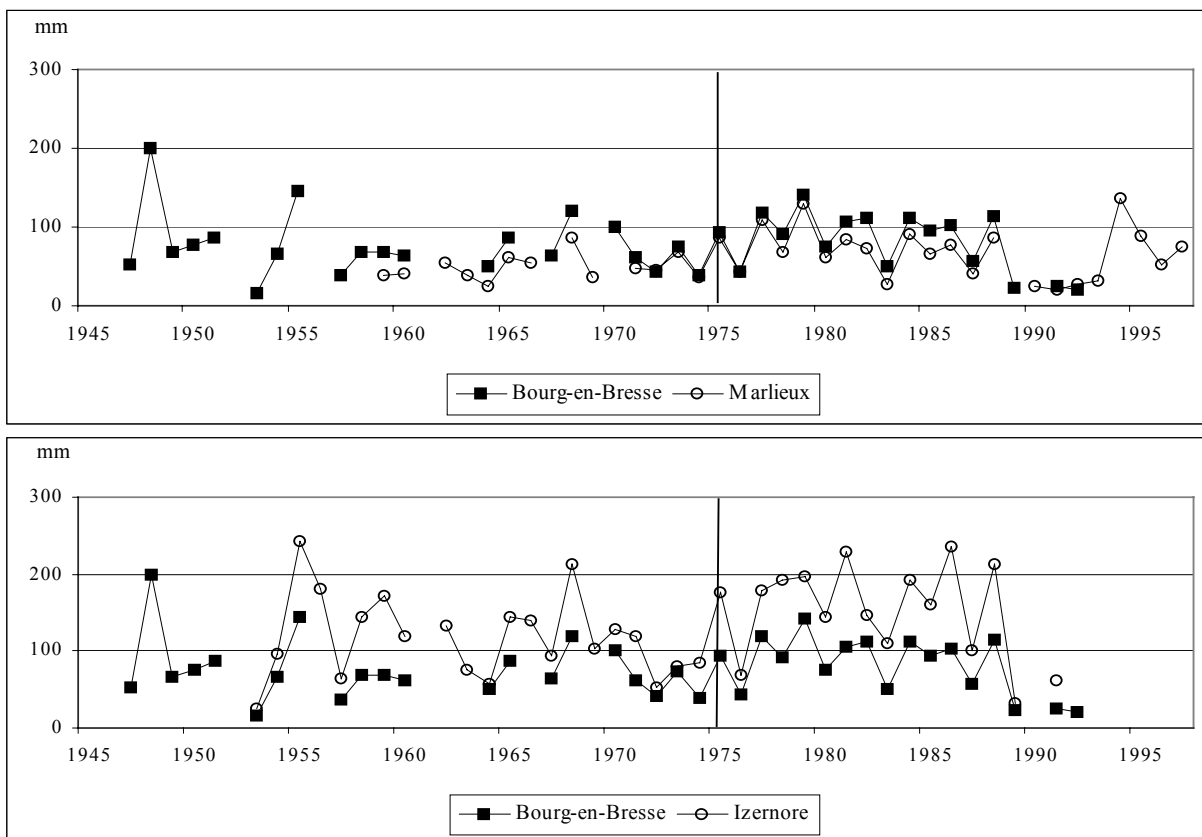
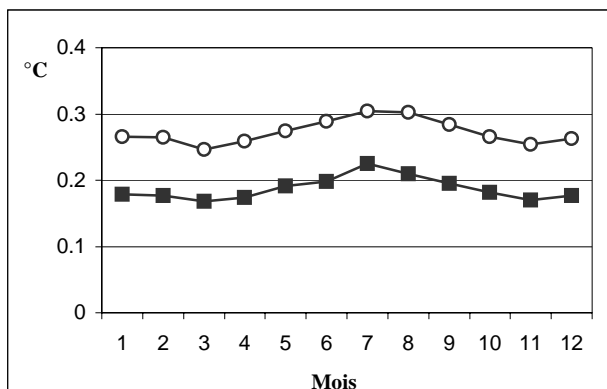


Figure 4 : Exemple de données climatiques utilisées pour calculer la similitude entre deux postes. En ordonnées, les précipitations P de janvier, mesurées de 1945 à 1994 dans trois postes (Bourg-en-Bresse, Izernore et Marlieux), avec des manques. Sur le graphique supérieur, Marlieux montre des fluctuations parallèles à celles de Bourg-en-Bresse. La fluctuation médiane, égale à 12 mm, est plus petite que celles des autres postes. Marlieux est le poste le plus similaire à Bourg-en-Bresse, pour cette variable P . Il sert à estimer les données manquantes. Sur le graphique inférieur, Izernore montre des fluctuations dispersées. La fluctuation médiane dépasse 30 mm. Izernore ne sert pas à estimer P à Bourg-en-Bresse.

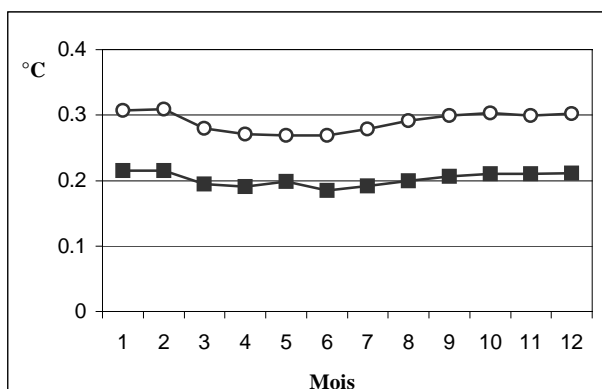
Comme les données climatiques utilisées sont des grandeurs repérables (chapitre 1), elles définissent un rangement qui peut être traduit sous la forme d'une médiane. C'est pourquoi la sélection du voisinage d'un poste climatique repose sur ses écarts médians avec les autres postes.

2.2.2.2. Résultats du calcul des données manquantes

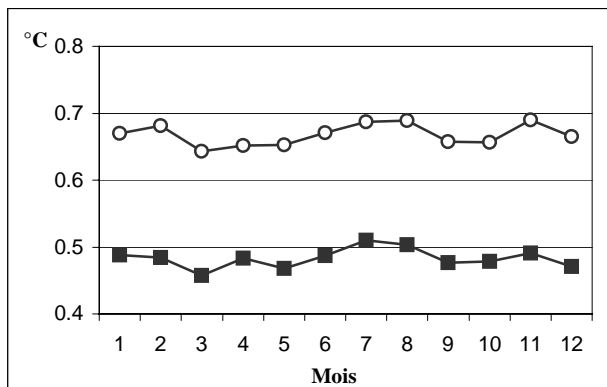
L'écart médian entre mesures et estimations est de $0,2^{\circ}\text{C}$ pour les températures moyennes, de $0,4^{\circ}\text{C}$ pour les températures absolues et de 6 à 10 mm pour les précipitations (figure 5). En revanche, en utilisant les moyennes, les écarts sont systématiquement plus importants, de $0,3$ à $0,4^{\circ}\text{C}$ pour les températures moyennes, de $0,7$ à $1,0^{\circ}\text{C}$ pour les températures extrêmes et de 10 à 14 mm pour les précipitations. Ces différences s'expliquent par le fait que les moyennes prennent en compte des valeurs extrêmes qui peuvent ne pas être représentatives d'un climat donné. Les valeurs médianes, à l'inverse des moyennes, rendent mieux compte du régime d'un climat.



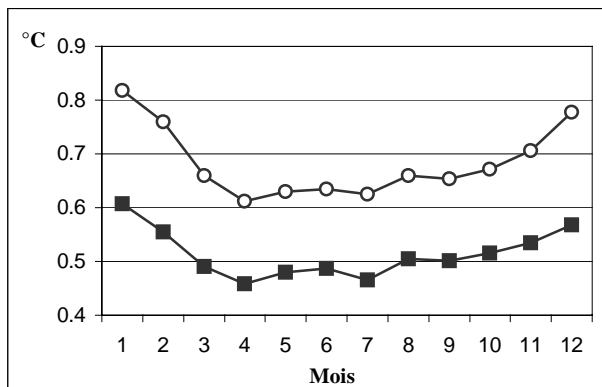
Températures mensuelles maximales moyennes



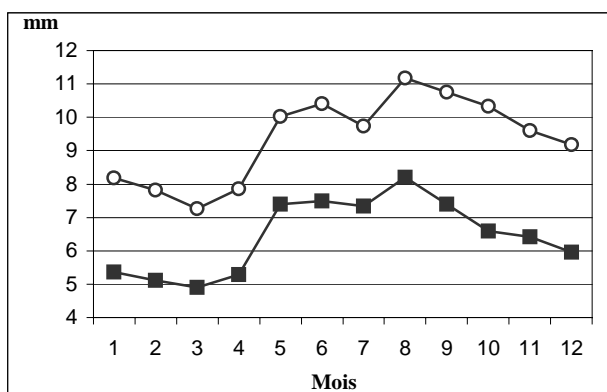
Températures mensuelles minimales moyennes



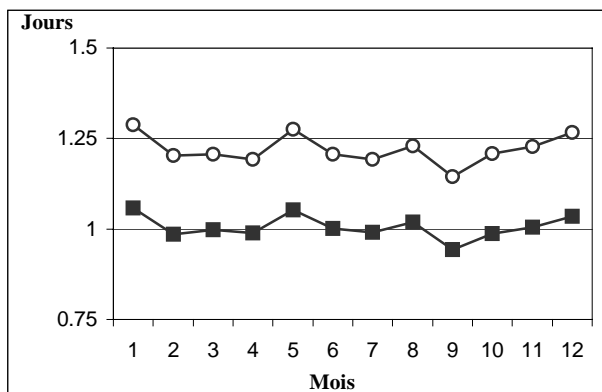
Températures mensuelles maximales extrêmes



Températures mensuelles minimales extrêmes



Total des précipitations mensuelles



Nombre mensuel de jours de pluie

Figure 5 : Intervalles entre mesures et estimations. o Intervalle entre mesures et estimations d'après le calcul des moyennes. ■ Intervalle entre mesures et estimations d'après le calcul des médianes. Pour chacune des grandeurs étudiées, l'estimation utilisant le calcul des médianes est plus proche de la valeur mesurée qu'avec l'utilisation des moyennes. Les valeurs médianes seront préférentiellement utilisées dans les calculs des données manquantes, plutôt que les valeurs moyennes.

Les données utilisées pour l'étude des relations entre plantes et climats sont constituées par le fichier issu du calcul des données manquantes. Ces données ont l'avantage d'être parfaitement régulières, car l'intermittence due aux données manquantes a été comblée. D'autre part, le calcul des données manquantes a permis, comme l'ont mentionné De Ruffray *et al.* (1981), de corriger des données qui présentaient des fluctuations trop importantes engendrées soit par un dysfonctionnement des appareils de mesures, soit par des erreurs de saisie.

2.3. Echantillonnage des relevés aux alentours des postes climatiques

Toute étude d'écologie numérique commence par rapprocher les observations des êtres vivants près des mesures du milieu. Bien que notre étude soit réalisée à l'échelle de la France, le rapprochement entre les observations botaniques et les mesures climatiques s'effectue à l'échelle du topoclimat, entre 1 km et 10 km (Guyot, 1997). L'utilisation de cette échelle de perception consiste à quantifier les liens entre les plantes et les climats d'une façon plus précise qu'en utilisant des synthèses numériques réalisées à des échelles supérieures comme à l'échelle régionale.

Initialement, les postes météorologiques ont été visités un par un et les prospections floristiques ont été échantillonnées sur le terrain, dans les alentours du poste (Brisse et Grandjouan, 1977). Il avait fallu trois campagnes d'été successives pour inventorier la flore d'environ 800 stations floristiques dans les alentours de 187 postes météorologiques. Aujourd'hui, l'existence de la banque « Sophy » permet d'échantillonner des relevés préexistants dans les alentours des postes, sans revenir sur le terrain.

La sélection des relevés phytosociologiques près des postes climatiques doit tenir compte à la fois de l'altitude du relevé par rapport au poste climatique, ainsi que de son éloignement vis-à-vis des masses maritimes pour les stations situées près du littoral. Un minimum de cinq relevés phytosociologiques proches d'un poste climatique est nécessaire pour choisir les postes utiles pour l'étalonnage. La distance entre les relevés et le poste climatique ne dépasse pas 10 km et, le plus souvent, ces relevés sont contenus dans un rayon de 5 km autour du poste. L'écart entre l'altitude du poste et celles des relevés qui lui sont proches ne dépasse pas 10 %.

Au total, cet échantillonnage comprend 12.000 relevés contenant eux-mêmes 1800 taxons et 2861 PASA dans les alentours de 574 postes (Figure 6). Ces données constituent la base la plus détaillée et la plus complète qui ait été utilisée pour connaître les relations entre plantes et climats en France.

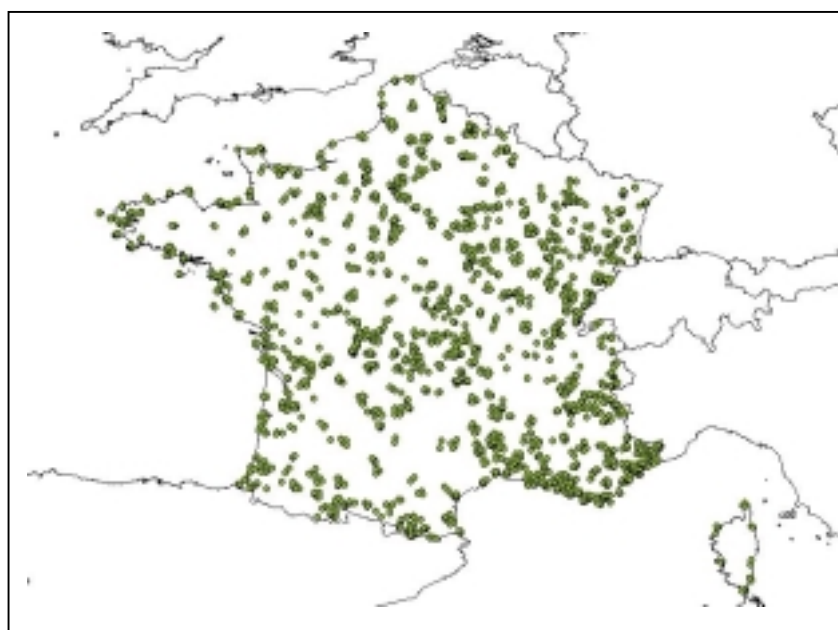


Figure 6 : Répartition des 12.000 relevés phytosociologiques sélectionnés aux alentours des postes climatiques. Elle s'étend sur l'ensemble du territoire français, ce qui signifie que ces relevés ont été échantillonnés dans la majorité des climats de France.

La carte montre que l'ensemble des relevés phytosociologiques sélectionnés a été échantillonné dans les principaux types de climats de France. Elle montre également que les relevés phytosociologiques appartiennent à des situations écologiques et géographiques variées. Cet échantillonnage a permis de regrouper 2861 taxons issus de milieux et de climats différents.

CHAPITRE 3 : UN MODELE PROBABILISTE DES RELATIONS ENTRE PLANTES ET CLIMATS

3.1. Introduction

Même si une méthode probabiliste semble adaptée à l'étude stationnelle de l'écologie des plantes, d'autres méthodes numériques sont fréquemment utilisées dans ce domaine et ce, depuis de nombreuses années. Leur emploi n'est ainsi presque jamais remis en cause tant elles ont été diffusées dans la littérature scientifique et font partie intégrante de logiciels du commerce. Les données utilisées par ces traitements sont de même nature que celles que nous utilisons pour définir les phytoclimats : ce sont des données stationnelles ordinales qui présentent des intermittences.

Cependant, les procédés usuels sont le plus souvent basés sur des calculs géométriques qui s'adressent plutôt à des données non intermittentes, ce qui provoque des artéfacts lors de leur utilisation sur des observations botaniques. Les paragraphes suivants décrivent de façon succincte les principes généraux de ces méthodes numériques tout en les comparant avec les hypothèses utilisées dans la présente étude. Il ne s'agit pas de présenter l'ensemble des méthodes numériques utilisées en écologie, tâche qui susciterait à elle seule un ouvrage complet, mais simplement quelques-unes qui ont été et qui sont encore fréquemment employées. Ces paragraphes tentent d'expliquer pourquoi ces méthodes n'ont pas été retenues dans notre recherche. Enfin, la méthode probabiliste présentement employée est décrite de façon détaillée après avoir discuté des raisons de ce choix.

3.2. Approches usuelles en écologie végétale et choix d'une méthode probabiliste

3.2.1. La méthode phyto-écologique

Cette approche est basée sur l'étude des fréquences des taxons dans les classes de variables environnementales (Gounot, 1969 ; Daget et Godron, 1982). Elle représente une méthode qui a été développée essentiellement au Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques (CEPE)-Louis Emberger de Montpellier.

Elle constitue la base de la méthode probabiliste utilisée dans notre recherche, au moins dans sa phase initiale, en cherchant à rapprocher et à calculer les fréquences des taxons dans les gammes de variables du milieu, mais elle s'éloigne de la méthode probabiliste par plusieurs aspects qui concernent : le découpage des mesures des variables environnementales en classes ; l'utilisation des fréquences corrigées pour créer des profils écologiques ; le calcul de l'information mutuelle entre taxon et descripteur afin de choisir les variables et les taxons qui portent le plus d'information ; la comparaison visuelle des profils écologiques des taxons pour créer les groupes écologiques.

3.2.1.1. *Découpage des mesures environnementales en classes*

Le découpage des mesures en classes est utilisé pour réduire leur nombre avant leur intégration dans les calculs. Les mesures des variables environnementales sont le plus souvent découpées en classes d'intervalles égaux, ce qui impose une perte de précision pour les mesures et les observations qui se trouvent entre deux intervalles. Pour cette raison, il a été choisi dans notre étude de ne pas utiliser un découpage des variables en classes, mais de former des rangs pour chacune des mesures différentes des grandeurs climatiques.

Cette méthode a l'intérêt de garder un maximum de précision par rapport à la mesure effectuée, puis de tenir compte du rangement des mesures et, par conséquent, de respecter la nature

ordinaire et quantitative des données. Enfin, l'utilisation des rangs permet de ne pas tenir compte des unités des grandeurs employées.

3.2.1.2. Fréquences corrigées et profils écologiques

Le but de l'étude des fréquences des plantes dans les gammes de variables du milieu est de montrer les comportements écologiques des taxons afin de les comparer entre eux. Dans ce cas, l'analyse fréquentielle aboutit à créer des profils écologiques d'espèces ou de groupes d'espèces, basés sur les fréquences absolues, relatives ou corrigées des taxons, dans les classes des variables environnementales. Cependant, l'emploi de ces fréquences peut provoquer des artéfacts empêchant la comparaison des profils écologiques. Ainsi, il convient de choisir le type de fréquence utile pour les réaliser.

L'emploi des fréquences absolues, par exemple, ne permet pas de comparer les comportements écologiques entre deux plantes car ces fréquences dépendent directement de l'échantillonnage des espèces dans les classes de variables (figure 7). Elles ne sont en fait applicables que dans le cas où les relevés seraient uniformément répartis dans les classes de la variable, ce qui est rare pour les prospections en milieu naturel.

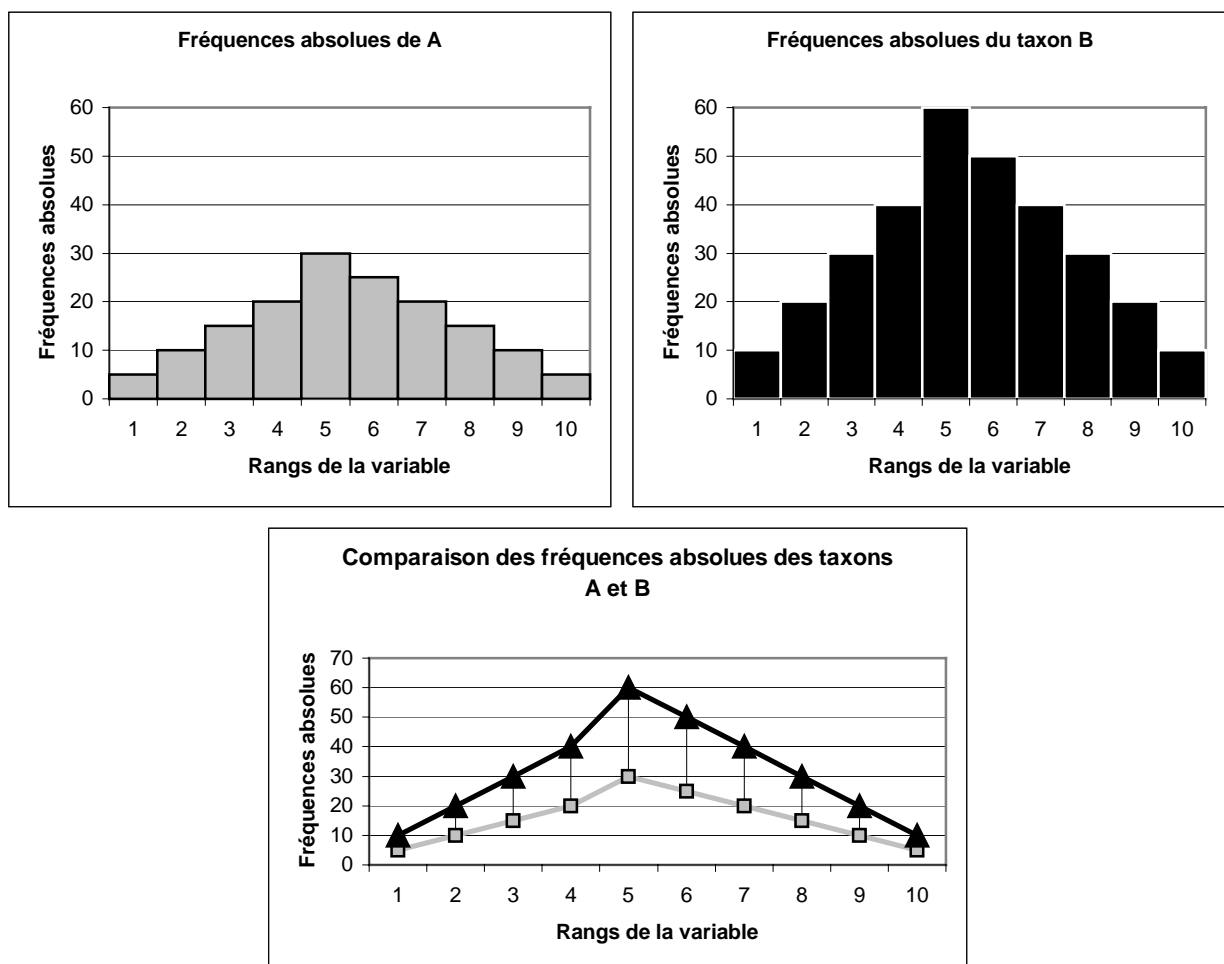


Figure 7 : Comparaison des comportements écologiques de deux taxons A et B à partir de leurs fréquences absolues. Les fréquences absolues du taxon B sont deux fois supérieures que celles du taxon A dans les rangs de la variable. Cet écart est simplement induit par un échantillonnage plus important pour le taxon B. La comparaison de leurs fréquences semble montrer une différence de comportement entre ces deux taxons, ce qui est démenti par la figure suivante.

De ce fait, les phytoécologues suggèrent l'utilisation de fréquences relatives afin de comparer sur un « pied d'égalité » les comportements des plantes entre eux (figure 8). Ces fréquences relatives montrent alors des différences qui ne sont plus liées aux aléas de l'échantillonnage des plantes dans les classes des variables.

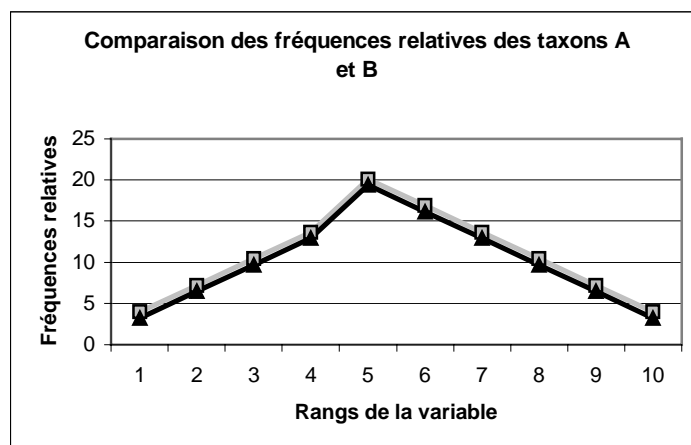


Figure 8 : Comparaison des comportements écologiques de deux taxons A et B à partir de leurs fréquences relatives. Cet exemple reprend les mêmes fréquences absolues utilisées dans la figure précédente. Ces fréquences absolues ont été transformées en fréquences relatives. La comparaison montre que les taxons A et B ont un comportement écologique analogue car leurs différences sont très faibles.

Les différences d'échantillonnage ont été lissées par les fréquences relatives, ce qui permet de montrer que ces deux taxons ont le même type de comportement écologique, vis-à-vis de la variable sélectionnée. Le calcul de leur différence de comportement étant basé sur la somme de leurs écarts dans les classes de variables, il montre des différences nulles dans cet exemple.

Les chercheurs du CEPE ont également suggéré l'utilisation des fréquences corrigées des plantes dans les gammes de variables. Par fréquences corrigées, il faut retenir qu'il s'agit du rapport entre la fréquence relative de l'espèce, dans une classe d'une variable environnementale et sa fréquence relative moyenne dans l'ensemble des relevés. Elle s'exprime comme suit :

$$C(K) = [U(K)/R(K)] / [U(E)/NR]$$

avec : U(K) = nombre de relevés dans la classe « K » où l'espèce est présente ; R(K) = nombre de relevés dans la classe « K » ; U(E) = nombre total de relevés où l'espèce « E » est présente ; NR = nombre total de relevés de l'étude.

Ce calcul permet de quantifier la part de l'espèce dans la classe de la variable par rapport à l'ensemble de sa distribution dans les relevés de l'étude (figure 9). Il permet alors d'éviter le problème de sous-représentation des espèces rares et de sur-représentation des espèces communes dans les relevés, ce qui provoque des écarts importants entre les profils. La similitude de comportement entre deux taxons est donc plus évidente avec ce procédé qu'en utilisant les fréquences absolues ou les fréquences relatives.

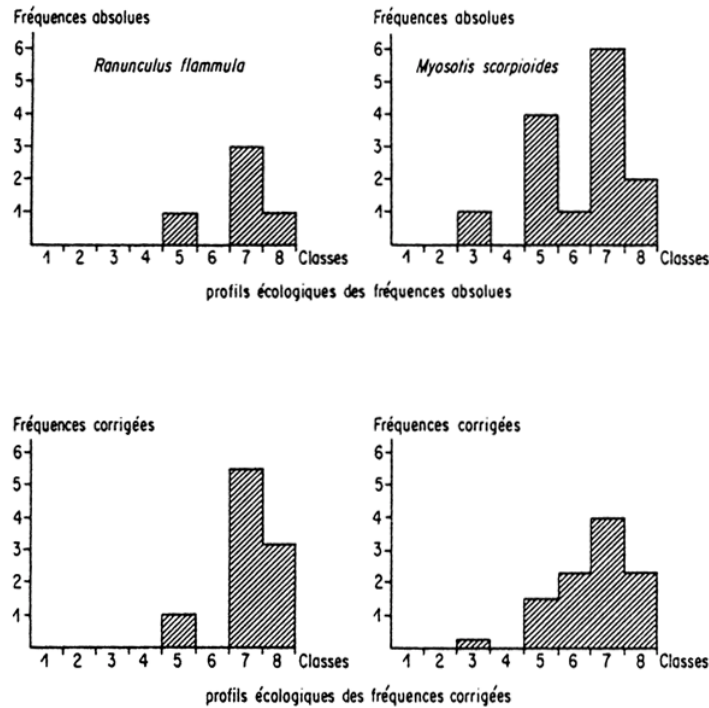


Figure 9 : Exemple de profils écologiques (d'après Daget et Godron, 1982) : comparaison entre les profils de fréquences absolues et les profils de fréquences corrigées.

Mandin (1990 a et b) propose un catalogue de profils écologiques de 250 espèces du Vivarais méridional, basés sur leurs fréquences corrigées dans des classes de six variables du milieu (figure 10). Ce catalogue montre des comportements écologiques en fonction de :

- la nature de la roche mère, découpée en 19 classes nominales ;
- l'effervescence de la roche mère, découpée en six classes qualitatives ;
- le pH du deuxième horizon, découpé en neuf classes qualitatives ordinales ;
- le faciès de la végétation, découpé en 49 classes nominales ;
- l'humidité relative de la station découpée en huit classes qualitatives ;
- l'altitude, découpée en 15 classes qualitatives ordinales.

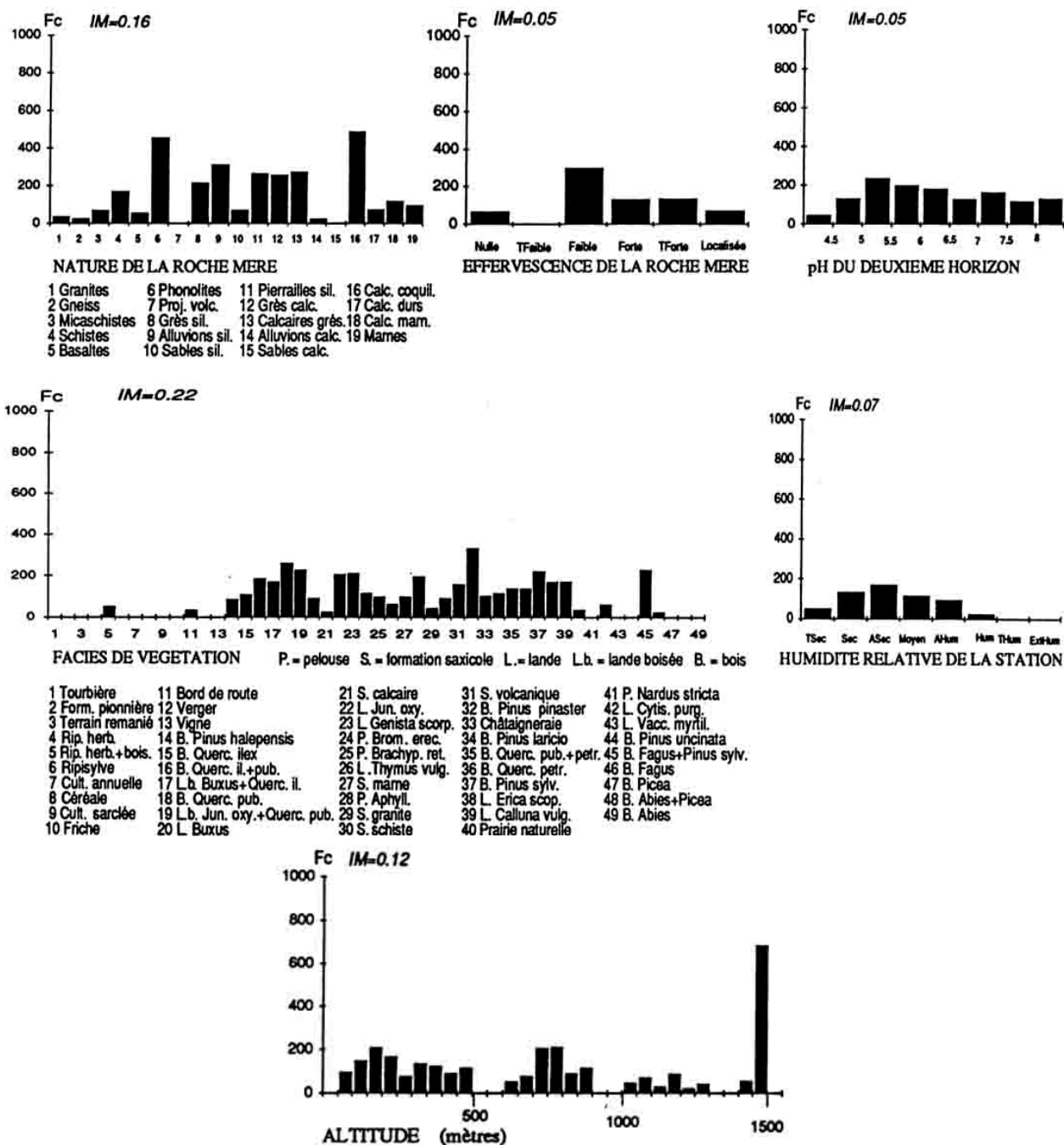


Figure 10 : Exemple de profils écologiques de *Juniperus communis* L. (Mandin, 1990 b). Les diagrammes présentent les fréquences corrigées des observations de *Juniperus communis* L. dans les classes des descripteurs suivants : nature de la roche mère, effervescence de la roche mère, pH du deuxième horizon, faciès de végétation, humidité relative de la station et altitude. IM représente la valeur indicatrice du taxon pour le descripteur utilisé. Elle correspond à l'Information Mutuelle entre taxon et descripteur (§3.2.1.3.).

L'utilisation des profils corrigés permet de comparer les comportements écologiques des espèces entre elles, mais seulement pour celles qui sont uniquement présentes dans les mêmes classes de variables. Cet aspect pose un problème majeur car deux taxons occupent généralement des classes de variables différentes, même s'ils occupent la même gamme dans une variable. C'est pourquoi, la comparaison des comportements climatiques des taxons de notre recherche est réalisée à partir de fréquences relatives cumulées, afin de tenir compte de l'intermittence des taxons dans les rangs des variables climatiques.

Néanmoins, une méthode de comparaison entre profils corrigés a été mise au point par les phytoécologues. Elle calcule d'abord le barycentre des profils de chaque taxon en fonction des classes de la variable. Ce calcul considère un profil écologique comme un ensemble d'indices de fréquences dans les classes d'un descripteur, ces indices étant représentés par des points sur un axe simulant un gradient. Cet axe correspond à la gamme dans laquelle les fréquences du taxon ont été observées. La masse de chaque point représente la fréquence du taxon dans la variable. Le barycentre sert à résumer l'information apportée par l'ensemble des points du profil qui s'ordonnent sur l'axe. La formule du barycentre est la suivante :

$$G = \frac{\sum m_i \times d_i}{\sum m_i}$$

avec m_i étant l'indice de fréquence du profil écologique et d_i le numéro de la classe.

Les plantes sont ensuite ordonnées selon les valeurs de leurs barycentres : les plantes ayant des valeurs proches sont considérées comme écologiquement voisines.

La seconde partie de la méthode consiste à calculer les « valeurs caractérisantes » que peut prendre un taxon. Elles correspondent au rayon de giration de l'espèce dans la variable, ce qui est analogue à son amplitude écologique, car ce rayon prend en compte la dispersion de la plante dans les classes de la variable. En fait, le rayon de giration correspond à l'axe sur lequel sont portés les indices de fréquences du profil de chaque taxon.

L'utilité du centre de giration et de permettre la comparaison des comportements écologiques entre plantes de même barycentre. Cette comparaison s'effectue en portant sur un graphique les barycentres des taxons et leurs « valeurs caractérisantes » pour une variable donnée (Figure 11).

Le recours à un axe, correspondant à l'amplitude écologique d'un taxon dans une variable, donne l'image d'un taxon distribué de façon continue dans la variable, ce qui n'est habituellement pas le cas. Cette astuce méthodologique conduit à montrer graphiquement une continuité dans la représentation de la répartition du taxon dans la gamme de la variable, mais ne constitue pas une méthode pour prendre réellement en compte l'intermittence du taxon dans cette dernière. Cette méthode ne fait pas d'hypothèse sur la valeur des fréquences que peut prendre un taxon, lorsqu'il est absent entre deux classes d'une variable. C'est pourquoi il a été choisi d'utiliser un modèle probabiliste pour l'expression des relations entre plantes et climats.

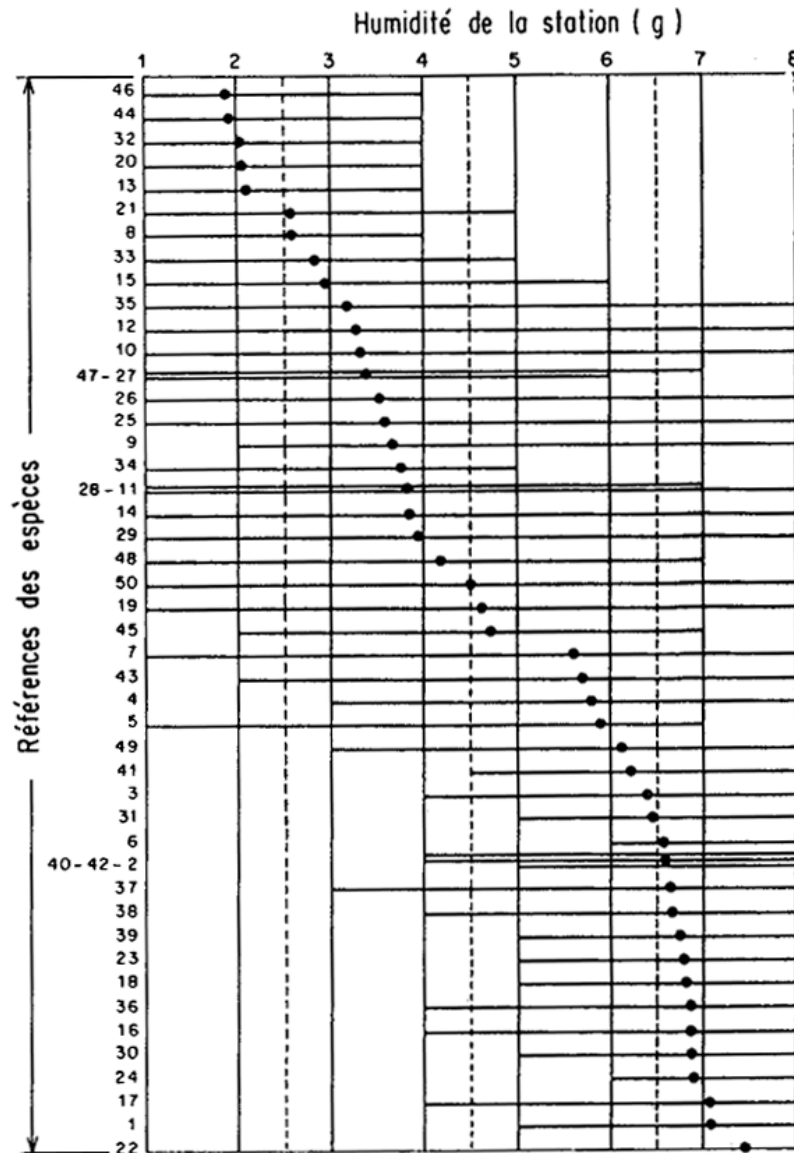


Figure 11 : Rangement des espèces selon le barycentre de leur profil écologique en fonction de l'humidité de la station (d'après Daget et Godron, 1982). En abscisse sont portées les « valeurs caractérisantes » dans les classes de la variable environnementale. En ordonnées correspondent les codes des taxons. La largeur des traits correspond à l'amplitude écologique du taxon dans les classes de « valeurs caractérisantes ». Le point noir correspond au barycentre du taxon par rapport à la distribution de ses fréquences dans la gamme de la variable.

Ce genre de comparaison de comportements reste empirique car il est fondé sur une approche visuelle. Il ne permet donc pas de comparer un grand lot de comportements écologiques entre eux. Il reste également imprécis car il ne prend pas en compte l'intermittence des taxons dans les classes de variables du milieu. Ainsi, afin de pallier ces inconvénients dans notre recherche, la comparaison des comportements climatiques entre les taxons est basée sur les fréquences cumulées (figure 12).

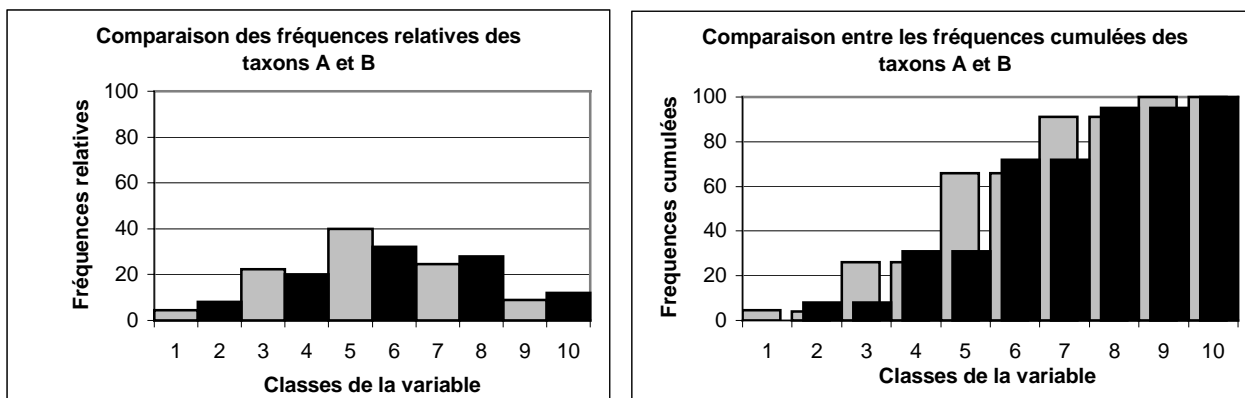


Figure 12 : : Comparaison des comportements écologiques des taxons A et B, dont la distribution est disjointe dans les classes d’une variable environnementale. Dans le graphique de gauche, les taxons A et B présentent des fréquences relatives disjointes dans les classes de la variable : le taxon A est fréquent dans des classes impaires et le taxon B dans des classes paires. Leur différence de comportement est égale à la somme de leurs fréquences relatives, soit à 200 %, ce qui semble signifier que ces deux taxons ont des comportements écologiques complètement différents. En revanche, en appliquant les fréquences relatives cumulées (graphique de droite), leur différence de comportement est nettement plus faible, égale à 62 %, ce qui correspond mieux à l’observation de leurs comportements écologiques, qui montre une certaine similitude.

Les fréquences cumulées se calculent par ajout successif de la valeur de la fréquence relative du taxon dans les classes de variables. Pour les classes nulles, on suppose que la fréquence d’un taxon est au moins équivalente à celle de la fréquence de la classe précédente. Cette approche permet de visualiser des comportements écologiques plus réguliers et surtout de pouvoir les comparer entre eux, en considérant un grand nombre de taxons, notamment par l’emploi d’une classification numérique. Le paragraphe 3.6. décrit en détail les paramètres utilisés lors de la classification climatique des plantes en France.

3.2.1.3. Sélection des espèces et des descripteurs selon leur information mutuelle

Les fondateurs de la méthode phytoécologique préconisent de sélectionner les espèces et les « descripteurs écologiques », en fonction de l’analyse l’information mutuelle qu’ils apportent conjointement. Cette sélection permet de distinguer les espèces indicatrices de celles qui ne le sont pas vis-à-vis des descripteurs étudiés. Cette démarche part de la théorie de l’information, qui a été développée au sujet de l’information transmise par les lignes téléphoniques et qui exprime un phénomène binaire (Godron, 1984). L’information correspond à la réalisation ou non d’un événement. Cette information est donc quantifiable par des probabilités.

La probabilité pour qu’un évènement binaire se produise est $P = 1/2$ quand les deux éléments ont la même chance de se produire. Si on utilise « n » éléments équiprobables, la probabilité pour acquérir l’information souhaitée de leur réalisation devient $1/2^n$ et de ce fait, le nombre d’expériences pour acquérir l’information est : $n = \log_2(1/P)$. Si les évènements ne sont pas équiprobables, il convient de pondérer l’information que peut apporter chacun d’entre eux par leurs probabilités P_i , d’où la formule de Shannon :

$$I(G) = \sum P_i \times \log_2\left(\frac{1}{P_i}\right)$$

En phytoécologie, l'information mutuelle entre espèce et descripteur s'exprime selon la formule suivante :

$$I(L;E) = \sum_1^{NK} \frac{U(K)}{NR} \log_2 \frac{U(K)}{NR} \times \frac{NR}{U(E)} + \sum_1^{NK} \frac{V(K)}{NR} \log_2 \frac{U(K)}{R(K)} \times \frac{NR}{V(E)}$$

avec I(L ; E) : information mutuelle I entre un descripteur L et une espèce E ;
 NK : nombre de classes de la variable ;
 NR : nombre total de relevés ;
 U(K) : nombre de relevés de la classe K où l'espèce E est présente ;
 U(E) : nombre total de relevés où l'espèce E est présente ;
 V(K) : nombre de relevés de la classe K où l'espèce E est absente ;
 V(E) : nombre total de relevés où l'espèce E est absente ;
 R(K) : nombre de relevés de la classe K.

Plus I(L ;E) est forte, plus une espèce apporte des informations sur les états d'un paramètre écologique. La valeur de I(L ; E) pour une espèce donnée constitue la valeur indicatrice de l'espèce par rapport au descripteur étudié. Le rangement des espèces par rapport à leur information mutuelle en relation avec un descripteur permet de sélectionner les « espèces indicatrices » de variables du milieu.

La mesure de la quantité d'information, portée par une espèce par rapport à un descripteur, permet de définir l'entropie du système plante-descripteur (Godron, 1966 *in* Gounot, 1969). Long (1974) conclue que les espèces présentant la meilleure relation avec les variables sont celles dont « la fréquence relative est voisine de 50% et qui sont présentes par conséquent dans un relevé sur deux. Les espèces rares et les espèces plus fréquentes ont une entropie plus faible et sont donc moins « porteuses » d'information ». L'entropie dépend donc directement de l'échantillonnage, ce qui constitue un *a priori* quant à l'écologie des espèces et à la possibilité qu'une espèce peu fréquente puisse indiquer un milieu.

En effet, peut-on supposer qu'une plante peu fréquente ne puisse pas indiquer les paramètres écologiques des stations où elle croît ? Par exemple, tout botaniste sait que *Primula marginata* Curtis, espèce des rochers humides de moyennes et hautes montagnes, est indicatrice du milieu dans lequel elle vit indépendamment de sa fréquence dans les relevés. Dans la présente recherche, les plantes sont considérées comme des témoins des variables du milieu, indépendamment de leurs fréquences dans les relevés dans la mesure où la méthode employée calcule une probabilité de concentration de la plante dans une gamme de variable écologique, ce qui permet de limiter l'influence de l'échantillonnage.

Après avoir sélectionné les taxons indicateurs, la méthode phytoécologique tente de sélectionner les descripteurs les plus efficaces, qui agissent sur la végétation. Cette étape consiste à estimer l'information qu'apportent les différents descripteurs. Elle procède par le calcul de l'entropie du descripteur afin de vérifier s'il participe bien à l'organisation des taxons sur le territoire étudié. Elle s'exprime comme suit :

$$H(L) = \sum_1^{NK} \frac{R(K)}{NR} \log_2 \frac{NR}{R(K)}$$

Cette formule ne dépend que du nombre de relevés dans la classe d'un facteur ($R(K)$) et du nombre total de relevés (NR) : elle est donc fortement liée à l'échantillonnage des relevés dans les classes de variables.

La sélection des descripteurs se fait en portant sur l'axe des abscisses l'entropie du descripteur et sur l'axe des ordonnées l'information mutuelle moyenne espèces-descripteur, pour un certain nombre d'espèces.

En fait, comme le montrent les deux formules précédemment citées, la base du calcul de l'information mutuelle est liée au nombre d'occurrences des taxons dans les classes de variables du milieu. Ces classes sont qualitatives et ne prennent pas en compte le rangement du taxon dans la gamme de la variable, ce qui ne respecte pas la nature ordinale des données.

L'utilisation du rapport entre l'information mutuelle moyenne pour 100 espèces et l'entropie des descripteurs a conduit Mandin (1990 a) à ne sélectionner que 6 des 41 variables étudiées (soit 14,6 % des variables retenues). D'autre part, le calcul de l'entropie mutuelle espèce-descripteur a conduit cet auteur à ne sélectionner que 250 des 1286 espèces observées (soit 19,4 % des espèces retenues), ce qui représente un *a priori* sur les relations entre plantes et milieu et constitue, par la même occasion, une perte d'information aussi bien au niveau taxonomique qu'environnemental pour l'expression de leurs relations.

Ainsi, la méthode utilisée pour l'étude des phytoclimats ne formule pas d'*a priori* quant à la possibilité que peut avoir une plante, même relativement rare ou très fréquente, d'exprimer les paramètres du climat. Pour caractériser le comportement climatique d'un taxon, toutes les variables climatiques sont utilisées. Les taxons présents dans les alentours d'au moins 5 postes ont été sélectionnés, ce qui a permis de conserver plus de 55 % des taxons répartis dans les relevés phytosociologiques autour des postes climatiques.

3.2.1.4. Constitution des groupes écologiques de taxons

Un groupe écologique est défini comme étant « un ensemble d'espèces indicatrices présentant la même réaction relative à un descripteur efficace » (Daget et Godron, 1982).

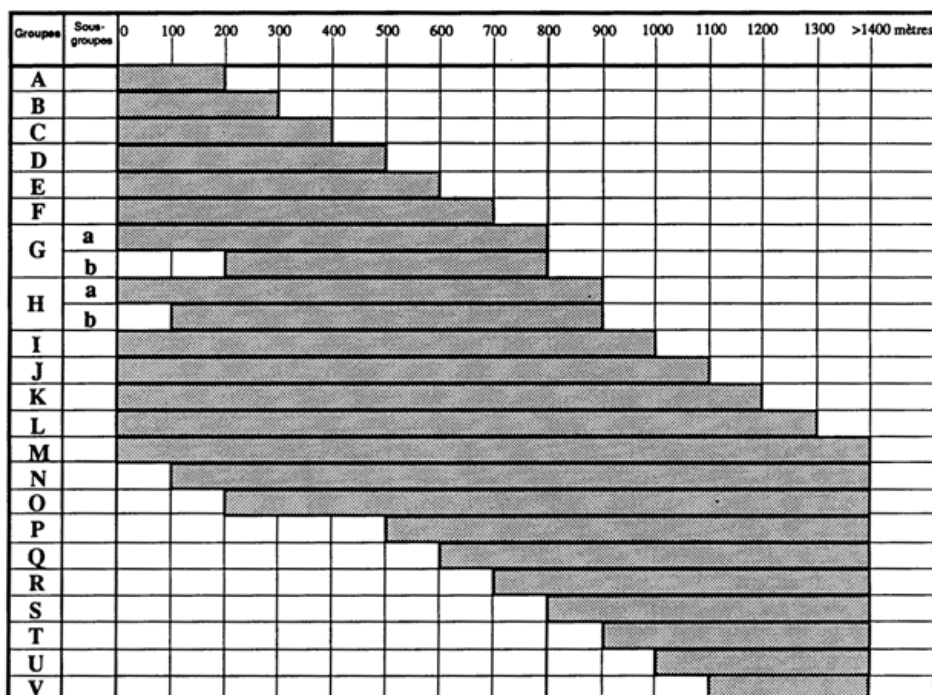
Les groupes écologiques sont constitués à partir de la réunion des profils écologiques de fréquences corrigés des espèces dans les classes de « valeurs caractérisantes », par rapport à un descripteur donné.

En premier lieu, les espèces sont rangées selon le barycentre de leur profil écologique vis-à-vis de leurs « valeurs caractérisantes » pour le descripteur (figure 11, § 3.2.1.2.). Ensuite, le groupe écologique est constitué par les espèces de même barycentre en tenant compte de leur rayon de giration, car, même si deux espèces ont le même barycentre, elles peuvent avoir une amplitude écologique sensiblement différente. Cette sélection est réalisée de façon empirique, car elle repose sur une méthode graphique pour réunir les espèces appartenant à un même groupe écologique.

L'étendue d'un groupe écologique est mesurée par rapport à sa répartition sur le gradient que montre la gamme de la variable (Figure 13). Les classes extrêmes du descripteur occupées par un groupe sont considérées comme étant les limites de tolérance de l'espèce : elles constituent des profils en « écailles doubles » le long du gradient.

La méthode des groupes écologiques combine des procédés numériques avec des procédés empiriques qui ne mesurent pas les similitudes des comportements écologiques, mais se bornent à comparer leur forme : elle reste donc imprécise car elle est soumise à l'interprétation du

phytoécologie alors que la constitution d'un groupe devrait être sanctionnée par un calcul, ce qui permettrait également d'utiliser un plus grand nombre de taxons et de descripteurs.



Groupe A
Lythrum salicaria, Populus nigra.

Groupe B
Populus alba, Ulmus minor.

Groupe C
Asparagus acutifolius, Ligustrum vulgare.

Groupe D
Carex flacca, Pistacia terebinthus, Psoralea bituminosa.

Groupe E
Clematis flammula, Cornus sanguinea, Euphorbia characias, Euphorbia nicaeensis, Sedum ochroleucum.

Groupe F
Aphyllanthes monspeliensis, Brachypodium retusum, Cistus salvifolius, Dorycnium pentaphyllum, Erica scoparia, Fumana ericoides, Genista scorpius, Lavandula latifolia, Lonicera etrusca, Ononis minutissima, Rubia peregrina, Sedum sediforme, Teucrium polium.

Groupe G, sous-groupe a
Astragalus monspessulanus, Pinus pinaster, Prunus mahaleb, Thymus vulgare.

Groupe G, sous-groupe b
Anarrhinum bellidifolium.

Groupe H, sous-groupe a
Bromus erectus, Buxus sempervirens, Eryngium campestre, Euphorbia cyparissias, Hedera helix, Juniperus communis, Quercus ilex, Quercus pubescens, Silene italica, Teucrium chamaedrys.

Groupe H, sous-groupe b
Microphyrum tenellum.

Groupe I
Amelanchier ovalis, Castanea sativa.

Groupe J
Erica cinerea.

Groupe K
Pteridium aquilinum.

Groupe L
Holcus lanatus.

Groupe M
Anthoxanthum odoratum, Armeria alliacea, Briza media, Cytisus scoparius, Hieracium pilosella, Linaria repens, Pinus sylvestris, Sorbus aria, Teucrium scorodonia,

Groupe N
Agrostis capillaris, Conopodium majus, Deschampsia flexuosa, Fagus sylvatica, Jasione montana, Luzula campestris, Phyteuma spicatum, Quercus petraea, Rumex acetosa.

Groupe O
Cytisus purgans, Digitalis purpurea, Epilobium angustifolium, Potentilla erecta.

Groupe P
Centaurea nigra, Rubus idaeus, Sorbus aucuparia, Vaccinium myrtillus.

Groupe Q
Abies alba, Lonicera nigra, Picea abies, Silene dioica.

Groupe R
Alchemilla alpina, Gentiana lutea, Lotus uliginosus, Luzula nivea, Nardus stricta, Senecio nemorensis subsp. fuchsii.

Groupe S
Deschampsia cespitosa, Festuca rubra, Maianthemum bifolium, Polygonum bistorta, Prenanthes purpurea.

Groupe T
Carex nigra, Carex echinata, Cirsium palustre, Juncus acutiflorus, Sambucus racemosa, Viola palustris.

Groupe U
Caltha palustris, Galium saxatile, Oxalis acetosella, Selinum pyrenaicum.

Groupe V
Galium odoratum, Poa chaixii.

Figure 13 : Exemple de groupe écologique indicateur de l'altitude (d'après Mandin, 1990 a). Ils montrent un agencement dit « en écailles » correspondant aux limites de tolérance des espèces par rapport au descripteur.

Enfin, la constitution des groupes écologiques, méthode qui remplace d'une certaine façon une classification des comportements écologiques, n'est réalisée qu'au niveau d'une variable isolée caractérisant un élément du milieu. Par exemple, le climat est défini par au moins trois variables que sont les températures du jour et de la nuit et les précipitations. L'utilisation de la méthode des groupes écologiques chercherait à constituer des groupes de plantes vis-à-vis d'une de ces grandeurs climatiques comme la température du jour, par exemple. Puis, elle constituerait des

groupes de taxons par rapport aux autres variables prises de façon indépendante. Cependant, elle ne considère pas l'espace climatique global dans lequel le taxon vit, mais variable par variable.

En revanche, la méthode employée dans la présente recherche considère le climat non pas comme une suite de facteurs indépendants, mais dans l'expression concomitante de ces facteurs : plus le nombre de facteurs est utilisé, plus le comportement écologique d'un taxon est caractérisé avec précision. Ce point de vue rejoint d'ailleurs un concept énoncé par Sokal et Sneath (1963) : « the ideal taxonomy is that in which the taxa have the greatest content of information and which is based upon as many characters as possible ». De ce fait, la classification climatique des plantes rassemble les taxons en mesurant leurs différences d'après leurs comportements déduits l'ensemble des variables climatiques.

3.2.1.5. Conclusion sur l'analyse fréquentielle

La méthode de l'analyse fréquentielle constitue une démarche utilisant à la fois une approche numérique et une approche empirique. L'étude des fréquences des taxons dans les gammes des variables environnementales représente une démarche qui a influencé le traitement des données de notre recherche, mais de nombreux points divergents sont observés.

Parmi eux, l'utilisation des fréquences corrigées ne constitue pas un moyen de comparaison des comportements écologiques des taxons, car elles ne prennent pas en compte la distribution irrégulière des taxons dans les classes de variables.

Ensuite, l'utilisation des méthodes issues de la théorie de l'information pour sélectionner les « meilleurs » taxons et facteurs conduit à éliminer une grande partie des données et, par conséquent, à perdre de la précision lors de la constitution des groupes écologiques. En fait, ce choix des taxons et des variables a pour but de réduire de façon arbitraire le volume des données, afin de faciliter leur classification visuelle pour constituer les groupes écologiques.

D'autre part, la sélection des taxons et des facteurs a tendance à sous-estimer la capacité des espèces rares et des espèces très fréquentes pour indiquer les facteurs du milieu. Cette sélection représente une démarche qui s'oppose à des hypothèses pourtant banales en écologie et qui considèrent que les plantes sont toutes indicatrices de facteurs du milieu, mais que cette capacité est variable selon l'effet du facteur sur le taxon. Guinochet (1973) écrit à ce propos que « les végétaux, c'est bien évident, sont les indicateurs les plus subtils de la totalité des facteurs auxquels ils sont soumis ».

Enfin, l'ensemble des méthodes numériques et empiriques que constitue l'analyse fréquentielle dépend étroitement de l'échantillonnage des plantes ou des relevés dans les classes des variables étudiées. Or il exige une contrainte qui peut être évitée par l'emploi d'une méthode probabiliste, dans la mesure où les résultats de cette dernière dépendent le moins possible de la distribution des plantes dans les rangs des variables environnementales.

3.2.2. Corrélations et régressions

La corrélation statistique sert à mettre en évidence « la loi générale » qui relie les variations réciproques des grandeurs étudiées et tente d'en mesurer le degré de liaison. La corrélation peut s'appliquer aux données binaires et quantitatives. Elle peut également s'appliquer pour rechercher les relations entre deux variables binaires, entre une variable binaire et une variable quantitative, ou encore entre deux variables quantitatives.

La notion de corrélation est liée à celle de fonction : la connaissance d'un élément x entraîne la connaissance d'un élément y d'où l'expression $y = f(x)$. Par exemple, on peut étudier la répartition d'une plante le long d'une gamme de températures à l'aide d'un graphique, où les abscisses représentent les classes de températures et les ordonnées correspondent aux fréquences de la plante. Le nuage de points ainsi constitué représente un diagramme de dispersions dont la forme témoigne de l'existence ou non d'une relation.

Cependant, cette représentation par un nuage de points n'est pas commode à interpréter, ce qui a poussé les statisticiens à utiliser un procédé pour simplifier la représentation graphique, en donnant une estimation de x en fonction de y . Cette estimation est matérialisée par une ligne ou droite de régression, qui représente la valeur moyenne que peut prendre y pour une valeur donnée de x . Cette droite a donc une valeur prédictive dans la mesure où elle simule l'effet d'un facteur sur la répartition d'un taxon dans sa gamme.

Pour calculer une droite de régression, il convient de déterminer un coefficient de corrélation (appelé également coefficient de régression) qui est le plus souvent linéaire en écologie. En général, ce coefficient teste la relation entre une variable binaire, telle que la présence ou l'absence d'une plante, et une variable quantitative du milieu comme le pH d'un sol ou le taux de CO_2 atmosphérique. L'expression de ce coefficient de corrélation est la suivante :

$$R = \frac{\sqrt{P \times Q}}{\sqrt{P+Q}} \times \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_0}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2}} \quad (\text{d'après Morice et Chartier, 1954 in Grandjouan, 1982}).$$

avec \bar{x}_1 et \bar{x}_0 désignant respectivement les moyennes de la variable quantitative x quand la variable binaire vaut 1 et 0. P et Q représentent les fréquences des valeurs 1 et 0 de la variable binaire. \bar{x} correspond à la moyenne de la variable quantitative x .

La corrélation s'applique à des données continues. La forme de cette relation montre que la valeur du coefficient de corrélation est proportionnellement liée à la fréquence du taxon. Ainsi, pour des taxons rares, la valeur du coefficient de corrélation sera faible même si le lien entre eux reste manifeste, ce qui constitue une contradiction. De plus, la valeur du coefficient de corrélation décroît quand les fréquences du taxon se rapprochent des valeurs moyennes de la variable quantitative, ce qui suppose qu'un taxon ne puisse pas être considéré comme étant un indicateur de valeurs moyennes d'une variable. Or, en milieu naturel, un taxon peut aussi bien indiquer des valeurs fortes, faibles ou moyennes pour une variable donnée.

Dans les propos précédents, nous avons abordé l'aspect simple de la corrélation qui est calculée entre deux éléments. Cependant, il existe la possibilité d'appliquer les corrélations entre plusieurs variables simultanément : c'est l'objet de la régression multiple. Dans ce cas, la droite de régression est remplacée par un plan de régression de l'une des variables par rapport aux autres variables. En écologie, l'utilisation de cette approche a plutôt été remplacée par celle des analyses multidimensionnelles d'autant plus qu'il y a une forte analogie entre corrélation multiple et ces techniques.

3.2.3. Les analyses multidimensionnelles

Les analyses multidimensionnelles ont pour but de calculer le lien entre un grand nombre d'observations et de variables, en les représentant de façon graphique afin d'en faciliter l'interprétation. Elles constituent un moyen pour sélectionner les données qui portent le plus d'information, ce qui permet de réduire leur nombre. Ces techniques ont donc un lien avec la théorie de l'information (Volle, 1997).

Parmi ces méthodes, l'analyse factorielle des correspondances (AFC), l'analyse en composantes principales (ACP) et l'analyse discriminante (AD) font partie de celles les plus couramment utilisées en écologie végétale (Legendre et Legendre, *in* Frontier, 1983 ; Mucina and Van Der Maarel, 1989).

Elles consistent à représenter graphiquement les liens entre les variables d'un même tableau de données à « n » dimensions, où les observations représentent les lignes du tableau et les classes de variables représentent les colonnes. Les données constituent un nuage à « n » dimensions que ces techniques cherchent à projeter sur un plan à deux dimensions. L'information détenue par l'ensemble des points est résumée par une série d'axes factoriels.

a. L'ACP s'adresse à des variables quantitatives. Elle transforme ces dernières en données centrées-réduites, ce qui signifie que les grandeurs utilisées ont une moyenne égale à zéro et une dispersion égale à un, de sorte qu'elles puissent être comparées entre elles quelles que soient leurs unités de mesure. Cette méthode sert à déterminer l'organisation des variables mesurées en fonction des mesures qui les caractérisent et ce, en les projetant sur un axe factoriel.

Dans une étude ayant pour objet les relations entre la végétation et le climat en Provence, Laaidi (1997) applique une ACP sur des données climatiques issues de 39 postes climatiques en Provence. L'analyse des mesures de températures et de précipitations issues de normales de la période 1961-1990 permet montrer les gradients les plus nets, entre le littoral et l'arrière pays et entre l'est et l'ouest. Puis, l'étude des relations entre trois espèces méditerranéennes (*Ceratonia siliqua* L., *Myrtus communis* L. et *Pistacia lentiscus* L.) et le climat est réalisée par la superposition entre les répartitions des plantes et de celle du gradient de mesures climatiques, ainsi que sur l'utilisation d'indices d'aridité. Cette démarche se limite à l'observation des répartitions des plantes et des mesures climatiques sans en calculer le lien de dépendance apparente.

b. L'AFC s'adresse aux variables qualitatives comme les observations botaniques contenues dans des tableaux de contingence (tableaux de fréquences). Les colonnes correspondent aux relevés ou aux variables réparties en classes, et les lignes aux observations des plantes dans les relevés. En écologie végétale, cette technique a été très utilisée pour étudier les groupes de plantes à des fins phytosociologiques (Lacoste et Roux, 1972 a et b ; Guinochet, 1973 ; Briane *et al.*, 1974) ou écologiques (Peinado *et al.*, 1997 ; Legendre et Legendre *in* Frontier, 1982).

c. L'AD cherche à calculer les liens entre les variables qualitatives et les variables quantitatives en mettant en évidence les variables qui discriminent le mieux les groupes, ce qui s'applique au domaine de l'écologie (Legendre et Legendre *in* Frontier, 1982). Elle constitue également une méthode prédictive car elle permet de prévoir les modalités d'un caractère à expliquer en fonction des valeurs prises par les caractères explicatifs, ce qui rejoint d'une certaine façon la notion de corrélation. Cette méthode s'applique donc à des variables et des observations corrélées entre elles.

Ces méthodes sont employées depuis de nombreuses années en écologie végétale et sont également très diffusées par l'intermédiaire des logiciels de calculs. Leur diffusion et leur banalisation dans les travaux scientifiques sont telles que leur utilisation n'est plus remise en cause de nos jours. Cependant, ces méthodes ne sont pas dénuées d'artéfacts qui influencent l'étude des relations entre les plantes et leur milieu.

L'ensemble de ces méthodes utilise des mesures de distance entre les éléments qu'elles étudient, afin de montrer les liens entre eux pris deux à deux. Les principales mesures de ressemblance utilisées en écologie sont en particulier l'indice de Jaccard, appelé aussi coefficient de

communauté (Tableau 7), et la métrique du Chi 2, notée χ^2 , qui s'exprime selon la relation suivante :

$$d^2(i, i') = \sum_{j=1}^p \frac{1}{f_{.j}} \left(\frac{f_{ij}}{f_{i.}} - \frac{f_{i'j}}{f_{i'.}} \right)^2 \quad (\text{d'après Lebart } et al., 2000)$$

avec f_{ij} la valeur de la variable à l'intersection de la ligne i et de la colonne j , $f_{i'j}$ la valeur de la variable à l'intersection de la ligne i' et de la colonne j , $f_{i.}$ la somme des valeurs de la ligne i , $f_{i'.$ la somme des valeurs de la ligne i' et $f_{.j}$, la somme des valeurs de la colonne j .

Distance dans l'analyse factorielle des correspondances (AFC) :

$$D^2 = (1/N(t)) \times (P_1(t)/R_1 - P_2(t)/R_2)^2 \text{ pour } t = 1 \text{ à } tx$$

Avec :

$N(t)$ = fréquence totale du taxon t

$P_1(t)$ et $P_2(t)$ = présence ($P = 1$) ou absence ($P = 0$) du taxon t dans les stations 1 et 2

R_1 et R_2 = nombres des taxons dans les stations 1 et 2

t = numéro du taxon

tx = nombre total des taxons

Coefficient de communauté :

En faisant abstraction des pondérations propres à l'AFC et en supposant que $R_1 = R_2$ et que $N(t)$ est constant, l'expression de la distance devient :

$$D^2 = \text{constante} \times |P_1(t) - P_2(t)|^2 \text{ pour } t = 1 \text{ à } tx$$

Le coefficient de communauté a l'expression suivante :

$$C = 2 \times |P_1(t) - P_2(t)| / (R_1 + R_2) \text{ pour } t = 1 \text{ à } tx$$

La seule variation vient de $|P_1(t) - P_2(t)|$ c'est-à-dire du nombre de taxons présents dans une station et non dans l'autre.

Tableau 7 : Comparaison entre le calcul de la distance pour l'AFC et le coefficient de communauté (d'après Brisse *et al.*, 1996).

Le principal problème de ces métriques est de pondérer la distance par l'inverse de la fréquence d'un taxon ou d'un facteur, ce qui privilégie les variables peu fréquentes au détriment des autres. Elles exagèrent les différences entre les éléments car elles les élèvent au carré, ce qui constitue une hypothèse superflue en écologie.

Dans la pratique et notamment en phytosociologie, lorsque des lots importants de données doivent être traités, l'information expliquée (pourcentage d'inertie des axes) par les premiers axes reste le plus souvent inférieure à 20% (Lacoste et Roux, 1972), ce qui traduit une importante perte d'information. En outre, les problèmes de projection d'un nuage de points constituant un espace à « n » dimensions sur un plan à deux dimensions rendent les graphiques factoriels imprécis, car ils déforment l'espace des relations (McCune, 1994).

Enfin, seules les classes de variables ayant des observations botaniques communes sont comparables entre elles, ce qui ne constitue pas un critère général de comparaison des comportements des taxons : cette méthode ne tient donc pas compte de l'intermittence des taxons dans les classes de variables.

Beals (1984) conclue au sujet de l'AFC, de l'ACP et de l'AD, que ces méthodes sont inadéquates à l'étude des communautés végétales, dans la mesure où :

l'ACP s'adresse avant tout à des données linéaires, non-nulles et corrélées entre elles, ce qui ne permet pas de respecter la nature intermittente des données floristiques en milieu naturel ;

l'AFC ne présente en écologie que peut d'information expliquée, laquelle est essentiellement liée aux premiers axes : elle regroupe les gradients non-corrélés en un seul gradient arbitraire, car elle oblige l'information des éléments à n'être corrélée qu'avec le premier axe. De plus, elle calcule des distances dans un espace euclidien qui a tendance à déformer l'espace des relations écologiques ;

l'AD, de même que l'AFC, ignore l'information sur la similitude entre deux éléments car elle ne considère que la composition floristique des relevés ou des classes de variables. Elle reste donc fortement liée à l'échantillonnage, car elle ne prend pas en compte l'intermittence des observations botaniques.

3.2.4. Les classifications

Les classifications constituent un outil très performant dans le sens où elles tendent à résumer des observations ou des résultats de façon hiérarchisée, ce qui met en évidence des phénomènes majeurs. Les classifications sont souvent utilisées en complément des analyses multidimensionnelles quand les données sont volumineuses, ce qui permet une meilleure lecture des graphiques factoriels qui peuvent être illisibles dans ce cas.

En écologie végétale, leur intérêt est souligné par le fait qu'elles restituent plus d'information que les techniques d'ordination (Brisse et Grandjouan, 1972), cette information étant calculée par la justesse des agrégations. La justesse est analogue au pourcentage d'inertie des axes des analyses factorielles. Notre choix s'est porté sur l'utilisation d'une classification hiérarchique ascendante plutôt que descendante, car elle donne des résultats plus précis (Volle, 1997).

Les distances utilisées dans les classifications hiérarchiques sont nombreuses et parmi elles, la distance du χ^2 reste préférentiellement utilisée, car c'est une distance bien adaptée aux tableaux de contingence du fait qu'elle repose sur l'analyse des fréquences et parce qu'elle donne la priorité aux variables d'occurrences rares (Diday *et al.*, 1982), ce qui intéresse les phytoécologues, car les phénomènes rares sont jugés comme étant les plus intéressants.

Cependant, cette distance pondère les différences par l'inverse des fréquences des observations, ce qui ne permet pas de comparer les observations fréquentes et les observations rares sur une même base, donnant une image exagérée des différences de comportements entre taxons. De plus, l'utilisation des carrés a tendance à exagérer arbitrairement les différences entre éléments et, par conséquent, à donner une image déformée des liens entre eux. Il existe d'autres mesures de distances comme la distance euclidienne ou son carré :

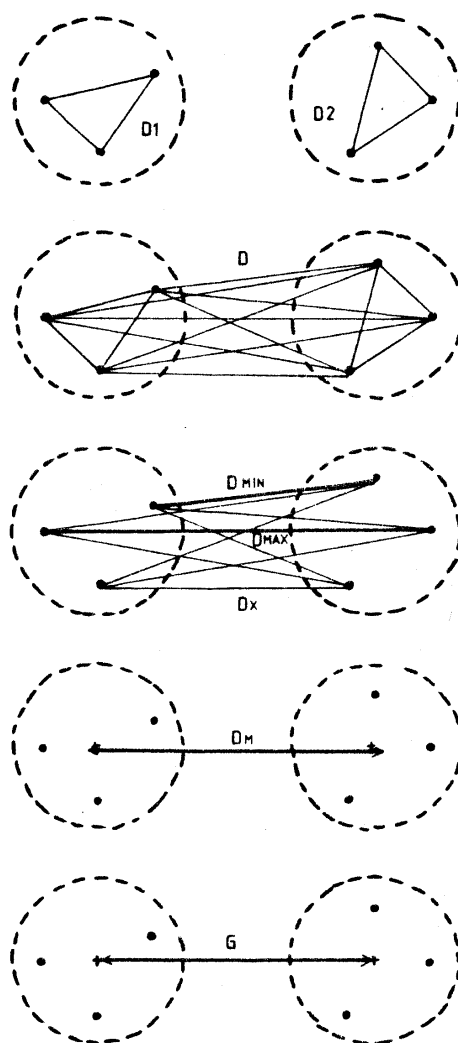
Distance euclidienne : $d_{(x,y)} = \sqrt{\sum (x-y)^2}$; carré de la distance euclidienne : $d_{(x,y)} = \sum (x-y)^2$.

Ces distances, comme celle du χ^2 , exagèrent les différences entre les individus x et y , ce qui n'est pas conforme aux hypothèses énoncées, car elle exagère les différences entre taxons et par conséquent, ces distances ne seront pas employées dans les calculs. Dans notre approche, la différence entre deux comportements climatiques de deux taxons est une différence probabiliste (§ 3.6.3.).

L'étape qui permet de former des groupes de plantes qui ont des comportements écologiques similaires est nommée agrégation. Elle peut être basée sur différentes mesures de distances comme la distance minimale ou maximale entre deux éléments de deux groupes (saut minimum et saut

maximum), sur l'ensemble des distances des éléments entre deux groupes, sur la distance des noyaux des groupes, sur la pondération des distances par l'effectif des groupes, ou bien par l'utilisation de la distance entre les centres de gravités entre deux groupes (figure 14).

Le centre de gravité représente la moyenne de l'ensemble des éléments d'un groupe. En 1977, lors de la première classification climatique des plantes, ce fut la distance entre les centres de gravité qui avait été utilisée pour constituer les groupes phytoclimatiques. Cette technique avait cependant deux inconvénients : le premier était lié à la distance elle-même qui était une distance euclidienne, ce qui provoquait une exagération des différences entre groupes. Le second inconvénient était lié au centre de gravité car la moyenne des comportements des plantes représentait une simplification des comportements. Néanmoins, il faut reconnaître que l'emploi de ces critères d'agrégation était en partie lié à des contraintes d'ordre techniques imposées par les ordinateurs de l'époque, lesquels étaient évidemment bien moins performants que ceux actuellement disponibles.



- D : distance entre tous les éléments, c'est-à-dire l'ensemble des D1, D2 et DX.
- D1, D2 : Distance entre les éléments d'un même groupe, D1 pour le groupe 1, D2 pour le groupe 2.
- DX : Distance entre chacun des éléments du groupe 1 et chacun de ceux du groupe 2.
- D MAX : Valeur maximale de DX.
- D MIN : Valeur minimale de DX.
- DM : Valeur moyenne de DX.
- G : Distance des centres de gravité des groupes 1 et 2.

Figure 14 : Schéma des diverses distances impliquées dans une agrégation (d'après Grandjouan, 1982).

Pour pallier ces problèmes lors de la création des groupes phytoclimatiques, la procédure d'agrégation des comportements repose sur des calculs probabilistes qui sont exposés au paragraphe 3.4.1. et qui calculent, à chaque étape de l'agrégation, le comportement climatique du groupe phytoclimatique comme étant la somme des fréquences cumulées des plantes qui le constituent, ce qui permet de respecter totalement l'apport en information des taxons constitutifs du groupe.

3.2.5. Conclusion sur les hypothèses des procédés usuels en écologie végétale

Les hypothèses, sur lesquelles sont basées les méthodes numériques les plus souvent utilisées pour l'étude des relations entre les plantes et les facteurs du milieu, restent peu conformes à la nature de ces données et de leurs rapports.

Elles déforment les mesures de ces liens car elles les pondèrent selon les effectifs des individus : les analyses factorielles privilégient les caractères rares ; l'analyse fréquentielle favorise les individus moyennement fréquents ; les corrélations privilégient les caractères fréquents. De ce fait, ces techniques restent fortement liées à l'échantillonnage des taxons dans les communautés végétales et dans les classes de variables du milieu. Or, en écologie végétale, un taxon peut aussi bien être indicateur du milieu tout en étant rare ou fréquent.

D'autre part, aucune de ces méthodes ne tient compte de l'intermittence des taxons dans les rangs des variables, ce qui provoque des imprécisions pour la comparaison de leurs comportements écologiques. Enfin, la sélection des observations et des variables, aussi bien par les procédés multidimensionnels que par l'analyse fréquentielle, conduit à éliminer un grand volume de données, ce qui préjuge du rôle de certaines d'entre elles pour expliquer les comportements écologiques.

3.3. Etalonnage climatique de la flore

Les principales méthodes utilisées en écologie végétale précédemment examinées, sont basées sur des calculs géométriques qui s'adressent plutôt à des données métriques, non intermittentes et corrélées entre elles. Appliquées aux données biologiques, ces méthodes produisent des artefacts qui conduisent à une perte de précision dans les résultats.

Pour pallier ces artefacts, un étalonnage probabiliste a été élaboré afin de respecter la nature ordinaire des données et de produire des résultats plus conformes aux hypothèses de l'écologie des plantes en milieu naturel. En particulier, la méthode employée ne fait pas d'hypothèses sur la forme algébrique des relations entre les plantes et les variables du milieu. Elle étudie le rangement d'un taxon dans la gamme d'une variable du milieu quelle que soit l'intermittence du taxon au sein de cette gamme. Elle définit un paramètre de position et de concentration du taxon dans cette gamme permettant de considérer une plante comme un indicateur de variable du milieu. Cette étape constitue l'étalonnage climatique de la flore.

3.3.1. Principes généraux

Un étalonnage est une procédure qui consiste à comparer avec un référentiel, l'exactitude des mesures effectuées par un appareil. Dans le cas de l'étalonnage climatique des plantes, les postes climatiques sont considérés comme des référentiels et les plantes représentent les « instruments » biologiques de mesures. Le corollaire est que les plantes sont considérées comme des témoins des facteurs du milieu et dans notre recherche, ce sont des indicatrices des mesures climatiques. La capacité pour une plante d'indiquer un type de climat est illustrée dans le cadre de l'estimation du climat par la flore (§ 3.5.).

Les postes sont rangés selon leurs valeurs croissantes pour chacune des six variables climatiques : ils constituent ainsi des rangs. L'étalonnage consiste à observer la façon dont est distribué un taxon dans la gamme d'une variable climatique, pour en déduire les probabilités de présence du taxon le long de cette gamme. L'étalonnage climatique des plantes se fonde sur des températures ou des précipitations, et des abondances de plantes qui sont des données ordinales et non des données métriques. Ce sont des grandeurs dont on définit le rangement et non la somme. C'est pourquoi l'étalonnage utilise de simples comptages, résumés par des probabilités, plutôt que des corrélations ou des distances géométriques généralement utilisées en écologie.

En outre, l'étalonnage fait des hypothèses simples sur la distribution d'une plante dans la gamme d'un facteur. Il suppose que l'espèce se montre plus concentrée ou que son abondance est maximale dans une partie de la gamme du facteur, ce qui détermine l'optimum de la plante. Il ne fait pas d'hypothèse sur la relation algébrique entre plante et facteur et, par conséquent, il n'utilise pas de fonction algébrique. Il exprime le pouvoir indicateur d'une plante à son optimum par une fréquence relative, analogue à une probabilité (Brisse et Grandjouan, 1994).

3.3.2. Codage des données ordinales par des rangs

Pour la réalisation des calculs, les données climatiques ont été transformées en rangs. Cette transformation est très simple : il suffit de ranger de façon croissante les postes dans l'ordre des mesures qui les caractérisent et de leur affecter un numéro d'ordre croissant à chacun, en tenant compte des *ex æquo*. Le tableau 8 donne un exemple de la transformation des mesures climatiques en rangs avec des données fictives.

Poste N°	Mesures en °C	Rangs
1	10,1	1
2	12,0	4
3	11,0	2
4	11,5	3
5	11,0	2
6	15,2	6
7	16,0	7
8	14,0	5
9	12,0	4
10	11,0	2

Tableau 8 : Exemple de transformation des mesures de températures moyennes en rangs (valeurs fictives). Les numéros des rangs sont affectés en fonction des valeurs des mesures des postes climatiques. Le poste n° 1 contient la mesure la plus faible : son numéro de rang est donc 1. En revanche, le poste 7 contient la mesure climatique la plus forte : il aura donc le numéro de rang le plus élevé. Les postes climatiques qui ont des mesures égales ont un même numéro de rang.

Cette méthode permet de tenir compte de la nature ordinale des données tout en conservant la correspondance avec les mesures. D'autre part, l'utilisation des rangs permet aussi de ne pas découper les variables en classes, ce qui constitue le plus souvent une perte d'information, car un tel découpage aboutit à créer des classes d'écart constants. Dans la présente recherche, il y a autant de rangs que de mesures différentes pour une variable donnée, ce qui a l'avantage de conserver une précision maximale. Le tableau 9 donne le nombre de rangs par variable climatique pour les 574 postes climatiques sélectionnés.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tmax	428	413	415	419	392	437	441	429	417	407	434	429
Tmin	437	433	434	419	409	402	416	414	432	433	443	424
P	559	549	547	542	553	551	546	554	541	559	547	552
Tmax Extrêmes	384	392	381	359	373	369	385	389	382	377	382	379
Tmin Extrêmes	439	403	427	410	412	401	408	425	401	411	419	442
Nbj	409	382	399	380	375	390	405	404	388	379	405	409

Tableau 9 : Rangs des six variables climatiques pour les 12 mois de l'année. Le nombre de rangs est inférieur au nombre de postes sélectionnés, car la transformation des mesures en rangs tient compte des mesures identiques entre postes. Ce nombre reste élevé avec un minimum de 359 rangs pour Tmax Extrêmes en avril. Les précipitations possèdent le nombre de rangs le plus important (559 en janvier et en août), ce qui témoigne de leur dispersion.

Enfin, l'utilisation des rangs permet de s'affranchir des unités des variables étudiées et d'envisager leur comparaison simultanée pour exprimer l'originalité d'un comportement climatique d'un taxon.

3.4. Influence d'un facteur sur une plante

3.4.1. Proximité d'un taxon dans la gamme d'un facteur climatique

L'influence apparente d'un facteur sur une plante se manifeste par la concentration de la plante dans une partie restreinte de la gamme du facteur. A l'inverse, une influence nulle se manifeste par une répartition aléatoire de la plante un peu partout dans la gamme du facteur. Il y a concentration quand les stations de la plante sont relativement proches d'un rang du facteur qui représente le rang optimal pour la plante.

Soient S_1 la fréquence du taxon près des postes climatiques et S_2 le nombre de postes climatiques du réseau. Le nombre total de comparaisons possibles de la distribution du taxon dans les rangs d'une variable est égal à :

$$NTC = S_1 \times S_2.$$

Pour connaître la gamme climatique dans laquelle le taxon se trouve, l'algorithme utilise deux indices, V_1 et V_2 , qui parcourent la gamme climatique du taxon T où V représente la valeur du rang climatique origine de T. Le calcul consiste à compter les fréquences où V est soit intérieur, soit égal ou bien soit extérieur à l'intervalle $[V_1; V_2]$, donnant respectivement les valeurs V_{int} , V_{eq} et V_{ext} pour chacune des comparaisons. L'hypothèse du calcul suppose que les écarts internes sont plus petits que les écarts quelconques, notamment quand ils sont externes à l'intervalle $[V_1; V_2]$. Dans ce cas, le nombre de comparaisons favorables est donné par la relation suivante :

$$NCF = V_{ext} + (V_{eq}/2).$$

La proximité du taxon T près de la variable V est alors exprimée par la relation :

$$PROX(T, V) = NCF / NTC \text{ (voir tableau 10).}$$

Elle est calculée pour chacun des rangs de la variable où le taxon est observé. La proximité permet de connaître pour chacun des taxons, présents ou abondants, dans quelle partie de la gamme climatique ils se situent.

Occurrences du taxon T dans les rangs de la variable W.

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V	1	2	3	4	5	5	6	7	7	8	9	10
PRE(T)	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0

S = numéro du poste climatique.

V = Rang de la mesure de la variable W.

PRE(T) = Présence du Taxon dans les postes.

Comparaisons si V = 1		Nombre de comparaisons		
Postes S1	Rangs de la variable V1	V2 ext	V2=V ou V2=V1	V2 int
4	4	8	2	2
5	5	6	3	3
6	5	6	3	3
8	7	3	3	6
Total		23	11	14

Nombre de Comparaisons Favorables : NCF = 23 + (11 / 2) = 28,5

Nombre Total de Comparaisons : NTC = 4 × 12 = 48

Proximité du taxon T près du rang numéro 1 : PROX(T,1) = 28,5 / 48 = 0,59

Si V = 5 alors NCF = 41,5 et PROX(T,5) = 0,86 et si V = 10 alors NCF = 23,5 et PROX(T,10) = 0,49.

Tableau 10 : Exemple du calcul de la proximité du taxon T dans la gamme de la variable W. Dans cet exemple, le taxon T est plus proche du rang 5 que des autres rangs.

Toutefois, la proximité du taxon dans le rang d'une variable n'exprime l'effet du facteur sur le taxon que dans la mesure où elle est supérieure à la proximité UPROX d'un taxon ubiquiste présent dans toute la gamme et, par nature, indifférent au facteur. La distribution théorique d'un taxon ubiquiste permet de calculer son écart avec celle d'un taxon donné, ce qui représente un moyen pour caractériser plus précisément le lien entre le taxon et la variable climatique.

La mesure de ce lien est appelée concentration. Cette concentration doit être nulle pour un taxon ubiquiste et non nulle pour un taxon non ubiquiste. Quand l'origine est à une extrémité de la gamme, la proximité du taxon ubiquiste vaut 0,5, car tout écart à l'origine est considéré, par le calcul, alternativement comme un écart « interne » et comme un écart « quelconque ». Mais cette proximité augmente quand on s'éloigne de l'extrémité de la gamme, d'où la relation :

$$UPROX = 0.5 + [(V-1) \times (NV-V)] / [(NV+1) \times (NV-1) \times NV]$$

avec V étant le rang origine du taxon T dans la gamme du facteur climatique W et NV le nombre de rangs de la gamme.

La concentration qui résulte de l'effet apparent du facteur sur le taxon se calcule en tenant compte de la distribution du taxon (PROX) et de la distribution du taxon ubiquiste (UPROX) dans le rang V de la variable climatique d'où :

$$CTRA(T,V) = [PROX(T,V) - UPROX(V)] / [1 - UPROX(V)]$$

La concentration est nulle pour tous les rangs d'un taxon ubiquiste, ce qui est conforme aux hypothèses concernant les relations entre les êtres vivants et leur milieu.

3.4.2. Caractérisation du comportement climatique d'un taxon

Le comportement d'un taxon T dans la gamme d'un facteur climatique se caractérise d'une part, par son optimum et d'autre part, par son pouvoir indicateur. L'optimum est le rang du facteur où la concentration du taxon est maximale. Le pouvoir indicateur est égal à cette concentration maximale qui est représenté par la probabilité maximale du taxon dans le rang, ce qui correspond à la force de ce lien. Ces deux paramètres sont calculés pour les 12 mois de l'année et pour chacune des six grandeurs climatiques. Ils sont exprimés en pourcentages afin de faciliter la comparaison des comportements climatiques de l'ensemble des taxons. Le tableau suivant montre des exemples d'optimums (OPT) et de pouvoirs indicateurs (IND) pour trois taxons et pour la variable Tmin pendant toute l'année.

ULEX EUROPAEUS L. PRESENT DANS 83 POSTES												
IND	52	42	13	4	2	8	11	5	0	20	50	54
OPT	68	61	57	53	46	41	38	42	50	54	65	72
PINUS HALEPENSIS MILL. PRESENT DANS 48 POSTES												
IND	87	86	85	83	77	81	86	87	88	87	88	87
OPT	91	88	89	90	89	89	90	89	90	89	90	90
SAXIFRAGA OPPOSITIFOLIA PRESENT DANS 5 POSTES												
IND	90	94	96	98	98	96	92	93	97	97	93	91
OPT	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	2	2

Tableau 11 : Exemples de pouvoirs indicateurs (IND) et d'optimums (OPT) pour *Ulex europaeus* L., *Pinus halepensis* Mill. et *Saxifraga oppositifolia* L. en fonction de la variable Tmin pendant les douze mois de l'année, de janvier à décembre. Le nombre de postes climatiques dans lesquels le taxon a été affecté figure à côté du nom du taxon. Les optimums d'*Ulex europaeus* L. sont élevés en hiver et moyens à faibles en été, traduisant un régime océanique de ses températures minimales. Ce taxon est très indicateur des variables climatiques hivernales avec des valeurs de pouvoir indicateur supérieures à 60 %. *Pinus halepensis* Mill. est extrêmement indicateur (IND > 88 %) de fortes valeurs de températures minimales pendant toute l'année, ce qui correspond bien à la douceur des températures de la nuit de la zone méditerranéenne. *Saxifraga oppositifolia* L. est extrêmement indicatrice (IND > 91 %) d'optimums extrêmement bas durant toute l'année, ce qui caractérise un climat de montagne.

3.4.3. Représentation graphique des comportements climatiques

Les comportements climatiques des taxons sont représentés graphiquement afin de faciliter leur étude ainsi que leur comparaison visuelle (Figure 15). L'échelle de l'optimum climatique d'un taxon varie de -100 % à + 100 % sur le graphique, de telle sorte qu'une plante ubiquiste ait un optimum égal à 0 %, traduisant un comportement climatique peu spécialisé en France. Ce comportement ubiquiste est en fait égal à 50 % mais comme ces graphiques cherchent à montrer des différences de comportements entre variables et entre taxons, les pourcentages s'étendent sur une gamme montrant soit des positions supérieures, soit inférieures, soit moyennes.

Le pouvoir indicateur est exprimé à partir d'une échelle de valeurs variant de 0 à 100 % afin de montrer les concentrations des taxons dans la gamme de la variable. Il représente la probabilité d'un taxon donné pour indiquer la variable climatique dans laquelle il est cantonné. Un pouvoir indicateur de 80 % signifie que le taxon a huit chances sur dix d'indiquer la variable climatique. La figure suivante présente un exemple graphique de comportement climatique d'un taxon.

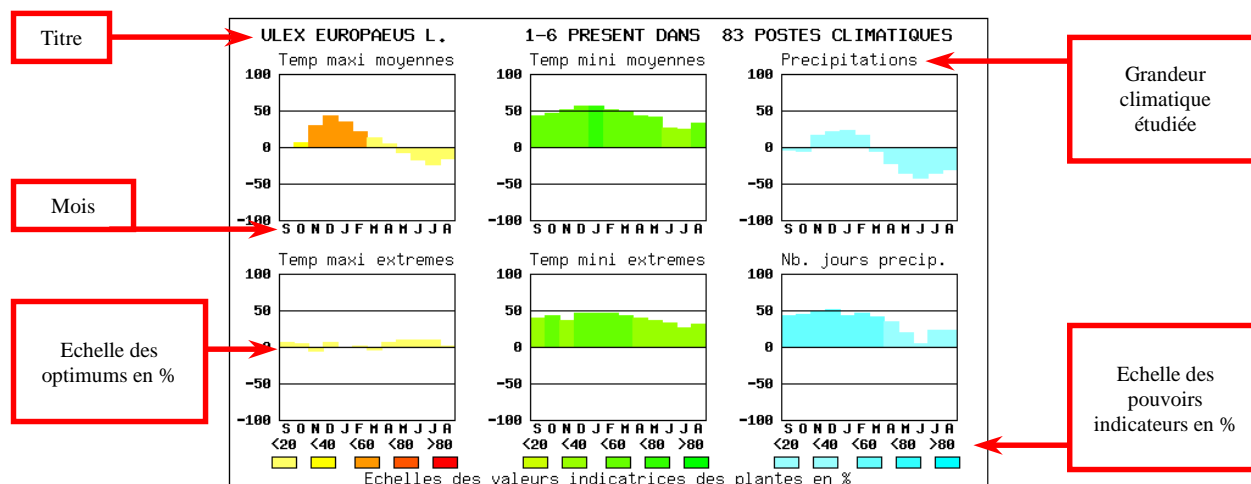


Figure 15 : Exemple graphique du comportement climatique d'*Ulex europaeus* L. présent dans 83 postes climatiques. Le titre comprend le nom du taxon étalonné, le niveau d'abondance qui le concerne et le nombre de postes météorologiques proches du taxon. Les graphiques représentent le comportement climatique du taxon dans les gammes de six grandeurs climatiques. Chaque graphique comprend en abscisse les abréviations des mois de l'année en commençant par le mois de septembre (S). En ordonnées est représenté l'optimum climatique du taxon dans la gamme de la variable considérée ; cet optimum varie de 100 % à -100 % par rapport à la moyenne (0 %) des comportements climatiques de tous les taxons étalonnés. L'intensité des couleurs correspond aux valeurs indicatrices du taxon dans la gamme climatique indiquées en bas du carton climatique.

Il faut bien avoir à l'esprit que les optimums d'un taxon sont représentés graphiquement en fonction de la moyenne de tous les comportements des taxons à l'échelle de la France. Ainsi, ils constituent des comparaisons relatives entre eux. Ces graphiques de comportements climatiques peuvent être décrits et interprétés comme suit :

Ulex europaeus L. présent dans 83 postes climatiques :

Plante montrant un régime océanique bien marqué pour les températures maximales moyennes et pour les précipitations. *Ulex europaeus* L. est indicateur de températures maximales moyennes supérieures durant l'hiver, ce qui montre une certaine douceur des températures diurnes en l'hiver. Il est aussi très indicateur de températures minimales supérieures pendant presque toute l'année, montrant la douceur des températures nocturnes. Il est indicateur d'un nombre de jours de pluie supérieur pendant presque toute l'année, ce qui exprime la régularité des précipitations en climat océanique. *Ulex europaeus* L. est par conséquent un taxon indicateur d'un climat de type océanique.

La figure 16 présente des exemples de comportements climatiques de quatre plantes en France. La comparaison de ces graphiques montre des différences de comportements climatiques indiquées par les plantes. Ces comportements climatiques représentent les types de climats qui abritent les plantes étalonnées.

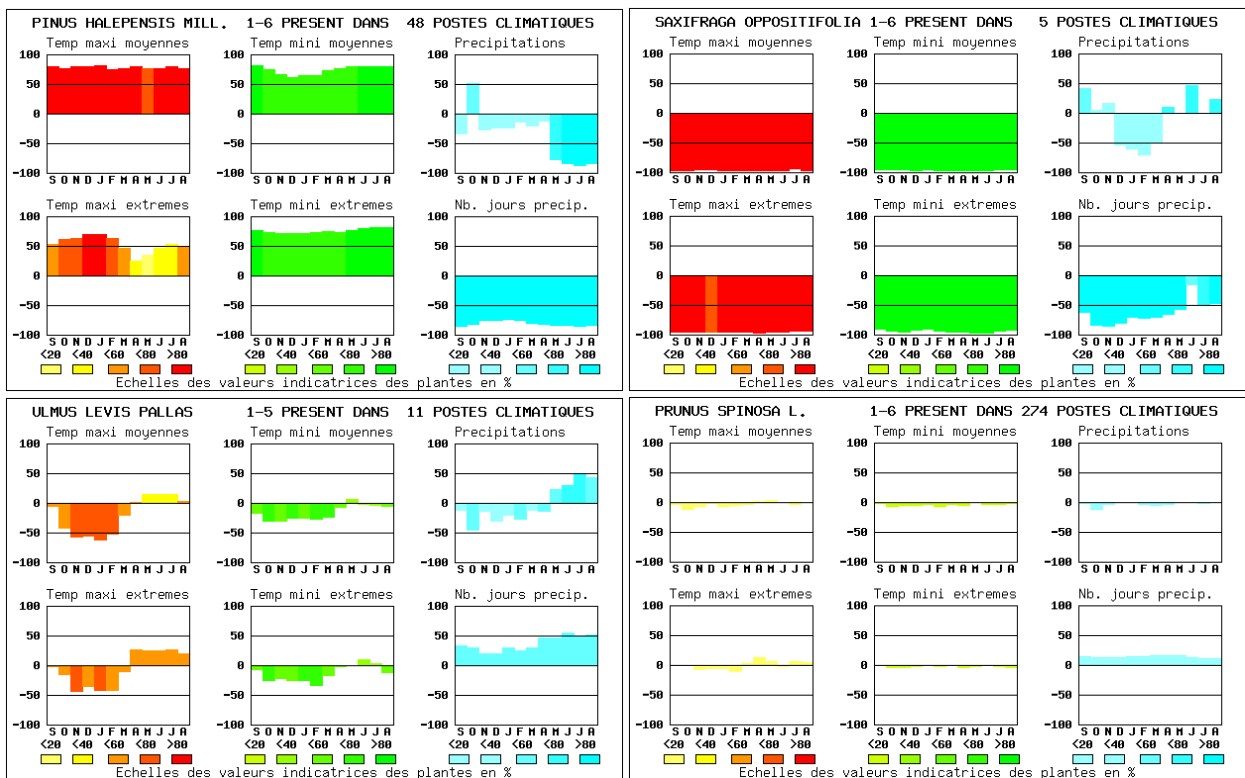


Figure 16 : Exemple de comportements climatiques de plantes de la région méditerranéenne (*Pinus halepensis* Mill.), des montagnes (*Saxifraga oppositifolia* L.), du nord-est (*Ulmus levis* Pallas) et des plaines et basses montagnes (*Prunus spinosa* L.) de France.

Pinus halepensis Mill. est très indicateur de températures moyennes très supérieures durant toute l’année, ainsi que de précipitations extrêmement inférieures en été. Il est très indicateur d’un nombre extrêmement inférieur de jours de pluie durant toute l’année, soulignant le régime orageux des précipitations lorsqu’elles se manifestent. Le pin d’Alep représente un témoin d’un climat de type méditerranéen.

Saxifraga oppositifolia L. est un taxon des hautes montagnes. Il est extrêmement indicateur de températures extrêmement inférieures durant toute l’année. Il montre des précipitations inférieures en hiver et moyennes à supérieures pendant le reste de l’année, avec un nombre de jours de pluie très inférieur en automne et en hiver, et inférieur à moyen au printemps et en été. La saxifrage à feuilles opposées montre son rattachement à un climat de type montagnard.

Ulmus levis Pallas croît dans le quart nord-est de la France. Il montre un régime continental pour les températures et les précipitations avec des températures maximales moyennes très inférieures en hiver et moyennes en été, et des précipitations supérieures en été et moyennes à inférieures durant toute l’année. L’aulne blanc indique un climat de type continental.

Prunus spinosa L. est un taxon réparti dans les plaines et les basses montagnes de France : il représente un taxon ubiquiste. Son ubiquité se traduit par un comportement climatique moyen qui n’est que très faiblement indiqué. Le prunellier n’est donc pas indicateur d’un climat moyen.

Ces résultats montrent brièvement la capacité d’une plante pour indiquer les variables climatiques. Cependant, cette capacité est encore plus nette lorsque le taxon est abondant car celui-ci indique encore plus fortement le lien qui l’unit avec un climat particulier (figure 17).

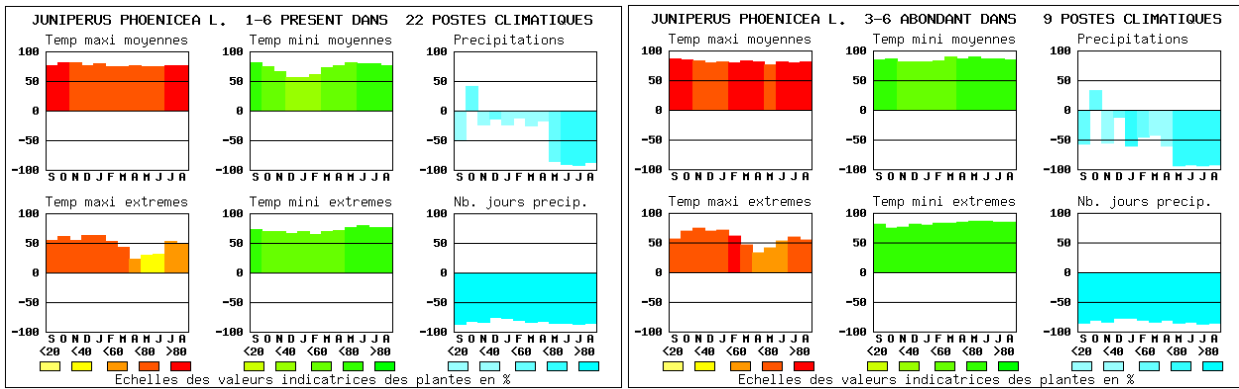


Figure 17 : Exemple de comportement climatique exprimé selon le niveau d'abondance d'un taxon (*Juniperus phoenicea* L.). En général, un taxon présente des pouvoirs indicateurs supérieurs quand il est abondant que lorsqu'il est simplement présent : il indique mieux les mesures du climat que lorsqu'il n'est que présent.

Dans cet exemple, le genévrier de Phénicie, qui est localisé essentiellement dans les falaises et les rochers de la zone méditerranéenne proche du littoral, présente des pouvoirs indicateurs plus importants quand il est abondant que lorsqu'il est présent. Abondant, il montre également des optimums plus supérieurs pour les températures et moins élevés pour les précipitations de ceux qu'il présente quand il est présent, ce qui permet de mieux caractériser son appartenance à un climat thermophile et xérophile et ce durant presque toute l'année.

3.5. Estimation du climat d'après la flore

L'estimation du climat d'après la flore a pour but de définir le climat dans les alentours d'un poste climatique. Cette estimation sert à mesurer la précision de l'étalonnage climatique des taxons par rapport aux mesures des postes. Deux paramètres déjà calculés sont utilisés : l'optimum et la concentration d'un taxon dans les rangs d'une variable climatique. L'estimation tend à trouver la valeur qui maximise la position de la distribution de ces deux paramètres pour l'ensemble des taxons dans les alentours d'un poste climatique.

3.5.1. Position modale d'une distribution

Les taxons qui coexistent dans une communauté végétale sont susceptibles d'indiquer le climat dans la mesure où ils montrent des optimums d'autant plus concentrés qu'ils sont plus indicateurs. Représentés par leurs optimums en abscisses et par leurs pouvoirs indicateurs en ordonnées, les taxons forment comme un nuage dont l'enveloppe supérieure suit un gradient unimodal. L'estimation du climat dans la communauté consiste à déterminer le mode probable de cette enveloppe. Ce mode est le rang-origine du facteur qui maximise les décroissances, vers la gauche et vers la droite, ainsi que les croissances symétriques.

Les décroissances expriment, par définition, la forme unimodale de la distribution, tandis que les croissances symétriques constituent un terme correcteur visant à égaliser les irrégularités de la décroissance. La somme de ces deux phénomènes a l'avantage d'être une fonction du rang-origine rigoureusement unimodale, quelle que soit l'irrégularité du nuage et de son remplissage par des taxons peu indicateurs. De cette façon, tous les taxons présents dans la communauté contribuent à l'estimation, proportionnellement à leur importance mesurée par leur pouvoir indicateur. Une paire de taxons montre une croissance ou une décroissance par rapport à un rang-origine d'importance égale au produit des deux pouvoirs indicateurs, analogues à deux fréquences. Le calcul quantifie une décroissance par le cumul des importances pour les couples décroissants (tableau 12).

L'algorithme cherche le rang qui maximise la décroissance de la concentration du taxon dans la gamme de la variable, elle-même augmentée de la croissance symétrique de cette concentration. Il convient de calculer les termes de la croissance symétrique (CRO) et de la décroissance à gauche et à droite de la distribution (DEC), en prenant des indices pour comparer les valeurs des optimums et des pouvoirs indicateurs. Ces indices sont respectivement V_1 et V_2 pour les optimums et C_1 et C_2 pour les valeurs indicatrices.

La croissance est observée quand $C_1 < C_2$ et $|V-V_1| < |V-V_2|$. L'expression de la croissance symétrique devient :

$$CRO(V,I) = \sum \sum C_1 \times C_2$$
avec $I = 1$ étant le rang-origine de la croissance à gauche.

La décroissance est observée quand $C_1 > C_2$, d'où la relation :

$$DEC(V,I) = \sum \sum C_1 \times C_2$$
avec $I = 1$ étant le rang-origine de la décroissance à gauche.

Pour caractériser la distribution il faut calculer la croissance et la décroissance totales à gauche et à droite de la distribution. La croissance totale s'exprime sous la forme suivante :

$$C = CRO(PMOD,1) + CRO(PMOD,2),$$
avec $I=1$ et $I=2$ représentant les indices de la décroissance à gauche et à droite.

La décroissance totale s'exprime sous une forme analogue de l'expression précédente :

$$D = DEC(PMOD,1) + DEC(PMOD,2).$$

L'expression du mode de la variable W au rang V , qui prend en compte les croissances et les décroissances de la distribution, est représentée par la formule suivante :

$$M(V) = (C + D - |CRO(V,1) - CRO(V,2)|) / (C + D)$$

Le rang qui maximise le mode probable $M(V)$ est la position modale PMOD. Elle détermine la fiabilité de la position modale qui est donnée par la relation suivante :

$$UMOD = D / [C+D].$$

Elle permet de contrôler la valeur du rang de l'estimation du climat dans les relevés aux alentours des postes climatiques.

Taxons T	1	2	3	4	5
OPT(T,W)	1	2	3	4	5
CAP(T,W)	0,4	0,8	0,6	0,7	0,2
Rangs V de W	1	2	3	4	5
Croissance CRO(V,1) à gauche	0	0	0,48	1,04	1,54
Croissance CRO(V,2) à droite	1,26	0,42	0,42	0	0
Décroissance DEC(V,1) à gauche	0	0,32	0,56	1,26	1,26
Décroissance DEC(V,2) à droite	1,54	1,46	0,26	0,14	0
M(V)=(DEC(1)+DEC(2))-|CRO(1)-CRO(2)|	0,28	1,36	0,76	0,36	-0,28

OPT(T,W) : Optimum du taxon T dans les rangs de la variable W.

CAP(T,W) : Concentration du taxon T dans les rangs de la variable W.

M(V) : Position modale qui maximise le rang V.

PMOD : Position Modale qui maximise M(V).

UMOD = Fiabilité de la position modale.

Dans le cas de CRO(1,2) nous avons : $CRO(1,2) = 0,4 \times (0,8 + 0,6 + 0,7) + (0,6 \times 0,7) = 1,26$.

Pour DEC(1,2) nous avons :

$DEC(1,2) = (0,4 \times 0,2) + [0,8 \times (0,6 + 0,7 + 0,2)] + (0,6 \times 0,2) + (0,7 \times 0,2) = 0,82$.

Ici $M(V) = 1,36$ d'où $PMOD = 2$.

$UMOD = (0,32 + 1,46) / (0,32 + 1,46 + 0,42 + 0) = 0,82$.

Tableau 12 : Exemple du calcul de l'estimation du climat par le calcul de la position modale. Dans cet exemple, la position modale est égale au rang numéro 2 de la variable climatique.

Quand la distribution initiale a une tendance unimodale, le mode probable est rigoureusement unimodal. La position modale est d'autant plus fiable que la distribution est plus unimodale.

3.5.2. Justesse et stabilité des estimations

La justesse de l'estimation mesure le degré de concordance entre une estimation et la mesure du poste climatique. Une estimation E_1 est juste si elle est immédiatement voisine de la mesure V_1 . Cette justesse se calcule à partir de la probabilité que les autres mesures soient extérieures à l'intervalle $[E_1, V_1]$. Il s'agit de compter, dans un premier temps, le nombre de postes dont les mesures sont extérieures à chaque intervalle entre la mesure estimée et la mesure réelle. Puis, l'algorithme compte le nombre de comparaisons totales entre estimations et mesures donné par la relation :

$T_{comp} = [\text{nombre total de mesures} \times (\text{nombre total de mesures} - 1)]$.

La probabilité pour que les mesures soient extérieures à l'intervalle est :

$P = T_{mext} / T_{comp}$

avec T_{mext} étant le nombre de postes ayant des mesures extérieures à l'intervalle $[E_1, V_1]$.

La justesse s'exprime alors avec la relation suivante (tableau 13):

$JUST = [2 \times P] - 1$.

Mesures V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Estimations E	3	4	1	2	7	8	5	6	10	9	
Mesures extérieures à (E,V)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	8,5	8,5	77

Total des comparaisons : $T_{comp} = (V-1) \times \text{Nombre de mesures} = 9 \times 10 = 90$.

Probabilité P de mesures extérieures = $77 / 90 = 0,85$.

Justesse JUST = $(2 \times 0,85) - 1 = 0,70$.

Tableau 13 : Exemple de calcul de la justesse JUST.

La stabilité de l'estimation est la concordance entre les différentes estimations du même climat par deux communautés végétales voisines. P' est la probabilité que les autres estimations soient extérieures à l'intervalle $[E_1, E_2]$. La stabilité se calcule, comme la justesse, en éliminant les comparaisons triviales :

$$STAB = [2 \times P'] - 1.$$

Le tableau 14 présente la Justesse et la Stabilité des estimations du climat par les plantes en France pour les six grandeurs étudiées.

Variables climatiques	Justesse	Stabilité
Tmax	89,7	96,7
Tmin	90,8	97,1
P	85,6	95,8
TmaxAbs	87,6	96,2
TminAbs	89,3	96,9
Nbj	88,2	96,6

Tableau 14 : Justesse et stabilité de l'estimation du climat en France par les plantes pour six grandeurs climatiques.

Ces résultats montrent une justesse moyenne des estimations égale à 88,5 et une stabilité moyenne de 96,5, ce qui signifie que l'étalonnage de la flore représente très fidèlement les mesures climatiques. Ces deux paramètres résument à eux seuls l'intérêt d'utiliser les plantes comme indicateurs quantitatifs des mesures du climat.

3.6. Classification climatique des plantes

3.6.1. Pourquoi une classification climatique des plantes ?

L'objectif d'une classification est d'abord de résumer les informations apportées par les résultats ou les observations en les rassemblant dans des groupes. Ensuite, elle organise ces groupes selon une hiérarchie qui permet de dégager les phénomènes majeurs intervenant dans la distribution de ces groupes.

Une classification est appliquée à l'étalonnage climatique des taxons, car ce dernier constitue un inventaire volumineux. Elle permet de rassembler les taxons en groupes phytoclimatiques appelés plus simplement phytoclimats. L'agencement hiérarchique de ces phytoclimats met d'abord en évidence les principaux gradients climatiques de flore à l'échelle de la France, puis des gradients plus localisés témoignant de l'originalité et de la richesse climatiques des comportements des taxons.

3.6.2. Importance des fidélités cumulées comme moyen de comparaison des comportements

Différents moyens permettent de comparer des comportements écologiques entre taxons ou groupes de taxons. Les paragraphes précédents (§ 3.2.1.2.) ont montré que certaines études tentent de comparer des profils écologiques, soit par des fréquences absolues des taxons dans les gammes de variables environnementales, soit par des fréquences relatives, ou bien par des fréquences corrigées (Gounot, 1969 ; Daget et Godron, 1982). A l'issue de la discussion sur ces méthodes de comparaisons, il a été choisi d'employer des fréquences relatives cumulées afin de tenir compte de l'intermittence des taxons dans les rangs d'une variable.

Lors de la classification climatique des plantes, l'usage des fréquences relatives cumulées est remplacé par celui des fidélités cumulées. La fidélité est un critère emprunté à la phytosociologie, dont Braun-Blanquet a défini l'usage (1932) et qui s'applique aux tableaux de relevés phytosociologiques. Ce critère tente de repérer les taxons liés aux associations végétales définies par les phytosociologues, en mesurant leur probabilité d'occurrence. Dans le cadre de la classification climatique des plantes, la fidélité représente la probabilité de présence d'un taxon dans un rang d'une variable climatique. Elle se calcule de la façon suivante :

$FID(T,V) = \text{Fréquence du taxon } T \text{ près du rang } V / \sum \text{fréquences de } T \text{ dans les rangs de la variable } W.$

Soient $FID(T,V)$, la fidélité du taxon T près du rang V et $FIC(T,V_1)$ la fidélité cumulée de T près des rangs 1 à V_1 : la fidélité cumulée se calcule par la relation suivante :

$FIC(T,V_1) = [\sum FID(T,V) \text{ pour } V=1 \text{ à } V_1] / [\sum FID(T,V) \text{ pour } V=1 \text{ à } NBV(W)]$
où $NBV(W)$ est le nombre de rang du facteur W .

La fidélité cumulée d'un taxon a donc la même dimension qu'une probabilité. Elle permet de comparer les comportements climatiques des taxons entre eux, indépendamment de leur intermittence dans les rangs d'une variable.

3.6.3. Choix d'une mesure de distance entre les comportements

La classification utilisée est ascendante hiérarchique, car elle part des différences les plus faibles entre individus et les agrège les unes après les autres. Ces mesures de différences doivent permettre de rapprocher les éléments les plus similaires entre eux afin de construire, par la suite, des groupes d'éléments climatiquement semblables.

Dans le cadre de la classification des comportements climatiques des plantes, le choix s'est porté sur l'utilisation d'une différence qui se rapproche de la distance du City-Block (Manhattan), laquelle est basée sur la valeur absolue de la somme des différences entre deux taxons. Comme les comportements climatiques des taxons ne sont pas situés dans un espace euclidien mais probabiliste, en raison de l'utilisation de la fidélité cumulée des taxons dans les rangs des variables, il convient de ramener la valeur absolue de la somme des différences à l'ensemble des rangs de la grandeur climatique étudiée. Cette différence représente la probabilité pour que deux taxons soient différents, c'est-à-dire que leur répartition soit disjointe dans tous les rangs du facteur. Elle est représentée par la relation suivante :

$DIF(T1,T2) = [\sum |FIC(T1,V) - FIC(T2,V)|] / \sum NBV(W)$
où $NBV(W)$ est le nombre de rangs du facteur W .

Le tableau 15 représente un exemple du calcul des différences de comportement des taxons dans l'espace de leurs fidélités cumulées.

RANGS V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FIC(T1.V)	0.10	0.10	0.10	0.30	0.50	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00
FIC(T2.V)	0.10	0.20	0.50	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
| T1 – T2 |	0	0.10	0.40	0.60	0.40	0.10	0.10	0	0	0
Distance dans l'espace des fidélités	DIF(T1,T2) = (0.10+0.40+0.60+0.40+0.10+0.10) / 10 = 0.17									

Tableau 15 : Exemple de calcul de distances entre deux taxons dans l'espace des fidélités.

Le calcul des différences de comportement climatique entre taxons conduit à créer une hiérarchie où les taxons sont rangés selon leur similitude. Une fois ce tableau des similitudes constitué, il convient de choisir un critère pour agréger les taxons en groupes de même comportements.

L'algorithme rassemble deux plantes ou deux groupes qui ont les comportements les plus similaires, c'est-à-dire, ceux qui ont les différences les plus faibles. Au début de la classification se sont seulement des plantes. Dès que deux plantes s'agrègent pour constituer un groupe, ce groupe est caractérisé avec les mêmes paramètres que pour la caractérisation climatique d'une plante, si bien que l'algorithme d'agrégation s'applique de la même façon aux groupes et aux plantes. Le calcul se poursuit par la caractérisation climatique du groupe de deux taxons par rapport aux autres plantes. Il recalcule ensuite les différences entre toutes les plantes et le groupe, puis il agrège à nouveau une plante à ce groupe, ou bien après d'autres agrégations, il peut agréger deux groupes entre eux. L'algorithme se termine quand tous les taxons et les groupes ont été agrégés et ne forment plus qu'un seul groupe dont le pouvoir indicateur est nul et la position est la médiane de toutes les plantes.

Le découpage du tableau des agrégations permet de produire un arbre de classification. Ce découpage est commandé par la hiérarchie, car un groupe représente une branche distincte de cette dernière : les grands groupes montrent des phénomènes majeurs, ceux qui provoquent les différences les plus grandes ou qui contiennent les effectifs les plus nombreux. Les groupes les plus petits montrent des particularités qui s'observent en général sur une échelle plus réduite.

Lors du découpage, un groupe doit comprendre au minimum cinq plantes. Le découpage s'effectue à partir des différences les plus grandes pour aller aux différences les plus faibles. Au premier découpage, deux groupes sont obtenus, puis il se poursuit pour les groupes successifs et ainsi de suite. Le niveau de synthèse représente un ensemble de groupes qui ont des différences similaires et qui se suivent. Les groupes les plus petits de moins de cinq plantes ne sont pas présentés.

3.6.4. Justesse des niveaux de synthèse

La justesse des niveaux de synthèse a pour objectif de savoir quelle est la part d'information qui est expliquée pour chaque groupe selon chaque niveau de synthèse. Elle mesure la concordance entre les distances des agrégations d'un niveau et les distances initiales des individus. Elle s'exprime par la relation suivante :

$$\text{Justesse} = (\sum DP - \sum | DP - DA |) / \sum DP$$

avec DP étant les distances entre les plantes de la hiérarchie : c'est une constante. DA représente les distances entre les groupes de plantes d'un niveau de synthèse.

Niveaux de synthèse	DA	Somme des DP-DA	DP	Justesse de chaque niveau
1	217861.19	126739	627331.81	0.145
2	465372.5	206056.5	627331.81	0.413
3	500380.56	215305.81	627331.81	0.454
4	622492.31	256168.37	627331.81	0.584
5	657158.12	266643.56	627331.81	0.623
6	665039.75	269039.19	627331.81	0.631
7	670048.69	270785.25	627331.81	0.636
8	673797.37	272061.62	627331.81	0.64
9	685417.62	276034.12	627331.81	0.653
10	688105.69	276980.69	627331.81	0.655

Tableau 16 : Justesse des dix niveaux d'agrégation de la classification climatique des plantes. DA : différences entre les groupes de plantes pour un même niveau de synthèse. DP : différences entre les plantes de la hiérarchie. Plus les niveaux hiérarchiques se rapprochent des éléments isolés, plus leur justesse augmente.

Le tableau 16 montre la justesse des dix premiers niveaux de la hiérarchie. Elle augmente au fur et à mesure que la hiérarchie se rapproche des individus isolés.

3.6.5. Comportement climatique d'un groupe phytoclimatique

Le comportement climatique d'un groupe phytoclimatique est déterminé à chaque agrégation de la classification. Un groupe est considéré comme étant un seul taxon dont les fréquences sont représentées par la somme des fréquences des taxons constitutifs du groupe dans leurs rangs respectifs.

La caractérisation des comportements climatiques des groupes est fondée sur un calcul analogue de celui employé pour caractériser les comportements climatiques des plantes. Le calcul détermine la probabilité maximale pour que les écarts internes du groupe dans un rang déterminé soient inférieurs aux écarts quelconques. Cette probabilité devient la concentration maximale dont le rang correspond à l'optimum et la valeur de la probabilité donne le pouvoir indicateur du groupe phytoclimatique pour le rang d'une variable déterminée.

Cette approche permet de définir, avec plus de précision que l'emploi d'un centre de gravité, le comportement climatique d'un groupe de plantes de comportements similaires.

3.6.6. Représentation graphique des comportements des groupes phytoclimatiques

Les comportements des groupes phytoclimatiques sont représentés de la même façon graphique que ceux des taxons. La figure 18 présente le graphique climatique d'un phytoclimat de type atlantique.

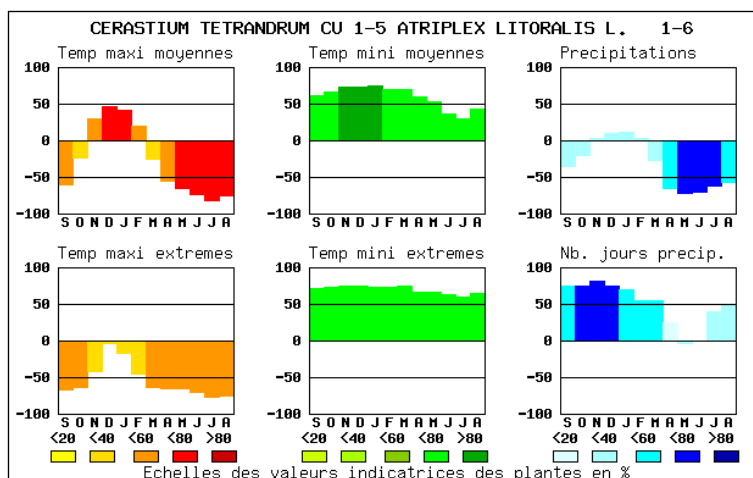


Figure 18 : Graphique climatique du groupement phytoclimatique n° 1406 (*Cerastium tetrandrum* Curtis 1-5 L. et *Atriplex litoralis* L. 1-6), de type atlantique.

L'interprétation du comportement climatique d'un groupe de plantes procède de la même façon que celle d'un taxon. La figure 18 présente un groupe phytoclimatique montrant un régime littoral pour les températures maximales moyennes et pour les précipitations. Il est très indicateur de températures maximales moyennes supérieures en hiver et inférieures à très inférieures en été. Il est très indicateur de températures minimales moyennes très supérieures en hiver et supérieures en été, ce qui souligne la douceur de ce type de climat. Il montre des précipitations très inférieures en été mais moyennes le reste de l'année, caractérisées par un nombre de jours de pluie très supérieure en automne et en hiver, ce qui est typique d'un climat de type littoral.

3.6.7. Cartographie des groupes phytoclimatiques

Les groupes phytoclimatiques peuvent être représentés cartographiquement sur le territoire français afin de montrer des gradients climatiques de flore. Aux alentours d'un poste climatique sont associés des relevés et, par conséquent, les taxons de ces relevés. Cet ensemble de taxons constitue la flore du relevé. De ce fait, un groupe phytoclimatique peut être représenté cartographiquement suivant la proportion de sa flore dans celle d'un poste climatique par rapport à celle d'un autre groupe.

La cartographie du groupe peut également être représentée en fonction de la proportion de sa flore dans l'ensemble des relevés phytosociologiques de France. Pour ce faire, les relevés phytosociologiques sont associés à des quadrats de 5 km de côtés. Un quadrat est caractérisé par la flore qui le compose et, par conséquent, un groupe phytoclimatique représente une certaine proportion de la flore de ce quadrat. Cette proportion varie de 0 % quand la flore du groupe est absente du quadrat, à 100 % quand les taxons étalonnés du quadrats ne sont représentés que par un seul groupe phytoclimatique.

Au premier niveau de synthèse de la classification, deux groupements phytoclimatiques sont identifiés. La figure 19 montre la répartition géographique du groupement phytoclimatique 1905 (*Fumana coridifolia* (Vill.) P.F. 1-4 et *Galeopsis tetrahit* L. 1-6) en France et la compare en fonction de sa répartition à partir des postes climatiques ou bien à partir des quadrats.

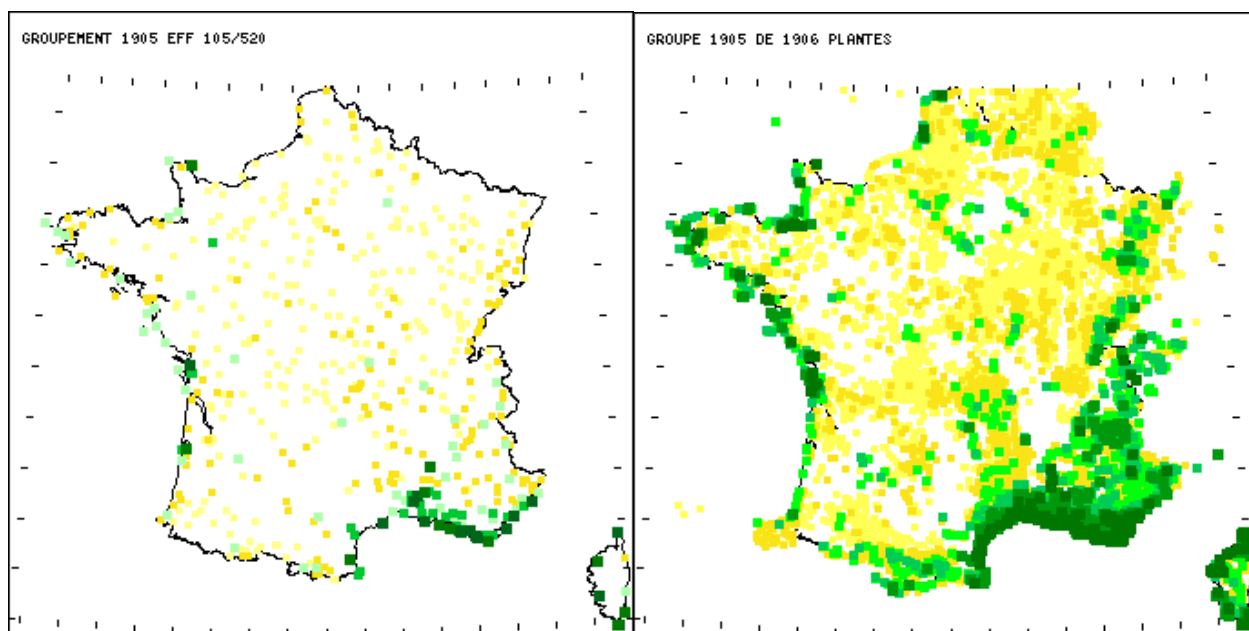


Figure 19 : Répartition géographique du groupement phytoclimatique n°1905 (*Fumana coridifolia* (Vill.) P.F. 1-4 et *Galeopsis tetrahit* L.1-6). Comparaison entre la répartition réalisée à partir des postes climatiques et celle réalisée à partir des quadrats de 5 km de côtés. L'intérêt de l'usage de la proportion de la flore étalonnée dans les quadrats est de mettre en évidence des gradients climatiques de flore en France de façon plus nette qu'avec les postes climatiques.

La répartition géographique du groupe phytoclimatique 1905 montre que ce dernier est essentiellement cantonné dans les zones littorales, méditerranéenne et montagnardes de France. Cette répartition est d'autant plus visible quand elle est réalisée à partir des quadrats de 5 km de côté regroupant les observations des 117.000 relevés localisés de la banque « Sophy ». Les gradients climatiques de flore sont plus nets en utilisant la proportion de la flore du phytoclimat dans les relevés affectés aux quadrats. De ce fait, toutes les répartitions géographiques des phytoclimats s'appuieront sur la proportion de leur flore dans ces quadrats.

3.7. Conclusion

L'utilisation des procédés géométriques en écologie végétale est très répandue, à tel point que leur utilisation n'est aujourd'hui plus remise en cause. Cependant, ces procédés s'adressent de préférence aux données métriques et imposent une forme algébrique aux relations écologiques, ce qui a tendance à provoquer des artéfacts conduisant à une diminution de précision. Or en milieu naturel, les données utilisées se composent essentiellement de rangements intermittents, comme le sont les fréquences des présences et des abondances des taxons dans les classes de facteurs environnementaux.

Les calculs utilisés dans cette recherche sont simples non par culte de la simplicité mais parce que les hypothèses statistiques sous-jacentes à l'étude du milieu naturel sont simples. Ces calculs

tendent de prendre en compte d'une part l'aspect ordinal des présences des plantes dans les rangs des variables, mais également l'intermittence des plantes le long des gammes de variables environnementales.

Les résultats de ces calculs sont logiquement cohérents dans la mesure où ils sont compatibles avec l'érudition des botanistes. Ils apportent plusieurs contributions à cette érudition :

- ils font connaître la multiplicité des comportements originaux des plantes ;
- à la base de la hiérarchie, ils apportent la précision du détail, notamment les nuances entre les comportements des plantes similaires ;
- au sommet de la hiérarchie, ils montrent les importances statistiques des phénomènes majeurs, ceux qui mettent en jeu les groupes les plus nombreux et les plus différents.

CHAPITRE 4 : LES PLANTES INDICATRICES DU CLIMAT

4.1. Introduction

En France, il est généralement admis qu'il existe cinq grands types de climats (Kessler et Chambraud, 1990) présentant chacun des nuances au niveau de leur répartition sur le territoire (figure 20).

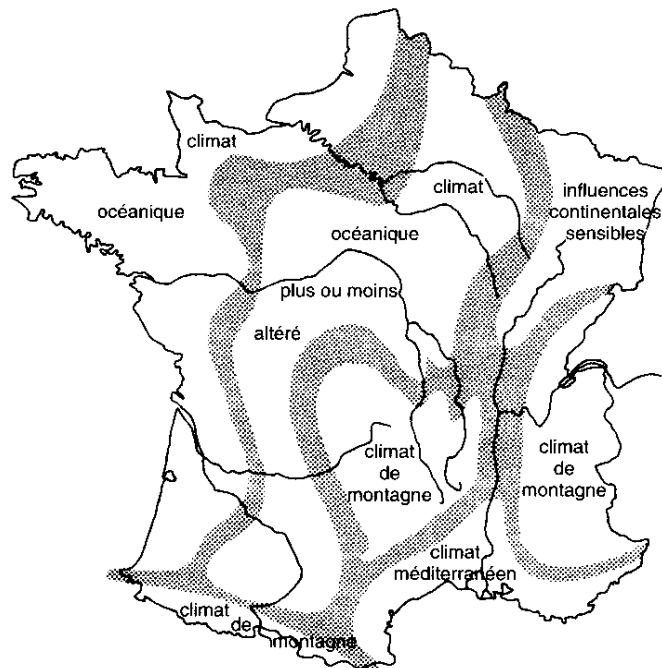


Figure 20 : Régions climatiques françaises (d'après Pagney 1988 *in* Veyret 2000). Les zones grisées représentent les nuances entre les limites des différents types de climats en France.

Par définition, le climat méditerranéen est caractérisé par des étés chauds et secs, des automnes à orages et des hivers doux et pluvieux.

Le climat océanique est caractérisé par des étés relativement frais et peu pluvieux, des hivers doux et pluvieux.

Le climat océanique, plus ou moins altéré (océanique dégradé ou central), est influencé par des nuances du climat continental qui accentuent les différences de températures entre l'été et l'hiver, mais aussi qui ont tendance à inverser le régime des précipitations et des températures entre ces deux saisons.

Le climat continental (ou sub-continental, voire semi-continental selon les auteurs) est caractérisé par des étés chauds et pluvieux et des hivers froids et relativement secs, en raison des températures trop basses pour engendrer des précipitations.

Enfin, le climat montagnard est caractérisé par des précipitations importantes sous forme d'orages durant toute l'année, sauf en hiver où la rigueur des températures empêche la formation des précipitations. Bien que les températures du jour et de la nuit soient contrastées et liées aux différences d'altitudes et d'expositions, elles restent inférieures à la moyenne nationale car elles diminuent progressivement avec l'augmentation de l'altitude.

Les résultats exposés dans ce chapitre découlent de l'emploi de l'étalonnage climatique de la flore à l'échelle de la France. Cet étalonnage constitue un catalogue exhaustif des comportements climatiques de 2861 taxons en France. Le comportement climatique d'un taxon est défini par son optimum climatique, donnant la position du taxon dans la gamme d'une variable climatique, et par son pouvoir indicateur lui-même analogue à une concentration. Au total, ces deux paramètres ont été employés pour 72 variables climatiques mesurées dans 570 postes nationaux.

Les paragraphes suivants présentent en premier lieu des exemples de comportements climatiques de taxons, indiquant les cinq principaux types de climats de France tels qu'ils sont couramment définis. Ensuite, d'autres taxons montrant des comportements climatiques plus originaux sont présentés. Leur originalité climatique tient à leur répartition soit dans un type de climat très peu étendu ou bien, au contraire, englobant plusieurs types de climats comme c'est le cas des plantes méditerranéo-atlantiques.

En second lieu sont exposées des comparaisons de comportements climatiques de plantes exprimés selon la présence ou selon l'abondance d'un taxon. L'objectif de ces comparaisons est de montrer qu'en général un taxon est plus indicateur des variables climatiques quand il est abondant que lorsqu'il est simplement présent, ce qui rejoint une hypothèse simple et admise en écologie végétale.

En troisième lieu, des exemples de comportements climatiques de taxons issus du même genre sont présentés. Ces exemples permettent de souligner la similitude ou les différences de comportements climatiques des espèces d'un même genre. L'étude des genres étant un domaine souvent employé en chorologie, elle sert à identifier l'appartenance géographique d'un genre donné pour en étudier l'histoire de sa répartition (Braque, 1988). Dans le cadre des relations entre les plantes et les climats, l'étude des comportements climatiques des taxons d'un même genre permet d'identifier des genres de même grand type climatique, mais aussi de mettre en évidence des genres portant des taxons aux comportements écologiques plus diversifiés. Cette méthode comparative met également en évidence des gradients climatiques de flore. Ces exemples ont pour but de donner un aperçu de la diversité des comportements climatiques des plantes et de l'apport que représente l'expression du climat par les plantes.

La dernière partie de ce chapitre discute de la méthodologie employée pour la création de deux catalogues de relations climatiques de plantes de l'Europe centrale et des Etats Unis d'Amérique et sur l'apport du nouvel étalonnage climatique probabiliste en France par rapport à celui effectué en 1994 par Brisse et Grandjouan.

4.2. Exemples de comportements climatiques de taxons en France

La description des comportements climatiques est réalisée de façon standardisée avec les conventions suivantes :

Optimums climatiques :

- De 0 à ? 24% : Position moyenne.
- De ? 25% à ? 49% : Position supérieure (ou inférieure).
- De ? 50% à ? 74% : Position très supérieure (ou très inférieure).
- De ? 75% à ? 100% : Position extrêmement supérieure (ou extrêmement inférieure).

Valeurs indicatrices :

De 0 à 19% :	Peu ou pas indicateur.
De 20 à 39% :	Moyennement indicateur.
De 40 à 59% :	Indicateur.
De 60 à 79% :	Très indicateur.
Supérieur à 80% :	Extrêmement indicateur.

Régimes annuels des variables :

Les variables climatiques mensuelles sont traitées indépendamment les unes des autres et exprimées en valeurs relatives. C'est pourquoi la variation annuelle de ces valeurs relatives est une notion qui mérite d'être interprétée.

Régime **littoral** : optimums supérieurs en hiver et inférieurs en été. Cela correspond à des climats doux en hiver et frais en été.

Régime **continental** : optimums inférieurs en hiver, mais supérieurs en été. Hivers rudes, chaleurs élevées en été.

Régime **régulier** : optimums presque de mêmes niveaux toute l'année.

Régime **irrégulier** : variations irrégulières d'une période à l'autre.

Les exemples suivants (figure 21 a, 21 b, 22 a et 22 b) présentent d'une part des taxons indicateurs des principaux types de climats en France et, d'autre part, des comportements climatiques plus originaux. Ces comportements montrent à leur tour dans quelle mesure un taxon peut indiquer un climat. Ils montrent aussi l'originalité climatique d'un taxon en fonction de sa distribution au sein de l'espace climatique français.

En annexe (annexe 1) figure la liste complète des taxons qui ont été climatiquement étalonnés. L'annexe 2 permet de faire le lien entre les optimums climatiques exprimés en pourcentages et les valeurs mesurées par les postes climatiques, variable par variable.

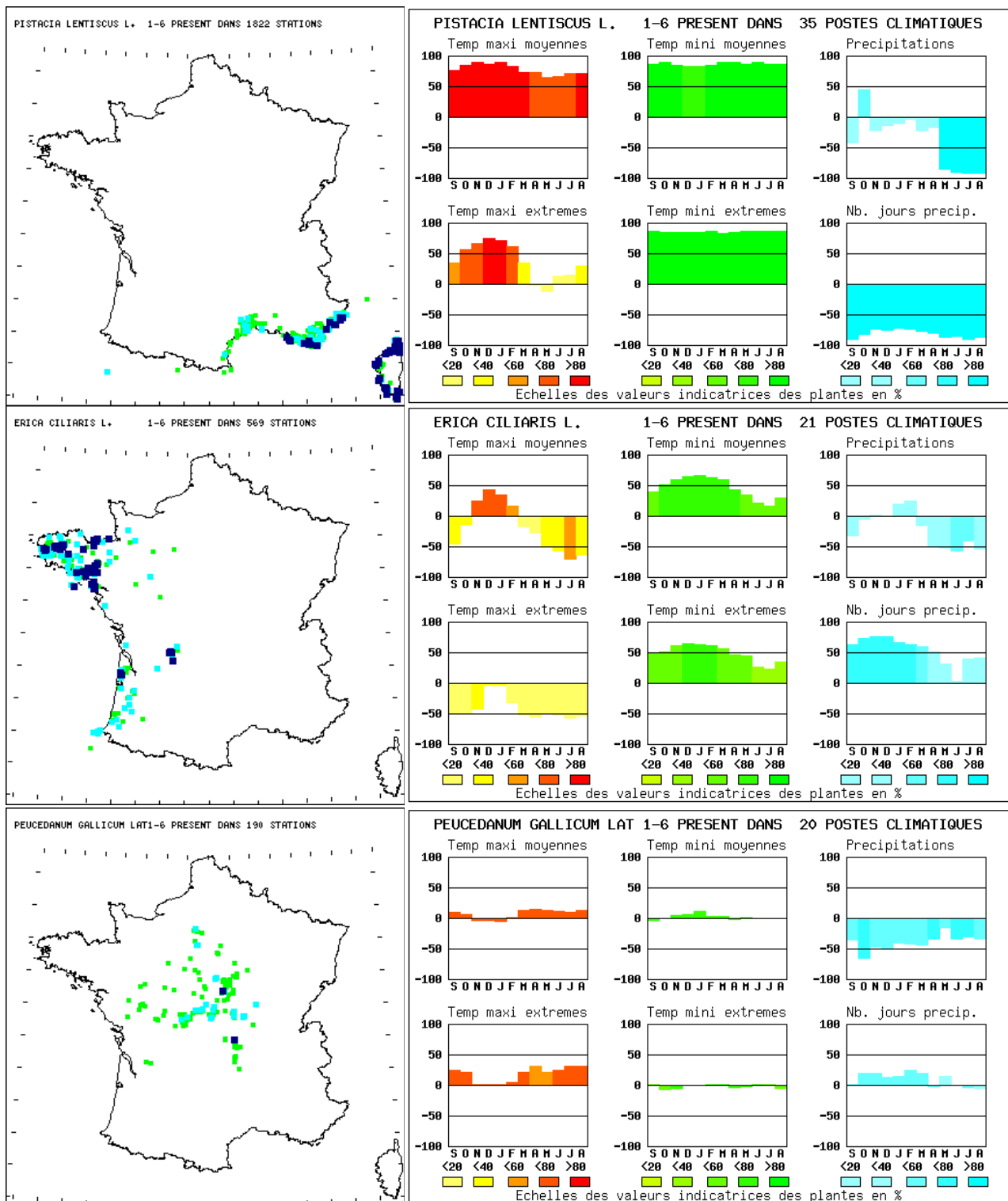


Figure 21 a : Exemples de comportements climatiques pour : *Pistacia lentiscus* L., *Erica ciliaris* L. et *Peucedanum gallicum* Latourette. Les gradients de couleurs des cartes correspondent au regroupement des abondances-dominances en trois classes : en vert clair les abondances faibles (1-2) ; en bleu ciel les abondances moyennes (3-4) ; en bleu marine les abondances fortes (5-6). Ces taxons indiquent les variables de trois principaux types de climats de France : méditerranéen, océanique et océanique dégradé.

Pistacia lentiscus L. est cantonné dans une région de climat méditerranéen. Il est proche de 35 postes climatiques. Il est extrêmement indicateur de températures maximales moyennes extrêmement supérieures en automne et en hiver, de précipitations extrêmement inférieures en été et d'un nombre de jours de pluie extrêmement inférieur durant presque toute l'année. Il est indicateur

de températures minimales extrêmement supérieures pendant toute l'année. Le lentisque montre un climat de type méditerranéen avec une sécheresse estivale et des températures de jour comme de nuit bien supérieures à la moyenne nationale des comportements climatiques. Il montre aussi un régime orageux des précipitations, car il indique très peu de jours de précipitations pendant l'année, y compris pendant la période où elles se manifestent le plus (octobre), ce qui est caractéristique du climat méditerranéen.

Erica ciliaris L. est présent dans la moitié ouest de la France et reste plus fréquent et abondant près du littoral atlantique. Il est présent autour de 21 postes climatiques. Il est très indicateur de températures maximales moyennes supérieures en hiver et minimales très supérieures durant cette saison. Il montre un régime océanique pour les températures et pour les précipitations. Il est très indicateur d'un nombre de jours de pluie très supérieur en automne et en hiver traduisant le régime régulier des précipitations en climat océanique. Ce taxon indique un climat de type océanique.

Peucedanum gallicum Latourette est localisé dans une zone centrale de la France, autour de 20 postes climatiques. Il montre un régime légèrement continental pour les températures maximales et les précipitations. Il est extrêmement indicateur de températures moyennes pendant toute l'année. Il est indicateur de précipitations inférieures en automne et en hiver et moyennes au printemps et en été. Il s'agit d'un taxon indiquant un climat océanique subissant une influence continentale encore peu marquée. Il est indicateur d'un climat de type central.

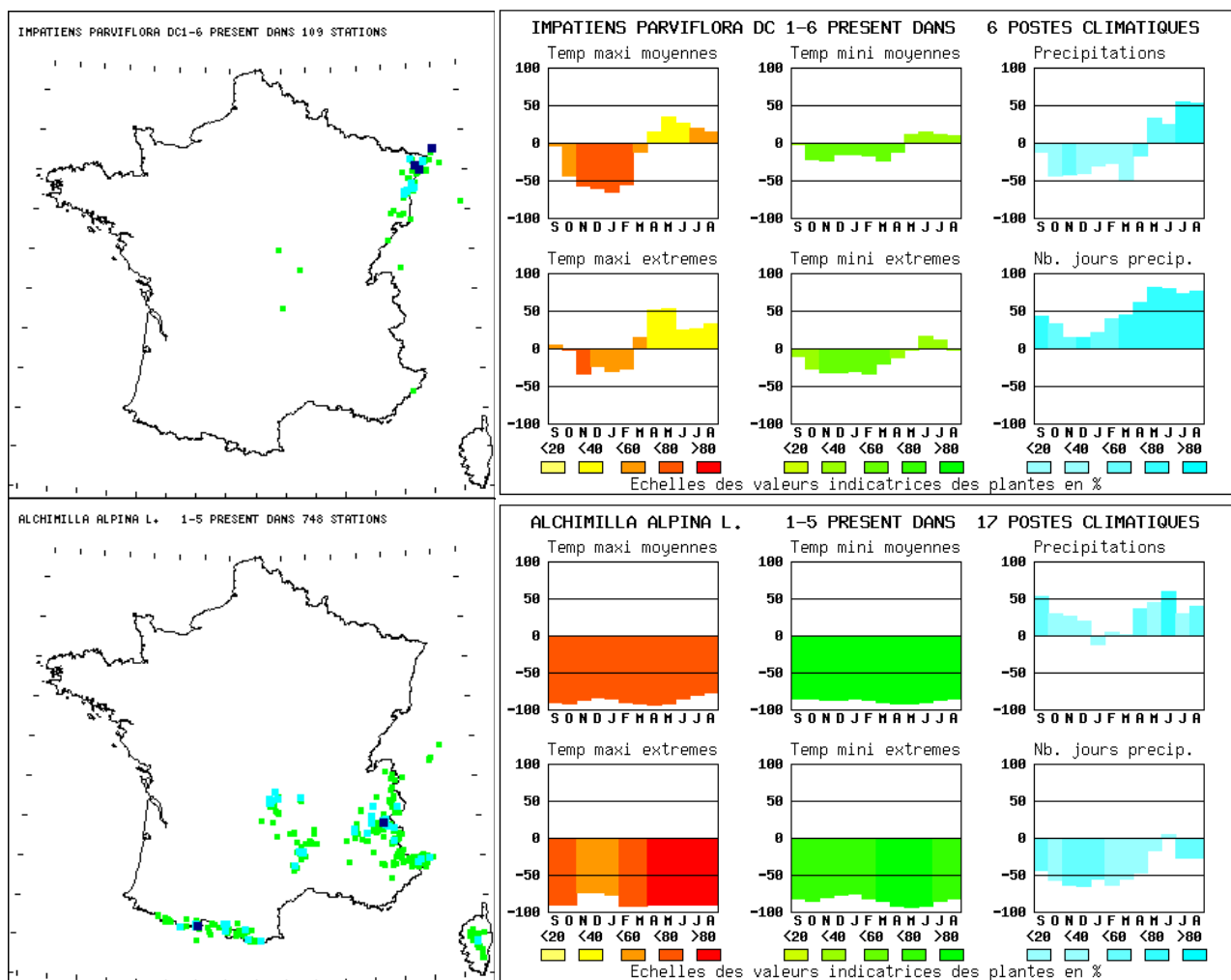


Figure 21 b: Exemples de comportements climatiques pour : *Impatiens parviflora* DC et *Alchimilla alpina* L.. Ces taxons indiquent les variables de deux principaux types de climats de France : continental et montagnard.

Impatiens parviflora DC. est un taxon qui est surtout localisé au nord-est de la France. Il est cantonné dans 6 postes climatiques. Il montre un régime continental marqué pour les températures maximales et les précipitations. Il est très indicateur de températures maximales très inférieures en hiver et de précipitations supérieures en été. Il est indicateur d'un nombre de jours de pluie très supérieur au printemps et en été et moyen en automne et en hiver. Il s'agit d'un taxon de comportement typiquement continental.

Alchimilla alpina L. est un taxon de montagnes présent dans les Alpes, le Massif Central, les Pyrénées et les montagnes de la Corse. Il est cantonné dans 17 postes climatiques. Il est très indicateur à extrêmement indicateur de températures extrêmement inférieures durant toute l'année. Il montre des précipitations moyennes en hiver et supérieures pendant le reste de l'année, elles-mêmes réparties sur un nombre inférieur à moyen de jours de pluie. Ce taxon indique un climat de montagne où les températures sont nettement inférieures par rapport à la moyenne nationale et où les précipitations, souvent orageuses, sont importantes au printemps et en été.

L'analyse des comportements climatique de ces cinq taxons montre d'une part la capacité de la flore pour indiquer les variables climatiques et, d'autre part, que certains taxons sont effectivement rangés dans les principaux types de climats de France.

Cependant, les plantes peuvent aussi montrer des comportements climatiques plus originaux témoignant de leur rattachement à des sous-unités de grands types climatiques, ou bien à leur étendue dans plusieurs grands types climatiques (figures 22 a et 22 b).

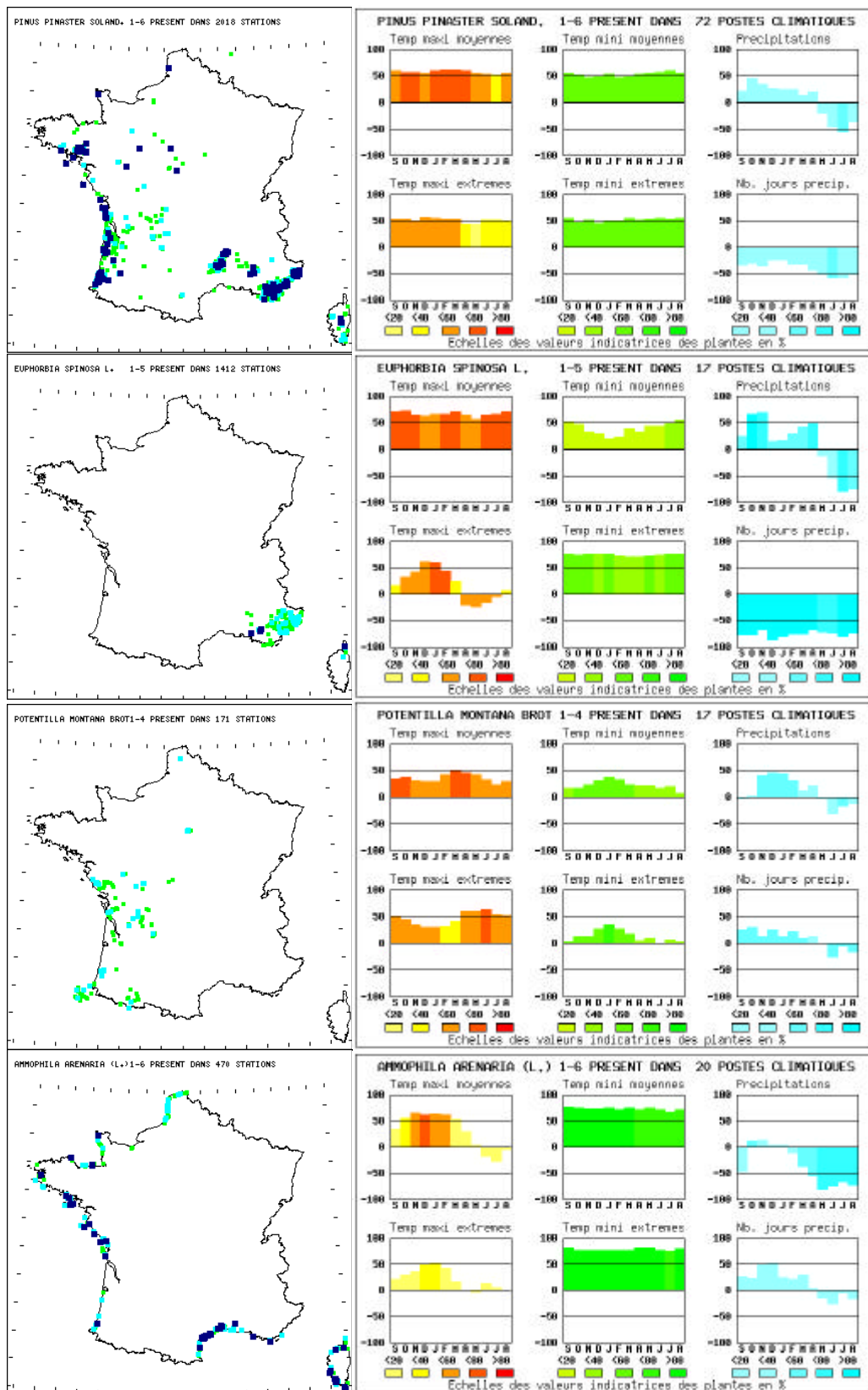


Figure 22 a : Exemples de comportements climatiques pour : *Pinus pinaster* Soland., *Euphorbia spinosa* L., *Potentilla montana* Brotero, *Ammophila arenaria* (L.) Link.. Ces taxons montrent des comportements climatiques originaux, car ils s'étendent soit dans des secteurs très localisés soumis à un type de climat montrant des nuances locales d'un grand type climatique, soit par leur répartition dans plusieurs grands types climatiques. Ces taxons indiquent des climats de type méditerranéo-atlantique, oroméditerranéen, sud oro-océanique et littoral.

Pinus pinaster Soland est présent dans la zone méditerranéo-atlantique. Il est cantonné autour de 72 postes climatiques. Il indique des températures supérieures à très supérieures pendant toute l'année. Il montre des précipitations inférieures en été et moyennes à supérieures pendant le reste de l'année. Il montre un nombre de jours de pluie inférieur au printemps et en été et moyen en automne et en hiver. Le pin maritime indique des températures douces durant toute l'année et une saison relativement sèche en été, mais nettement moins marquée que pour un taxon strictement méditerranéen.

Euphorbia spinosa L. est un taxon des collines et des moyennes montagnes de la région est méditerranéenne. Il est localisé dans 17 postes climatiques. Il est indicateur à très indicateur de températures maximales moyennes et minimales extrêmes très supérieures pendant toute l'année. Il montre des températures minimales moyennes supérieures au printemps, en été, en automne et moyennes en hiver, montrant une certaine fraîcheur de la nuit en altitude. Comme tout taxon méditerranéen, il indique une saison estivale où les précipitations sont très inférieures, mais comme il colonise surtout les collines et les basses montagnes du sud-est, il indique aussi des précipitations importantes au printemps et en automne. C'est un taxon extrêmement indicateur d'un nombre de jours de pluie très inférieur pendant toute l'année, soulignant un mode orageux. L'euphorbe épineuse montre des nuances orophiles du climat méditerranéen, car il indique des positions de températures légèrement inférieures à celles de taxons situés dans des zones peu élevées, surtout pour les températures minimales moyennes. Il présente aussi un régime de précipitations ayant un premier maximum en automne et un second au printemps, caractéristique du sud-est méditerranéen.

Potentilla montana Brotero est essentiellement réparti dans le quart sud-ouest et le piémont des Pyrénées, jusqu'à 1000 m. Il est indicateur de températures maximales moyennes supérieures durant toute l'année, ce qui montre sa position plutôt sud-ouest. Il indique aussi des températures minimales supérieures en hiver et moyennes durant le reste de l'année, ce qui souligne une tendance relativement orophile. Il montre aussi un régime océanique pour les précipitations, mais avec un nombre de jours de pluie moyen pendant toute l'année. Ce taxon présente un climat océanique altéré par des influences orophiles : il indique un climat oro-océanique du sud.

Ammophila arenaria (L.) Link. est réparti sur l'ensemble du littoral français. Il est cantonné dans 20 postes climatiques. Il est indicateur à très indicateur de températures maximales très supérieures en automne et en hiver et de précipitations très inférieures en été. Il est très indicateur à extrêmement indicateur de températures minimales très supérieures pendant toute l'année. Ce taxon montre à la fois une composante océanique dans l'expression de ses températures maximales, et une composante méditerranéenne, influençant l'expression de ses températures minimales et le nombre de jours de pluie. Il souligne ainsi l'importance des masses maritimes garantissant la douceur des températures de la nuit durant toute l'année, mais aussi atténuant les températures du jour en été.

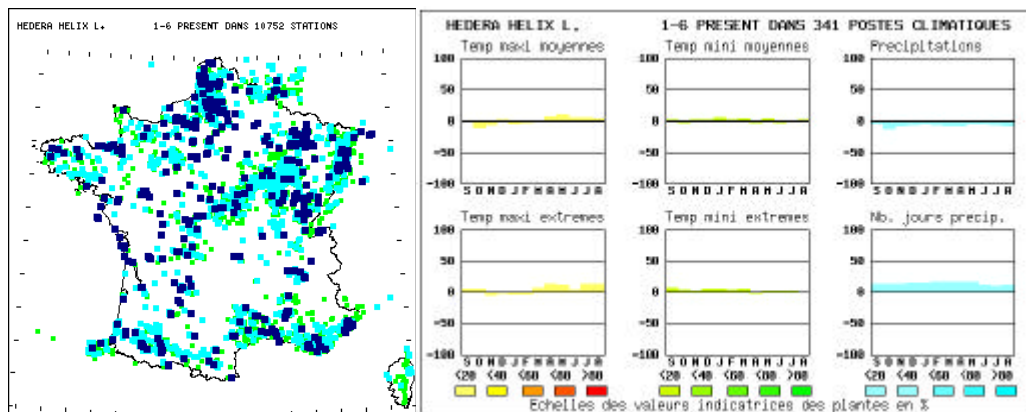


Figure 22 b : Exemples de comportements climatiques pour : *Hedera helix* L.. Ce taxon montre un comportement climatique général.

Hedera helix L. est présent et abondant de façon uniforme sur l'ensemble du territoire français. Il est cantonné dans 341 postes climatiques. Il montre un climat moyen pour toutes les variables climatiques. Le manque d'originalité climatique de ce taxon est lié à ses pouvoirs indicateurs très faibles (inférieurs à 20%) durant toute l'année. Ce comportement climatique très peu original souligne la notion d'ubiquité climatique d'un taxon qui, à l'échelle de la France, a une répartition géographique qui ne semble pas être liée à un type de climat particulier.

Ces exemples, bien qu'en nombre limité et très tranchés, montrent la capacité des taxons de la flore de France à indiquer les climats qu'ils subissent et soulignent également l'importance de l'utilisation d'une méthode numérique, afin de quantifier leurs relations avec précision. En effet, l'étalonnage climatique de la flore peut mettre en avant des comportements climatiques aussi bien classiques qu'originaux, ce qu'une méthode empirique aurait plus de difficultés à montrer. En particulier, il a permis d'identifier et de quantifier des comportements climatiques comme ceux des plantes méditerranéo-atlantiques, oroméditerranéennes, sud oro-océaniques, littorales, et ubiquistes. D'autres nuances sont perceptibles avec d'autres taxons français qui sont répertoriés dans le cd-rom qui accompagne ce fascicule.

4.3. Expression de comportements climatiques de taxons en fonction de leur abondance

Une plante abondante témoigne des facteurs du milieu de façon plus nette qu'en étant simplement présente, car son abondance signifie qu'elle rencontre, dans un secteur donné, les meilleures conditions assurant sa survie, son développement et sa reproduction. Une plante présente est généralement plus fréquente sur le territoire qu'en étant abondante. Sa présence montre une répartition plus large dans une gamme climatique, tandis que son abondance indique plutôt une partie plus restreinte de cette gamme (figure 23).

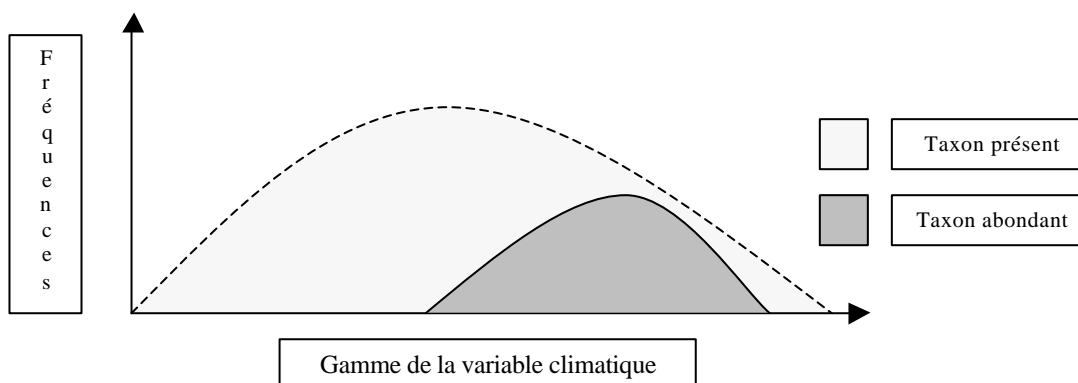


Figure 23 : Comparaison entre les fréquences des présences et des abondances d'un taxon dans la gamme d'une variable climatique. Lorsqu'il est abondant, le taxon est cantonné dans une partie plus restreinte de sa gamme climatique.

De ce fait, une plante abondante est plus souvent concentrée dans une certaine partie de sa gamme climatique et sa concentration lui confère des pouvoirs indicateurs plus élevés. De cette manière, une plante abondante montre des pouvoirs indicateurs habituellement plus élevés qu'une plante simplement présente. Les graphiques de la figure suivante illustrent cette notion.

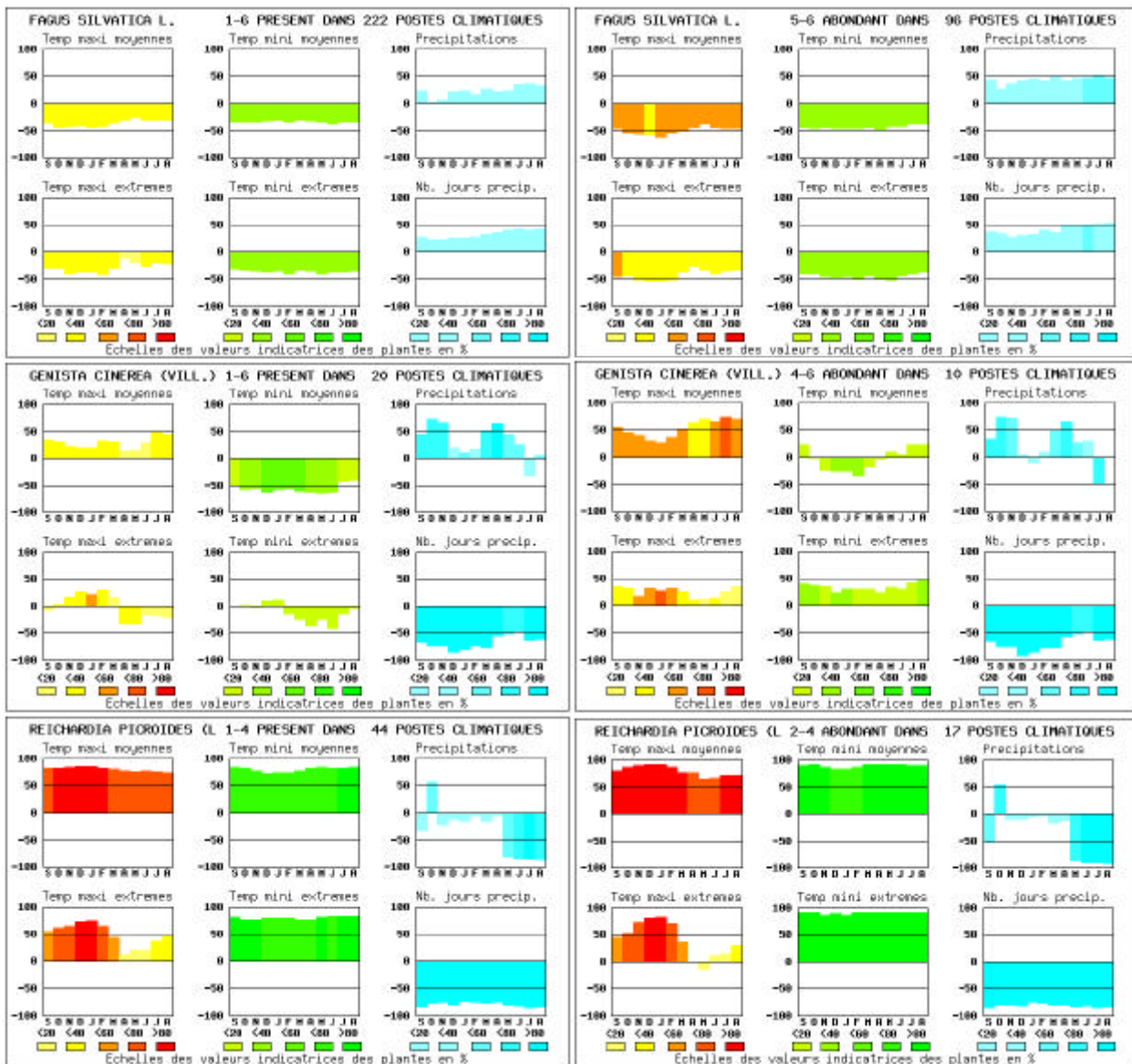


Figure 24 : Exemples de l'expression de comportements climatiques selon l'abondance des taxons (*Fagus silvatica* L., *Genista cinerea* (Vill.) DC et *Reichardia picroides* (L.) Roth.). Ces graphiques montrent que lorsqu'un taxon est abondant, il est plus indicateur des variables climatiques. Dans certains cas, un taxon abondant montre aussi une différence sensible de comportement par rapport à son comportement en étant présent.

Fagus silvatica L. colonise les forêts du nord de la France et des montagnes jusqu'à environ 1700 m d'altitude. Présent, il est cantonné dans les alentours de 22 postes climatiques. Il est moyennement indicateur de températures inférieures durant toute l'année et de précipitations supérieures en été. Abondant, il est cantonné dans 96 postes climatiques. Il est indicateur de températures maximales moyennes inférieures à très inférieures. Il montre également des précipitations supérieures durant toute l'année. Lorsqu'il est abondant, le hêtre montre un climat à tendance relativement montagnarde.

Genista cinerea (Vill.) DC. forme des fruticées dans les montagnes du sud-est jusqu'à environ 1900 m d'altitude. Il est présent dans les alentours de 20 postes climatiques. Il est moyennement indicateur de températures maximales supérieures en été et en hiver. Il est indicateur à très indicateur de températures minimales moyennes très inférieures en automne, en hiver et au

printemps. Il montre des précipitations supérieures à très supérieures en automne et au printemps. Abondant, il est cantonné autour de 10 postes climatiques. Il indique des températures maximales très supérieures au printemps et en été. En revanche, il montre des températures minimales de positions moyennes, ce qui confirme que lorsque ce taxon est abondant, il croît dans des zones de moyennes montagnes. En revanche, quand il est présent, il peut coloniser ça et là des secteurs d'altitudes plus élevées.

Reichardia picroides (L.) Roth. est très répandu dans le sud de la France en zone méditerranéenne, aussi bien sur le littoral que sur les collines jusqu'à une altitude de 700 m. Il est présent autour de 44 postes climatiques. Il est extrêmement indicateur de températures maximales moyennes extrêmement supérieures en hiver, et de températures minimales moyennes extrêmement supérieures en été. Il est extrêmement indicateur de précipitations extrêmement inférieures en juillet et d'un nombre de jours de pluie très inférieur à extrêmement inférieur durant toute l'année. Il est abondant dans 17 postes climatiques : il est extrêmement indicateur de températures maximales très supérieures à extrêmement supérieures en été, en automne et en hiver. Il est extrêmement indicateur de températures minimales extrêmement supérieures pendant toute l'année pour les extrêmes, et au printemps, en été et en automne pour les températures minimales moyennes. Il est extrêmement indicateur de précipitations extrêmement inférieures en juin, juillet et août. Lorsqu'il est abondant, *Reichardia picroides* (L.) Roth. est plus indicateur d'un climat méditerranéen.

Ces trois exemples ont permis de souligner qu'un taxon abondant est plus indicateur de certaines variables climatiques que par sa présence. Dans certains cas le taxon abondant permet de montrer des nuances de son comportement climatiques. Ces nuances peuvent être liées à des différences de répartition géographique, variant de façon concomitante avec des paramètres climatiques, comme c'est le cas pour le genêt cendré qui est abondant dans des milieux de moyenne montagne mais qui peut toutefois coloniser ponctuellement des milieux d'altitudes plus élevées.

4.4. Comportements climatiques de taxons issus de mêmes genres

L'étude des relations climatiques entre les espèces d'un genre donné montre d'une part le rattachement d'un genre à un type de climat particulier, ou bien, au contraire, elle montre la richesse des comportements climatiques des individus qui ont colonisé des milieux variés. La comparaison de leurs répartitions montre des gradients climatiques d'espèces, de sous-espèces et de variétés sur le territoire français. Les paragraphes suivants présentent les cartes de répartition et les graphiques climatiques de taxons rattachés à un même genre. Seuls trois genres sont présentés afin de montrer un aperçu de l'étude des comportements climatiques des plantes rattachées à un même genre. Il est toutefois possible d'approfondir cette connaissance en utilisant les informations portées dans le cd-rom fourni avec cet ouvrage.

4.4.1. Comportements climatiques des taxons du genre *Cistus*

Trois espèces appartenant au genre *Cistus* ont été climatiquement étalonnées. Il s'agit de *Cistus monspeliensis* L., *C. albidus* L. et *C. salviaefolius* L.. Ces taxons montrent des gradients climatiques au sein de la zone méditerranéenne (figure 25).

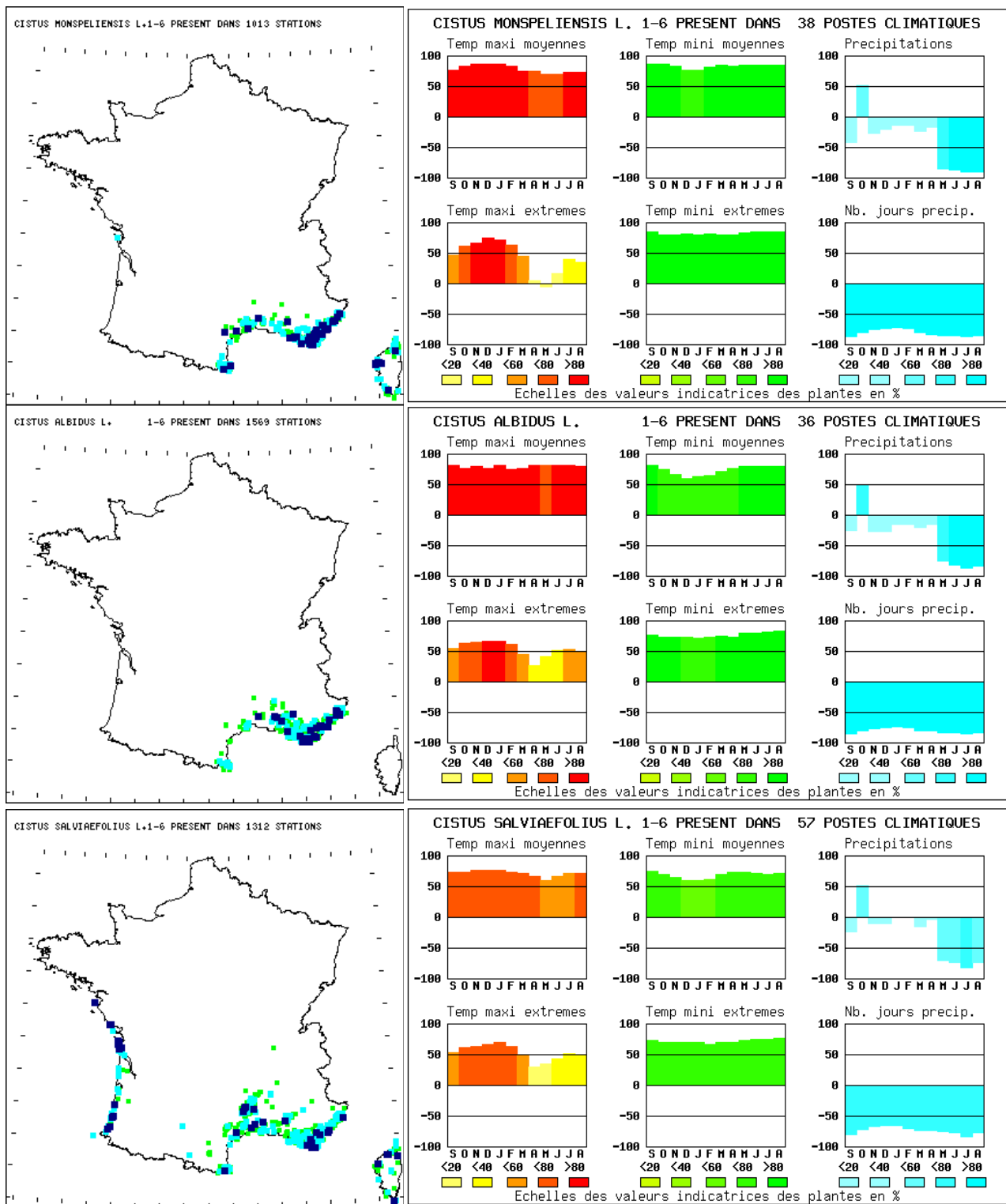


Figure 25 : Gradients climatiques des taxons du genre *Cistus* : *C. monspeliensis* L., *C. albidus* L. et *C. salviaefolius* L. Ils montrent un gradient allant du sud-est au sud-ouest, apparentés d'abord au domaine méditerranéen puis au domaine méditerranéo-atlantique.

Cistus monspeliensis L. et *Cistus albidus* L. sont très indicateurs à extrêmement indicateurs de températures moyennes très supérieures à extrêmement supérieures pendant toute l'année. Ils sont aussi extrêmement indicateurs de précipitations extrêmement inférieures en été et d'un nombre de jours de pluie très inférieur durant toute l'année. Ils montrent un climat de type méditerranéen extrêmement marqué.

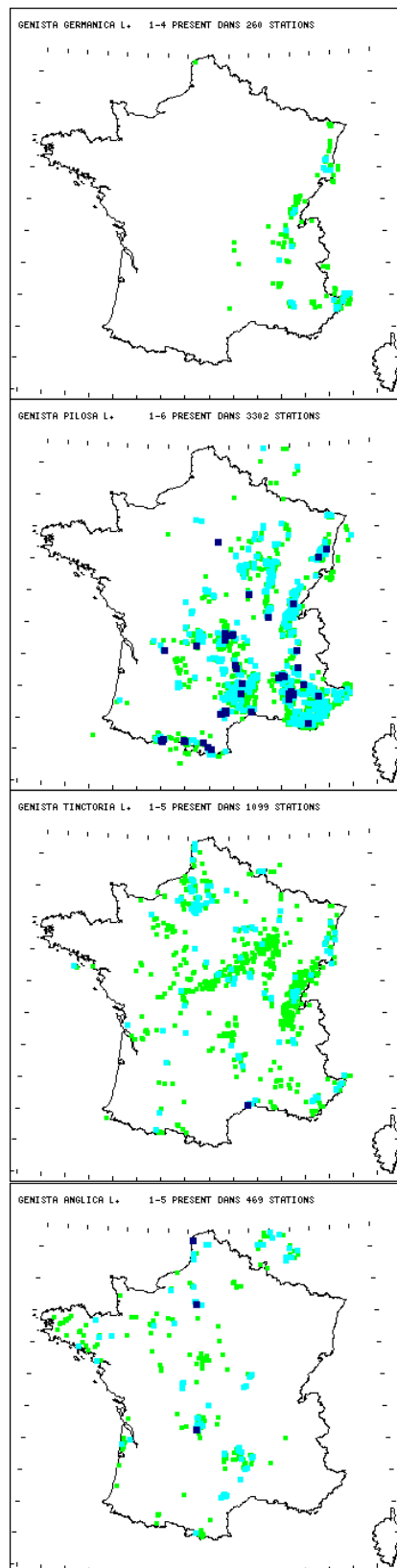
En revanche, *Cistus salviaefolius* L. présente des optimums moins élevés pour les températures moyennes, ainsi que des optimums très inférieurs de précipitations durant l'été, ce qui témoigne d'un climat de type méditerranéen un peu moins marqué que celui décrit précédemment. Cette légère atténuation du climat méditerranéen représentée par *C. salviaefolius* L. montre un taxon de comportement climatique méditerranéo-atlantique où la part du climat méditerranéen reste majoritaire.

Cette analyse met en évidence un gradient climatique sud-est/sud-ouest atténuant le climat méditerranéen.

4.4.2. Comportements climatiques des taxons du genre *Genista*

Huit taxons du genre *Genista* ont été climatiquement étalonnés : *G. germanica* L., *G. pilosa* L., *G. tinctoria* L., *G. anglica* L., *G. cinerea* (Vill.) DC., *G. pilosa* var. *jordani* Shuttl., *G. hispanica* L., et *G. scorpius* (L.) Lam.. La figure suivante montre d'abord des gradients de répartition géographique de ces taxons.

Gradient moitié est / moitié ouest



Gradient sud-est / sud-ouest

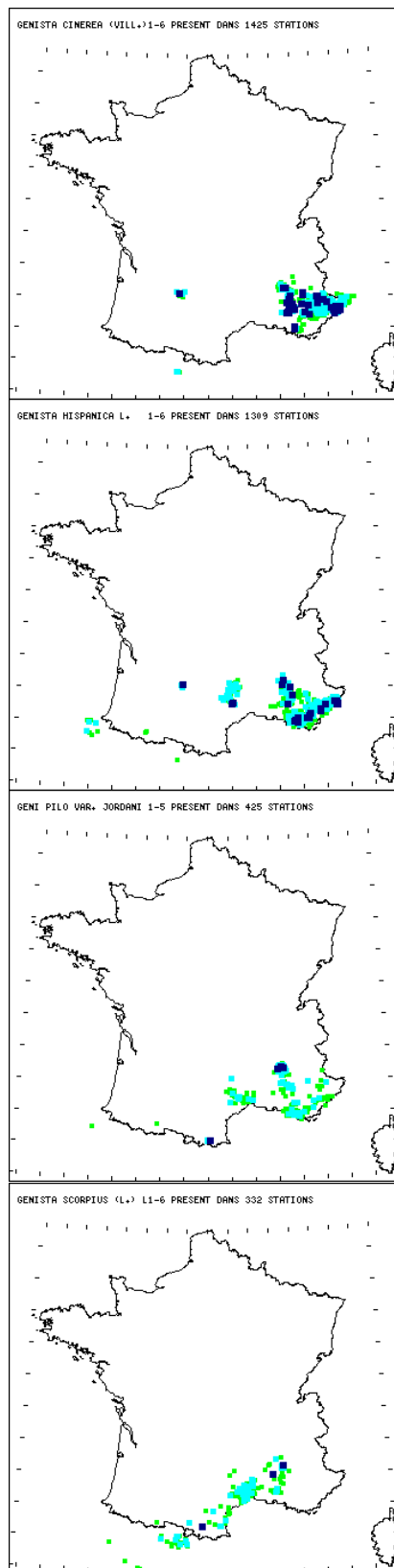


Figure 26 : Gradients géographiques des taxons du genre *Genista* : *G. germanica* L., *G. pilosa* L., *G. tinctoria* L., *G. anglica* L., *G. cinerea* (Vill.) DC., *G. hispanica* L., *G. pilosa* var. *jordani* Shuttl. et *G. scorpius* (L.) Lam.. Ils montrent des gradients de répartition partant de la moitié est de la France vers la moitié ouest, et du sud-est vers le sud-ouest.

Le premier gradient se déplace des basses et moyennes montagnes de la moitié est (*G. germanica* L.) vers les basses et moyennes montagnes du centre et de l'ouest (*G. pilosa* L. et *G. tinctoria* L.), et dans les collines de la moitié ouest de la France (*G. anglica* L.). Le deuxième montre des taxons colonisant d'abord les collines et les moyennes montagnes du sud-est (*G. cinerea* (Vill.) DC., *G. hispanica* L.) puis, se propageant vers les collines du sud-ouest (*G. pilosa* var. *jordani* Shuttl et *G. scorpius* (L.) Lam.). Les caractéristiques climatiques des comportements de ces taxons permettent de préciser le type de climat qu'ils rencontrent sur ces gradients (27).

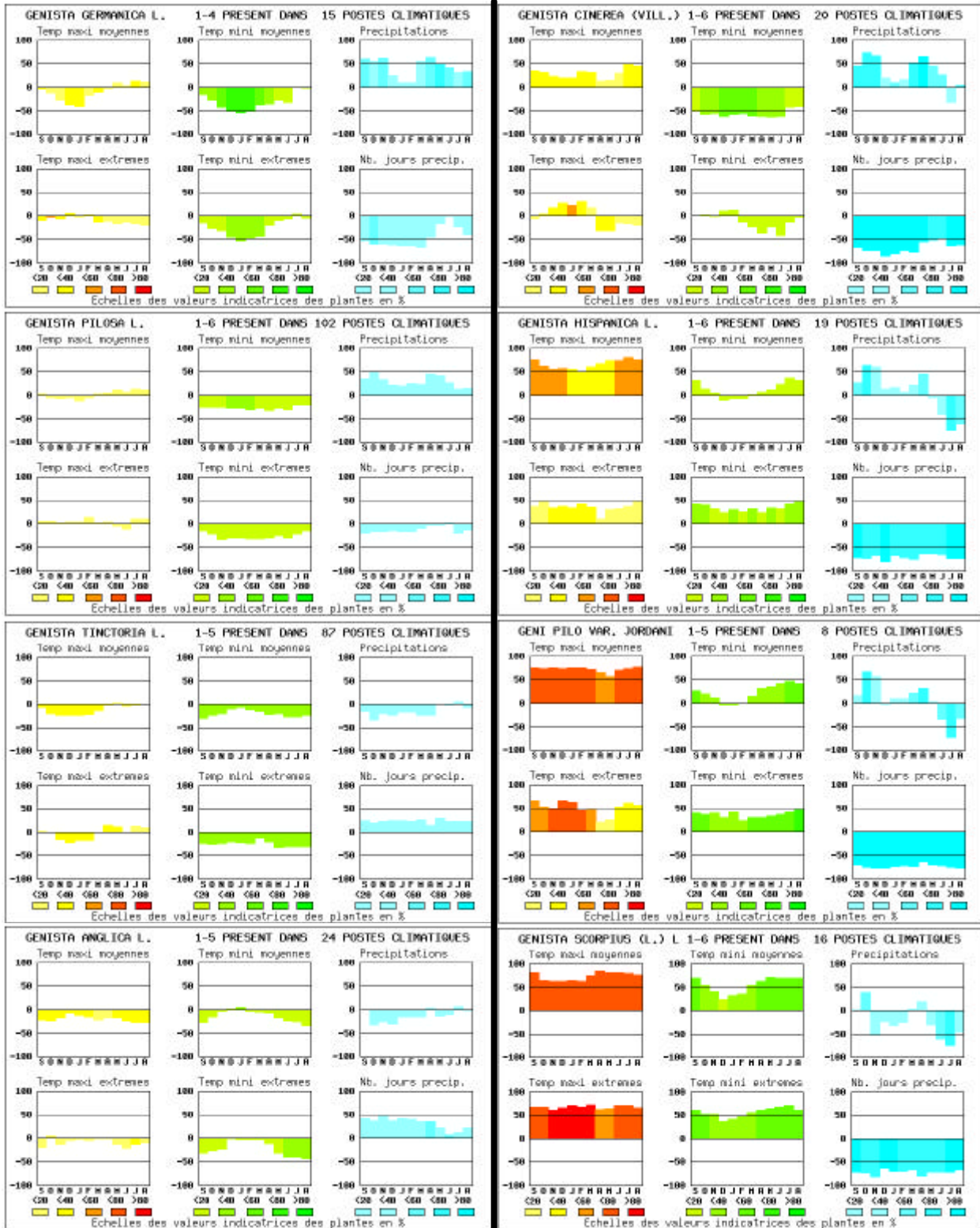


Figure 27 : Gradients climatiques des taxons du genre *Genista* : *G. germanica* L., *G. pilosa* L., *G. tinctoria* L., *G. anglica* L., *G. cinerea* (Vill.) DC., *G. hispanica* L., *G. pilosa* var. *jordani* Shuttl. et *G. scorpius* (L.) Lam.. Ces comportements climatiques montrent des transitions climatiques entre

des comportements méditerranéens des reliefs du sud-est vers les collines du sud-ouest puis, d'un climat montagnard à influence continentale, vers un climat moyen montrant des nuances continentales et océaniques.

Premier gradient : gradient de continentalité décroissant d'est en ouest

G. germanica L. montre un régime continental avec des températures inférieures en hiver et moyennes en été et avec des précipitations supérieures en automne, au printemps et en été. Il montre également un nombre très inférieur de jours de pluie, sauf pendant l'été. Ce taxon est dans son ensemble moyennement indicateur d'un climat continental.

G. pilosa L. montre un climat moyen avec une très légère influence continentale sur ses températures maximales moyennes. Ses optimums de températures minimales se rapprochent de la moyenne, montrant un léger adoucissement des nuits. Il présente un nombre de jours de pluie moyen pendant toute l'année.

G. tinctoria L. présente un climat moyen subissant une influence océanique caractérisée par des températures minimales moyennes inférieures en été et en automne et moyennes en hiver.

G. anglica L. montre un climat moyen où l'influence océanique est encore plus accentuée. Il montre des températures maximales et minimales moyennes inférieures en été et moyennes en hiver. Il présente aussi un nombre de jours de pluie supérieur en automne, en hiver et au printemps.

L'analyse du comportement climatique de ces taxons montre un gradient de continentalité décroissant d'est en ouest, subissant progressivement l'influence de l'océan.

Second gradient : un gradient d'humidité décroissant d'est en ouest

G. cinerea (Vill.) DC. est un taxon oroméditerranéen montrant des températures maximales supérieures en été, en février et en mars, ce qui souligne son côté méditerranéen. Cependant, son côté orophile est montré par des températures minimales très inférieures en automne, en hiver et au printemps. Il indique aussi deux périodes de précipitations très supérieures en automne et au printemps. Il indique des précipitations moyennes en hiver et en été. Il est indicateur d'un nombre de jours de pluie très inférieur pendant presque toute l'année, ce qui souligne le régime orageux des précipitations en montagnes méditerranéennes.

G. hispanica L. est un taxon nettement plus méditerranéen. Il croît dans des secteurs moins élevés et plus proches du littoral que le genêt cendré. Il est indicateur de températures maximales très supérieures au printemps et en été. Il montre des températures minimales supérieures en été et moyennes en automne, en hiver et au printemps. Bien qu'il montre deux périodes de précipitations supérieures en automne et au printemps, il montre également une saison estivale aux précipitations très inférieures. Il est extrêmement indicateur d'un nombre de jours de pluie très inférieur pendant presque toute l'année. Le genêt d'Espagne présente donc un comportement climatique méditerranéen marqué.

G. pilosa var. *jordani* Shuttl est très indicateur de températures maximales moyennes très supérieures pendant presque toute l'année. Il est indicateur de températures minimales supérieures en été. Il montre des précipitations supérieures en automne, moyennes en hiver et au printemps, et inférieures en été avec un pic d'optimum très inférieur en juillet. Il présente un comportement climatique méditerranéen bien marqué.

G. scorpius (L.) Lam. est très indicateur de températures maximales très supérieures pendant toute l'année. Il est indicateur de températures minimales très supérieures au printemps et en été. Il montre également des précipitations inférieures moyennes en hiver et au printemps, et très inférieures en été. Ce taxon présente un comportement méditerranéen très marqué.

L'analyse des comportements climatiques de ces taxons a montré des différences liées à l'altitude et à leur éloignement vis-à-vis de la côte méditerranéenne. Le régime de leurs précipitations montre également un gradient d'humidité décroissant d'est en ouest, ce qui est traditionnellement observé en zone méditerranéenne française (Kessler et Chambraud, 1990).

4.4.3. Comportements climatiques des taxons du genre *Lonicera*

Six taxons appartenant au genre *Lonicera* ont été climatiquement étalonnés : *L. implexa* Aiton, *L. etrusca* Santi, *L. nigra* L., *L. alpigena* L., *L. periclymenum* L. et *L. xylosteum* L.. Leur répartition géographique montre trois gradients majeurs (figure 27) : un gradient méditerranéen (*L. implexa* Aiton) et sub-méditerranéen (*L. etrusca* Santi) ; un gradient d'altitude en zone montagneuse (*L. nigra* L. et *L. alpigena* L.) ; un gradient des plaines et basses montagnes de l'ouest et du nord (*L. periclymenum* L.) vers les collines et les moyennes montagnes de l'est et du sud-est (*L. xylosteum* L.).

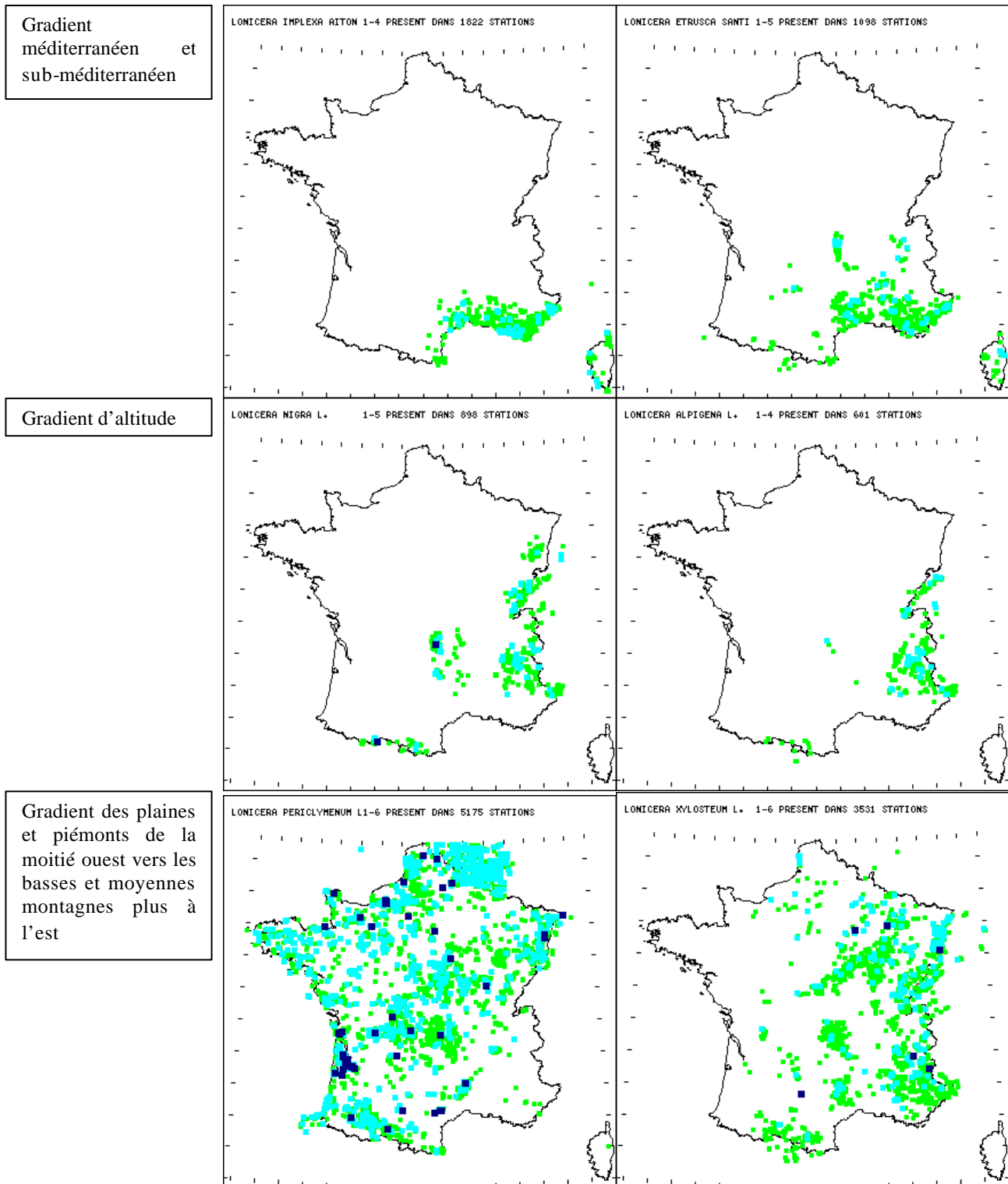
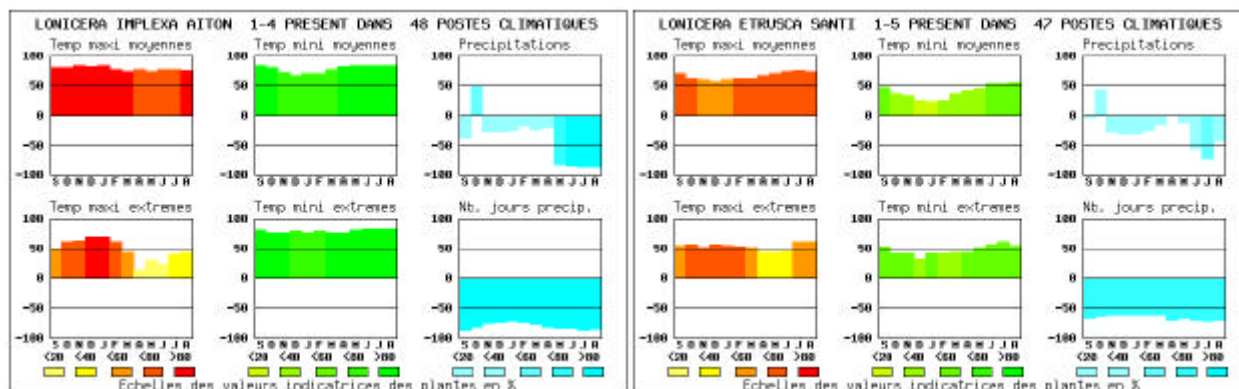


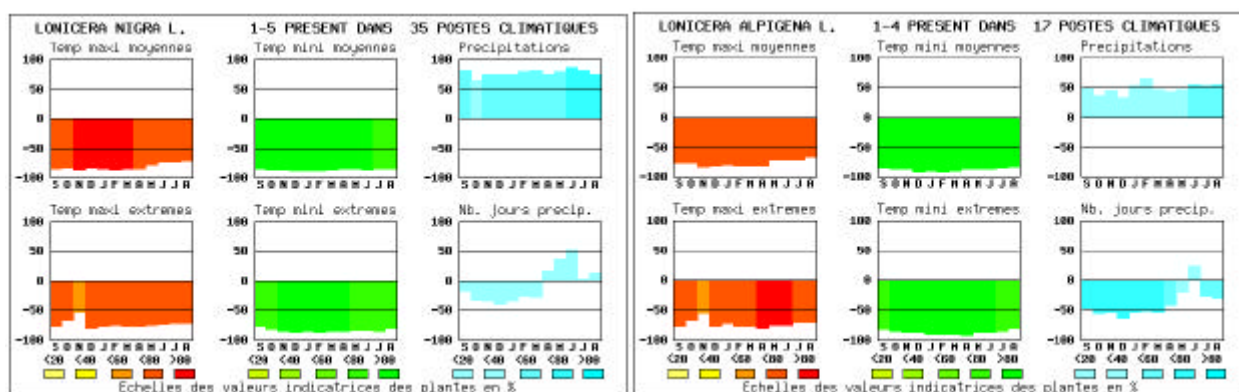
Figure 28 : Gradients géographiques des taxons du genre *Lonicera* : *L. implexa* Aiton, *L. etrusca* Santi, *L. nigra* L., *L. alpigena* L., *L. periclymenum* L. et *L. xylosteum* L.. Ils montrent des gradients de répartition allant de la région méditerranéenne à la région sub-méditerranéenne, puis un gradient d'altitude dans les moyennes et hautes montagnes et un gradient des plaines et des piémonts de l'ouest, du nord et du nord-est allant vers les coteaux et les zones montagneuses de la moitié est de la France.

La comparaison des comportements climatiques des taxons en relation avec leur distribution met en évidence des gradients climatiques de flore (figure 28).

Gradient méditerranéen à sub-méditerranéen



Gradient d'altitude



Gradient de continentalité et d'altitude

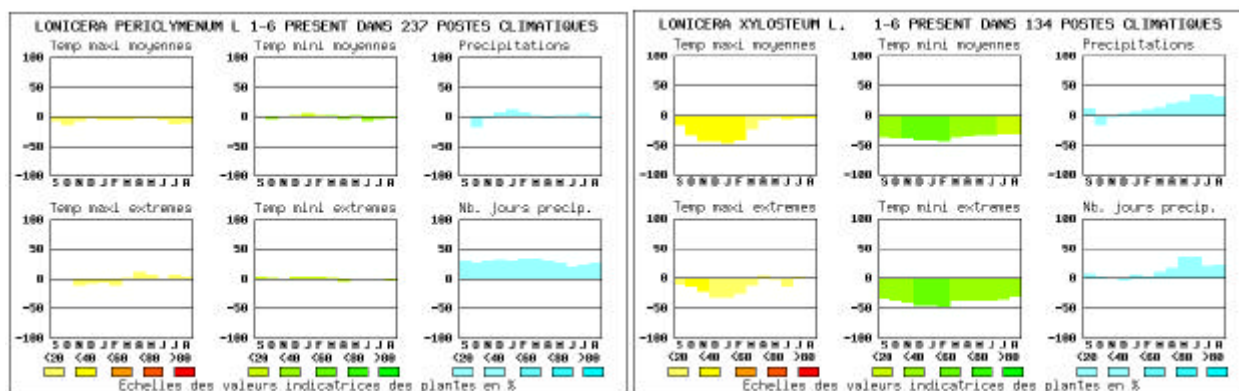


Figure 29 : Gradients climatiques des taxons du genre *Lonicera* : *L. implexa* Aiton, *L. etrusca* Santi, *L. nigra* L., *L. alpigena* L., *L. periclymenum* L. et *L. xylosteum* L..

Premier gradient : gradient méditerranéen à sub-méditerranéen

L. implexa Aiton est très indicateur à extrêmement indicateur de températures moyennes extrêmement supérieures pendant toute l'année. Il est extrêmement indicateur de précipitations extrêmement inférieures en été et d'un nombre de jours de pluie extrêmement inférieur toute l'année. Ce taxon présente un comportement climatique méditerranéen extrêmement marqué.

L. etrusca Santi est indicateur de températures maximales moyennes très supérieures au printemps, en été et en automne. Il est très indicateur de températures minimales supérieures en été. Il indique un nombre de jours de pluie très inférieur durant toute l'année, et des précipitations inférieures en été avec un pic très inférieur en juillet. Il présente un comportement climatique

méditerranéen atténué par sa position plus interne que celle de *L. implexa* Aiton. L'analyse des comportements climatiques de ces deux taxons montre un gradient allant de la zone méditerranéenne à la zone sub-méditerranéenne.

Deuxième gradient : gradient d'altitude

L. nigra L. colonise les moyennes montagnes jusqu'à environ 1800 m d'altitude, et *L. alpigena* L. colonise les moyennes montagnes jusqu'à environ 2100 m. Tout deux ont un comportement climatique assez proches montrant des températures très inférieures durant toute l'année. Cependant, *L. alpigena* L. présente des optimums de températures minimales inférieurs à ceux de *L. nigra* L., ce qui montre que *L. alpigena* L. colonise des milieux légèrement plus en altitude que *L. nigra* L.. L'analyse du comportement climatique de ces deux taxons montre un léger gradient d'altitude croissante.

Troisième gradient : gradient de continentalité et d'altitude

L. periclymenum L. est localisé dans les plaines et les piémonts de l'ouest, du centre, du nord et du nord-est. Il semble éviter la zone méditerranéenne. Il montre un climat moyen pendant toute l'année. *L. xylosteum* L. colonise les basses et moyennes montagnes de France et semble éviter le secteur océanique. Il montre un climat de type continental avec des températures maximales inférieures en hiver et moyennes en été et des précipitations supérieures en été et moyennes en hiver. Il montre également des températures minimales inférieures toute l'année ce qui témoigne de ses occurrences sur des reliefs d'altitude moyenne. L'analyse des comportements climatiques de ces deux taxons présente un gradient de continentalité et d'altitude croissant d'ouest en est.

4.5. Discussion sur les principaux catalogues de comportements climatiques

Les catalogues montrant des comportements écologiques de taxons, notamment en France, s'adressent avant tout aux relations entre les plantes et le sol. Par exemple, la flore forestière de Rameau *et al.* (1989 et 1993) montre uniquement des comportements des taxons vis-à-vis des paramètres édaphiques et ne présente que des indications générales par rapport à l'influence du climat, le plus souvent intégrée par l'intermédiaire de considérations phytogéographiques. Aussi, les exemples de catalogues phytoclimatiques suivants ont été empruntés à des études étrangères. Les résultats directs ne seront pas comparés entre eux dans les prochains paragraphes étant donné la discordance entre les zones d'étude. Seule les principes des démarches employées seront analysés.

Enfin, la discussion se porte également sur l'aspect méthodologique de l'actuel étalonnage climatique de la flore vis-à-vis de celui réalisé en 1994 par Brisse et Grandjouan, ainsi que sur l'apport des nouveaux résultats.

4.5.1. Le catalogue d'Ellenberg

En 1974, Heinz Ellenberg publie la première édition d'un catalogue montrant des comportements écologiques de plus de 2000 plantes d'Europe centrale par rapport à six facteurs environnementaux dont trois concernent le climat : la lumière, la température, la continentalité. Des stations de références ont été utilisées afin de connaître les mesures de paramètres environnementaux.

Ce catalogue a été conçu de façon empirique, en se basant sur l'expérience d'un groupe de botanistes et d'écologues qui ont déterminé des valeurs indicatrices pour chaque plante en fonction de chaque classe de variable (tableau 17). Aucun calcul concernant les liens entre les plantes et les facteurs du milieu n'a été effectué. Les variables climatiques utilisées et les classes qui ont été constituées montrent bien le côté empirique de cette démarche. Par exemple, les classes qui définissent les températures ne sont pas liées à des valeurs numériques, mais à des observations qualitatives comme le montrent les termes « extrêmement froid » ou « moyennement chaud ». La variable de continentalité tente de mesurer l'influence de l'éloignement de la mer sur le climat et, par conséquent, sur les conditions de vie des plantes, mais elle ne correspond pas à une mesure précise réalisée avec un appareil standard : elle ne représente qu'une variable qualitative.

Les valeurs indicatrices se répartissent entre 9 et 12 classes selon le facteur. La détermination de ces valeurs indicatrices pose des problèmes de précision car elle se base sur une méthode empirique. Leur signification est qualitative et reste souvent « floue », notamment par l'usage des termes « intermédiaire entre 2 et 4 ». Ces valeurs indicatrices n'expriment que d'une manière approximative les relations des plantes avec leur milieu sans en calculer le lien. Elles ne montrent en fait que des positions très vagues de taxons dans les classes qualitatives de facteurs du milieu. Néanmoins, ce catalogue représente un travail encore très utilisé de nos jours, car il n'a pas d'équivalent numérique en Europe centrale.

Nom des espèces	Lumière	Températures	Continentalité	Humidité	Réaction à HCl	Azote
Fagus sylvatica	(3)	5	2	5	x	x
Genista germanica	7	5	4	4	2	2
Impatiens parviflora	4	6	5	5	x	6
Lonicera etrusca	7	9		3	x	

Luminosité 1 Plante d'ombre importante 2 Intermédiaire entre 1 et 3 3 Plante d'ombre assez importante 4 Intermédiaire entre 3 et 5 5 Plante de demie-ombre 6 Intermédiaire entre 5 et 7 7 Plante de demie-lumière 8 Plante de lumière 9 Plante de pleine lumière	Températures 1 extrêmement froid, seulement en haute montagne 2 Intermédiaire entre 1 et 3 3 Très frais, surtout dans les zones subalpines 4 Intermédiaire entre 3 et 5 (zone de montagne) 5 Moyennement chaud (dans les vallées jusqu'au piémont) 6 Intermédiaire entre 5 et 7 7 chaud 8 Intermédiaire entre 7 et 9 9 Extrêmement chaud	Continentalité 1 Eu-océanique 2 Océanique 3 Intermédiaire entre 2 et 4 4 Sub-océanique 5 Intermédiaire entre 3 et 4 6 Sub-continental 7 Intermédiaire entre 6 et 8 8 Continental 9 Eu-continental
--	--	---

Humidité 1 Très sec 2 Intermédiaire entre 1 et 3 3 Sec 4 Intermédiaire entre 3 et 5 5 très frais, principalement sur les sols moyennement humides mais pas inondés. 6 Intermédiaire entre 5 et 7 7 très frais, principalement sur les sols bien humides mais pas inondés 8 Intermédiaire entre 7 et 9 9 sols mouillés, principalement sur les sols fréquemment inondés (peu aérés) 10 humidité changeante, plante d'eau qui peut supporter pour quelque temps un sol non inondé 11 plante d'eau, au moins de temps en temps au dessus de la surface ou plante flottante 12 plante sous-aquatique Forts changements ; inondations
--

Réaction à HCl (La valeur de réaction n'est pas égale à celle du pH) 1 Très Acide 2 Intermédiaire entre 1 et 3 3 Acide 4 Intermédiaire entre 3 et 5 5 Moyennement acide, rarement sur des sols alcalins ou acides 6 Intermédiaire entre 5 et 7 7 faiblement acide, jusqu'à faiblement basique, jamais sur les sols très acides 8 Intermédiaire entre 7 et 9, le plus souvent sur calcaire 9 Basique et calcaire, toujours sur sols calcaires
--

Teneur en Azote 1 Teneur très pauvre en azote 2 Intermédiaire entre 1 et 3 3 Plus souvent sur des sols pauvres en azote que sur des sols moyennement azotés 4 Intermédiaire entre 3 et 5 5 Moyennement azoté 6 Intermédiaire entre 5 et 7 7 Sols assez azotés 8 Sols très azotés 9 Sols à concentration hyper azotée
--

Tableau 17 : exemple de trois plantes indicatrices des paramètres climatiques et édaphiques selon Ellenberg, (1974). Le x signifie que la plante est indifférente au paramètre étudié. Les valeurs indicatrices correspondent à la position de la plante dans la gamme d'une variable environnementale et non pas à sa concentration.

4.5.2. Le catalogue de l'USGS

Thompson *et al.* publient en 1999 avec le concours de l'USGS (United States Geological Survey), un catalogue des relations entre 354 taxons ligneux et des variables climatiques à l'échelle du continent nord américain.

Ils utilisent une grille climatique de 25 km de côté réalisée à partir de normales issues de 8000 postes climatiques de la période 1951-1980. Les données spatialisées proviennent d'interpolations pour chacun des points de la grille, en fonction des données climatiques rassemblées. Les grandeurs climatiques utilisées sont les températures et les précipitations réparties en huit classes d'intervalles égaux. Ces grandeurs climatiques représentent des mesures annuelles et mensuelles pour les mois de janvier et de juillet. Des indices bioclimatiques jugés manifestes pour la répartition de la végétation ont été calculés : il s'agit de la moyenne des températures du mois le plus froid (TMCO), du nombre de jours de croissance basé sur une température minimale de 5°C (GDD5) et de l'indice d'humidité ou Moisture Index de Thornthwaite (MI), qui compare les apports en eau évalués par les précipitations et les pertes d'eau mesurées par évaporation au sol et par transpiration des plantes.

Les données concernant la végétation proviennent du service des forêts du département américain de l'agriculture (USDA) et de sources cartographiques provenant d'atlas de répartition d'arbres et de buissons.

Ces données ont été digitalisées et superposées aux quadrats de 25 km de côtés contenant les mesures climatiques et bioclimatiques. Cette superposition détermine la position de chaque taxon dans la gamme des variables climatiques et bioclimatiques utilisées. Aucune manipulations mathématiques n'ont été faites sur les présences et absences des taxons, pas même au niveau du calcul de leur fréquence dans les classes de variables. Seules les présences et absences des taxons dans les gammes de variables sont présentées.

La figure suivante montre un exemple de comportement climatique pour *Juniperus communis* L. Pour chacune des variables considérées, les auteurs ont reporté sur les diagrammes les présences et absences de *Juniperus communis* L. vis-à-vis des gammes de variables, ce qui permet de connaître dans quelle gamme climatique croît le genévrier commun. Par ailleurs, comme un taxon peut servir d'indicateur de variables climatiques, les auteurs suggèrent l'utilisation éventuelle de ces résultats pour reconstruire le climat à partir de la végétation ligneuse.

Juniperus communis

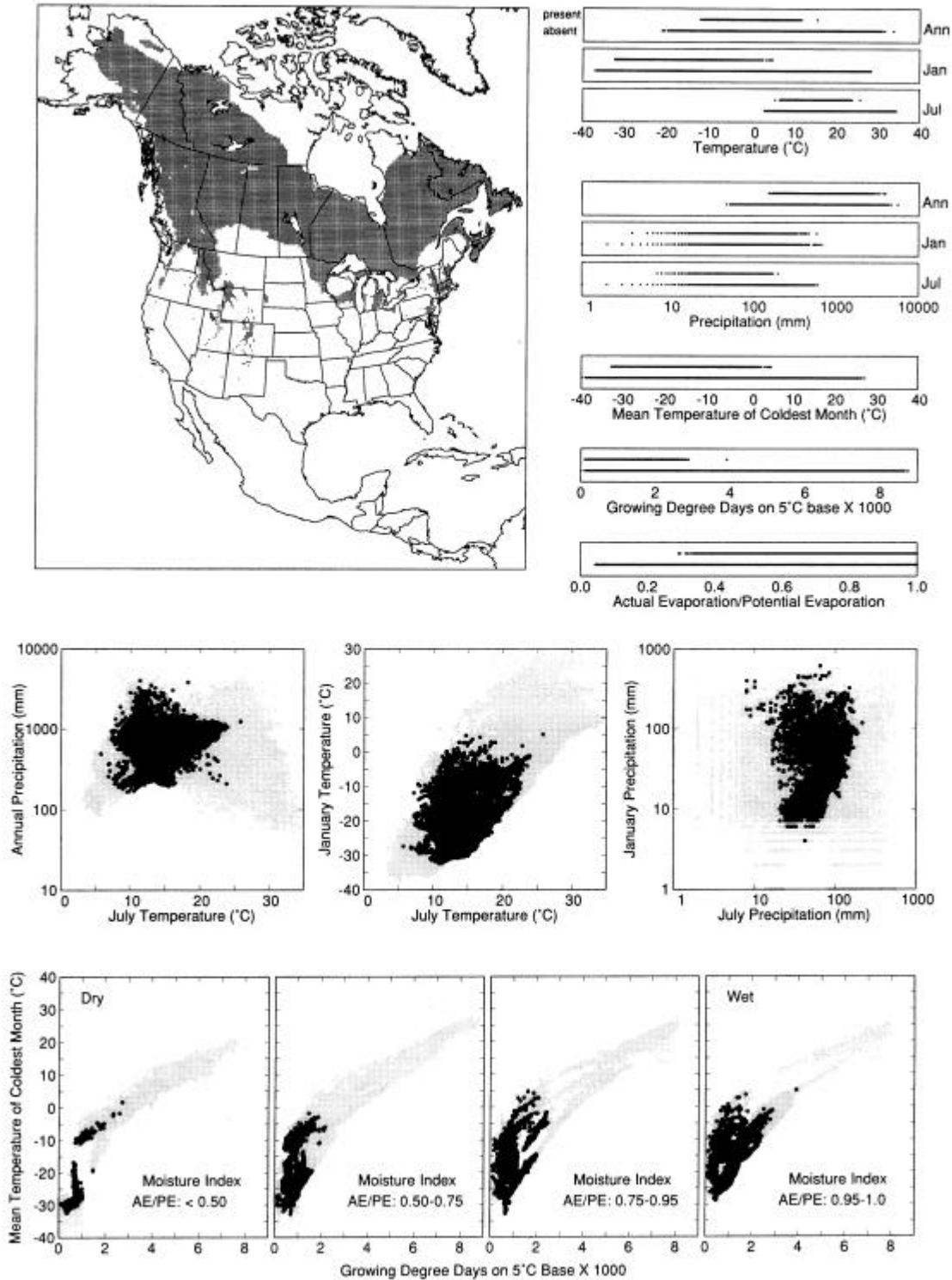


Figure 30: Exemple de comportement climatique pour *Juniperus communis* L. d'après Thompson *et al.*, 1999. Chaque taxon est représenté avec la carte de répartition de ses présences et neuf diagrammes montrant sa distribution dans les gammes des variables climatiques et des diagrammes de variables croisées. Les présences (points noirs) et les absences (points gris) du taxon sont représentées au sein de l'espace climatique nord américain.

Ces résultats donnent une vue précise de la gamme climatique dans laquelle se trouve un taxon et permettent de comparer les comportements climatiques des taxons entre eux de façon visuelle. Les graphiques de variables isolées montrent les présences et les absences du taxon le long de gradients matérialisés par les gammes climatiques. Les graphiques combinant deux grandeurs montrent des nuages de points qui sont plus ou moins étendus entre eux selon les variables. Ces graphiques montrent des positions climatiques et bioclimatiques de taxons.

Cependant, même si cette méthode décrit les comportements entre les plantes ligneuses et les variables climatiques, elle n'en calcule pas le degré de liaison comme le fait un pouvoir indicateur à partir de la concentration des présences d'un taxon dans la gamme d'une variable climatique. L'intérêt que représente un pouvoir indicateur est de savoir qu'elle est le pourcentage de chance qu'un taxon puisse indiquer la valeur d'une variable climatique. Sans ce paramètre, il n'est pas possible d'utiliser les plantes comme témoins quantitatifs du milieu. Le problème est d'autant plus manifeste quand il se pose pour l'estimation du climat par les plantes car, ne sachant pas le degré de liaison entre la plante et la variable, toutes les plantes ont la même importance pour estimer le climat, ce qui peut générer des imprécisions entre plantes fortement liées à un type de climat et celles qui le sont moins. En revanche, dans notre étude, l'estimation du climat par la flore se fait à la fois par la position de la plante dans la gamme climatique et par sa concentration qui mesure l'importance relative d'un taxon par rapport aux autres.

Enfin, comme c'est également le cas pour le catalogue d'Ellenberg, les auteurs n'ont pas utilisé de méthode ni empirique ni numérique pour classer les comportements écologiques des taxons, ce qui aurait permis de faire une synthèse de ces comportements.

En conclusion, ces deux catalogues présentent avant tout la position qu'occupe un taxon dans la gamme d'une variable climatique, sans en calculer le lien de dépendance apparente. Néanmoins, les indications qu'ils fournissent donnent une image de précision variable des comportements climatiques des plantes selon que ces comportements ont été déterminés de façon empirique ou numérique. Toutefois, l'emploi de données stationnelles par Thompson *et al.* donne les indications les plus précises de ces liens en comparaison avec le catalogue d'Ellenberg.

4.5.3. Apports du nouvel étalonnage climatique de la flore par rapport aux précédents

Deux apports majeurs sont identifiés entre l'actuel étalonnage et ceux des précédentes recherches effectuées avec la banque «Sophy» : un apport de données et un apport méthodologique par l'incorporation des probabilités, ce qui stabilise et précise l'expression des comportements climatiques des plantes.

En 1977, Brisse et Grandjouan ont réalisé un étalonnage climatique utilisant un réseau de 86 postes climatiques sur la période 1931-1960. Cet étalonnage avait permis de connaître le comportement climatique de 450 plantes en France. Le calcul du pouvoir indicateur d'une plante était de type géométrique pour cet étalonnage, dans la mesure où il correspondait au quotient de deux écarts-types : au numérateur, l'écart-type des rangs du facteur pour toutes les observations et au dénominateur, l'écart-types des rangs possédant le taxon. Pour l'ensemble des plantes, ce quotient valait 1. Le pouvoir indicateur d'une plante était égal à ce quotient moins 1. Exprimé en pourcentages, ce pouvoir indicateur avait une valeur comprise entre 0 et plus de mille pour cent, pour les plantes les plus concentrées. Comme le calcul de l'écart-type est basé sur une somme de

carrés, il exagère les différences entre plantes, ce qui constitue un artéfact pour les comparaisons et ajoute une hypothèse inutile dans ce cas.

En 1994, ce sont 169 postes climatiques en France qui ont été sélectionnés, pour la période 1921-1970. Cet étalonnage est le premier du genre qui intègre un calcul probabiliste au niveau du pouvoir indicateur et de l'optimum climatique d'un taxon. Le pouvoir indicateur est calculé par la probabilité de concentration d'une plante dans le rang d'une variable climatique. Ce calcul suppose que la concentration ait une distribution unimodale. Il correspond à la probabilité que les écarts issus du rang soient plus petits quand ils contiennent la plante (écarts « internes ») que quand ils contiennent n'importe quelle autre plante (écarts « quelconques »). Cette concentration se borne à comparer les écarts sans jamais les additionner. Elle a une signification écologique dans la mesure où elle est supérieure à celle d'une plante ubiquiste. La concentration d'une plante est égale à sa concentration corrigée par la concentration d'une plante ubiquiste. On enlève au numérateur et au dénominateur de la concentration une proportion de comparaisons égale à celle de la plante ubiquiste. Le pouvoir indicateur est la valeur maximale de la concentration. Le rang qui maximise la concentration est le rang optimal de la plante correspondant à son optimum climatique.

En 1994, 2300 relevés phytosociologiques avaient été sélectionnés aux alentours des postes climatiques, ce qui avait permis d'étalonner près de 1300 taxons. Le nouvel étalonnage a permis de caractériser climatiquement 1500 taxons supplémentaires, ce qui complète l'étalonnage précédent. D'autre part, trois variables supplémentaires ont été ajoutées (Tmax Extrême, Tmin Extrême et le nombre de jours de précipitations), ce qui permet de préciser le comportement climatique des taxons sélectionnés.

Pour les taxons qui avaient été étalonnés en 1994, le nouvel étalonnage ne montre pas de différences majeures : une plante de comportement climatique méditerranéen en 1994 reste toujours apparenté à ce type en 1999, ce qui conforte les résultats précédents et permet de contrôler la cohérence des résultats actuels. Cependant, ce nouvel étalonnage permet de préciser les comportements climatiques, car il repose sur un nombre supérieur d'observations et de postes climatiques. La figure suivante compare les comportements climatiques de *Ceratonia siliqua* L. entre les étalonnages de 1994 et de 1999.

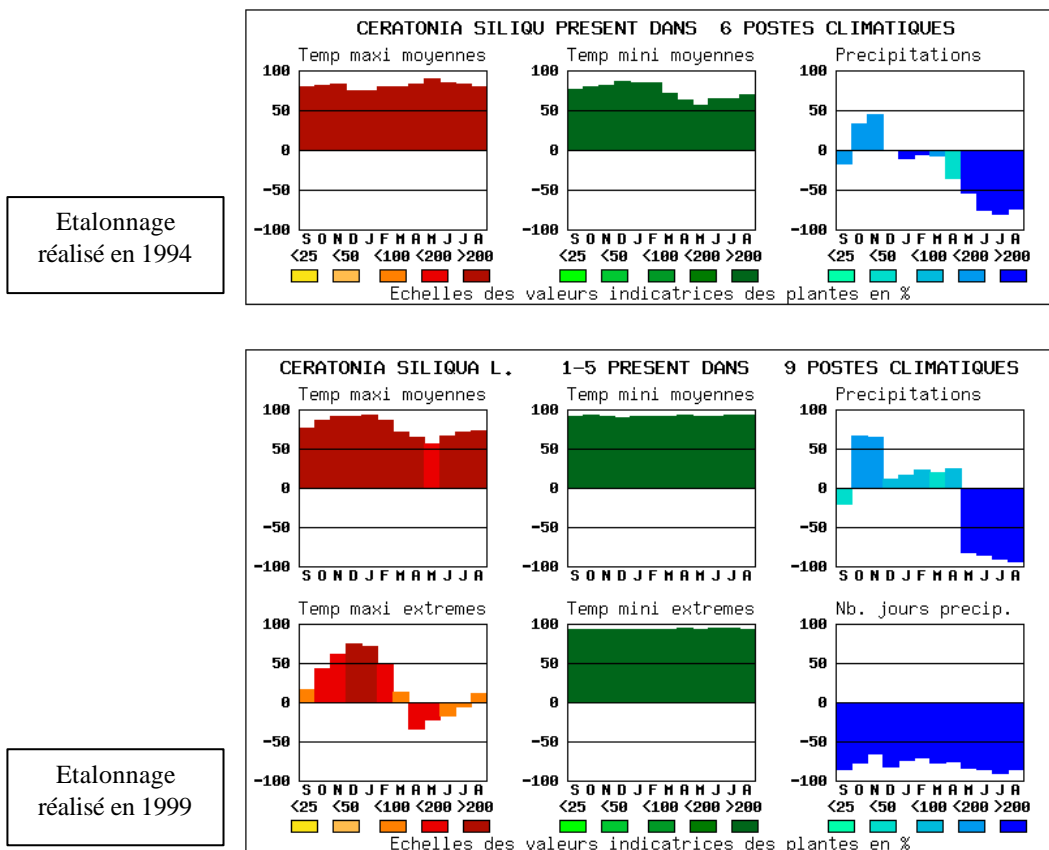


Figure 31 : Comparaison entre les comportements climatiques de *Ceratonia siliqua* L. présent, issus de l'étalonnage probabiliste réalisé en 1994 (graphique du haut) et celui réalisé en 2000 (graphique du bas). L'usage d'un nouvel étalonnage climatique ne change pas la nature des comportements climatiques des plantes anciennement étalonnées. Il permet de conforter et de préciser leur comportement, car il est basé sur un nombre plus important d'observations et de mesures.

Ce taxon est présent sur le littoral méditerranéen de Menton à Marseille et sur le littoral nord de la Corse. Entre 1994 et 1999, le caroubier a été échantillonné dans trois postes climatiques supplémentaires. L'apport de ces postes climatiques a permis de préciser le comportement climatique de cet arbre, puisqu'il présente des optimums sensiblement différents entre ces deux étalonnages.

En 1994, il montre des optimums extrêmement supérieurs pour les températures maximales moyennes pendant toute l'année, alors qu'en 1999 ces optimums sont très supérieurs au printemps, ce qui nuance l'aspect thermophile de ce taxon à cette saison. A l'opposé, il montre pour les températures minimales moyennes des optimums extrêmement supérieurs pendant toute l'année avec l'étalonnage réalisé en 1999, ce qui accentue le côté élevé des températures de la nuit. Pour les précipitations, il montre en 1999 des optimums plus importants qu'en 1994 pour l'automne, soulignant le rôle des précipitations en cette saison, puis des optimums encore plus inférieurs pour les mois de mai, juin, juillet, et août, soulignant la durée et l'intensité de la sécheresse estivale.

Globalement, le comportement climatique de ce taxon n'a pas changé, mais ce nouvel étalonnage précise le type de climat sous lequel le caroubier vit.

4.6. Conclusion et perspectives

Le premier objectif de cette étude a été atteint, car il visait à montrer que les plantes peuvent constituer des témoins quantitatifs des variables du milieu enregistrées dans des postes climatiques en France. L'étalonnage climatique de la flore illustre également la richesse des expériences sensibles qu'accomplissent les plantes à l'égard du climat. Ces expériences constituent un référentiel unique en France sur les relations apparentes entre la flore et les mesures du climat pour plus de 2800 taxons.

L'expression des mesures climatiques par les plantes est cohérente car, par exemple, elle correspond à des types de climats bien identifiés en France. Cette cohérence a été également soulignée par l'estimation du climat par la flore dans le chapitre précédent. D'autre part, les plantes indiquent des situations climatiques plus originales, représentatives du cantonnement d'un taxon dans plusieurs types climatiques (plantes méditerranéo-atlantiques ou littorale), ou bien dans des sous-ensembles climatiques appartenant à des territoires plus réduits (plantes du sud-est méditerranéen par exemple).

L'étude des groupes de plantes de mêmes genres montre des gradients climatiques de flore identifiés sur le territoire français. Cependant, il est possible d'utiliser une classification des comportements climatiques afin d'identifier des groupes phytoclimatiques de façon numérique et donc, plus précise et plus volumineuse : cette étape est présentée dans le chapitre suivant.

Les perspectives de recherche peuvent être soit directement liées aux résultats de l'étalonnage climatique de la flore, ou bien consister à utiliser une méthodologie semblable mais appliquée à d'autres données. Nous présentons trois exemples de perspectives de recherches inspirées de cette étude.

a. En tant que perspectives issues directement de ces recherches, les résultats de l'étalonnage climatique des plantes pourront ultérieurement faire l'objet d'une estimation du climat dans des secteurs plus réduits que le territoire français, afin de tester les limites possibles de l'utilisation de la flore comme témoin du climat. Le site sélectionné pourrait être situé sur une commune de montagne afin d'identifier les gradients de températures selon les situations géographiques et écologiques. La commune de Châteauneuf d'Entraunes (Alpes Maritimes, 06) pourrait servir de modèle pour cette étude, en raison de la présence de 200 relevés phytosociologiques réalisés sur son territoire et localisés avec précision dans des formations végétales, des expositions et des altitudes différentes (Garbolino, 1999).

b. Parmi les perspectives de recherche utilisant un autre lot de données, l'étalonnage climatique de la flore probable constituerait un moyen pour étalonner un lot plus important de taxons et, ainsi, l'échantillonnage serait plus complet et disposerait de données floristiques plus continues.

En effet, la flore observée montre dans une certaine mesure des gradients écologiques sur le territoire français soit à l'aide d'un étalonnage avec des variables environnementales, soit par la prise en compte des communautés végétales. Ces gradients sont généralement discontinus car les

taxons observés ne colonisent jamais toutes localités dans lesquelles ils pourraient survivre, en raison de phénomènes contingents de leur écologie comme les perturbations d'origine anthropique ou bien encore leur capacité à disséminer des semences.

Pour tenter de repérer les milieux les plus favorables aux taxons de la banque «Sophy», afin de mettre en évidence des gradients écologiques de flore plus nets qu'en utilisant la flore observée, un calcul détermine la «flore probable» des relevés (Brisse *et al.*, 1980 ; Garbolino *et al.*, article soumis). Le calcul de la flore probable est basé sur la fidélité moyenne d'un relevé aux plantes de la banque. Ce paramètre illustre la probabilité pour une plante de rencontrer un milieu qui est propice à sa survie et ce, de façon graduelle dans l'ensemble des 140.000 relevés phytosociologiques de la banque «Sophy». Ces probabilités ont donné lieu à une représentation cartographique qui exprime des gradients écologiques de flore de façon plus nette que par la flore observée. Ces gradients sont souvent plus étendus que ceux identifiés par la flore observée selon les taxons, mais surtout ils mettent en évidence des secteurs où les probabilités d'occurrences sont plus concentrées, ce qui témoigne de liens robustes et stables entre variables du milieu et taxons dans une zone déterminée et, par conséquent, sous un climat donné.

Le premier avantage de l'étalonnage climatique de ces probabilités d'occurrences est qu'il devrait permettre d'étudier un plus grand nombre de taxons. En second lieu, comme la flore probable représente un échantillonnage plus écologiquement précis des plantes dans leurs communautés, elle devrait apporter de la précision quant à leur étalonnage climatique. Cet apport de précision serait mesuré par l'intermédiaire de l'estimation du climat par les plantes probables et comparé avec celle établie par la flore observée.

c. Enfin, les données climatiques ne représentant qu'un aspect majeur mais pas unique des paramètres du milieu qui influencent la vie des plantes, il serait très utile de constituer un catalogue des comportements des plantes vis-à-vis des mesures pédologiques. Ce projet est actuellement en cours de réalisation par le concours d'un partenariat avec l'ENGREF (Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts) de Nancy et l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie). Les données pédologiques représentent environ 2000 placettes de végétation où les paramètres suivants ont été mesurés :

l'acidité du sol mesurée par le pH de l'horizon A ;

le bilan entre les cations minéraux nutritifs et les cations toxiques mesuré par le rapport suivant : $[Ca^{++} + Mg^{++} + K^+] / [Ca^{++} + Mg^{++} + K^+ + Al^{+++} + H^+]$;

la nutrition azotée mesurée par le rapport C/N ;

l'hydromorphie du sol, paramètre qui entre en jeu pour évaluer la respiration des racines et qui est mesuré par la profondeur d'apparition d'un horizon réducteur.

Cet étalonnage fournira à son tour un catalogue des relations entre plantes et paramètres édaphiques. La mise en commun des catalogues de comportements climatiques et édaphiques des plantes apportera un regard précis et exhaustif sur les relations entre les plantes et leur milieu.

CHAPITRE 5 : LES PHYTOCLIMATS EN FRANCE

5.1. Introduction

Les phytoclimats, ou groupes phytoclimatiques, représentent des ensembles de plantes de comportements climatiques similaires. L'obtention de ces groupes est fondée sur une classification hiérarchique ascendante des plantes dans l'espace climatique français représenté par 72 variables mensuelles. Cette classification met en évidence 210 groupes phytoclimatiques sur 10 niveaux de synthèse.

Les premiers niveaux de la hiérarchie de ces groupes témoignent des facteurs les plus généraux, qui interviennent au niveau de la répartition des plantes à l'échelle de la France. Les niveaux inférieurs montrent plutôt des particularités qui nuancent la répartition générale de ces groupes mais, qui est plus proche des comportements des plantes prises de façon individuelle.

Comme ces résultats restent encore volumineux, seuls les groupes des trois premiers niveaux de synthèse sont présentés dans les paragraphes suivants. L'ensemble des résultats analytiques est contenu à la fois dans le cd-rom distribué avec ce fascicule et dans le site Internet de la banque « Sophy » à l'adresse suivante :

<http://jupiterf.u-3mrs.fr/msc41www/resultat.htm>

Outre l'aspect de synthèse qu'apporte une classification, le second intérêt de ces groupes phytoclimatiques réside dans l'étude de leur répartition géographique en France. Elle montre des territoires phytoclimatiques qui s'expriment sous la forme de gradients floristiques de flore. La répartition des phytoclimats ne montre pas de limites précises, mais l'aspect graduel des phénomènes climatiques qui agissent préférentiellement sur la répartition de la flore.

Parmi les territoires rencontrés, certains sont proches de ceux définis par les biogéographes tandis que d'autres montrent des secteurs et des phénomènes plus originaux. La discussion se porte sur la comparaison entre des exemples de territoires phytoclimatiques tels qu'ils ont été repérés par les phytogéographes et tels qu'ils ont été définis par la classification, afin de montrer l'apport d'une démarche numérique et probabiliste en phytoclimatologie.

5.2. Présentation des principaux phytoclimats de France

Les résultats de la classification climatique des plantes sont présentés pour 14 groupes phytoclimatiques issus des trois premiers niveaux de synthèse. La lecture du dendrogramme complet des plantes (annexe 3) est simplifiée par l'utilisation du dendrogramme réduit (annexe 4), qui montre plus clairement la succession des groupes phytoclimatiques le long de la hiérarchie. Ce dernier présente les numéros des groupes phytoclimatiques de chaque niveau de synthèse. Le titre de ces groupes est donné par les noms des deux plantes premières plantes de chaque ensemble phytoclimatique. Des informations statistiques sont portées et concernent :

- le nombre de plantes par groupe, ce qui permet de connaître la taille de chacun d'eux ;
- le nombre de postes qui renferment la flore du groupe phytoclimatique, ce qui donne une idée de l'étendue du phytoclimat dans l'espace climatique français ;
- le nombre d'observations que renferment chaque groupe ;
- le nombre d'observations par postes climatiques ;
- le nombre d'observations par plantes, ce qui détermine la fréquence moyenne des plantes dans le groupe phytoclimatique.

LES DONNEES PORTENT SUR LES COMPORTEMENTS CLIMATIQUES DE 2470 PLANTES										
NIVEAU DE SYNTHESE		NUMERO								
DENDROGRAMME DES PLANTES		NO	NOMBRE	EFFECTIFS	DES					
		SUR LE	DE	PLA	POS	OBS	OBS/POS	OBS/PLA		
		DENDRO	GROUPES							
		RETENUS								
NIVEAU DE SYNTHESE NUMERO 1										
I-----	1905	1	1906	570	38001	66.7	19.9	FUMANA CORIDIFOLIA (VIL	GALEOPSIS TETRAHIT L.	
I=====I-----	2468	2	564	568	41357	72.8	73.3	SUCCISA PRAEMORSA (GILI	CRATAEGUS MONOGYNA JACQ	
I	2469									
NIVEAU DE SYNTHESE NUMERO 2										
I===I-----	1407	1	1408	560	26864	48.0	19.1	FUMANA CORIDIFOLIA (VIL	CERASTIUM TETRANDRUM CU	
I=====I-----	1904	2	498	449	11137	24.8	22.4	GALEOPSIS TETRAHIT L.	PHYTEUMA MICHELII (ALL.	
I	1905									
I	I-----	2254	3	350	557	23154	41.6	66.2	SUCCISA PRAEMORSA (GILI	EUPHORBIA DULCIS L.
I	I-----	2467	4	214	566	18203	32.2	85.1	CRATAEGUS MONOGYNA JACQ	VIOLA ODORATA L.
I=====I	2468									
I	2469									
NIVEAU DE SYNTHESE NUMERO 3										
		DENDRO	GROUPES							
		RETENUS								
II-----	1345	1	1346	560	26103	46.6	19.4	FUMANA CORIDIFOLIA (VIL	VICIA SATIVA L.	
I===I-----	1406	2	62	124	761	6.1	12.3	CERASTIUM TETRANDRUM CU	ATRIPLEX LITORALIS L.	
I===I	1407									
I	II-----	1684	3	278	447	8242	18.4	29.6	GALEOPSIS TETRAHIT L.	SILENE RUPESTRIS L.
I	II-----	1903	4	220	179	2895	16.2	13.2	PHYTEUMA MICHELII (ALL.	DRABA AIZOIDES L.
I=====I	1904									
I	1905									
I	I-----	2216	5	312	553	21439	38.8	68.7	SUCCISA PRAEMORSA (GILI	EUPATORIUM CANNABINUM L
I	II-----	2253	6	38	393	1715	4.4	45.1	EUPHORBIA DULCIS L.	TUSSILAGO FARFARA L.
I	I	2254								
I	II-----	2424	7	171	565	17019	30.1	99.5	CRATAEGUS MONOGYNA JACQ	CASTANEA SATIVA MILL.
I	III-----	2456	8	33	311	843	2.7	25.5	POLYGONUM CONVULVULUS L	ODONTITES RUBRA GILIB.
I	II	2467								
I=====I	2468									
I	2469									

Figure 32 : Extrait du dendrogramme réduit des phytoclimats sur trois niveaux de synthèse. Le premier niveau de synthèse présente deux groupements phytoclimatiques notés respectivement 1905 et 2468. Pour chaque groupement phytoclimatique sont indiqués : le comptage du groupement dans le niveau de synthèse (notés ici 1 et 2), le nombre de taxons inclus dans chaque groupement (1906 et 564), le nombre de postes climatiques du groupement (570 et 568), le nombre d'observations dans le groupement (38.001 et 41.357), le nombre moyen d'observations par taxons et enfin, le nom du groupement phytoclimatique défini par deux taxons constitutifs du groupement.

La présentation graphique des phytoclimats comprend trois paramètres qui permettent de les caractériser au niveau géographique, climatique et taxonomique :

a. la répartition géographique du phytoclimat identifiée par le pourcentage de sa flore dans les relevés regroupés dans des quadrats de 5 km de côté. Chaque carte est accompagnée d'une échelle des valeurs de fréquences relatives de la flore du groupe dans les pixels.

b. le comportement climatique du phytoclimat qui représente la moyenne des comportements climatiques des taxons.

c. la liste des taxons étalonnés qui composent le phytoclimat avec le nombre d'observations de plantes dans le groupe et le nombre de quadrats affectés au groupe.

De même que la description des comportements climatiques des plantes (chapitre 4), celle des groupes phytoclimatiques suit une procédure homogène afin de faciliter leur comparaison réciproque. Les conventions sont les suivantes :

Optimums climatiques :

De 0 à $\pm 24\%$:	Position moyenne.
De $\pm 25\%$ à $\pm 49\%$:	Position supérieure (ou inférieure).
De $\pm 50\%$ à $\pm 74\%$:	Position très supérieure (ou très inférieure).
De $\pm 75\%$ à $\pm 100\%$:	Position extrêmement supérieure (ou extrêmement inférieure).

Valeurs indicatrices :

De 0 à 19% :	Peu ou pas indicateur.
De 20 à 39% :	Moyennement indicateur.
De 40 à 59% :	Indicateur.
De 60 à 79% :	Très indicateur.
Supérieur à 80% :	Extrêmement indicateur.

Régimes annuels des variables :

Régime **littoral** : optimums supérieurs en hiver et inférieurs en été. Cela correspond à des climats doux en hiver et frais en été.

Régime **continental** : optimums inférieurs en hiver mais supérieurs en été. Hivers rudes, chaleurs élevées en été.

Régime **régulier** : optimums presque de mêmes niveaux toute l'année.

Régime **irrégulier** : variations irrégulières d'une période à l'autre.

5.2.1. Groupes phytoclimatiques du premier niveau de synthèse

Deux groupes rassemblent l'ensemble des comportements phytoclimatiques traités. Ils sont strictement complémentaires. Sur le plan géographique chacun est présent dans 9.300 quadrats sur 11.000. Ils ne s'excluent mutuellement que lorsque leur fréquence relative atteint 100%, mais ces exclusions ne sont pas perceptibles à l'échelle des cartes présentées.

Groupe phytoclimatique numéro 1905

Distribution du groupe phytoclimatique dans les quadrats de 5x5 km	Echelle	autres caractéristiques du groupe
	<p>.37</p> <p>.60</p> <p>.73</p> <p>.82</p> <p>.91</p> <p>1.00</p>	<p>Nombre de plantes 1906</p> <p>Nombre de quadrats 9305</p> <p>les plus fortes probabilités (en vert) sont dans 20% des quadrats 1861</p> <p>Liste complète des plantes du groupe (ligne 1 à 1905 sur le dendrogramme)</p> <p>Liste résumée des plantes du groupe</p> <ul style="list-style-type: none"> ALCHIMILLA VULGARIS L. 1-5 ANDROMEDA POLIFOLIA L. 1-5 ASTRAGALUS DANICUS RETZ 1-3 ATRIPLEX BABINGTONI WOO 1-6 BALLOTA NIGRA L. 2-4 CARDAMINE IMPATIENS L. 2-5 CARL ACAU VAR. CAULESCCE 1-4 CERASTIUM TETRANDRUM CU 1-5 CISTUS ALBIDUS L. 1-6 COCHLEARIA OFFICINALIS 1-6 CYTISUS PURGANS (L.) BE 1-6 DIANTHUS NEGLECTUS LOIS 1-3 DRABA AIZOIDES L. 1-3 EPILOBIUM OBSCURUM SCHR 1-5 FUMANA CORIDIFOLIA (VIL 1-4 FUMARIA CAPREOLATA L. 1-4 GALEOPSIS TETRAHIT L. 1-6 GYMNADENIA ODORATISSIMA 1-2 JASI MONT VAR. MARITIMA 2-4 KNAUTIA ARVERNENSIS (BR 1-4 LINUM ALPINUM JACQ. 1-5 MOENCHIA ERECTA (L.) GA 1-3 MYOS SCOR SUBS MULTIFLO 1-3 PHYTEUMA MICHELII (ALL. 1-3 QUERCUS TOZA BOSCH. 4-6 SILE INFL SUBS MARITIMA 1-6 SPERGULARIA MARGINATA K 1-6 STEL MEDI VAR. PALLIDA 1-5 VICIA SATIVA L. 1-4 VIOLA PALUSTRIS L. 3-5

Comportement phytoclimatique du groupe numéro 1905

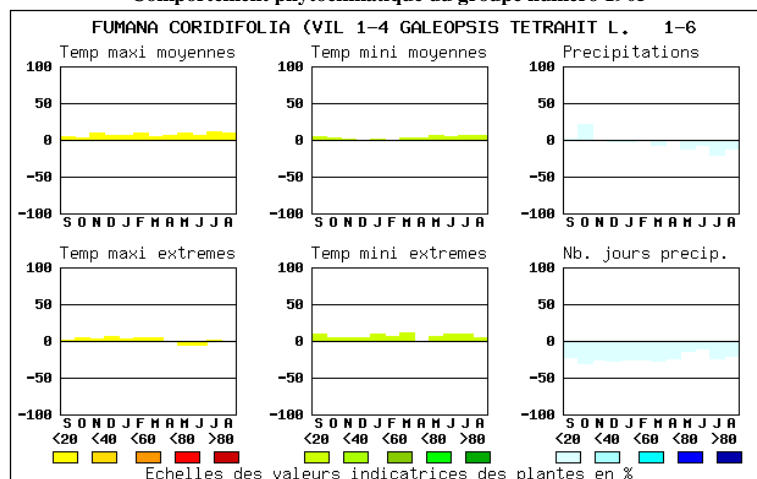


Figure 33 : **Groupe 1905** : Groupe de 1906 plantes, dont *Fumana coridifolia* (Vill.) P.F. et *Galeopsis tetrahit* L., peu ou pas indicateur de climat moyen durant toute l'année, fréquent dans les régions littorales, montagnardes et méditerranéennes.

1905 : groupe du littoral, des montagnes et de la région méditerranéenne

Dénomination : Groupe de 1906 plantes, dont *Fumana coridifolia* (Vill.) P.F. et *Galeopsis tetrahit* L., peu ou pas indicateur de climat moyen durant toute l'année, fréquent dans les régions littorales, montagnardes et méditerranéennes.

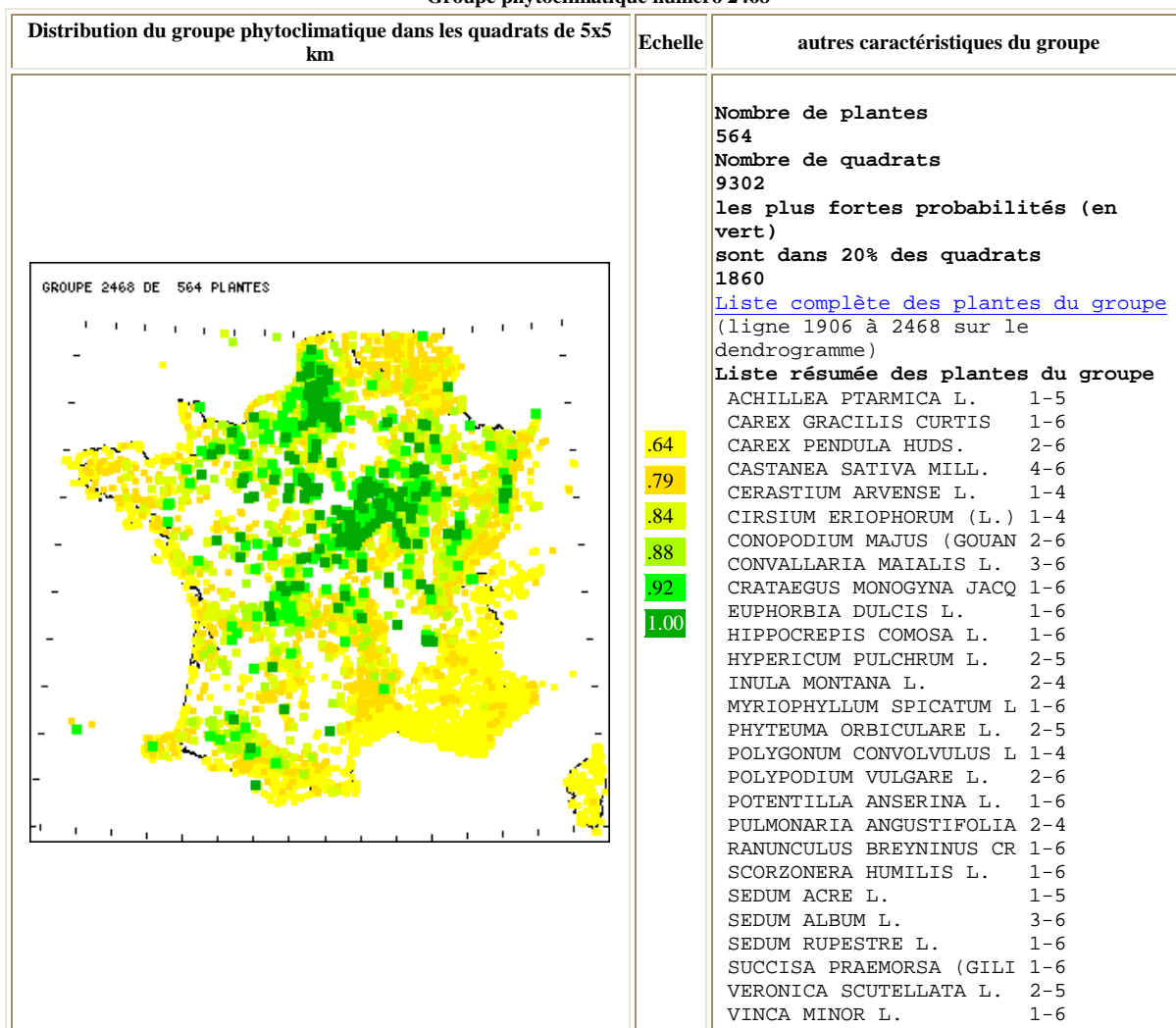
Composition floristique : Les plantes de ce groupe représentent les 3/4 de la flore étalonnée et sont peu fréquentes (20 observations par plante en moyenne). Ce sont des taxons du littoral (*Beta maritima* L.), des montagnes (*Phyteuma michelii* (All.) Rchb.), et de la région méditerranéenne (*Fumana coridifolia* (Vill.) P.F.). La composition floristique globale de ce groupe figure sur le dendrogramme des plantes (annexe 3). Elle se lit de la ligne 1 à la ligne 1905.

Comportement climatique : Il est caractérisé par des optimums proches de la moyenne toute l'année et pour toutes les variables. Les pouvoirs indicateurs sont faibles, inférieurs à 20%.

Répartition géographique : Bien que ce groupe recouvre la totalité de la France, il est plus particulièrement concentré dans les zones littorales, montagnardes et méditerranéennes avec des fréquences supérieures à 73% dans ces secteurs. Au-dessous de cette valeur, les plantes sont localisées dans les parties continentales de la France.

Subdivisions : Il se divise en deux groupes, l'un méditerranéo-atlantique (1407) et l'autre montagnard (1905).

Groupe phytoclimatique numéro 2468



Comportement phytoclimatique du groupe numéro 2468

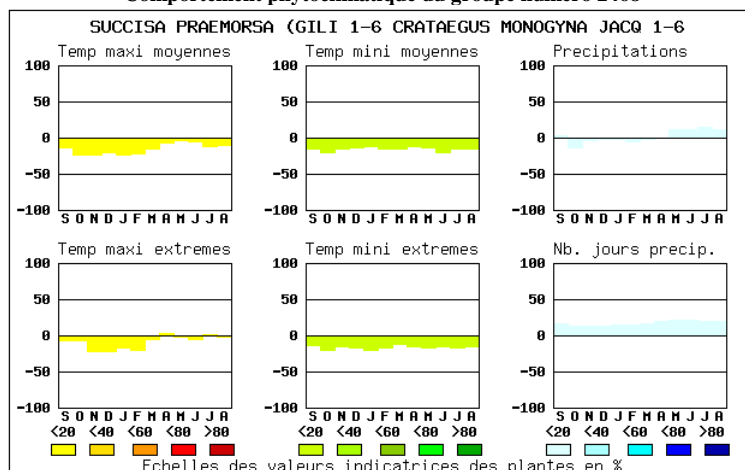


Figure 34 : **Groupe 2468** : Groupe de 564 plantes, dont *Succisa praemorsa* (Gilib.) Ascherson, et *Crataegus monogyna* Jacq., peu ou pas indicateur de valeurs moyennes durant toute l'année et réparti en région continentale.

2468 : groupe des plaines continentales

Dénomination : Groupe de 564 plantes, dont *Succisa praemorsa* (Gilib.) Ascherson, et *Crataegus monogyna* Jacq., peu ou pas indicateur de valeurs moyennes durant toute l'année et réparti en région continentale.

Composition floristique : Il comprend l'autre quart des plantes étalonnées dans les plaines et collines continentales de la France. Ce sont des plantes de l'Europe tempérée très fréquentes comme *Convallaria maialis* L. et *Potentilla anserina* L. (73 observations par plante en moyenne). La composition floristique de ce groupe se lit de la ligne 1906 à la ligne 2469 sur le dendrogramme.

Comportement climatique : Il est caractérisé par des positions moyennes pour toutes les variables climatiques pendant toute l'année. Pouvoirs indicateurs inférieurs à 20%.

Répartition géographique : Les fréquences des plantes sont supérieures à 80% dans les plaines continentales de la France.

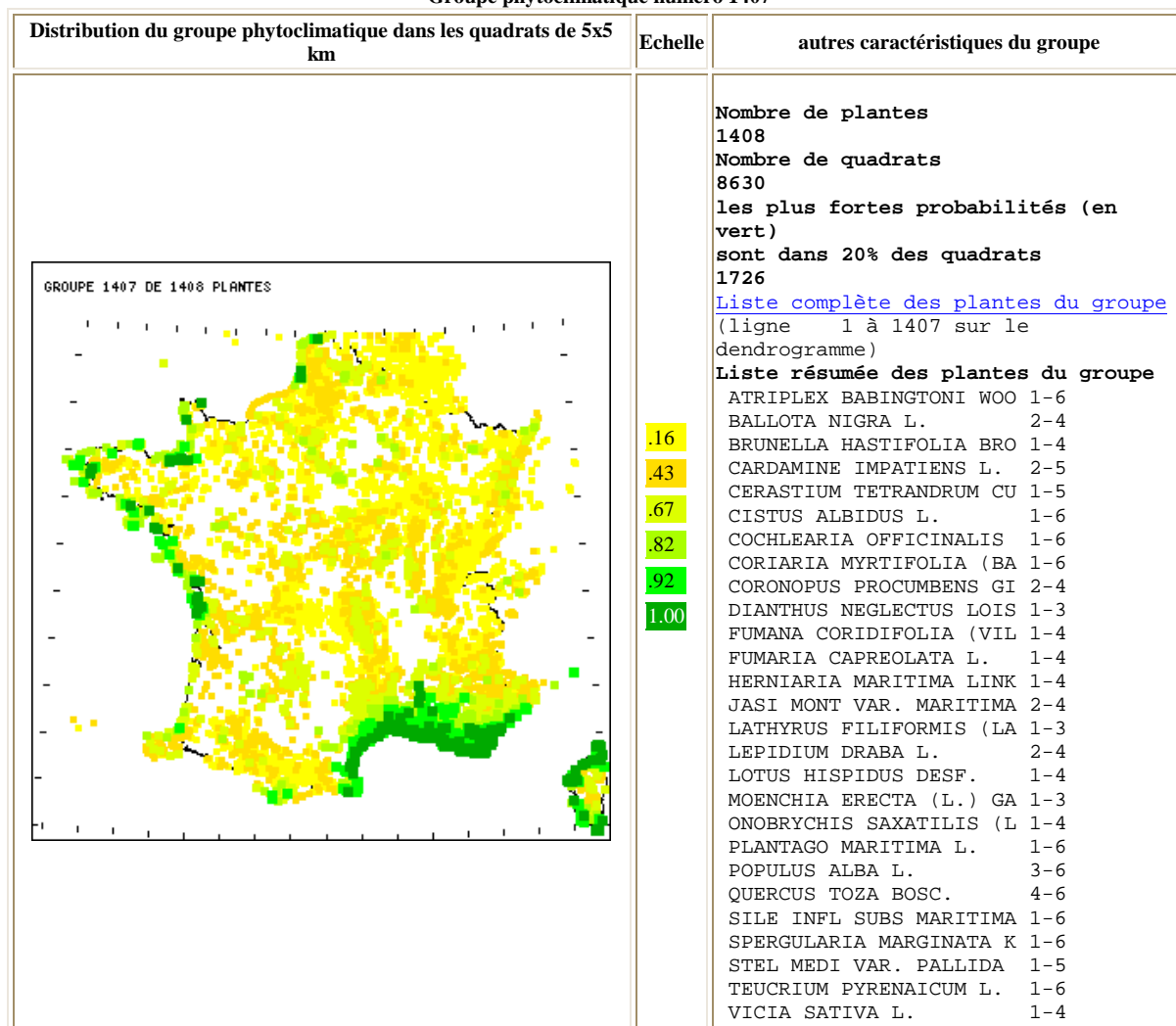
Subdivisions : Il se subdivise en un groupe faiblement continental et moyennement indicateur (2254) du nord-est et des basses montagnes, et un groupe non indicateur de positions moyennes (2467) des plaines de l'ouest et des basses montagnes.

Ce premier niveau de synthèse rassemble deux types majoritaires de phytoclimats en France : un type littoral, méditerranéen et montagnard et un type de plaines, de collines et de vallées du nord de la France. Les facteurs qui semblent jouer sur la répartition de ces groupes phytoclimatiques semblent être, à ce niveau de la hiérarchie, la proximité des masses maritimes, qui oppose des groupes phytoclimatiques littoraux et méditerranéens aux groupes internes, et l'altitude, qui oppose des groupes phytoclimatiques de plaines, de collines et de vallées contre ceux des moyennes et hautes montagnes.

5.2.2. Groupes phytoclimatiques du deuxième niveau de synthèse

Le deuxième niveau de synthèse de la classification comprend quatre groupes phytoclimatiques qui découlent des deux précédents. Les figures 35 et 36 décrivent les groupes phytoclimatiques 1407 et 1904 issus du groupe 1905. Les figures 37 et 38 correspondent aux groupes phytoclimatiques 2254 et 2467 issus du groupe 2468.

Groupe phytoclimatique numéro 1407



Comportement phytoclimatique du groupe numéro 1407

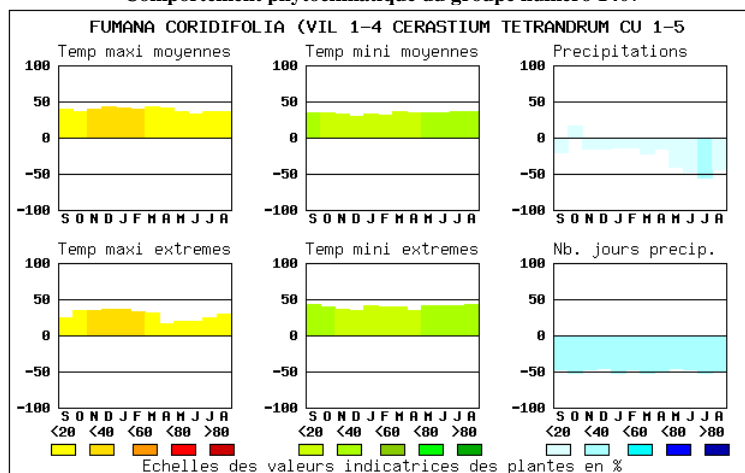


Figure 35 : **Groupe 1407** : Groupe de 1408 plantes, dont *Fumana coridifolia* (Vill.) P.F. et *Cerastium tetrandrum* Curtis, moyennement indicateur de températures maximales en hiver et des températures minimales en été, localisé en région méditerranéenne et sur le littoral atlantique.

1407 : groupe littoral et de la région méditerranéenne

Dénomination : Groupe de 1408 plantes, dont *Fumana coridifolia* (Vill.) P.F. et *Cerastium tetrandrum* Curtis, moyennement indicateur de températures maximales en hiver et des températures minimales en été, localisé en région méditerranéenne et sur le littoral atlantique.

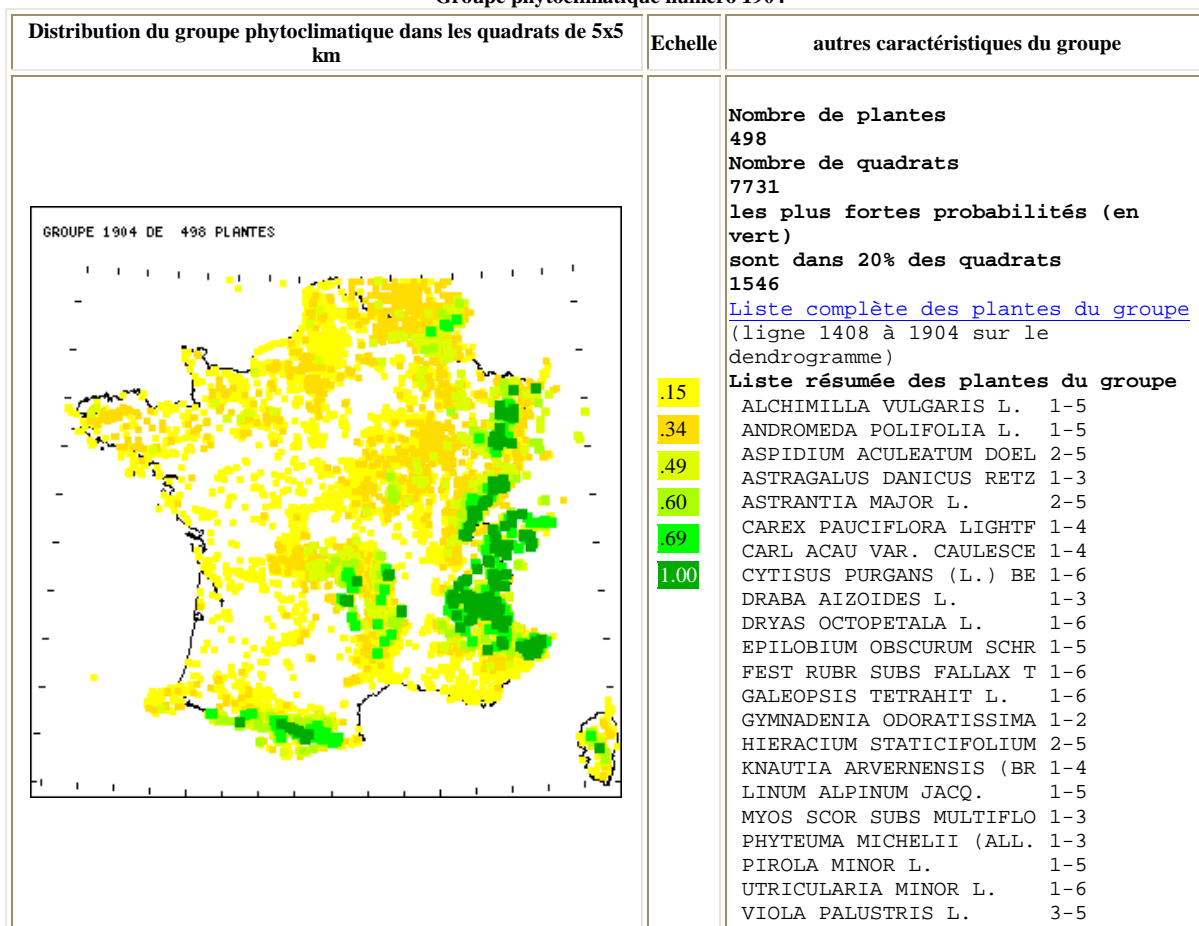
Composition floristique : Il comprend des plantes méditerranéennes (*Cistus albidus* L.), méditerranéo-atlantiques (*Beta maritima* L.) et atlantiques (*Quercus toza* Bosc.). Liste floristique complète, lignes 1 à 1407 du dendrogramme.

Comportement climatique : Pour les températures, ce groupe montre des positions supérieures durant toute l'année. Il est moyennement indicateur des températures maximales en hiver et des températures minimales au printemps et en été. Il montre des précipitations estivales inférieures. Il est moyennement indicateur d'un nombre de jours de pluie inférieur durant toute l'année.

Répartition géographique : Les fréquences les plus élevées des plantes de ce groupe sont réparties principalement dans l'ensemble de la région méditerranéenne et sur le littoral atlantique (fréquence > à 80%).

Subdivisions : Il se subdivise en un groupe méditerranéo-atlantique (1345) moyennement indicateur de températures maximales supérieures en automne et en hiver, et en un groupe du littoral atlantique (1406).

Groupe phytoclimatique numéro 1904



Comportement phytoclimatique du groupe numéro 1904

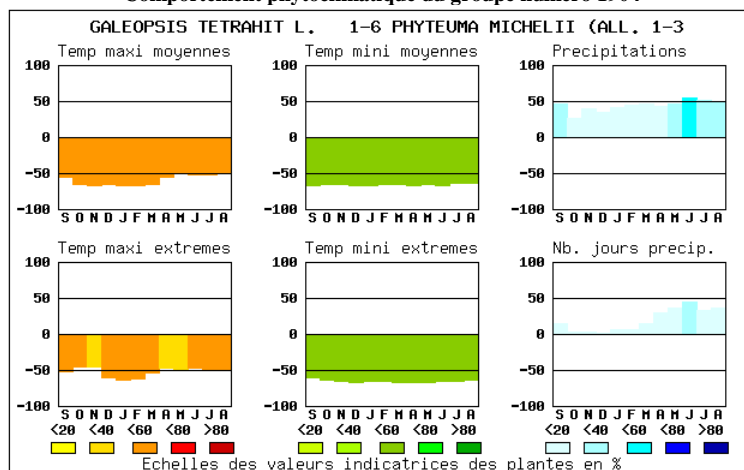


Figure 36 : **Groupe 1904** : Groupe de 498 plantes, dont *Galeopsis tetrahit* L. et *Phyteuma michelii* (All.) Rchb., indicateur de températures inférieures à très inférieures durant toute l'année et moyennement indicateur de précipitations supérieures surtout en été, des montagnes de France.

1904 : groupe des montagnes

Dénomination : Groupe de 498 plantes, dont *Galeopsis tetrahit* L. et *Phyteuma michelii* (All.) Rchb., indicateur de températures inférieures à très inférieures durant toute l'année et moyennement indicateur de précipitations supérieures surtout en été, des montagnes de France.

Composition floristique : Il est constitué de plantes montagnardes comme *Centaurea montana* L. et *Dryas octopetala* L. qui sont peu fréquentes en moyenne (22). Liste floristique complète, lignes 1408 à 1904 du dendrogramme.

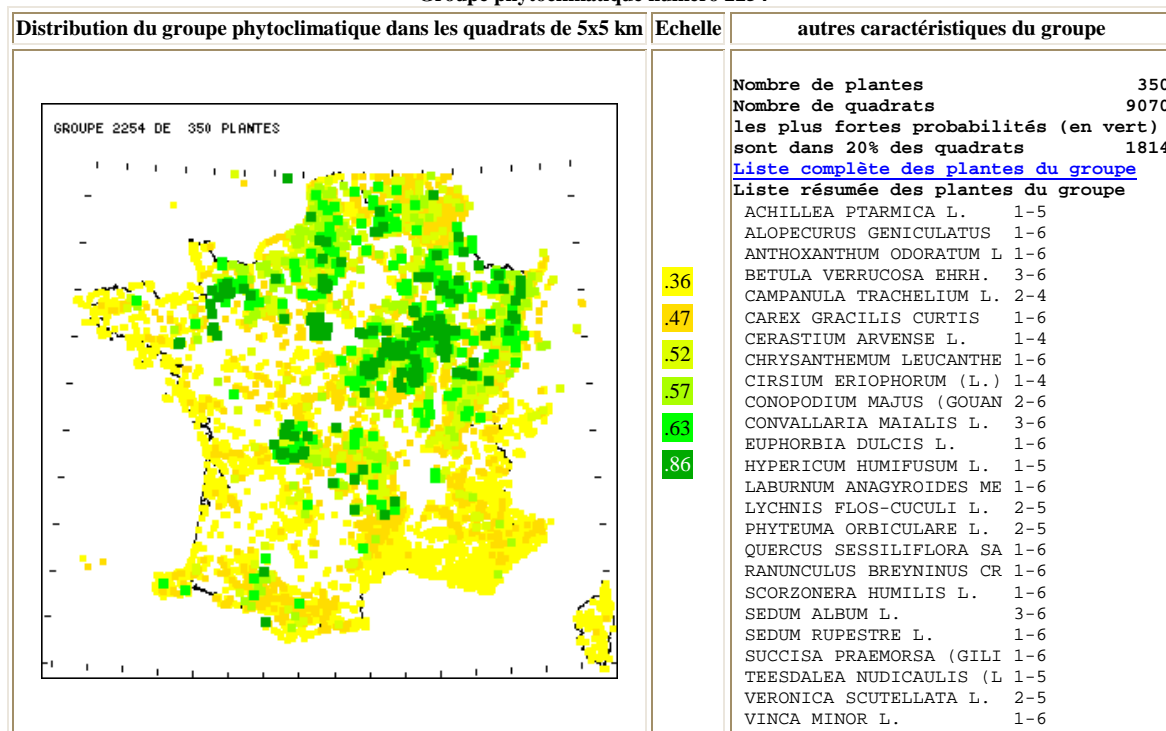
Comportement climatique : Il est indicateur de températures inférieures à très inférieures pendant toute l'année. Les précipitations sont supérieures durant toute l'année. Ce groupe est moyennement indicateur des précipitations estivales.

Répartition géographique : Les fréquences des plantes sont supérieures à 49% dans les massifs montagneux.

Subdivisions : Il se subdivise en un groupe de moyennes montagnes (1684) et un groupe de hautes montagnes (1903) qui est très indicateur des températures.

Ces deux groupes phytoclimatiques couvrent des étendues complémentaires issues du groupe 1905 du premier niveau de synthèse : l'un est cantonné sur le littoral atlantique et la zone méditerranéenne (1407) et l'autre est cantonné aux moyennes et hautes montagnes (1904). Le facteur qui semble séparer ces deux groupes est l'altitude.

Groupe phytoclimatique numéro 2254



Comportement phytoclimatique du groupe numéro 2467

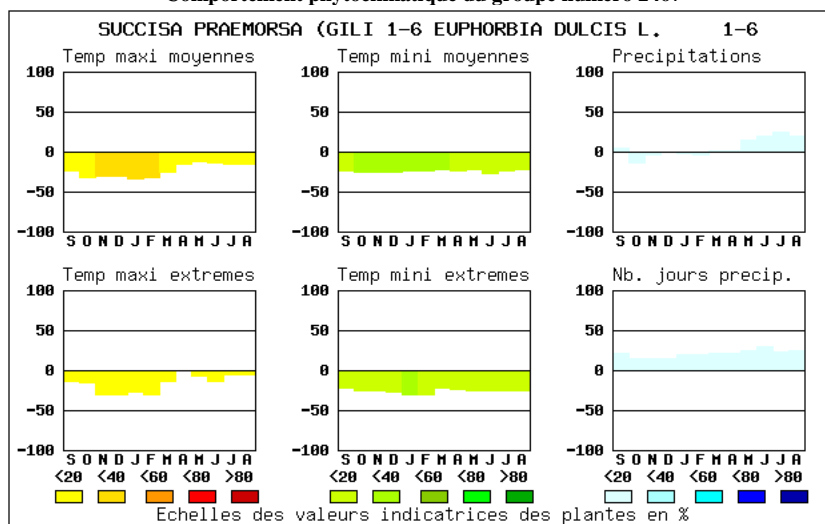


Figure 37 : **Groupe 2254** : Groupe continental de 350 plantes, dont *Succisa praemorsa* (Gilib.) Ascherson et *Euphorbia dulcis* L., moyennement indicateur de températures hivernales moyennes inférieures.

2254 : groupe d'un grand quart Nord-Est de la France

Dénomination : Groupe continental de 350 plantes, dont *Succisa praemorsa* (Gilib.) Ascherson et *Euphorbia dulcis* L., moyennement indicateur de températures hivernales moyennes inférieures.

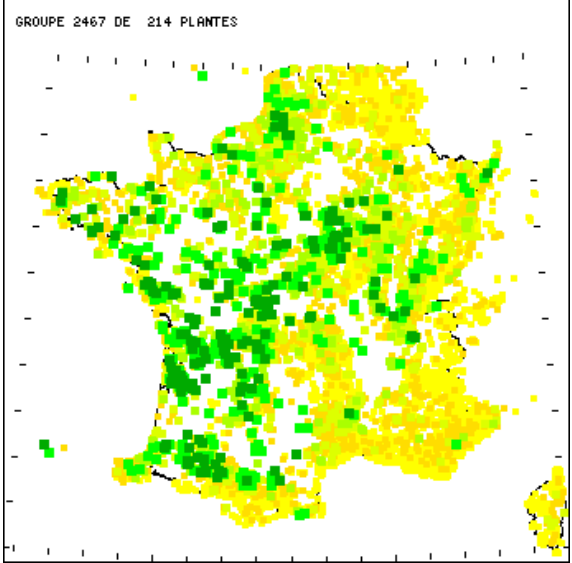
Composition floristique : Il comporte des plantes de l'Europe tempérée comme *Quercus sessiliflora* Salisb. et *Lamium album* L. dont la fréquence moyenne est de 66,2. Liste floristique complète, lignes 1906 à 2254 du dendrogramme.

Comportement climatique : Il est moyennement indicateur de températures moyennes inférieures en hiver. Il montre un régime continental de précipitations peu contrasté.

Répartition géographique : Les plantes sont cantonnées dans un large quart nord-est de la France.

Subdivisions : Il se subdivise en un groupe continental des plaines du nord (2216) et un groupe des basses et moyennes montagnes (2253).

Groupe phytoclimatique numéro 2467

Distribution du groupe phytoclimatique dans les quadrats de 5x5 km	Echelle	autres caractéristiques du groupe
	<p>.25 .37 .43 .50 .56 .81</p>	<p>Nombre de plantes 214 Nombre de quadrats 9236 les plus fortes probabilités (en vert) sont dans 20% des quadrats 1847 Liste complète des plantes du groupe (ligne 2255 à 2467 sur le dendrogramme) Liste résumée des plantes du groupe</p> <ul style="list-style-type: none"> BUXUS SEMPERVIRENS L. 1-6 CALAMINTHA CLINOPODIUM 2-5 CAREX PENDULA HUDS. 2-6 CASTANEA SATIVA MILL. 4-6 CORNUS SANGUINEA L. 3-6 CRATAEGUS MONOGYNA JACQ 1-6 HIPPOCREPIS COMOSA L. 1-6 HYDROCOTYLE VULGARIS L. 1-6 HYPERICUM PULCHRUM L. 2-5 HYPOCHOERIS RADICATA L. 2-5 INULA MONTANA L. 2-4 INULA SALICINA L. 1-5 LOTUS CORNICULATUS L. 1-6 MYRIOPHYLLUM SPICATUM L 1-6 POA COMPRESSA L. 2-6 POLYGONUM CONVULVULUS L 1-4 POLYPODIUM VULGARE L. 2-6 POTENTILLA ANSERINA L. 1-6 PULMONARIA ANGUSTIFOLIA 2-4 QUERCUS PEDUNCULATA EHR 1-6 RUBUS COESTIUS L. 3-6 SANICULA EUROPAEA L. 2-5 SEDUM ACRE L. 1-5 TEUCRIUM CHAMAEDRYS L. 1-6

Comportement phytoclimatique du groupe numéro 2467

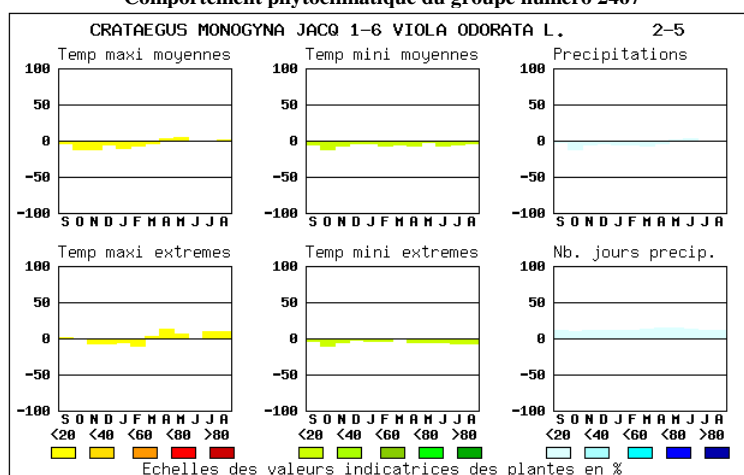


Figure 38 : **Groupe 2467** : Groupe de 214 plantes, dont *Crataegus monogyna* Jacq. et *Viola odorata* L., non indicateur d'un climat moyen.

2467 : groupe de la moitié Ouest et des basses montagnes

Dénomination : Groupe de 214 plantes, dont *Crataegus monogyna* Jacq. et *Viola odorata* L., non indicateur d'un climat moyen.

Composition floristique : Il rassemble des plantes de l'Europe tempérée comme *Quercus pedunculata* Ehrh. et *Castanea sativa* L. qui présentent une fréquence moyenne de 85. Liste floristique complète, lignes 2255 à 2467 du dendrogramme.

Comportement climatique : Il est peu ou pas indicateur de positions moyennes durant toute l'année pour l'ensemble des variables.

Répartition géographique : Il est réparti dans les plaines de la moitié ouest de la France et dans les basses montagnes.

Subdivisions : Il se subdivise en un groupe non indicateur de climat moyen (2424) et un groupe moyennement indicateur d'un climat moyen (2456).

La distinction climatique entre ces deux groupes semble liée à la proximité de l'océan atlantique. Cependant, comme leurs optimums et leurs pouvoirs indicateurs ne sont pas encore très marqués dans ce niveau de synthèse, il convient d'examiner les autres groupes phytoclimatiques du troisième niveau de synthèse pour tenter de mieux cerner leurs différences climatiques.

5.2.3. Groupes phytoclimatiques du troisième niveau de synthèse

Ce niveau de synthèse contient huit groupes phytoclimatiques qui proviennent tous des précédents groupes analysés. Du groupe 1407 découlent les groupes 1345 et 1406 ; du groupe 1904 proviennent les groupes 1584 et 1903 ; du groupe 2254 dérivent les groupes 2216 et 2253 ; enfin, du groupe 2457 se distinguent les groupes 2424 et 2456.

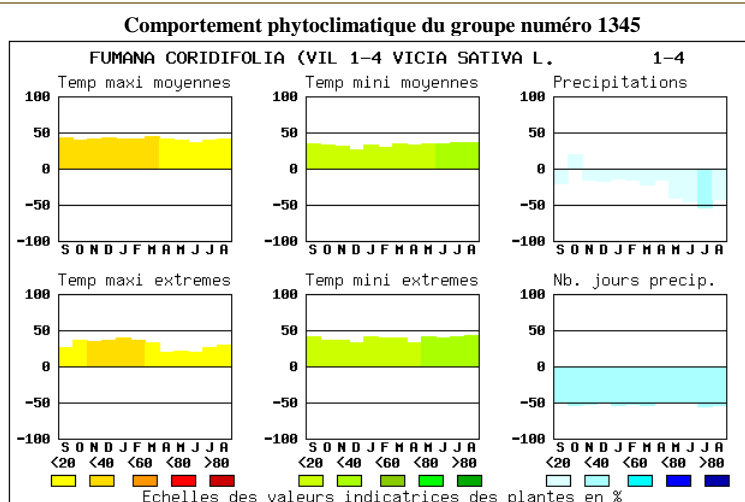
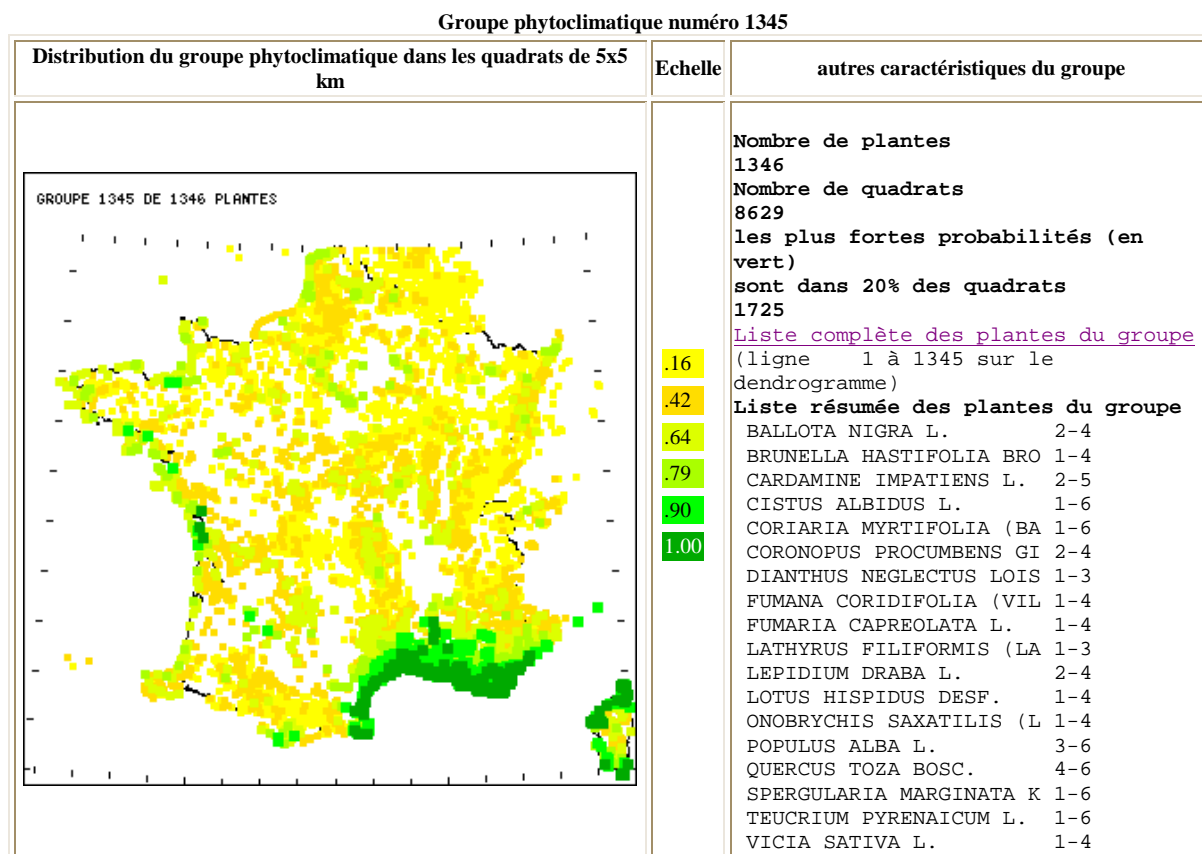


Figure 39 : **Groupe 1345** : Groupe de 1346 plantes méditerranéo-atlantiques, dont *Fumana coridifolia* (Vill.) P.F. et *Vicia sativa* L., moyennement indicateur des températures maximales supérieures en automne et en hiver et minimales supérieures en été.

1345 : groupe méditerranéo-atlantique

Dénomination : Groupe de 1346 plantes méditerranéo-atlantiques, dont *Fumana coridifolia* (Vill.) P.F. et *Vicia sativa* L., moyennement indicateur des températures maximales supérieures en automne et en hiver et minimales supérieures en été.

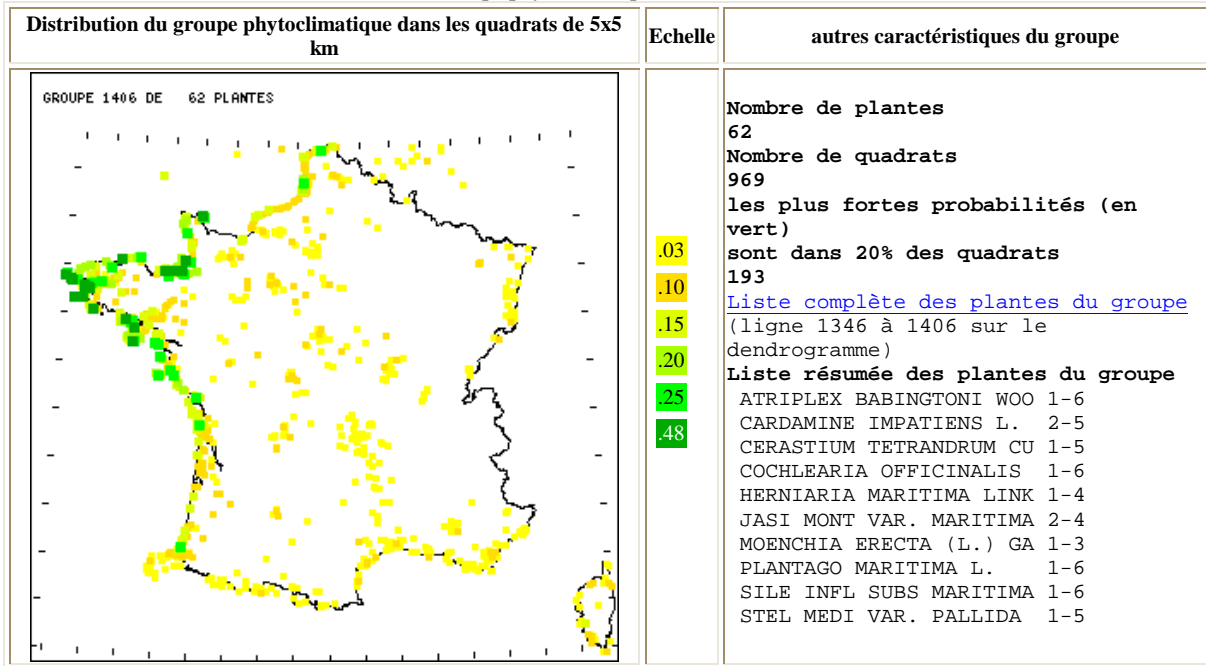
Composition floristique : Il est constitué de plantes du littoral (*Spergularia marginata* Kittel), de la région atlantique sub-littorale (*Quercus toza* Bosc) et de la région méditerranéenne (*Cistus albidus* L.). Liste floristique complète : lignes 1 à 1345 du dendrogramme.

Comportement climatique : Il est moyennement indicateur de températures maximales supérieures en automne et en hiver et de températures minimales supérieures en été. Il est moyennement indicateur d'un nombre de jours de pluie inférieurs durant toute l'année.

Répartition géographique : Il est réparti dans la région méditerranéenne et, secondairement, sur le littoral atlantique.

Subdivisions : Il se subdivise en un groupe méditerranéo-atlantique (677) très indicateur de positions supérieures de températures maximales en hiver et de températures minimales en été, et un groupe (1344) peu indicateur d'un climat moyen, réparti sur le littoral atlantique, dans les plaines et les basses montagnes.

Groupe phytoclimatique numéro 1406



Comportement phytoclimatique du groupe numéro 1406

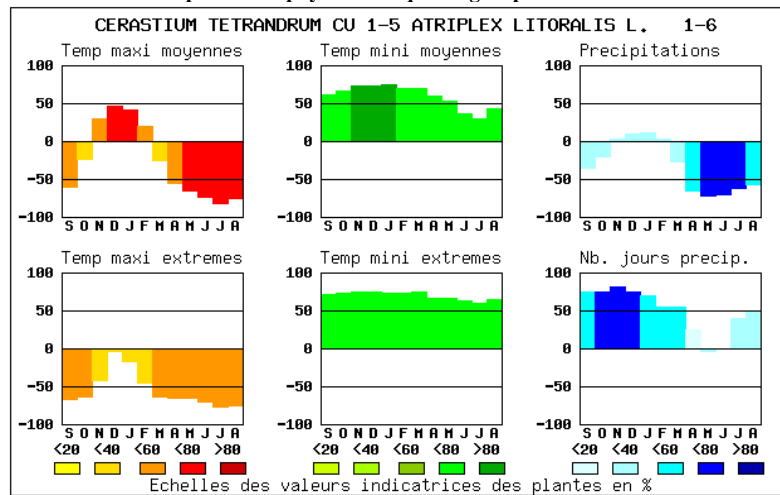


Figure 40 : **Groupe 1406** : Groupe du littoral atlantique de 62 plantes, dont *Cerastium tetrandrum* Curtis et *Atriplex litoralis* L., très indicateur d'un climat de régime océanique.

1406 : groupe du littoral atlantique

Dénomination : Groupe du littoral atlantique de 62 plantes, dont *Cerastium tetrandrum* Curtis et *Atriplex litoralis* L., très indicateur d'un climat de régime océanique.

Composition floristique : Il regroupe des taxons du littoral atlantique comme *Herniaria maritima* Link. et méditerranéo-atlantique comme *Salsola kali* L.. Liste floristique complète : lignes 1346 à 1406 du dendrogramme.

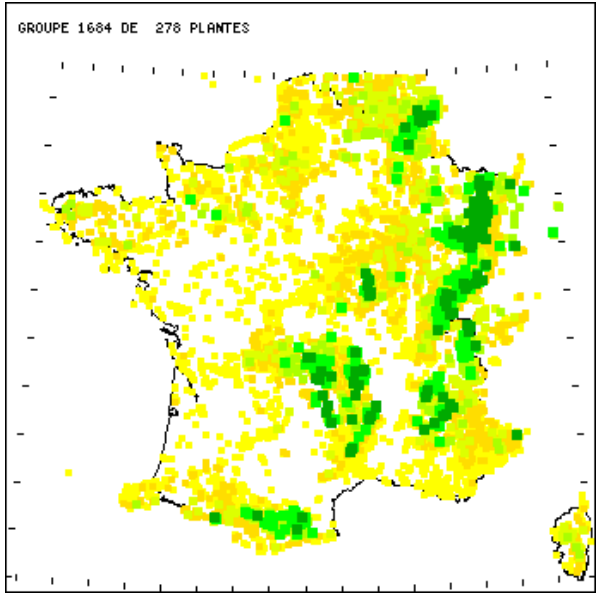
Comportement climatique : Il est très indicateur de températures maximales moyennes supérieures en hiver et très inférieures en été. Il est extrêmement indicateur de températures minimales moyennes très supérieures en hiver. Il est aussi très indicateur de précipitations très inférieures en été et d'un nombre de jours de pluie très supérieur en automne.

Répartition géographique : Ce groupe est constitué de plantes des littoraux atlantique et méditerranéen, ses fréquences sont cependant plus élevées sur le littoral atlantique (>15%).

Subdivisions : Il se subdivise en deux groupes : l'un (1380) cantonné sur l'ensemble du littoral atlantique et l'autre (1394), seulement dans la moitié nord de ce littoral.

Ces deux phytoclimats issus du groupe 1407 de type méditerranéo-atlantique, montrent des répartitions assez proches qui se recoupent en zone littorale atlantique. Le premier groupe (1345) est de type méditerranéo-atlantique tandis que le deuxième (1406) témoigne d'un climat typiquement océanique. Les différences de comportement climatique entre ces deux groupes phytoclimatiques sont dues au cantonnement du groupe 1406, localisé sur le littoral atlantique, alors que le groupe 1345 est localisé à la fois sur la façade atlantique et en zone méditerranéenne. L'effet de l'océan atlantique semble jouer un rôle majeur dans la distinction de ces deux groupes phytoclimatiques.

Groupe phytoclimatique numéro 1684

Distribution du groupe phytoclimatique dans les quadrats de 5x5 km	Echelle	autres caractéristiques du groupe
	<p>.12 .24 .32 .38 .46 .86</p>	<p>Nombre de plantes 278 Nombre de quadrats 7698 les plus fortes probabilités (en vert) sont dans 20% des quadrats 1539 Liste complète des plantes du groupe (ligne 1408 à 1684 sur le dendrogramme) Liste résumée des plantes du groupe</p> <ul style="list-style-type: none"> ASPIDIUM ACULEATUM DOEL 2-5 COMARUM PALUSTRE L. 1-6 DIANTHUS HYSSOPIFOLIUS 1-5 DIGITALIS PURPUREA L. 2-6 DORONICUM AUSTRIACUM JA 1-5 DROSERA ROTUNDIFOLIA L. 1-6 EPILOBIUM OBSCURUM SCHR 1-5 FEST RUBR SUBS FALLAX T 1-6 GALEOPSIS TETRAHIT L. 1-6 GYMNADENIA ODORATISSIMA 1-2 KNAUTIA ARVERNENSIS (BR 1-4 LATHRAEA SQUAMARIA L. 1-4 LINUM ALPINUM JACQ. 1-5 MYOS SCOR SUBS MULTIFLO 1-3 PEUCEDANUM PALUSTRE (L. 1-4 PHYTEUMA NIGRUM SCHMIDT 1-4 PULMONARIA OFFICINALIS 1-5 SENECIO NEMORENSIS L. 1-6 STELLARIA ULIGINOSA MUR 2-4 THESIUM INTERMEDIUM SCH 1-3 UTRICULARIA MINOR L. 1-6 VIOLA PALUSTRIS L. 3-5 WAHLENBERGIA HEDERACEA 1-5

Comportement phytoclimatique du groupe numéro 1684

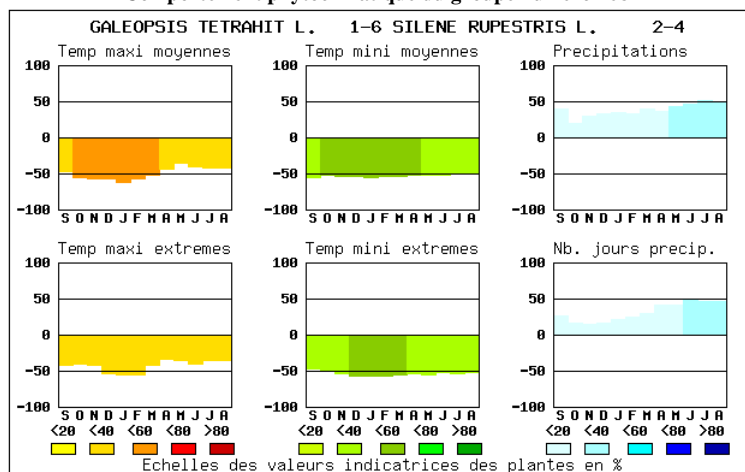


Figure 41 : **Groupe 1684** : Groupe de 278 plantes de moyennes montagnes, dont *Galeopsis tetrahit* L. et *Silene rupestris* L., indicateur de températures inférieures en automne et en hiver.

1684 : groupe des moyennes montagnes

Dénomination : Groupe de 278 plantes de moyennes montagnes, dont *Galeopsis tetrahit* L. et *Silene rupestris* L., indicateur de températures inférieures en automne et en hiver.

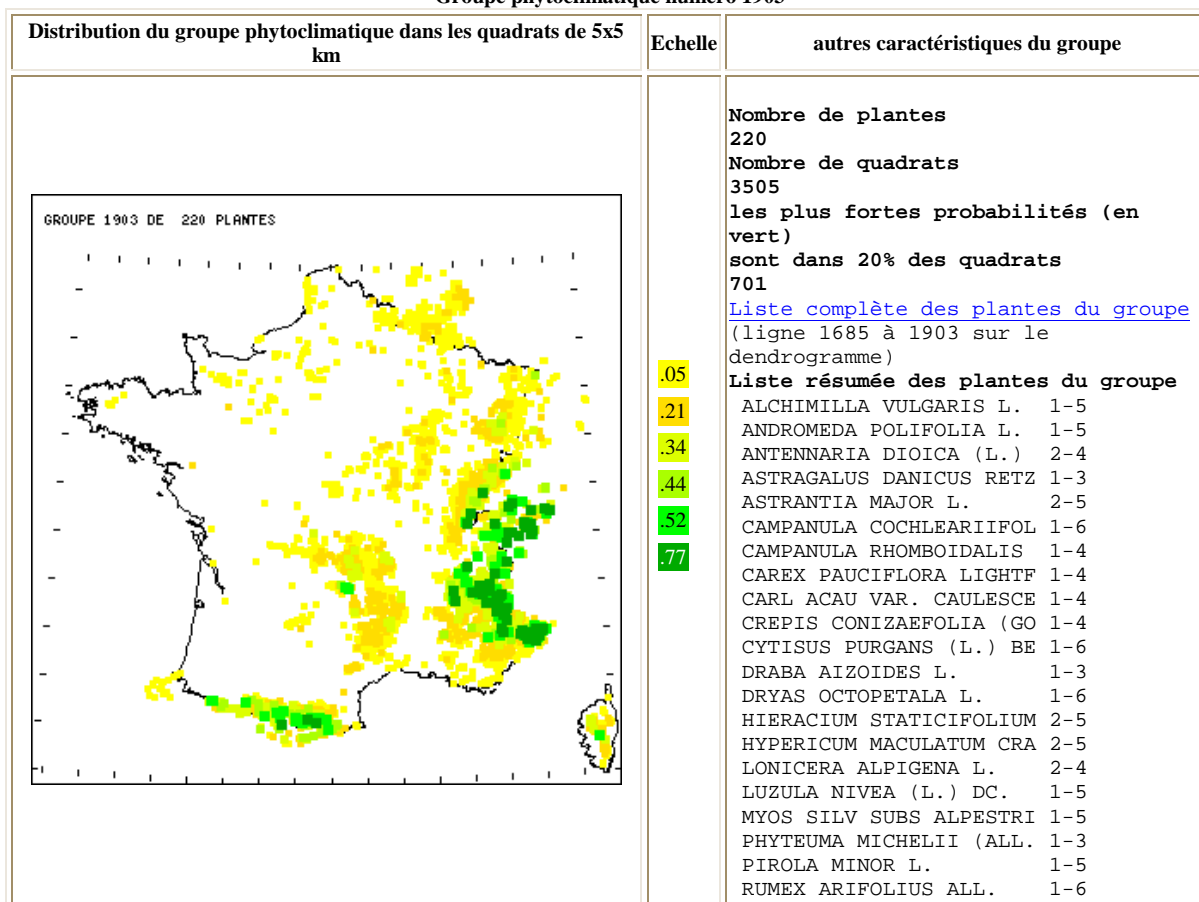
Composition floristique : Il comprend des plantes de moyennes montagnes comme *Digitalis purpurea* L. (abondante) et des collines de l'Europe tempérée comme *Pulmonaria officinalis* L.. Liste floristique complète : lignes 1408 à 1684 du dendrogramme.

Comportement climatique : Il est indicateur de températures moyennes inférieures durant toute l'année et moyennement indicateur de précipitations supérieures estivales. Il montre un nombre de jours de pluie moyen en automne et en hiver et supérieur au printemps et en été.

Répartition géographique : Ce groupe présente des fréquences élevées dans les basses et moyennes montagnes de France, sauf dans les Alpes du sud et la Corse où ses fréquences restent inférieures à 40%.

Subdivisions : Il se subdivise en un groupe des basses et moyennes montagnes (1670), climatiquement proche du groupe parent (1684), et un groupe du piémont du Massif Central et des Pyrénées (1677), très indicateur de températures minimales très inférieures durant toute l'année.

Groupe phytoclimatique numéro 1903



Comportement phytoclimatique du groupe numéro 1903

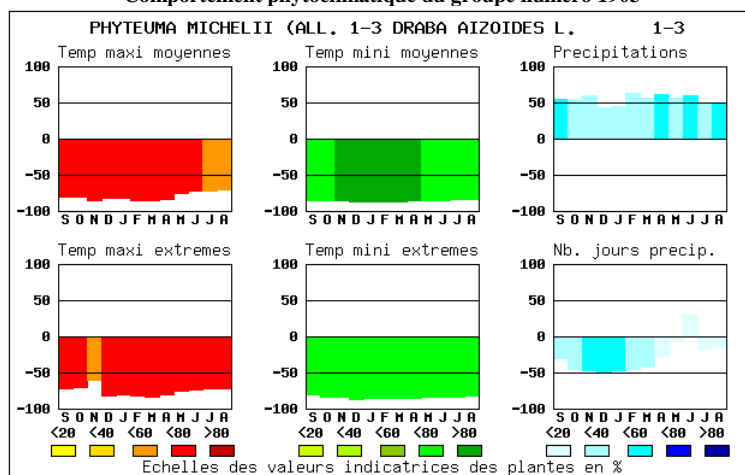


Figure 42 : **Groupe 1903** : Groupe de 220 plantes des moyennes et hautes montagnes de France, dont *Phyteuma michelii* (All.) Rchb. et *Draba aizoides* L., très indicateur de températures maximales extrêmement inférieures pendant presque toute l'année et extrêmement indicateur de températures minimales moyennes extrêmement inférieures en hiver.

1903 : groupe des hautes montagnes

Dénomination : Groupe de 220 plantes des moyennes et hautes montagnes de France, dont *Phyteuma michelii* (All.) Rchb. et *Draba aizoides* L., très indicateur de températures maximales extrêmement inférieures pendant presque toute l'année et extrêmement indicateur de températures minimales moyennes extrêmement inférieures en hiver.

Composition floristique : Il est composé de plantes des moyennes et hautes montagnes comme *Antennaria dioica* (L.) Gaertn. et *Minuartia verna* (L.) Hiern.. Liste floristique complète : lignes 1685 à 1903 du dendrogramme.

Comportement climatique : Il est très indicateur de températures maximales extrêmes très inférieures pendant presque toute l'année et de températures maximales moyennes extrêmement inférieures en automne, en hiver et au printemps. Il est extrêmement indicateur de températures minimales moyennes extrêmement inférieures en automne et en hiver. Il est moyennement indicateur de précipitations supérieures pendant toute l'année et montre un régime continental pour le nombre de jours de pluie.

Répartition géographique : il est localisé dans les moyennes et hautes montagnes de France (Alpes et Pyrénées).

Subdivisions : Il se subdivise en un groupe des hautes montagnes (1897) très indicateur de températures très inférieures et un groupe des très hautes montagnes (1902) indicateur à très indicateur des températures extrêmement inférieures.

Ces deux phytoclimats, issus du groupe 1904 de type montagnard, sont opposés par leurs altitudes qui montrent des écarts de températures importants entre eux.

Groupe phytoclimatique numéro 2216

Distribution du groupe phytoclimatique dans les quadrats de 5x5 km	Echelle	autres caractéristiques du groupe
	<p>.32 .45 .50 .55 .60 .82</p>	<p>Nombre de plantes 312 Nombre de quadrats 9028 les plus fortes probabilités (en vert) sont dans 20% des quadrats 1805 Liste complète des plantes du groupe (ligne 1906 à 2216 sur le dendrogramme) Liste résumée des plantes du groupe ACHILLEA PTARMICA L. 1-5 ALOPECURUS GENICULATUS 1-6 ARTEMISIA VULGARIS L. 2-6 BETULA VERRUCOSA EHRH. 3-6 CAREX GRACILIS CURTIS 1-6 CAREX PAUCIFLORA LIGHTF 1-4 CHRYSANTHEMUM LEUCANTHE 1-6 CIRSIIUM ACAULE (L.) WEB 1-5 CIRSIIUM ERIOPHORUM (L.) 1-4 CONVALLARIA MAIALIS L. 3-6 HYPERICUM HUMIFUSUM L. 1-5 KOEL CRIS SUBS PYRAMIDA 1-5 LABURNUM ANAGYROIDES ME 1-6 LYCHNIS FLOS-CUCULI L. 2-5 MOEHRINGIA TRINERVIA (L 1-5 NUPHAR LUTEUM SM. 1-6 POLYGONATUM ODORATUM (M 2-4 QUERCUS SESSILIFLORA SA 1-6 SCABIOSA COLUMBARIA L. 2-5 SCORZONERA HUMILIS L. 1-6 SEDUM ALBUM L. 3-6 STACHYS PALUSTRIS L. 1-5 SUCCISA PRAEMORSA (GILI 1-6 TEESDALEA NUDICAULIS (L 1-5 VERONICA SCUTELLATA L. 2-5 VINCA MINOR L. 1-6</p>

Comportement phytoclimatique du groupe numéro 2216

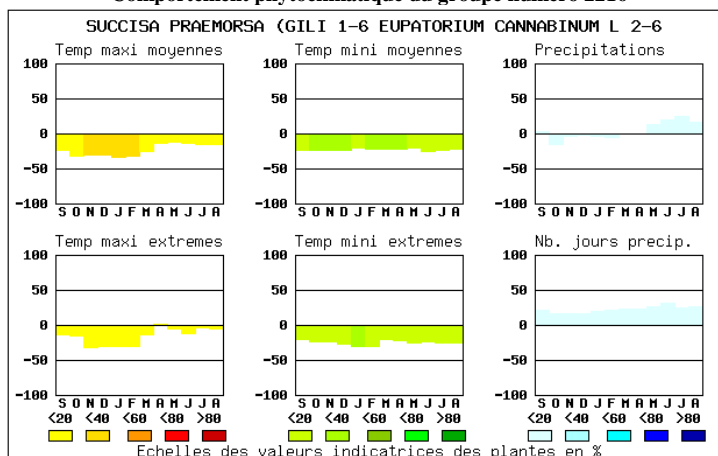


Figure 43 : **Groupe 2216** : Groupe de 312 plantes, dont *Succisa praemorsa* (Gilib.) Ascherson et *Eupatorium cannabinum* L., des plaines continentales du nord-est de la France, moyennement indicateur de températures maximales moyennes inférieures en automne et en hiver.

2216 : groupe du quart Nord-Est de la France

Dénomination : Groupe de 312 plantes, dont *Succisa praemorsa* (Gilib.) Ascherson et *Eupatorium cannabinum* L., des plaines continentales du nord-est de la France, moyennement indicateur de températures maximales moyennes inférieures en automne et en hiver.

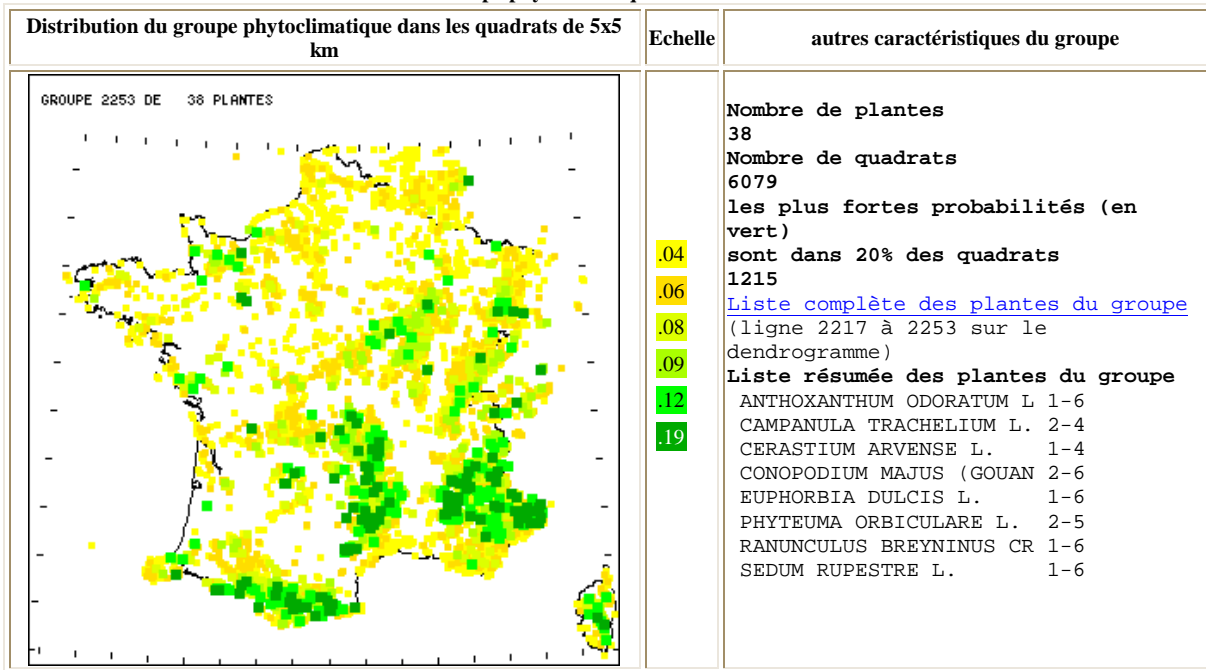
Composition floristique : Il rassemble des plantes de l'Europe tempérée comme *Chrysanthemum leucanthemum* L. et *Lychnis flos-cuculis* L. de fréquence moyenne égale à 69. Liste floristique complète : lignes 1906 à 2216 du dendrogramme.

Comportement climatique : Il est moyennement indicateur de températures maximales moyennes inférieures en hiver et de températures minimales moyennes en automne et en hiver. Il montre un régime de précipitations continental peu accentué.

Répartition géographique : il est localisé dans les plaines d'un grand quart nord-est de la France.

Subdivisions : Il se subdivise en un groupe des plaines et basses montagnes du grand quart nord-est de la France (2165) et un groupe continental des plaines du nord-est de la France (2201), indicateur de températures inférieures en hiver et de précipitations supérieures en été.

Groupe phytoclimatique numéro 2253



Comportement phytoclimatique du groupe numéro 2253

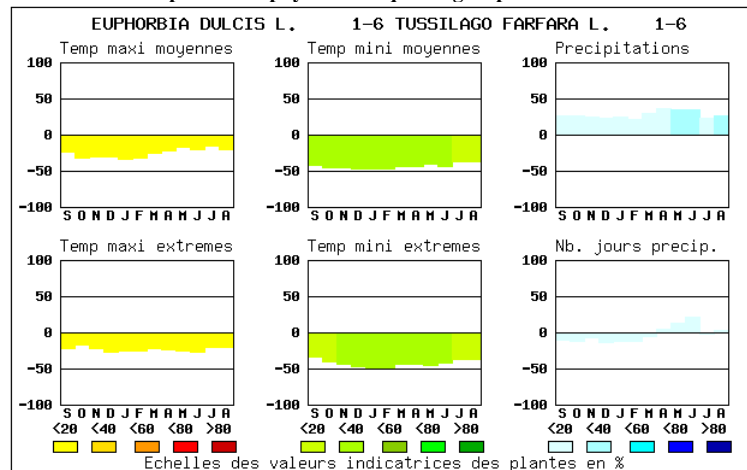


Figure 44 : **Groupe 2253** : Groupe de 38 plantes des basses montagnes, dont *Euphorbia dulcis* L. et *Tussilago farfara* L., moyennement indicateur de températures minimales inférieures pendant presque toute l'année.

2253 : groupe des montagnes de la moitié sud de la France

Dénomination : Groupe de 38 plantes des basses montagnes, dont *Euphorbia dulcis* L. et *Tussilago farfara* L., moyennement indicateur de températures minimales inférieures pendant presque toute l'année.

Composition floristique : Il comporte en majorité des plantes des sous-bois des basses montagnes de l'Europe tempérée comme *Cerastium arvense* L. et *Ranunculus breyninus* Crantz. Liste floristique complète : lignes 2217 à 2253 du dendrogramme.

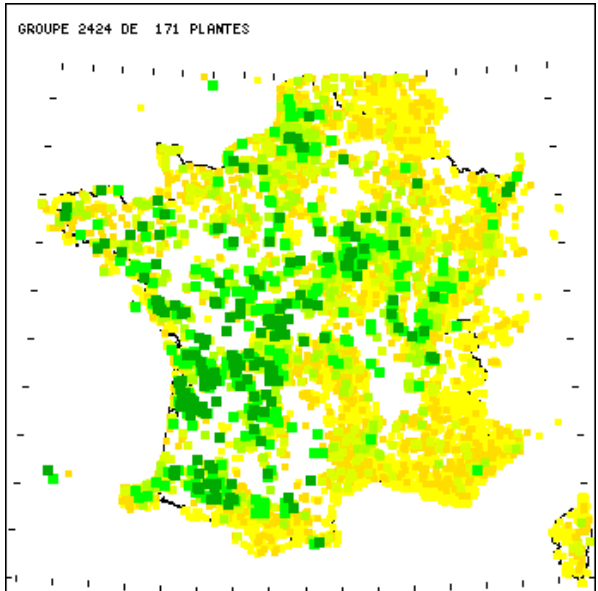
Comportement climatique : Il est moyennement indicateur de températures minimales moyennes inférieures en automne, en hiver et au printemps. Il montre des précipitations moyennes durant toute l'année.

Répartition géographique : Il est situé dans les basses et moyennes montagnes.

Subdivisions : Il se subdivise en deux groupes : l'un des montagnes de la moitié sud (2238), moyennement indicateur de températures minimales inférieures en hiver et l'autre (2249), des moyennes montagnes de la moitié sud, indicateur de températures minimales inférieures en automne et en hiver.

Ces deux phytoclimats sont opposés par leur latitude et leur altitude, montrant un groupe des plaines et des basses montagnes du nord-est et un groupe des montagnes d'une grande moitié sud de la France.

Groupe phytoclimatique numéro 2424

Distribution du groupe phytoclimatique dans les quadrats de 5x5 km	Echelle	autres caractéristiques du groupe																																																				
		<p>Nombre de plantes 171</p> <p>Nombre de quadrats 9222</p> <p>les plus fortes probabilités (en vert) sont dans 20% des quadrats 1844</p> <p>Liste complète des plantes du groupe (ligne 2255 à 2424 sur le dendrogramme)</p> <p>Liste résumée des plantes du groupe</p> <table border="0"> <tr><td>BUXUS SEMPERVIRENS L.</td><td>1-6</td></tr> <tr><td>CALAMINTHA CLINOPODIUM</td><td>2-5</td></tr> <tr><td>CAREX PENDULA HUDS.</td><td>2-6</td></tr> <tr><td>CASTANEA SATIVA MILL.</td><td>4-6</td></tr> <tr><td>CORNUS SANGUINEA L.</td><td>3-6</td></tr> <tr><td>CRATAEGUS MONOGYNA JACQ</td><td>1-6</td></tr> <tr><td>GLOBULARIA VULGARIS L.</td><td>1-6</td></tr> <tr><td>HIPPOCREPIS COMOSA L.</td><td>1-6</td></tr> <tr><td>HYDROCOTYLE VULGARIS L.</td><td>1-6</td></tr> <tr><td>HYPERICUM HUMIFUSUM L.</td><td>1-5</td></tr> <tr><td>HYPOCHOERIS RADICATA L.</td><td>1-5</td></tr> <tr><td>HYPOCHOERIS RADICATA L.</td><td>2-5</td></tr> <tr><td>INULA MONTANA L.</td><td>2-4</td></tr> <tr><td>INULA SALICINA L.</td><td>1-5</td></tr> <tr><td>LOTUS CORNICULATUS L.</td><td>1-6</td></tr> <tr><td>LYCOPUS EUROPAEUS L.</td><td>1-5</td></tr> <tr><td>POA COMPRESSA L.</td><td>2-6</td></tr> <tr><td>PULMONARIA ANGUSTIFOLIA</td><td>2-4</td></tr> <tr><td>QUERCUS PEDUNCULATA EHR</td><td>1-6</td></tr> <tr><td>RUBUS COESIUS L.</td><td>3-6</td></tr> <tr><td>SANICULA EUROPAEA L.</td><td>2-5</td></tr> <tr><td>SEDUM ACRE L.</td><td>1-5</td></tr> <tr><td>SILENE INFLATA (SALISB.</td><td>1-6</td></tr> <tr><td>STACHYS OFFICINALIS (L.</td><td>2-5</td></tr> <tr><td>TEUCRIUM CHAMAEDRYS L.</td><td>1-6</td></tr> <tr><td>TEUCRIUM SCORODONIA L.</td><td>1-6</td></tr> </table>	BUXUS SEMPERVIRENS L.	1-6	CALAMINTHA CLINOPODIUM	2-5	CAREX PENDULA HUDS.	2-6	CASTANEA SATIVA MILL.	4-6	CORNUS SANGUINEA L.	3-6	CRATAEGUS MONOGYNA JACQ	1-6	GLOBULARIA VULGARIS L.	1-6	HIPPOCREPIS COMOSA L.	1-6	HYDROCOTYLE VULGARIS L.	1-6	HYPERICUM HUMIFUSUM L.	1-5	HYPOCHOERIS RADICATA L.	1-5	HYPOCHOERIS RADICATA L.	2-5	INULA MONTANA L.	2-4	INULA SALICINA L.	1-5	LOTUS CORNICULATUS L.	1-6	LYCOPUS EUROPAEUS L.	1-5	POA COMPRESSA L.	2-6	PULMONARIA ANGUSTIFOLIA	2-4	QUERCUS PEDUNCULATA EHR	1-6	RUBUS COESIUS L.	3-6	SANICULA EUROPAEA L.	2-5	SEDUM ACRE L.	1-5	SILENE INFLATA (SALISB.	1-6	STACHYS OFFICINALIS (L.	2-5	TEUCRIUM CHAMAEDRYS L.	1-6	TEUCRIUM SCORODONIA L.	1-6
BUXUS SEMPERVIRENS L.	1-6																																																					
CALAMINTHA CLINOPODIUM	2-5																																																					
CAREX PENDULA HUDS.	2-6																																																					
CASTANEA SATIVA MILL.	4-6																																																					
CORNUS SANGUINEA L.	3-6																																																					
CRATAEGUS MONOGYNA JACQ	1-6																																																					
GLOBULARIA VULGARIS L.	1-6																																																					
HIPPOCREPIS COMOSA L.	1-6																																																					
HYDROCOTYLE VULGARIS L.	1-6																																																					
HYPERICUM HUMIFUSUM L.	1-5																																																					
HYPOCHOERIS RADICATA L.	1-5																																																					
HYPOCHOERIS RADICATA L.	2-5																																																					
INULA MONTANA L.	2-4																																																					
INULA SALICINA L.	1-5																																																					
LOTUS CORNICULATUS L.	1-6																																																					
LYCOPUS EUROPAEUS L.	1-5																																																					
POA COMPRESSA L.	2-6																																																					
PULMONARIA ANGUSTIFOLIA	2-4																																																					
QUERCUS PEDUNCULATA EHR	1-6																																																					
RUBUS COESIUS L.	3-6																																																					
SANICULA EUROPAEA L.	2-5																																																					
SEDUM ACRE L.	1-5																																																					
SILENE INFLATA (SALISB.	1-6																																																					
STACHYS OFFICINALIS (L.	2-5																																																					
TEUCRIUM CHAMAEDRYS L.	1-6																																																					
TEUCRIUM SCORODONIA L.	1-6																																																					

Comportement phytoclimatique du groupe numéro 2424

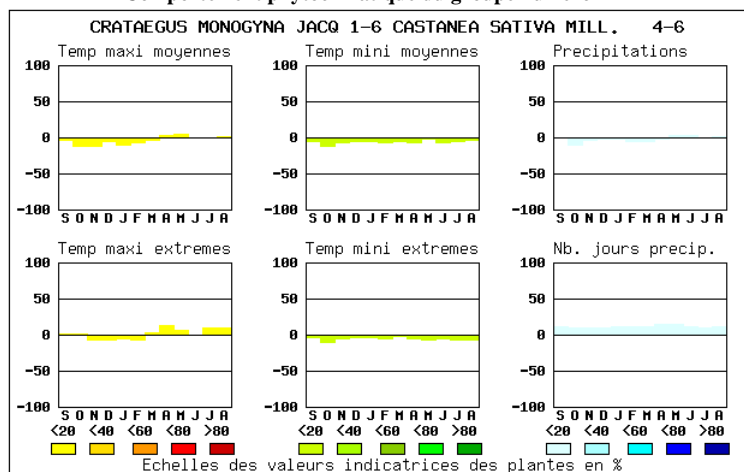


Figure 45 : **Groupe 2424** : Groupe de 171 plantes de plaines, dont *Crataegus monogyna* Jacq. et *Castanea sativa* Mill., non indicateur de climat moyen.

2424 : groupe de la moitié Ouest et des versants Ouest des basses montagnes

Dénomination : Groupe de 171 plantes de la moitié Ouest de la France, dont *Crataegus monogyna* Jacq. et *Castanea sativa* Mill., non indicateur de climat moyen.

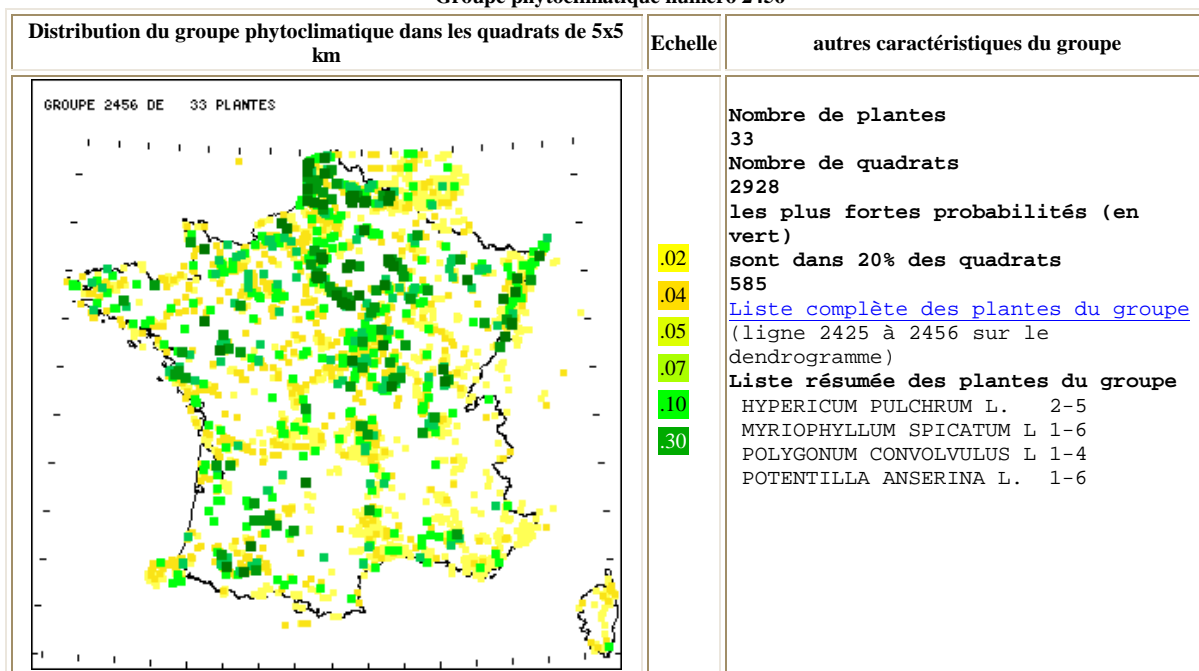
Composition floristique : Il regroupe des plantes de l'Europe tempérée comme *Brunella vulgaris* L. et *Crataegus monogyna* Jacq. dont les fréquences moyennes sont de 100. Liste floristique complète : lignes 2255 à 2424 du dendrogramme.

Comportement climatique : Il est peu ou pas indicateur d'un climat moyen.

Répartition géographique : Il est réparti dans les plaines de France, hors région méditerranéenne.

Subdivisions : Il se subdivise en un groupe (2415) climatiquement proche de son groupe parent et en un autre groupe (2423) du quart Sud-Ouest de la France.

Groupe phytoclimatique numéro 2456



Comportement phytoclimatique du groupe numéro 2456

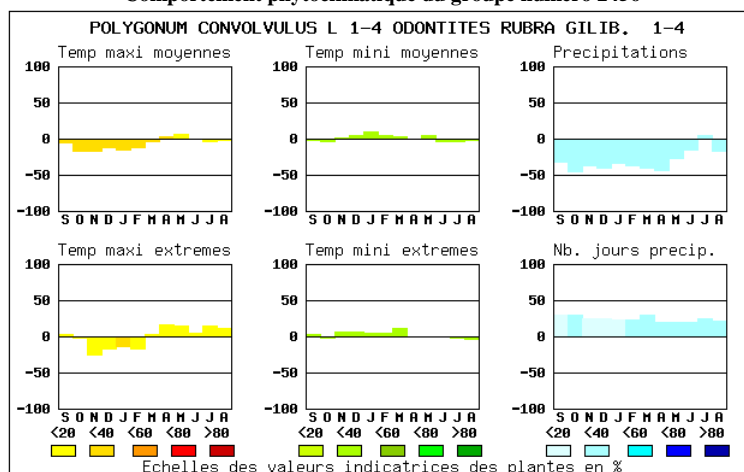


Figure 46 : **Groupe 2456** : Groupe de 33 plantes de plaines de l'Europe tempérée, dont *Polygonum convolvulus* L. et *Odontites rubra* Gilib., moyennement indicateur d'un climat moyen.

2456 : groupe des plaines continentales de la France

Dénomination : Groupe de 33 plantes de plaines de l'Europe tempérée, dont *Polygonum convolvulus* L. et *Odontites rubra* Gilib., moyennement indicateur d'un climat moyen.

Composition floristique : Il rassemble des plantes abondantes des plaines de l'Europe tempérée comme *Mespilus germanica* L. et *Hypericum pulchrum* L.. Liste floristique complète : lignes 2425 à 2456 du dendrogramme.

Comportement climatique : Il est moyennement indicateur de températures moyennes, de précipitations inférieures en automne, en hiver et au printemps, et de précipitations moyennes en été. Il montre un régime continental peu accentué.

Répartition géographique : Il est localisé dans les plaines de France, principalement dans la moitié nord et ouest du territoire.

Subdivisions : Il se subdivise en un groupe (2442) montrant un régime continental peu marqué, et un groupe (2451) du quart Nord-Ouest de la France.

Ces deux phytoclimats sont très proches climatiquement parlant car ils appartiennent tous deux au climat de type océanique dégradé, mais le facteur semblant les opposer est vraisemblablement lié à la position relativement continentale du groupe 2456, qui est plus interne que le groupe 2424. Ils montrent donc un léger gradient de continentalité.

En conclusion à la description des groupes phytoclimatiques des trois premiers niveaux de synthèse, il est possible de distinguer un ordre d'importance des phénomènes climatiques agissant sur la répartition de la végétation. Les deux facteurs les plus importants semblent être liés à la proximité des masses maritimes et à l'altitude. Ces deux facteurs opposent des groupes littoraux, des groupes continentaux, ainsi que des groupes de plaines et des groupes de montagnes. L'analyse des niveaux inférieurs de la classification appuie ce constat et montre les nuances dans l'expression et la répartition des phytoclimats en France. L'analyse des groupes subordonnés aux deux premiers groupes souligne des particularités bioclimatiques qui seraient peu évidentes par la seule analyse de la superposition de territoires floristiques et climatiques.

5.2.4. Gradients climatiques repérés par les groupes phytoclimatiques de France

La description et l'étude des principaux groupes phytoclimatiques de France a montré des comportements climatiques indiqués par des flores colonisant des territoires plus ou moins étendus. Pour mettre en évidence des gradients climatiques, il est apparu nécessaire de présenter une série de cartes de répartition et de comportements climatiques de groupes phytoclimatiques en respectant leur agencement dans la classification. Le premier gradient étudié est donné par huit groupes phytoclimatiques (figure 48). Ces groupes s'étendent d'abord sur la région méditerranéo-atlantique et montagneuse puis, progressivement, la zone méditerranéenne s'individualise.

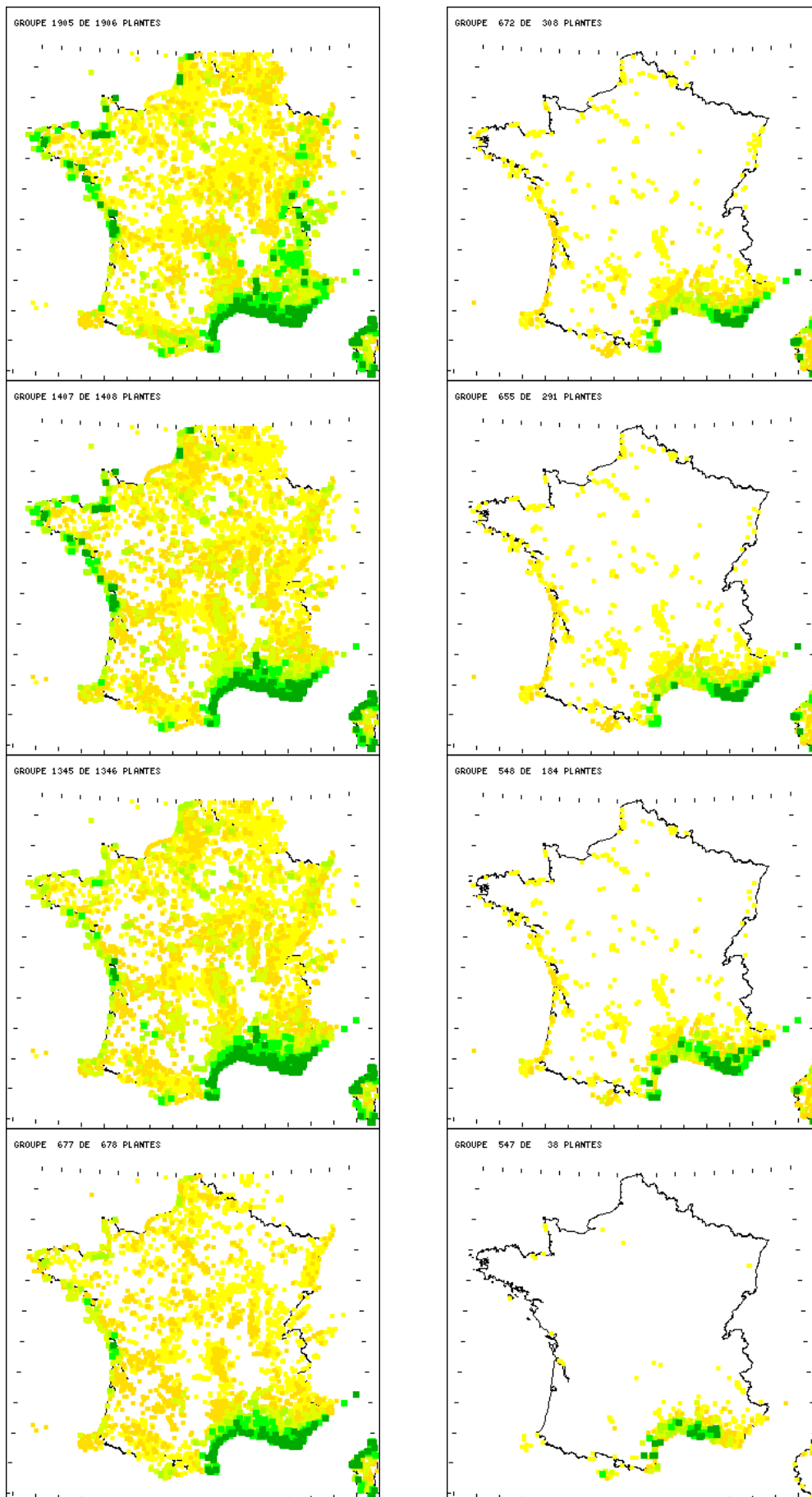


Figure 47 : Exemple de gradient méditerranéo-atlantique à méditerranéen observé à partir des répartitions géographiques de huit groupes phytoclimatiques. Le gradient se lit de haut en bas et de gauche à droite. La figure suivante montre les gradients climatiques.

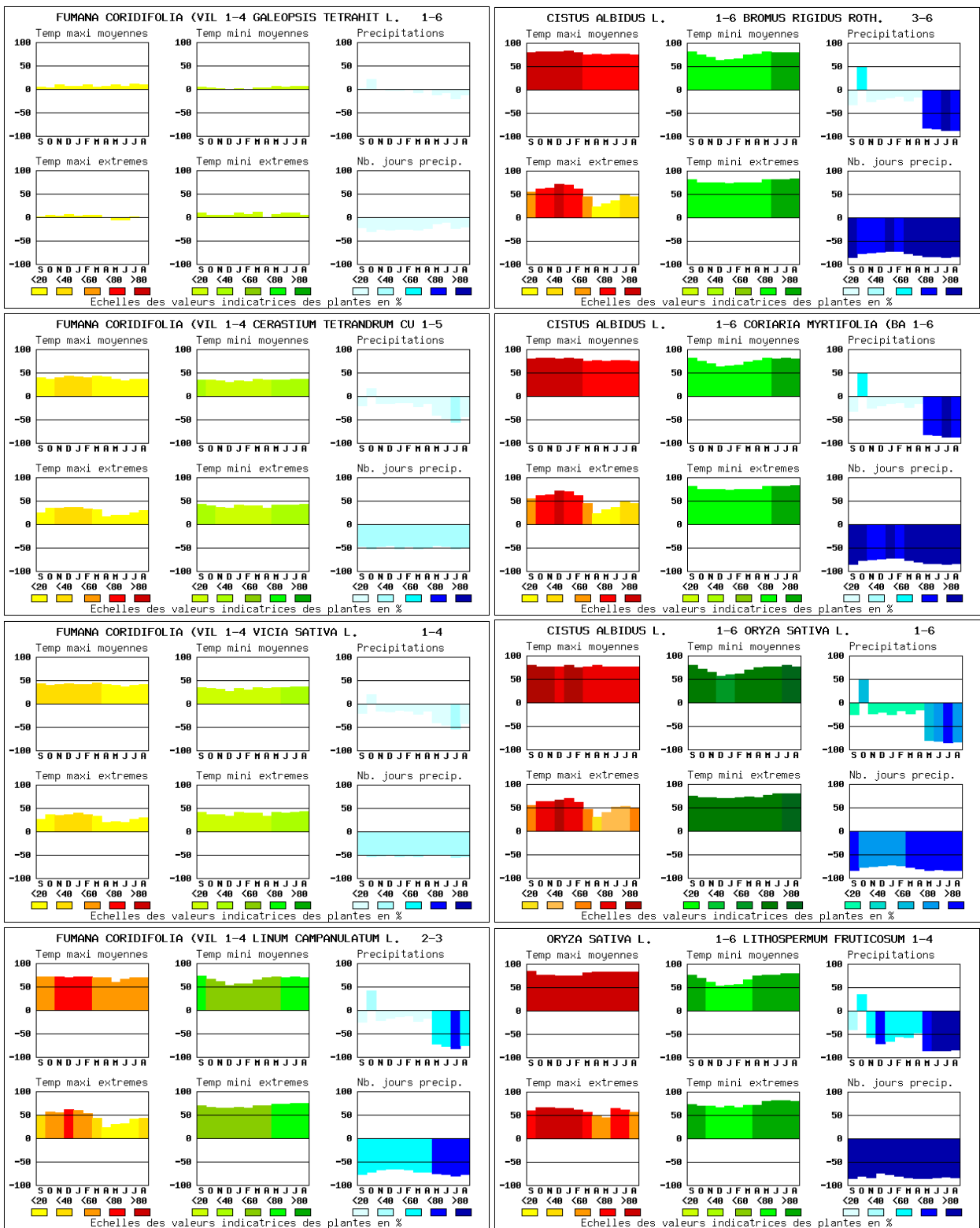


Figure 48 : Exemple de gradient méditerranéo-atlantique à méditerranéen observé à partir des comportements climatiques des groupes. La lecture des gradients se fait sur ces deux colonnes, de haut en bas et de gauche à droite. On observe une augmentation croissante des optimums des températures et une diminution des optimums des précipitations et des jours de précipitations. Il s'agit d'un gradient de chaleur et de sécheresse.

Le premier groupe phytoclimatique montre un climat moyen. Puis, les optimums des températures s'élèvent de plus en plus montrant un gradient croissant de températures. Inversement,

les optimums des précipitations deviennent de plus en plus faibles, d'abord pour la saison estivale, puis pour presque toute l'année, ce qui montre un gradient de sécheresse croissant. Enfin, le nombre de jours de pluie diminue graduellement pour toute l'année. Ce gradient est donc lié à une augmentation des températures du jour et de la nuit et à la présence d'une période de sécheresse, qui se prolonge presque pendant toute l'année.

Le deuxième gradient analysé concerne le degré de continentalité (figure 49). Il s'exprime par des groupes phytoclimatiques dont les flores sont d'abord localisées dans les plaines tempérées de France puis, de plus en plus localisées dans la partie nord-est de la France.

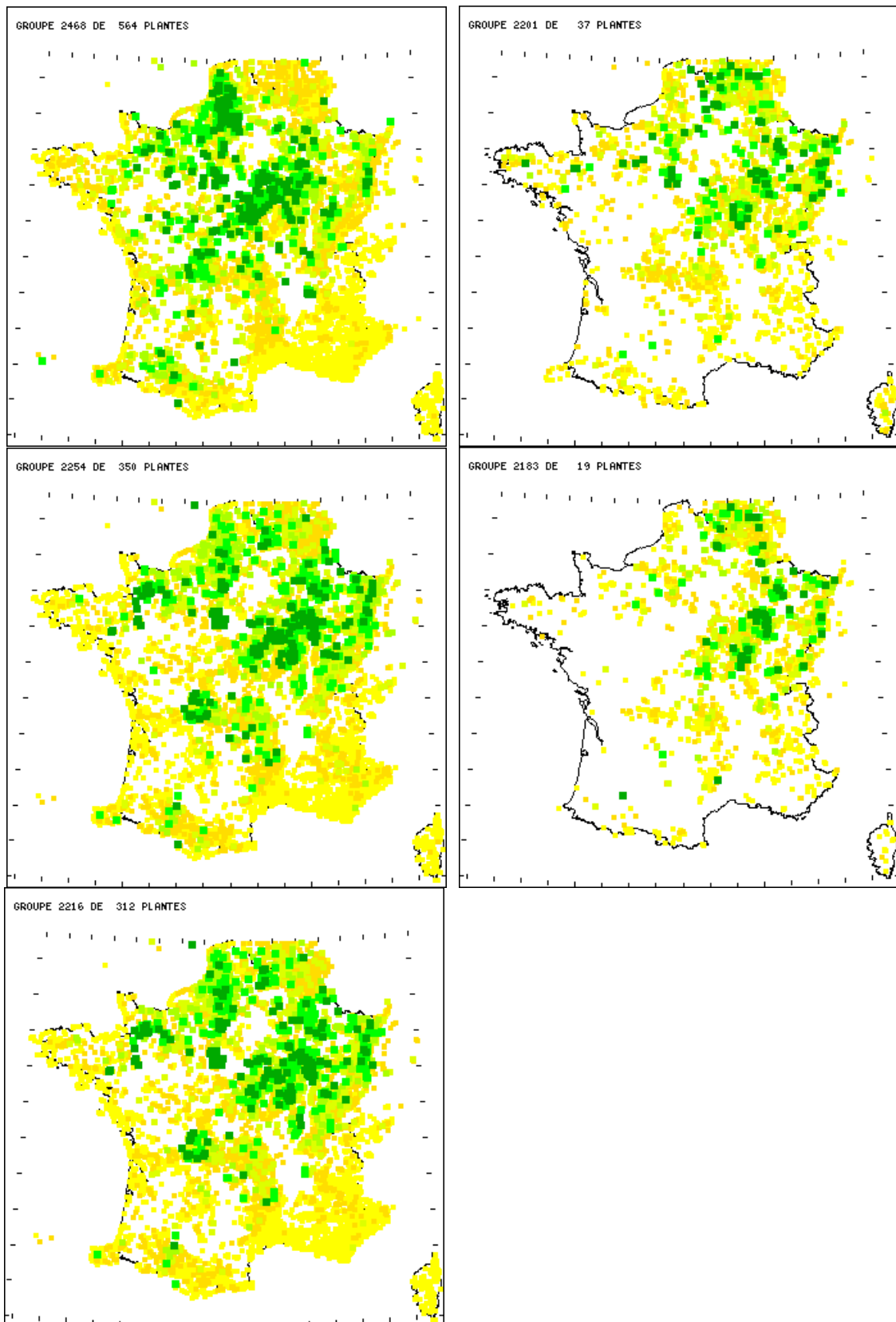


Figure 49 : Exemple de gradient de continentalité observé à partir des répartitions géographiques des groupes. On observe un passage entre un secteur de la moitié nord et du centre vers un secteur du quart nord-est de la France.

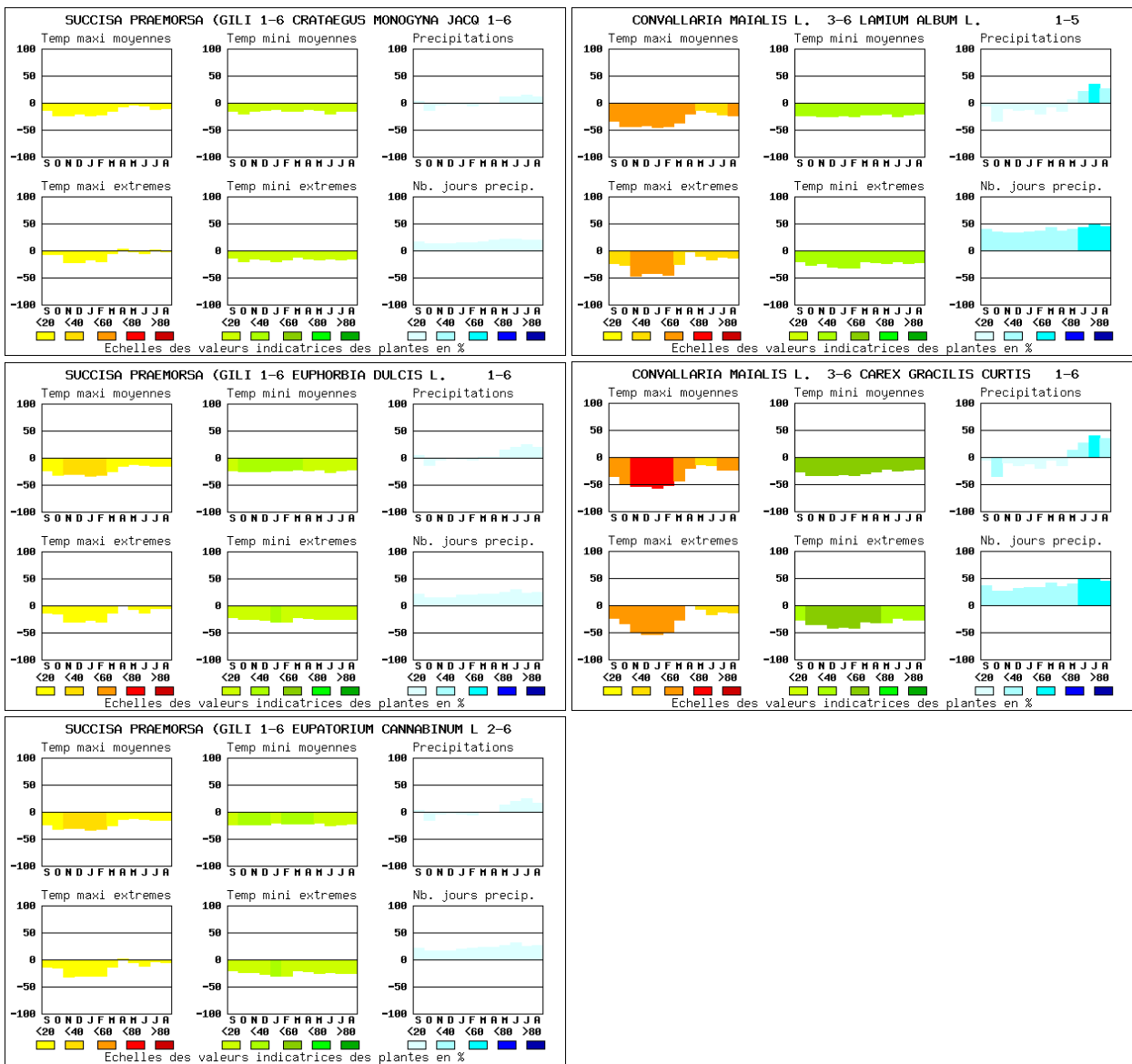


Figure 50 : Exemple de gradient de continentalité observé à partir des comportements climatiques des groupes. On observe un passage entre un climat de type moyen vers un climat de type continental.

Le premier groupe phytoclimatique de ce gradient montre un climat de type moyen. Progressivement, ce climat moyen va subir l'influence de son éloignement des masses océaniques. Ce phénomène va se manifester par un régime de plus en plus continental avec des températures maximales inférieures en hiver et moyennes en été, et des précipitations moyenne en automne et en hiver et supérieures au printemps et en été. Ces groupes phytoclimatiques montrent un gradient de continentalité croissant de l'ouest vers le nord-est provoqué par l'éloignement des masses océaniques.

Le dernier gradient étudié concerne l'altitude (figure 51). Il s'exprime par des groupes phytoclimatiques dont les taxons colonisent d'abord des basses montagnes puis, successivement des altitudes croissantes.

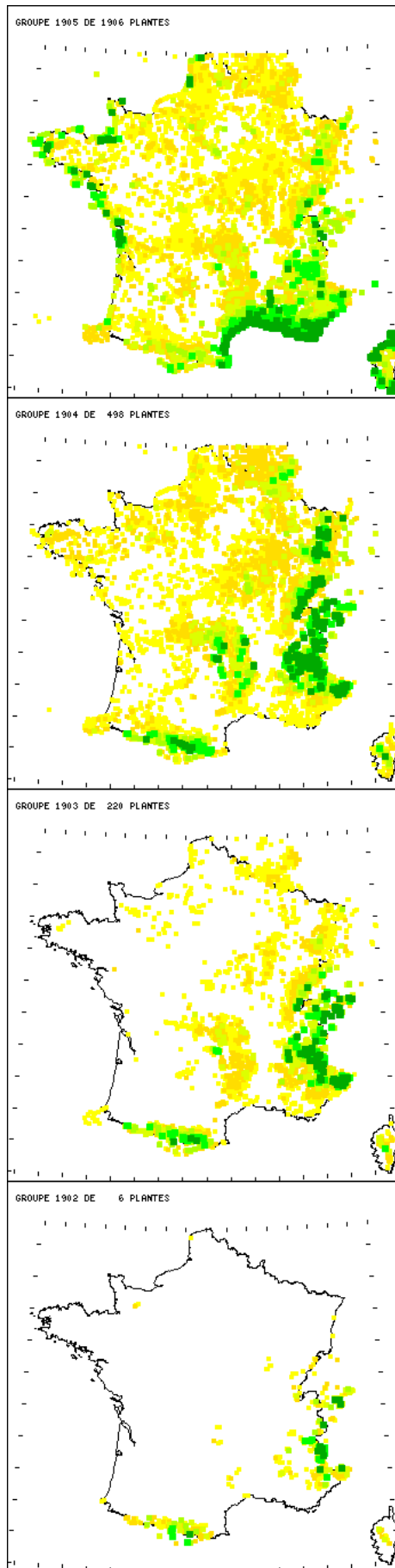


Figure 51 : Exemple de gradient d'altitude observé à partir des répartitions géographiques des groupes.

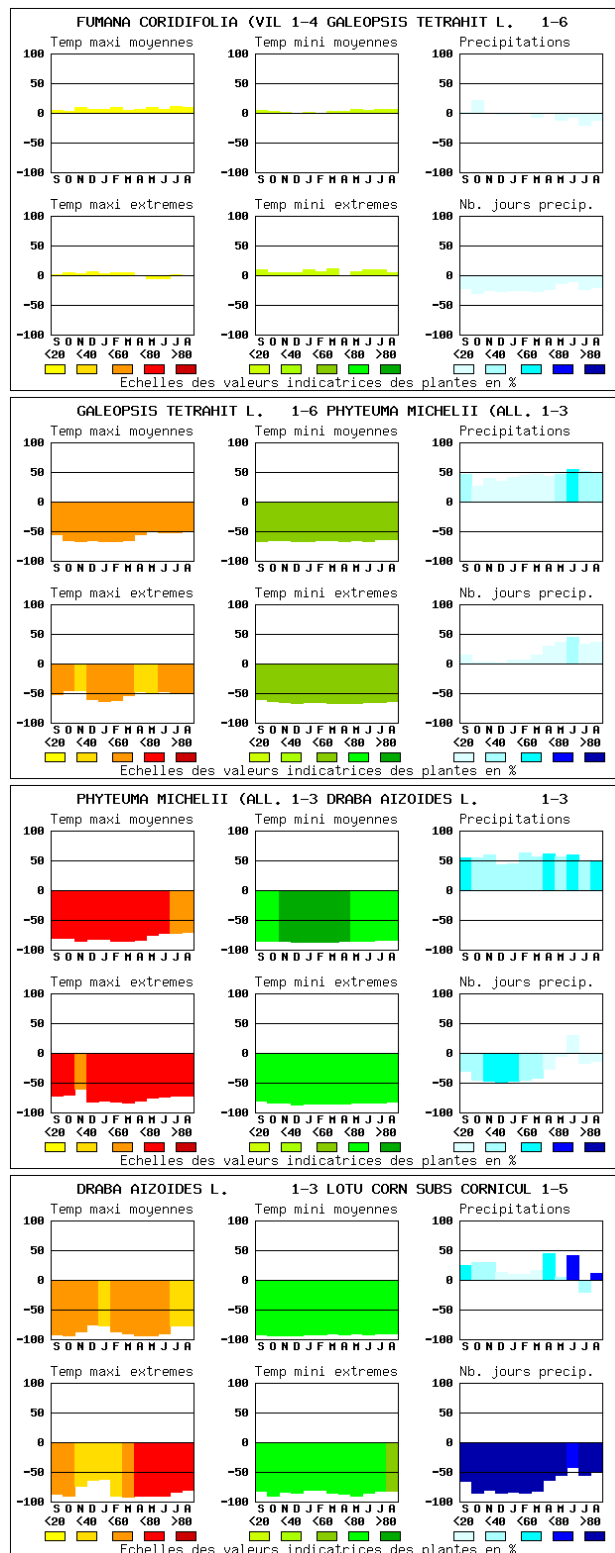


Figure 52 : Exemple de gradient d'altitude observé à partir des comportements climatiques des groupes. On observe des positions graduelles inférieures des températures avec l'augmentation de l'altitude. Les optimums des précipitations augmentent graduellement mais le dernier groupe phytoclimatique indique une baisse sensible en raison de sa position en très hautes montagnes.

Le groupe à *Galeopsis tetrahit* L. et à *Phyteuma michelii* (All.) Rchb. colonise des basses et moyennes montagnes de France. Il indique des températures inférieures à très inférieures durant toute l'année. Il indique également des précipitations supérieures toute l'année et réparties sur un nombre de jours de pluie moyen en automne et en hiver et supérieur au printemps et en été. Avec

l'augmentation de l'altitude, les optimums des températures sont indiqués avec des valeurs très inférieures à extrêmement inférieures, y compris pour les températures extrêmes. Le dernier groupe phytoclimatique est non seulement le plus froid mais indique également des précipitations moins importantes que ces deux derniers prédécesseurs. Il montre qu'à très haute altitude les précipitations sont moins importantes qu'à des altitudes moindres.

5.2.5. Conclusion : identification des gradients climatiques de flore à l'échelle de la France

La classification climatique des plantes a mis en évidence des groupes phytoclimatiques qui s'étendent sur des territoires de surface variable, pouvant abriter un ou plusieurs types de climat. Ces climats peuvent aussi bien correspondre à des grands types, comme le climat océanique ou montagnard, mais ils peuvent également correspondre à des zones de transition, ou encore à des sous-ensembles climatiques. Des exemples plus abondants sont présentés dans le cd-rom qui accompagne cette discussion.

Ces groupes illustrent la capacité de la flore qui les compose pour indiquer des variables quantitatives du climat. L'analyse de la classification montre des différences parfois très nettes entre groupes, même dès les premiers niveaux de synthèse. Aucune hypothèse n'est faite sur la taille des groupes, ce qui permet de comparer des groupes climatiques d'effectifs différents. L'étude des comportements climatiques des groupes des premiers niveaux de synthèse montre des comportements climatiques originaux, dont les cortèges floristiques chevauchent de grands ensembles climatiques. Ils constituent un résultat nouveau et exhaustif sur les relations entre les plantes et les climats.

5.3. Apports d'une démarche probabiliste pour l'étude des phytoclimats en France

Dans les précédents chapitres, des comparaisons ont été réalisées entre la méthode probabiliste et les méthodes couramment utilisées en écologie et en géographie botanique. Il paraît judicieux de comparer aussi les résultats des principales approches avec ceux précédemment décrits. Cette comparaison s'articule d'une part sur les travaux de juxtaposition et de superposition empirique donnant des cartes bioclimatiques et des catalogues de valeurs indicatrices, et d'autre part, sur des approches numériques dont les résultats permettent de connaître la position d'un taxon dans une gamme de variable climatique.

5.3.1. Les travaux des phytogéographes et leur comparaison avec les phytoclimats

La présentation des résultats des comportements climatiques des plantes et des groupes phytoclimatiques a été souvent mise en parallèle avec la géographie des principaux types de climats en France. Cependant, il ne faudrait pas écarter l'apport des synthèses des phytogéographes, qui ont conduit à subdiviser les climats en fonction de particularités locales et de leurs rapports avec la végétation.

En introduction à la flore de France de H. Coste (1906), Flahault, conscient de l'importance des rapports entre la géographie des climats et de celle des plantes, décrit quatre grandes régions floristiques dépendantes de critères climatiques :

la région océanique, correspondant au littoral atlantique et méditerranéen ;

la région tempérée de l'Europe occidentale caractérisée par un domaine atlantique, un domaine des plaines et collines du nord européen continental et un domaine des plaines et basses montagnes de l'Europe occidentale ;

la région méditerranéenne comprenant un secteur occidental (Roussillon-Narbonnaise), un secteur central (Bas Languedoc et Rhône inférieur) et un secteur oriental (Provence maritime et Ligurie) ;

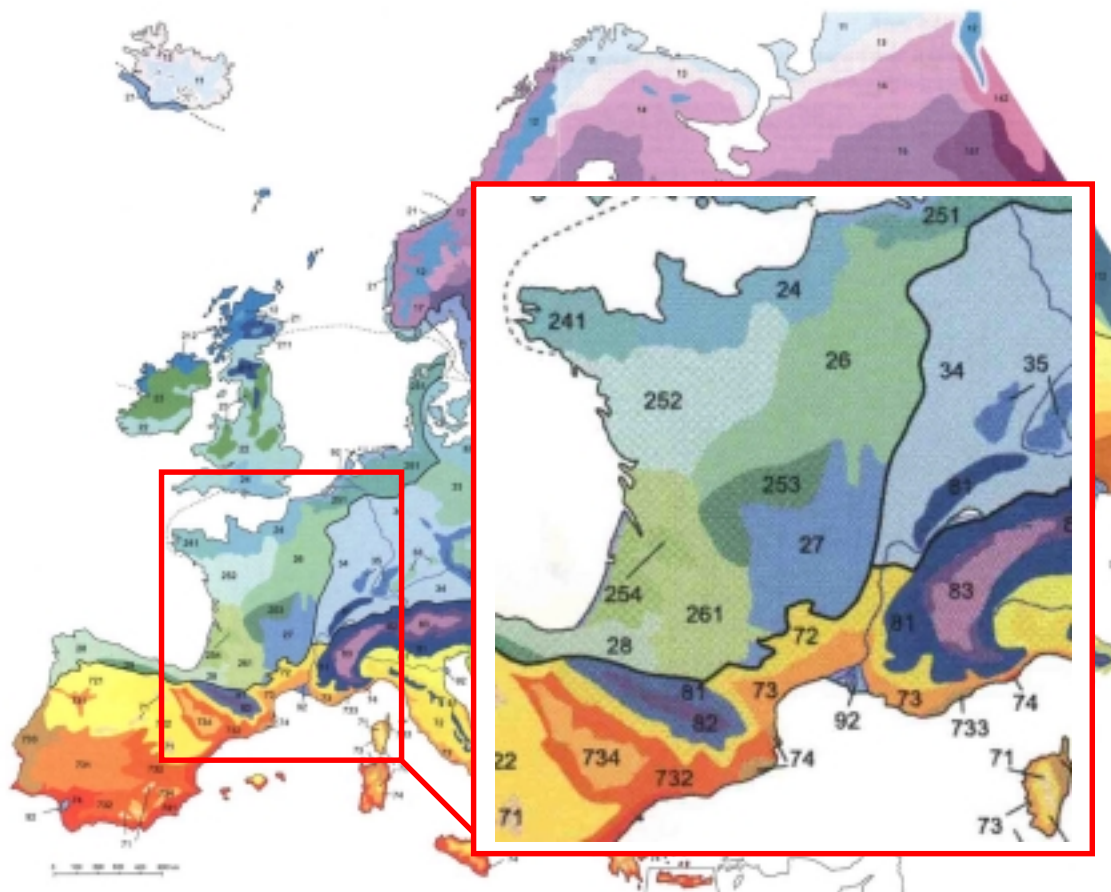
la région des hautes montagnes d'Europe comprenant le domaine des Alpes, y compris les Alpes Maritimes et les montagnes de Corse, et le domaine des montagnes ibériques.

La démarche qu'il emploie pour définir les régions floristiques est basée sur une méthode de juxtaposition entre des territoires climatiques et des territoires floristiques. Pour chaque domaine, Flahault énonce la liste des espèces qui caractérisent ces secteurs. L'analyse de ces espèces montre qu'il s'agit majoritairement d'endémiques.

En comparant la géographie des principaux phytoclimats et les territoires décrits par Flahault, des concordances sont visibles. Par exemple, le groupe 1406 (*Cerastium tetrandrum* Curtis 1-5 et *Atriplex litoralis* L. 1-6) du troisième niveau de synthèse indique un climat de type océanique. Sa répartition géographique correspond à ce que Flahault définit comme étant le domaine atlantique, secteur armorico-ligérien (de climat armoricain), issu de la région tempérée de l'Europe occidentale. Les espèces communes entre ce phytoclimat et le domaine atlantique sont par exemple *Sedum anglicum* Huds., *Erica ciliaris* L., *Scilla verna* Huds. et *Koeleria albescens* DC..

Les phytoclimats montrent des concordances évidentes entre la répartition des plantes et des sous-types climatiques. Cependant, ils montrent également des caractéristiques originales qui dépassent l'appartenance à un seul type climatique, ce qui n'est pas forcément perceptible par une méthode de juxtaposition. Comme Flahault utilise préférentiellement les taxons endémiques pour définir ses territoires floristiques et leurs liens avec les paramètres du milieu, les comportements du chêne vert ou du pin d'Alep ne sont pas rattachés à un type méditerranéo-atlantique, comme si ces deux taxons ne pouvaient pas indiquer leur rattachement à un tel climat. Ils ne sont donc placés dans aucuns territoires définis par Flahault.

Plus récemment (2000), Ozenda et Borel ont publié une carte écologique d'Europe dans laquelle ils montrent la prépondérance des paramètres climatiques pour la géographie de la végétation (figure 53).



- 2 : Zone Atlantique

- 24 : Canal à chêne et à hêtre.
- 241 : Secteur armoricain hyperhygrophile.
- 252 : Forêts acidiphile continentale à chêne, secteur de la Loire.
- 253 : Forêts acidiphile continentale à chêne, secteur submontagnard du Limousin.
- 254 : Forêts acidiphile continentale à chêne, secteur des Landes.
- 26 : Forêts mixtes neutrophiles à chêne.
- 261 : Secteur thermophile aquitain.
- 27 : Complexe des montagnes du Massif-Central français à hêtre et à pin.
- 28 : Forêts ibéro-atlantiques acidiphiles à chêne.

- 3 : Zone némorale centro-européenne

- 34 : Hêtraies subatlantiques et submontagnardes.
- 35 : Forêts montagnardes hercyniennes à hêtre-sapin-épicéa.

- 7 : Zone Méditerranéenne

- 71 : Ceintures de végétation monti et alti-méditerranéennes.
- 72 : Ceinture de végétation supra-méditerranéenne.
- 73 : Ceinture de végétation médio-méditerranéenne.
- 733 : Avec le chêne liège.
- 74 : Ceinture de végétation thermo-méditerranéenne.

- 8 : Zone Alpine

- 81 : Basse et moyenne montagne : ceinture de végétation collinéenne et montagnarde.
- 82 : Hautes montagnes : ceinture de végétation subalpine, alpine et nivale.
- 83 : Axes internes (Alpes et Caucase).

- 9 : Végétation Azonale

- 92 : Polders et deltas de rivières.

Le trait continu correspond à la limite de la zone atlantique. En pointillés correspond la limite avec la zone boréale.

Figure 53 : Une nouvelle carte de végétation de l'Europe, détail, d'après Ozenda et Borel (2000), modifié. La carte à l'échelle de la France et sa légende montrent d'abord une répartition de grands ensembles de végétations liée aux paramètres climatiques. Les subdivisions se rattachent à des distinctions entre paramètres climatiques (ex : hêtraies subatlantiques et submontagnardes), entre

types de formations végétales (ex : 24 canal à chêne et à hêtre), et entre types de sols colonisés par les formations végétales (ex : forêts acidiphiles). Ce type de résultat constitue une synthèse des relations entre les plantes et leurs milieux, mais ne permet ni de repérer des relations avec un grand nombre de taxons bien précis, ni de calculer leur dépendance apparente par rapport à ces facteurs. Ce résultat est un exemple de méthode de superposition empirique.

A l'échelle de la France, quatre grands ensembles phytoclimatiques sont distingués, plus l'ensemble de la végétation azonale. Ces grandes zones se subdivisent en sous-ensembles selon leurs nuances climatiques, mais aussi selon le type de sol et de formation végétale. La carte de la figure 53 donne des indications sur la géographie des principales formations végétales en relation avec le climat comme le montre sa légende. Les auteurs montrent que le climat est le principal facteur influençant la répartition de la végétation à l'échelle de l'Europe comme à l'échelle de la France. Cette influence se traduit par l'attribution des formations végétales dans des zones climatiques qui constituent la catégorie principale de la subdivision des groupes écologiques de cette carte. D'autre part, la dénomination des sous-groupes issus de ces zones est souvent rattachée à des notions bioclimatiques avec l'emploi des termes « thermophile » ou « thermo-méditerranéenne ».

A l'instar de Flahault, les auteurs reconnaissent l'existence d'un « secteur armoricain hyperhygrophile » qui correspond, dans notre classification, au phytoclimat 1406 (*Cerastium tetrandrum* Curtis 1-5 et *Atriplex litoralis* L. 1-6) du troisième niveau de synthèse. La comparaison entre les groupes écologiques et la répartition géographique de certains groupes phytoclimatiques montre donc des coïncidences territoriales. D'autres zones écologiques peuvent également être identifiées par des phytoclimats, comme c'est le cas par exemple pour le groupe 1903 dont la répartition correspond assez bien à celle de la zone alpine de cette carte et qui reflète un climat de montagnes.

Cependant, il existe aussi des contradictions comme le montre la géographie du groupe phytoclimatique 1406 qui longe le littoral atlantique et qui est concentré entre le Poitou et la Basse Normandie, zone qui est définie par Ozenda et Borel comme faisant partie de trois sous-ensembles atlantiques (secteurs 24, 241 et 252). Ces sous-ensembles sont distingués essentiellement à partir des formations végétales et des paramètres édaphiques. Or, une distinction climatique pourrait être réalisée pour ses sous-groupes écologiques : en effet, l'analyse des groupes phytoclimatiques issus du groupe 1406 montre que certains d'entre eux (groupes 1394 et 1375) ont une répartition géographique assez proche de celle des sous-ensembles définis par Ozenda et Borel, ce qui montre leur rattachement à des conditions climatiques particulières, mais aussi que ces dernières ne sont pas clairement exprimées dans la légende de leur carte. De plus, il subsiste toujours un groupe dont la répartition suit celle du groupe 1406 et dont la composition floristique montre des espèces du littoral atlantique au sens strict (groupes 1380 et 1364), ce qui indique qu'il manque une catégorie écologique à cette carte : celle de la végétation halophile de climat atlantique.

D'autre part, l'analyse de la subdivision du groupe phytoclimatique 1905 montre l'existence de groupes du littoral français au sens large et qui présentent un comportement climatique de type méditerranéo-atlantique (groupes 361, 349, 342, 289 et 284), ce qui souligne le gain de précision de l'emploi d'une démarche numérique en phytoclimatologie pour l'identification des territoires et des gradients climatiques de flore. Notons tout de même que cette végétation halophile de comportement climatique méditerranéo-atlantique correspond à la végétation du secteur océanique de Flahault.

Enfin, la végétation dite « azonale », qui est définie par les auteurs comme étant localisée dans les polders et les deltas des rivières, ne semble pas être rattachée à un type de climat particulier même si elle n'en est pas complètement indépendante. La végétation dite azonale regroupe en

général des végétaux dont la répartition géographique, au niveau régional, est déterminée par des particularités topographiques comme les falaises, ou bien par des conditions édaphiques marquées comme les sols salés, ou par des paramètres hydriques comme le cas des tourbières ou de la végétation des zones aquatiques dulçaquicoles (Ozenda, 1994). Or, même si la répartition de ces taxons est avant tout influencée par des paramètres non-climatiques, ces plantes peuvent également indiquer les mesures du climat sous lequel elles vivent :

par exemple, des taxons comme *Euphorbia paralius* L. et *Cakile maritima* Scop. dont la répartition est littorale, indiquent un climat méditerranéo-atlantique, même s'ils sont assimilés à une végétation de type azonale, car leur répartition géographique dépend de la présence des embruns, de vents violents et de sol salés et sablonneux.

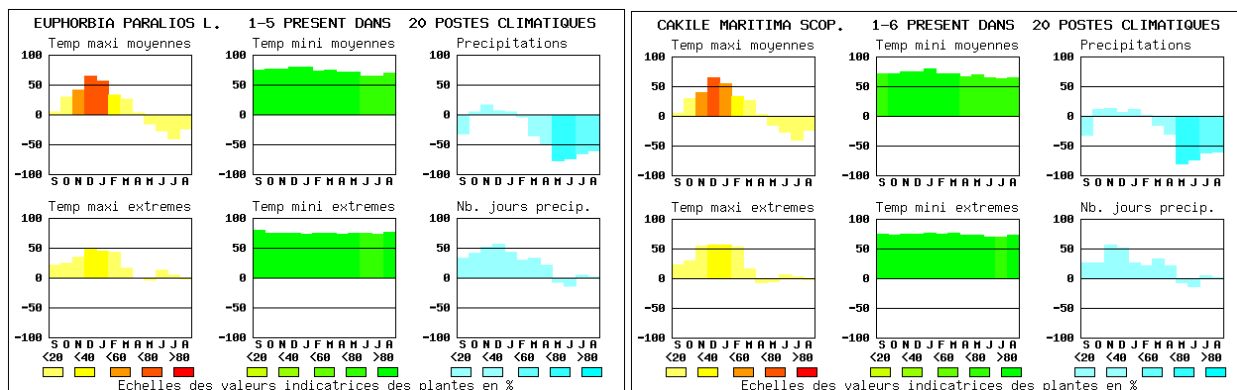


Figure 54 : Comportements climatiques de *Euphorbia paralius* L. et de *Cakile maritima* Scop..

Eriophorum vaginatum L. et *Andromeda polifolia* L. sont des taxons de tourbières de hautes et moyennes montagnes et montrent un climat de type montagnard ;

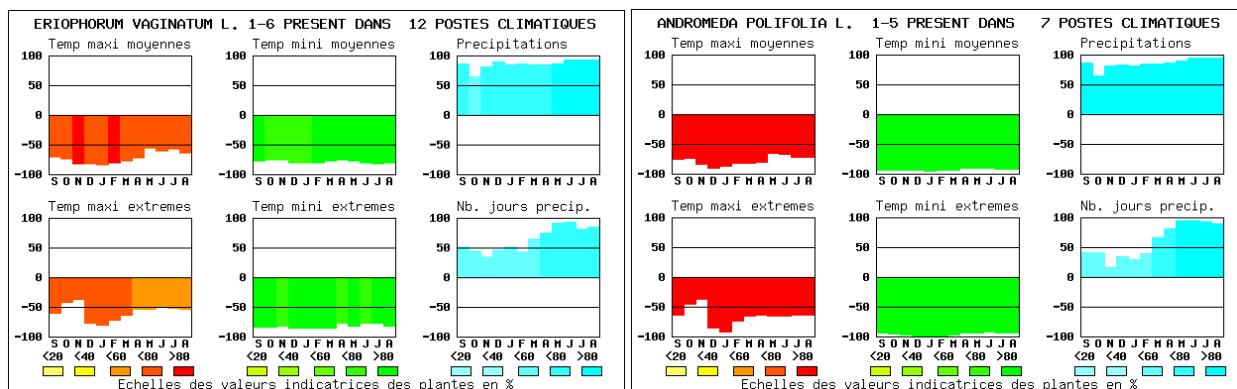


Figure 55 : Comportements climatiques de *Eriophorum vaginatum* L. et de *Andromeda polifolia* L..

Arundo phragmites L. et *Typha angustifolia* subsp. *domingensis* Pers., vivent dans des zones humides telles que des sagnes ou des bords de lacs. *Arundo phragmites* L. est une espèce cosmopolite en France et par conséquent, elle indique un climat moyen montrant une certaine ubiquité climatique. En revanche, *Typha angustifolia* subsp. *domingensis* Pers. est cantonnée dans le sud de la France et en Corse et indique par conséquent un climat méditerranéen.

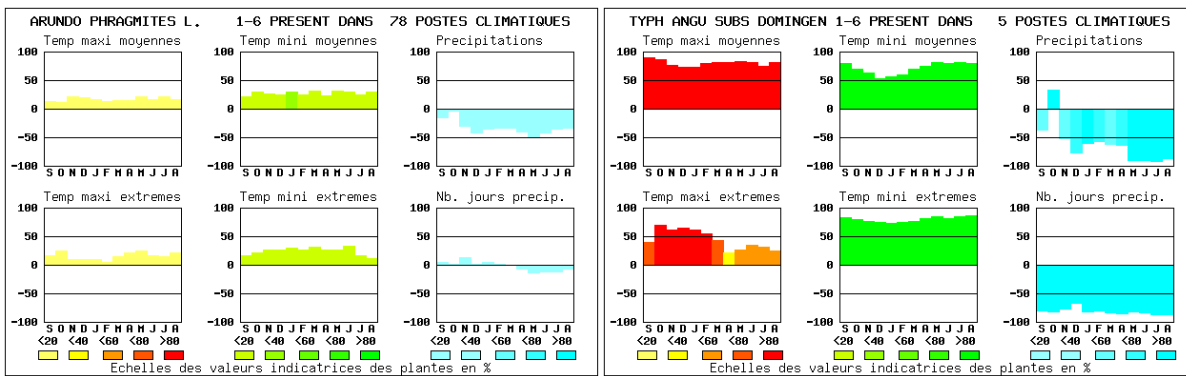


Figure 56 : Comportements climatiques de *Arundo phragmites* L. et de *Typha angustifolia* subsp. *domingensis* Pers..

Ces six derniers exemples montrent que, bien qu'une végétation de type azonale ait une répartition déterminée par des facteurs édaphiques ou topographiques, les plantes constitutives de ce type de végétation sont souvent indicatrices des climats sous lesquels elles vivent. Ces résultats soulignent également que certaines d'entre elles semblent bien cantonnées dans un type de climat particulier, ce qui ne permet pas de les classer dans des types azonaux. Seules les plantes indiquant un climat de type moyen et dont la répartition est suffisamment étendue dans la gamme des variables climatiques peuvent être considérées comme faisant partie de la végétation de type azonale.

Ces résultats et leur comparaison avec les travaux des phytogéographes montrent la précision que peut apporter l'utilisation de l'étalonnage climatique de la flore et de sa classification en géographie botanique. La classification permet de distinguer, selon des niveaux hiérarchiques, les principaux facteurs environnementaux influençant la répartition des phytoclimats, mais aussi de montrer l'originalité géographique et climatique des relations entre les plantes et les climats. Elle montre des liens déjà supposés ou identifiés par les biogéographes et les botanistes, mais elle le fait de façon numérique, en calculant le lien entre plantes ou groupe de plantes et climats, et sur un lot important de données. Elle montre aussi des phytoclimats originaux.

En conclusion, l'approche géographique botanique en phytoclimatologie donne des informations générales sur la répartition des facteurs climatiques influençant la géographie des plantes. Ces approches tentent de constituer des ensembles par la juxtaposition ou la superposition entre les répartitions des plantes et des climats, sans en quantifier les liens de dépendance. Ces méthodes donnent des informations très générales et ne permettent pas d'étudier l'écologie de nombreux taxons. Ce constat est appuyé par l'analyse des groupes phytoclimatiques subordonnés aux grands groupes et dont la répartition ne concorde pas à celle définie par les études territoriales.

En revanche, l'utilisation d'un étalonnage permet d'abord d'étudier les relations entre un grand nombre de plantes et de variables, puis la classification des comportements permet d'identifier, par ordre d'importance, les gradients climatiques ressentis par les plantes. L'analyse de ces gradients montre des comportements climatiques de groupes de plantes et des répartitions originales sur le territoire français, témoignant de la richesse des situations phytoclimatiques.

5.3.2. Apports de la nouvelle classification climatique de la flore par rapport à celle de 1977

Les apports de la nouvelle classification climatique des plantes en France sont liés à l'emploi d'un volume plus important d'observations botaniques et de mesures climatiques, ainsi qu'à l'utilisation d'une méthode probabiliste de classification des comportements climatiques des plantes.

Du point de vue des données, l'actuelle classification regroupe 2400 taxons de plus qu'en 1977, date de la précédente classification réalisée par Brisse et Grandjouan et qui avait permis de regrouper les comportements climatiques de 450 taxons en France. En outre, ce sont six fois plus de postes climatiques qui ont été actuellement utilisés pour la présente classification. Ainsi, les données actuelles sont considérablement plus volumineuses que celles de 1977 et apportent par conséquent, stabilité et précision dans les résultats.

Du point de vue méthodologique, une évolution majeure a été apportée par l'actuel emploi des probabilités plutôt que des distances euclidiennes qui avaient été utilisées en 1977. Dans les deux cas, la différence entre deux comportements est mesurée par l'ensemble des fidélités cumulées des plantes aux rangs du facteur. L'usage des fidélités cumulées conserve l'information quantitative apportée par le facteur. La différence entre les fidélités cumulées, qu'elle soit géométrique ou probabiliste, est d'autant plus grande que les plantes sont inféodées à des rangs plus éloignés dans la gamme du facteur.

La différence géométrique est la distance euclidienne dans l'espace des fidélités cumulées. Elle est égale à la racine carrée de la somme de carrés des différences entre les fidélités cumulées, pour tous les rangs du facteur. Elle donne un poids dominant aux rangs où les deux fidélités sont les plus différentes.

En revanche, la différence probabiliste est la probabilité que les deux plantes soit disjointes par tous les rangs du facteur, l'une étant cantonnée dans les rangs inférieurs à un rang donné, l'autre dans les rangs supérieurs. Cette différence est égale à la différence moyenne entre les fidélités cumulées des deux plantes aux rangs du facteur. Elle est comprise entre 0 et 1. Elle donne le même poids à toutes les différences de comportement climatiques, ce qui ne constitue pas d'*a priori* concernant l'importance d'un taxon par rapport aux autres et permet de les comparer sur un même niveau d'égalité.

5.4. Conclusion : cohésion écologique et géographique des phytoclimats

La classification de 2800 comportements climatiques de plantes en France a permis de déterminer les groupes phytoclimatiques appelés « phytoclimats » témoins de gradients climatiques de flore en France. Ces phytoclimats montrent une cohésion écologique et géographique qui est mise en évidence par la nature même des phytoclimats :

a. Un phytoclimat est un phénomène écologique représenté par une expérience stationnelle entre les plantes et le climat. Il témoigne de l'effet apparent d'un facteur sur la distribution des présences et des abondances des plantes sur un territoire. Il doit sa précision et son objectivité à sa caractérisation par des données stationnelles qui représentent un échantillon de situation écologique et non un échantillon de territoire.

b. Le caractère graduel du phytoclimat est représenté par la répartition de ses fréquences relatives dans les 117.000 localités inventoriées du point de vue floristique par la banque « Sophy ».

Ces fréquences sont assimilables à des probabilités de présence des plantes du phytoclimat dans la flore de la localité prospectée. Ces fréquences montrent d'une part des zones de concentration du phytoclimat et, d'autre part, des gradients climatiques de flore qui sont issus de ces zones. Cette définition du phytoclimat s'oppose à la recherche des limites précises entre les répartitions des plantes et des climats, qui conduit en fait à comparer des territoires et non pas des situations écologiques. La classification climatique des plantes permet de retourner au territoire sous un angle plus écologique en intégrant les relations exprimées de façon quantitative et probabiliste.

Si les premiers niveaux de synthèse de la classification mettent l'accent sur les paramètres généraux qui influencent la répartition de la végétation en France, l'analyse des niveaux inférieurs de la classification met en évidence les nuances locales de ces facteurs climatiques et de leurs rapports avec des plantes plus spécialisés. La classification montre également l'existence de groupes phytoclimatiques très étendus sur le territoire français, comme le sont les plantes des plaines et des basses montagnes de l'Europe tempérée et ce pour chacun des niveaux de synthèse.

Enfin, les phytoclimats représentent des ensembles écologiques pouvant faire l'objet d'une télédétection dont le but serait d'estimer, après un étalonnage entre phytoclimats et mesures satellitaires, la répartition spatiale des relations entre plantes et climats sur l'ensemble du territoire français, pour chacune des unités élémentaires des images de la France.

CHAPITRE 6 : LES PLANTES INDICATRICES DES CARACTERISTIQUES SPECTRALES DE LEURS MILIEUX. PERSPECTIVES POUR LA TELEDETECTION DES PHYTOCLIMATS

6.1. Introduction

Le satellite NOAA AVHRR représente, par les canaux qu'il utilise, un moyen pour étudier la végétation à l'échelle de la France. Il offre la possibilité d'avoir de nombreuses images pour une période donnée, qui permettent de réaliser des synthèses numériques comme le calcul des valeurs maximales et cumulées de NDVI. Comme sa fauchée est de 2700 km, il permet de cartographier en une seule image le territoire français, ce qui facilite grandement l'étude de la végétation à cette échelle. Ce sont de telles images qui ont été utilisées dans le cadre d'un étalonnage entre la flore et les mesures du NDVI. Cette étape, qui reste originale dans cette discipline, suppose que les plantes représentent des indicateurs des caractéristiques spectrales globales des milieux dans lesquels elles vivent. Les résultats montrent effectivement des variations dans l'expression des caractères spectraux selon que les plantes appartiennent à des milieux différents. Mais en premier lieu, ce sont les images et les variables utilisées qui sont décrites dans les paragraphes suivants.

6.2. Les images NOAA AVHRR

Les images de cette recherche proviennent des satellites héliosynchrones NOAA-9 AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) et NOAA-14 AVHRR, dont les périodes de fonctionnement s'étendent respectivement de février 1985 à mars 1995 et de mars 1995 jusqu'à présent. Ces images nous ont été aimablement prêtées par la banque de données de l'Insitute for Environment and Sustainability (IES) située à Ispra (Italie), au Centre Commun de Recherche (CCR) de la Commission Européenne. L'altitude moyenne du satellite est de 850 km. Sa durée de révolution est de 102 minutes et réalise de ce fait 14,2 révolutions par jour. Les images sont acquises quotidiennement vers 15h30 UT (figure 57) par la station de réception de l'IES.

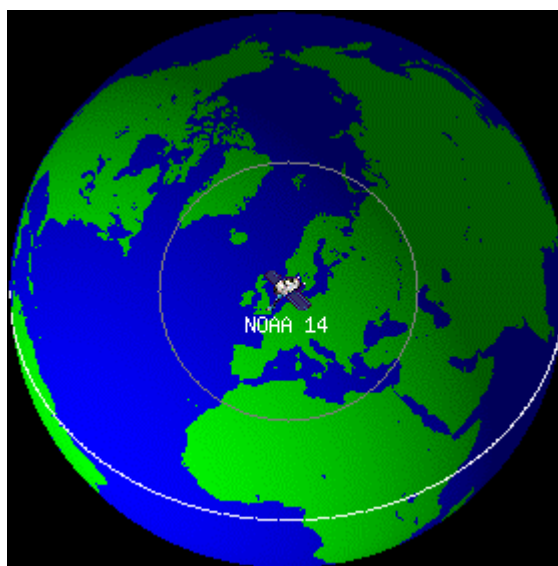


Figure 57 : Localisation du satellite NOAA 14 le 22/03/2001 à 15h29 UT. Image issue du site Internet de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) : <http://liftoff.msfc.nasa.gov/temp/NOAA14Loc.html>

Ces images sont au format HRPT (High Resolution Picture Transmission) qui correspond à la résolution maximale du capteur du satellite. La largeur de l'image, appelée aussi « fauchée », est de 2700 Km. Elle permet de couvrir une grande surface en peu de passages, ce qui est important pour

les études à petite échelle. Lorsque le capteur du satellite est à la verticale de l'objet sur la surface terrestre (nadir), sa résolution spatiale est de 1,1 km de côté. Chaque image contient l'ensemble des cinq bandes spectrales utilisées par le satellite.

Cependant, les images de ce satellite ne sont pas dépourvues d'artéfacts. Ainsi, elles ont été traitées par des méthodes de correction afin de produire des images standardisées et superposables entre elles. Ces méthodes sont brièvement expliquées dans les paragraphes suivants.

6.2.1. Correction des images brutes

Les images enregistrées au format HRPT doivent subir des corrections en raison de perturbations liées à la turbidité de l'atmosphère terrestre et au mouvement propre du satellite. Le traitement appliqué porte le nom de SPACE II (Kerdiles, 1997) et a été mis en service au CCR depuis 1995. Aussi, le lot de données corrigées utilisé dans la présente recherche commence depuis l'année 1995 afin de garder des données comparables entre elles. Les images traitées portent le qualificatif de niveau 3 (Level 3) et sont utilisées principalement dans le cadre du programme MARS (Monitoring Agriculture with Remote Sensing) par l'unité ARIS (Agriculture and Regional Information Systems) du CCR.

6.2.1.1. Etalonnage radiométrique

L'étalonnage radiométrique permet de convertir le signal enregistré par le satellite en un signal physique appelé radiance, correspondant à la mesure spectrale d'un objet détecté au sol. Ce signal est numérisé à la sortie du capteur et est codé sur 10 bits. A chaque lancement d'une plateforme NOAA, les coefficients d'étalonnage sont déterminés. Ils servent à calculer une fonction linéaire qui détermine la détérioration du capteur par rapport à des étalons au sol dont la réponse radiométrique est connue.

Le programme convertit les images brutes en réflectances pour les canaux 1, 2 et 3 en tenant compte du stress du lancement de l'appareil, de la dégradation du capteur, de l'angle solaire au zénith qui varie en fonction de la date, de l'heure et du lieu, et en tenant compte de la distance terre-soleil. Pour le canal 3, sa correction tient compte de la température de brillance donnée par le canal 4. L'équation de Planck est utilisée pour convertir la radiance en réflectance pour le canal 3. Cette équation est également employée pour convertir en températures de brillance les radiances des canaux 4 et 5.

6.2.1.2. Corrections atmosphériques

Le capteur est affecté par les variations de l'atmosphères qui fluctuent constamment dans l'espace et le temps. Les principaux agents de ces changements sont la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère, la présence de poussières et la teneur en aérosols et en molécules de gaz qui provoquent un phénomène de diffusion des ondes électromagnétiques.

La diffusion de Rayleigh correspond aux molécules gazeuses dont les dimensions sont inférieures aux ondes du rayonnement solaire. La diffusion de Mie correspond à l'influence des aérosols en suspension dans l'atmosphère comme les poussières et les micro-gouttelettes d'eau (Guyot, 1997). Les corrections atmosphériques utilisées par le logiciel SPACE II sont basées sur le model de transfert radiatif 5S développé par le Laboratoire Optique Atmosphérique de Lille (Tanre *et al.* 1986 in Vowles, 1992) qui prend en compte l'effet des paramètres de diffusions de Rayleigh et de Mie.

6.2.1.3. Détection des nuages et des côtes

La détection des nuages, du brouillard et des brumes est un point important dans le contrôle de la qualité des images. Une fois ces phénomènes climatiques détectés, les pixels affectés par ces perturbations climatiques sont utilisés pour faire un masque permettant de repérer les pixels non ou peu perturbés. Le programme distingue en premier lieu la limite entre les surfaces maritimes et les terres, laquelle dépend de la géographie et de la saison. Ce test utilise l'algorithme Apollo développé par le British Meteorological Office qui détermine automatiquement ces limites. Les canaux 4 et 5 sont utilisés comme complément au test de la limite des surfaces aquatiques et terrestres. Les canaux 1 et 2 sont utilisés sous la forme d'un rapport qui permet de détecter le type de couverture au sol.

Enfin, le test final utilise l'infra rouge moyen pour détecter les nuages et les brouillards en prenant en considération les tests préliminaires. Le résultat de cette étape correspond aux images de niveau 2. Un bit est attribué à chaque niveau de détection. Ainsi, l'image brute qui était codée sur 10 bits est alors codée sur 13 bits correspondant aux masques concernant la séparation entre les surfaces terrestres et les surfaces maritimes, la détection des surfaces enneigées, la détection des nuages, des brumes et des brouillards.

6.2.1.4. Corrections géométriques

Le satellite est un instrument mobil dont les coordonnées varient selon les trois dimensions de l'espace. De plus, il faut ajouter l'effet de son mouvement propre de roulis et de tangage. Enfin, il faut aussi tenir compte de la rotation de la terre. Ces variations provoquent des distorsions des images brutes responsables des altérations de l'aspect géométrique des pixels qui modifient leur forme, leur dimension et de leur orientation. Pour comparer les images entre elles, il est nécessaire que ces dernières soient superposables. Les corrections géométriques réalisées par le programme SPACE II requièrent quatre étapes : la première étape consiste à déduire la géométrie de l'image à partir d'un modèle d'orbite elliptique. Dans un deuxième temps, le programme réalise un test radiométrique pour détecter la limite terre/eau ce qui permet de déterminer les limites côtières. La troisième étape concerne l'utilisation d'un modèle orbital pour prendre en compte les variations d'éclairement des objets en fonction des paramètres des éphémérides. La dernière étape cherche à éliminer les erreurs résiduelles concernant la rotation et l'altitude du satellite.

6.2.1.5. Ré-échantillonnage

Le ré-échantillonnage consiste à utiliser des images de niveau 2 issues de différents passages pour constituer une unique image en projection Albers Equal Area. Le résultat donne des images de niveau 3 à 1,1 km de résolution, couvrant toute l'Europe et pouvant être superposables entre elles. Ces images de niveau 3 sont codées sur 16 bits. Les six premiers bits correspondent aux masques utilisés dans le traitement des images. Les dix autres correspondent aux cinq canaux du AVHRR, soit deux bits affectés par canal. Les images sont composées de deux fichiers : le fichier image proprement dit ayant une extension « .img » et un fichier texte, ayant l'extension « .leader », contenant les informations sur le nombre de colonnes et de lignes de l'image et le type de projection utilisé. En annexe (annexe 5) se trouve un exemple de fichier leader d'une image centrée sur la France.

6.2.2. Sélection des images prétraitées

Les images sélectionnées pour l'étalonnage entre la flore et les phytoclimats de France vis-à-vis des mesures satellitaires couvrent la période 1995-1999, soit 5 années consécutives

d'enregistrements journaliers. Cette période a été choisie en raison de la mise en place du traitement des images brutes par le programme SPACE II en 1995.

Ce programme est une version améliorée du logiciel SPACE qui était utilisé depuis 1989 au CCR. Ces deux lots de données ne sont donc pas statistiquement comparables entre eux et la priorité a été donnée au lot le plus récent supposé être de meilleure qualité.

Néanmoins, il faut savoir que depuis le début de l'année 2001, le CCR a décidé de retraiter l'ensemble de ses données NOAA de la période 1985-1994, afin d'avoir une banque de données images homogène sur la période 1985-2001, ce qui pourrait être très utile dans le cadre d'un nouvel étalonnage avec la flore.

Même si le traitement des images par le logiciel SPACE II produit des images de haute qualité, celles-ci peuvent encore contenir des artefacts dus à des problèmes lors de leur réception. Ces artefacts se traduisent par la présence de bandes claires sur l'image (figure 58).



Figure 58 : Exemple d'une image présentant des artefacts (le 12/07/99). On remarque nettement la présence d'un trait parcourant la France du nord au sud.

Aussi, il a été indispensable de sélectionner les images ne présentant pas d'artefacts, tout au moins sur la zone étudiée. La sélection des 1825 images a permis d'éliminer 859 images présentant des artefacts, ce qui a donné un lot de 966 images NOAA AVHRR de niveau 3 à traiter. En annexe (annexe 6) figure la liste des images qui ont été éliminées.

6.2.3. Sélection des variables utilisées dans le cadre de l'étalonnage satellitaire des plantes

L'étalonnage entre les mesures satellitaires NOAA et les plantes cherche à connaître dans quelle gamme spectrale est cantonnée une plante selon un canal ou un indice donné. En général, le NDVI reste l'indice le plus fréquemment utilisé dans le cadre de la télédétection de la végétation. Cependant, selon les thèmes étudiés et les satellites employés, d'autres indices peuvent être utiles. Le tableau suivant présente des indices fréquemment cités dans la littérature.

Dénomination	Formule	Caractéristiques	Auteurs
Différence	$R-pIR$	Forte sensibilité aux variations atmosphériques	Monget, 1980
Rapport	$RVI=pIR/R$	Saturation aux forts indices, sensibilité à la contribution spectrale des sols et aux effets atmosphériques	Knipling, 1970 ; Viollet <i>et al.</i> , 1985
Indice de végétation normalisé	$NDVI=(pIR-R)/(pIR+R)$	Sensibilité aux effets atmosphériques, gamme de variation plus faible que le précédent, mais sensibilité aux variations angulaires de la visée, selon la position vis à vis du soleil <i>hot spot</i>	Rouse <i>et al.</i> , 1974 Tucker, 1979
Indice de végétation transformé	$TVI=\sqrt{NDVI+0,5}$	Essai d'élimination des valeurs négatives, stabilisation de la variance	Deering <i>et al.</i> , 1975
Indice de végétation perpendiculaire	$PVI=a_1(pIR)-a_2(R)+cte$	Diminution de la contribution spectrale des sols, mais sensibilité à diverses caractéristiques des sols	Richardson et Wiegand, 1977
Indice de végétation ajusté au sol	$SAVI=[(1+L)(pIR-R)]/(pIR+R+L)$ avec $L=0,5$ pour diminuer l'effet du sol	De nombreux indices sont issus de celui-ci pour minimiser l'effet du sol (TSAVI, MSAVI...)	Huete, 1988

Tableau 18 : Les principaux indices de végétation les plus couramment utilisés. pIR : proche infrarouge ; R : rouge ; (d'après Girard et Girard, 1999 ; modifié). Ces indices utilisent tous les canaux dans le rouge et le proche infrarouge.

Ces différents indices proviennent de méthodes empiriques dont le but est de repérer de la meilleure façon possible les paramètres de la végétation selon les satellites utilisés. Certaines études utilisent d'autres combinaisons de canaux du AVHRR dans l'infrarouge moyen et dans l'infrarouge thermique (Boyd and Ripple, 1997 ; Maselli *et al.*, 1996).

Ils ont été testés dans le cadre de l'étalonnage avec la flore. Les résultats (annexe 7) ont montré que les optimums des taxons dans les gammes de variables satellitaires de ces indices étaient très irréguliers et que leurs pouvoirs indicateurs restaient souvent très faibles, ce qui n'a pas permis de les retenir pour cette étude. Ainsi, l'étalonnage de la flore en fonction des mesures du satellite NOAA a été réalisé uniquement à partir des synthèses numériques du NDVI (§ 6.2.3.2.).

Sont également étalonnés avec la flore et de façon indépendante les canaux 1 et 2 (Rouge et Proche Infrarouge) qui participent à la constitution du NDVI. Leurs relations avec la flore sont présentées dans les résultats graphiques. Cependant, seuls les relations avec le NDVI sont commentées, car cet indice montre plus clairement les relations entre les mesures spectrales des milieux et la flore qui les compose.

6.2.3.1. Facteurs de variation du NDVI

Le succès du NDVI dans les études de recherche est en partie lié aux nombreux domaines d'application qui lui sont attribués comme l'estimation de la biomasse, le contrôle des rendements cultureux, la cartographie des couverts végétaux, le suivi de la dynamique des écosystèmes etc.

De nombreuses études ont montré que des paramètres internes et externes aux couverts végétaux font varier les valeurs du NDVI. Les facteurs externes produisent des artéfacts qui gênent l'interprétation des images. En revanche, les variations induites par les couverts végétaux témoignent de phénomènes biologiques dont la détection permet d'identifier des ensembles de végétation.

Parmi les facteurs externes aux surfaces végétales, la topographie, notamment par les ombres portées qu'elle génère et par l'illumination exagérée des crêtes, peut modifier la réponse spectrale

de la végétation (Burgess *et al.*, 1995). Les effets atmosphériques, comme la présence de nuages et de brumes et la teneur en aérosols, produisent des artéfacts non négligeables sur le NDVI, abaissant artificiellement la valeur de l'indice (Cihlar *et al.*, 1997), ce qui incite les chercheurs à utiliser des images corrigées ou bien à développer des algorithmes pour repérer ces artéfacts. Le mouvement propre du satellite et son angle de visé par rapport à l'angle d'éclairement de l'objet peuvent agir sur les valeurs du NDVI. Cependant, Kaufmann *et al.* (2000) montrent, en ayant utilisé 14 années d'images NOAA quotidiennes, que les variations orbitales du satellite sont négligeables vis à vis du NDVI, ce qui souligne l'intérêt de cet indice quant à l'usage de séries temporelles relativement longues.

Parmi les facteurs liés aux couverts végétaux, l'indice de surface foliaire (LAI pour Leaf Area Index) influence de façon très nette les valeurs du NDVI ce qui permet d'utiliser ce dernier pour estimer le pourcentage de couverture de la canopée (Taylor *et al.*, 1992 ; Carlson and Ripley, 1997). En effet, le LAI représente le total des faces supérieures des feuilles dans un cylindre fictif, dont la section est égale à l'unité d'aire au sol et la hauteur est égale à celle du couvert végétal. Le LAI s'exprime donc en m² de feuilles par m² de sol, ce qui confère un indice sans dimension (Guyot, 1997). Plus l'indice foliaire est élevé, plus la végétation couvre la surface au sol. Cet indice est par conséquent un indicateur de croissance végétale qui est souvent utilisé en agriculture (Bonn et Rochon, 1996). Les variations du LAI dépendent aussi de la phénologie des végétaux, car selon les saisons ils laissent apparaître une surface de sol plus ou moins importante, selon les espèces structurantes des formations végétales.

D'autre part, le NDVI reste proportionnel à la biomasse aérienne (Figure 59), ce qui implique que plus le NDVI est élevé, plus il montre des surfaces vertes continues et abondantes.

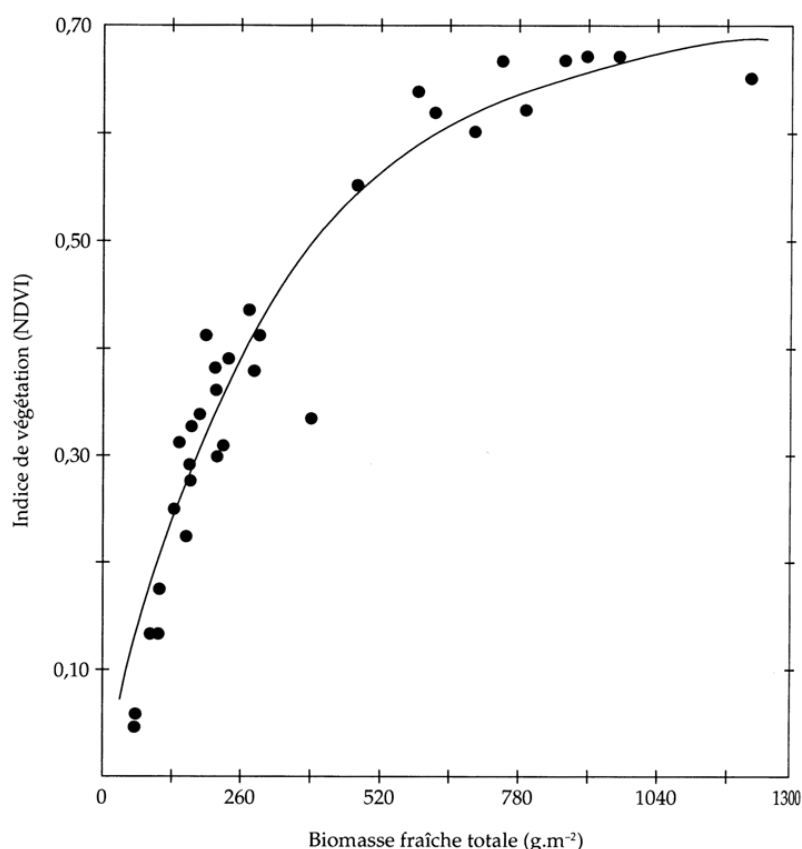


Figure 59 : Relation entre l'indice de végétation NDVI et la biomasse aérienne (d'après Tucker, 1979 in Bonn, 1996). Les valeurs du NDVI sont proportionnelles à la biomasse aérienne.

Ainsi, l'interprétation des résultats de l'étalonnage entre les mesures du NDVI et la flore est liée en partie à l'influence des phénomènes externes et internes aux végétaux, qui provoquent les variations dans les mesures spectrales. Elle tente de tenir compte de la phénologie de la végétation, car elle permet dans certains cas de distinguer les végétaux sempervirents des végétaux caducifoliés qui peuvent être caractéristiques d'un secteur donné (Goward *et al.*, 1987), en relation avec un climat particulier.

Enfin, la somme des NDVI journaliers sur une période donnée permet, dans une certaine mesure, d'estimer la productivité primaire des végétaux (Blasco *in* Legay et Barbault, 1995 ; Ricotta *et al.*, 1999) ce qui peut constituer un moyen pour repérer des milieux différents. La productivité primaire nette indique la capacité de production des écosystèmes qui est liée aux types de formations végétales qui les constituent ainsi qu'aux conditions climatiques. Comme le montre les équations qui permettent d'estimer la productivité primaire nette, cette dernière est liée aux températures et aux précipitations (Barbault, 1990). Le modèle de Miami estime la production primaire nette par gramme de matière sèche par m² et par an à partir des températures et des précipitations (figure 60).

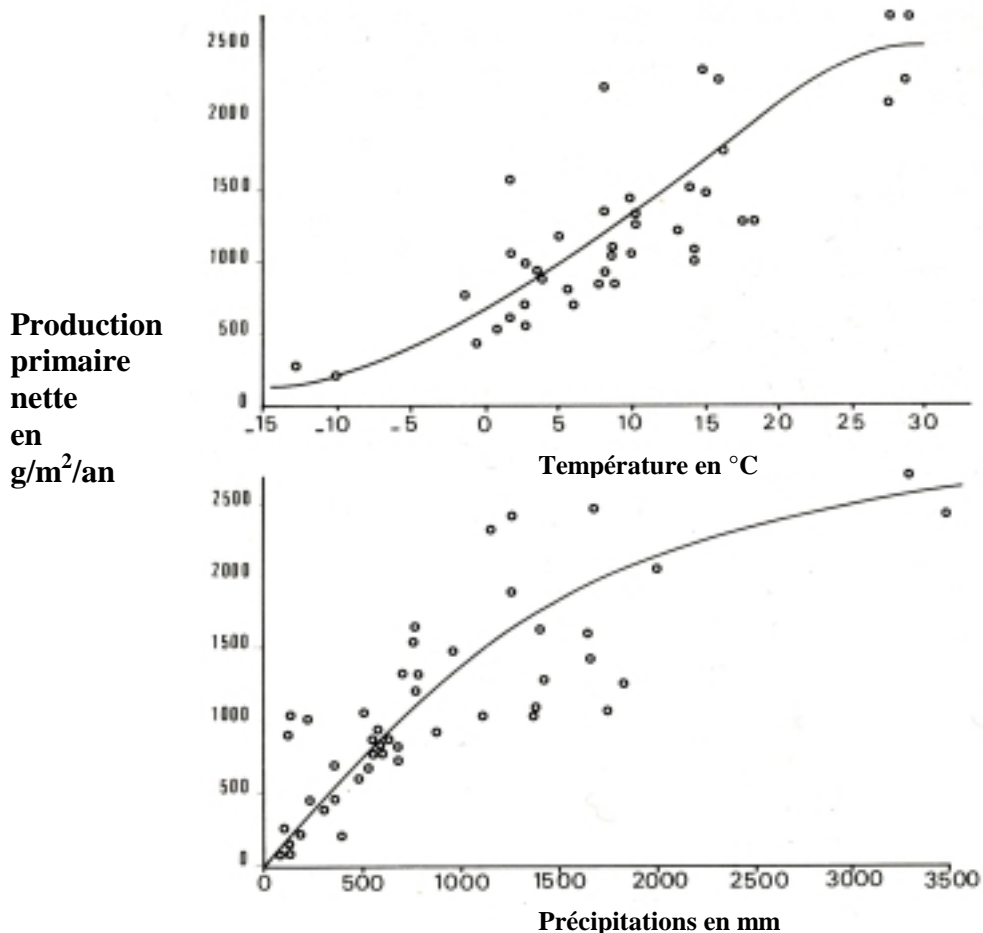


Figure 60 : Relations entre, d'une part, la production primaire nette (en g de matière sèche par m² et par an), d'autre part la température moyenne (en haut), et les précipitations annuelles (en bas), (d'après Lieth, 1975 in Barbault, 1990).

Ce modèle montre clairement le lien entre production primaire de matière sèche et conditions climatiques reflétées par les températures et les précipitations, ce qui souligne un lien entre plantes et climats qui peut être détecté par le satellite NOAA au moyen des valeurs cumulées du NDVI.

Il est également possible de faire une classification des milieux selon leur biomasse végétale et leur productivité primaire nette. Le tableau suivant montre un exemple de classification issu des travaux de Whittaker et Likens (*in* Barbault, 1990).

Type d'écosystème	Biomasse en t/ha		Production en g/m ² /an	
	Gamme	Moyenne	Gamme	Moyenne
Forêts ombrophiles tropicales	60 - 800	450	1.000 - 3.500	2.200
Forêts tropicales caducifoliées	60 - 600	350	1.000 - 2.500	1.600
Forêts tempérées de conifères	60 - 2.000	350	600 - 2.500	1.300
Forêts tempérées caducifoliées	60 - 600	300	600 - 2.500	1.200
Forêts boréales (Taïga)	60 - 400	200	400 - 2.000	800
Savanes	2 - 150	40	200 - 2.000	900
Steppes tempérées	2 - 50	16	200 - 1.500	600
Toundra	1 - 30	6	10 - 400	140
Déserts buissonnants	1 - 40	7	10 - 250	90
Déserts extrêmes, zones polaires	0 - 2	0,2	0 - 10	3
Agroécosystèmes	4 - 120	10	100 - 3.500	650
Marécages	30 - 500	150	800 - 3.500	2.000
Lacs et fleuves	0 - 1	0,2	100 - 1.500	250
Estuaires	0,1 - 60	10	200 - 3.500	1.500

Tableau 19 : Biomasse végétale et production primaire nette dans divers types d'écosystèmes (d'après Whittaker et Likens *in* Barbault, 1990, modifié).

Les résultats de ce tableau montrent clairement les formations végétales qui produisent le plus : ce sont celles qui bénéficient des températures les plus clémentes et des précipitations les plus importantes. Il faut noter que les secteurs humides comme les estuaires et les marécages ont aussi une forte production de biomasse végétale. Les milieux qui produisent le moins sont les milieux froids et les milieux secs, ces deux phénomènes pouvant être concomitants.

6.2.3.2. Synthèses numériques du NDVI

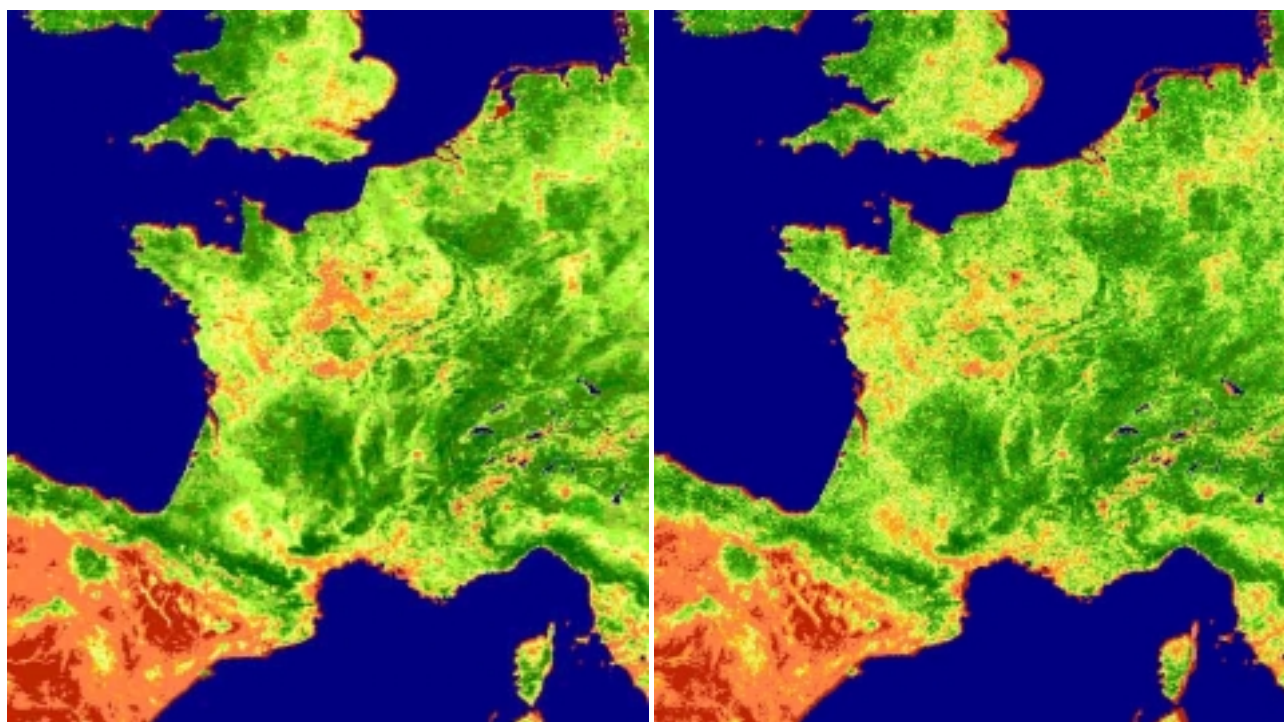
Les images utilisées ont été enregistrées sur une période de cinq années consécutives. Afin de repérer des stades phénologiques différents selon les types de milieux, les données utilisées sont la forme de synthèses numériques mensuelles. Les valeurs qui caractérisent les pixels en fonction du NDVI sont de quatre types : ce sont des valeurs maximales, moyennes, médianes et cumulées sur l'ensemble des 5 années.

Il est généralement admis que la valeur maximale d'un pixel s'échelonnant sur 10 à 30 jours, permet de repérer la meilleure mesure des objets détectés. Les images ainsi produites constituent les Maximum Value Composite (MVC). Aussi, dans la recherche proposée, les MVC ont été calculées mensuellement sur une période de cinq ans. Les douze images qui en résultent montrent la valeur maximale des pixels sur cette période pour un mois donné.

Cependant, d'un point de vue statistique, le fait de prendre une seule mesure d'un pixel sur dix ou trente jours ou plus ne témoigne pas forcément du comportement spectral caractéristique d'un objet. Comme notre étude s'intéresse aux paramètres représentant l'état moyen de la végétation et de ses liens avec le milieu, la présente recherche vise à étudier les relations entre la flore et les valeurs mensuelles moyennes et médianes du NDVI. Cette approche par les valeurs moyennes et médianes du NDVI constitue une démarche inhabituelle en télédétection, mais elle est sollicitée par l'objet de notre recherche. L'utilisation des moyennes permet dans ce cas de tenir compte des valeurs extrêmes du NDVI. En revanche, les valeurs médianes évitent de prendre en compte les valeurs extrêmes qui peuvent être atypiques.

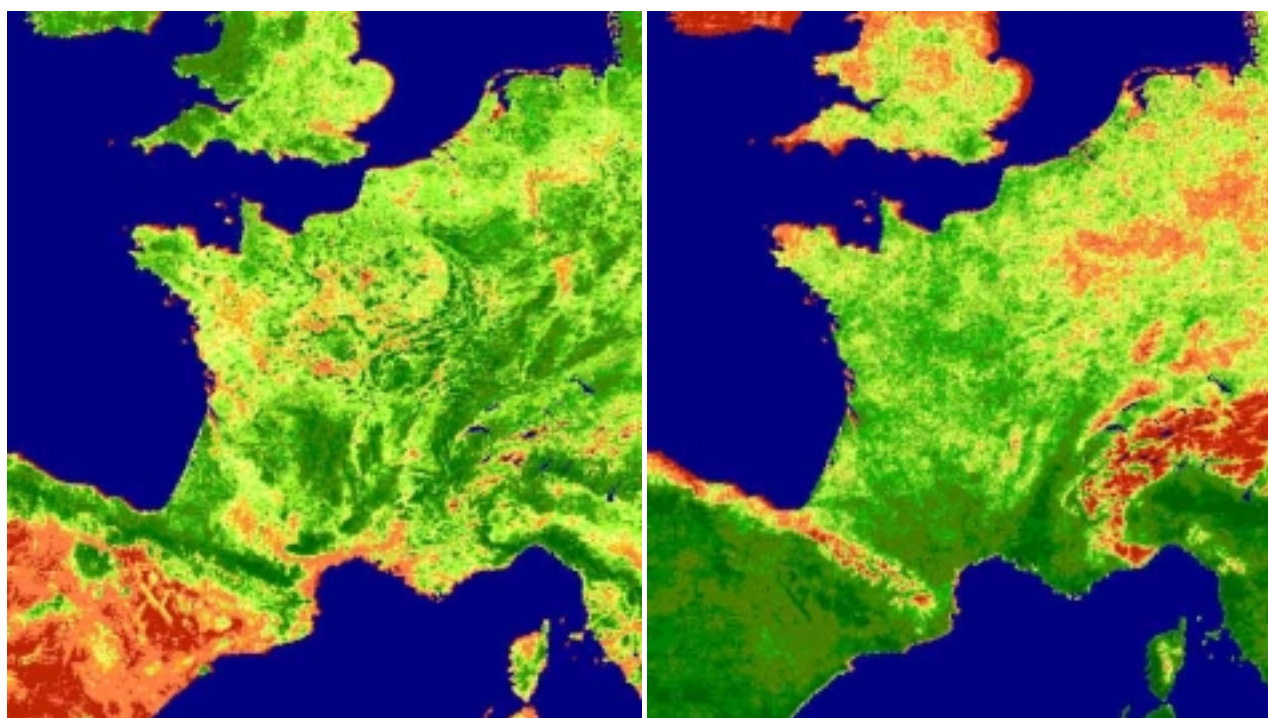
Enfin, le cumul journalier du NDVI pour un mois donné a été réalisé en tenant compte des jours sélectionnés par rapport au nombre de jours du mois sur cinq ans. Cette normalisation consiste à multiplier la valeur du NDVI cumulé par le rapport entre le nombre de jours théoriques d'un mois sur cinq ans, par le nombre de jours sélectionnés sur cinq ans.

La figure suivante donne un exemple d'images réalisées à partir des quatre synthèses numériques du NDVI pour le mois de juillet.



NDVI moyen de Juillet

NDVI médian de Juillet



NDVI maximal de Juillet

NDVI cumulé de Juillet

Figure 61 : Comparaison entre les synthèses numériques du NDVI du mois de juillet. Ces images ont été obtenues en classant les pixels en classes d'effectifs égaux (quantiles). Les gradients de

couleur indiquent des gradients de valeurs de NDVI croissantes : la couleur verte et ses variations correspondent aux zones où le recouvrement de la végétation est important (vert foncé) ; les couleurs rouge, orange et jaune correspondent aux zones faiblement recouvertes par la végétation. La couleur bleu marine correspond aux surfaces aquatiques et aux surfaces enneigées. Les différences entre les valeurs maximales, moyennes et médianes restent assez peu marquées. En revanche, la carte représentant les valeurs cumulées s'individualise nettement, montrant une opposition nord/sud et altitudinale.

Les zones les plus couvertes par la végétation sont les plaines, les collines et les basses montagnes. Les zones les moins couvertes sont les littoraux, les hauts reliefs et les maquis et garrigues méditerranéens, ainsi que les zones urbaines. La comparaison des images relatant les valeurs maximales, médianes et moyennes du NDVI montre qu'au niveau géographique ces trois paramètres sont équivalents. Cependant, l'analyse des comportements des plantes vis-à-vis de ces mesures montre des nuances plus perceptibles que par l'interprétation visuelle des images (§ 6.4).

Le NDVI cumulé montre des différences très contrastées nord/sud ainsi que pour les hauts sommets et les littoraux auxquels sont attribués de faibles valeurs cumulées. Le NDVI cumulé semble être en partie lié aux températures, ce qui implique ces différences très tranchées : les températures montrent des contrastes entre le nord et le sud et entre les plaines et les hautes montagnes. En revanche, les valeurs faibles enregistrées pour les littoraux semblent être liées à la faible couverture de la végétation dans ces milieux. Ainsi, dans notre étude, le NDVI cumulé ne semble pas être directement lié à la productivité primaire nette, mais plutôt aux températures et, dans une moindre mesure, au recouvrement de la végétation.

6.2.4. Echantillonnage des taxons botaniques dans les pixels NOAA

Pour réaliser l'étalonnage de la flore vis-à-vis des mesures des pixels NOAA, il convient de déterminer d'abord la flore qui constitue les pixels. La façon la plus simple est d'attribuer aux pixels NOAA les taxons des 93.000 relevés phytosociologiques de la banque « Sophy ». Cependant, une attribution aussi directe génère des artéfacts au niveau de l'échantillonnage des taxons par rapport aux valeurs des pixels NOAA AVHRR (figure 62).

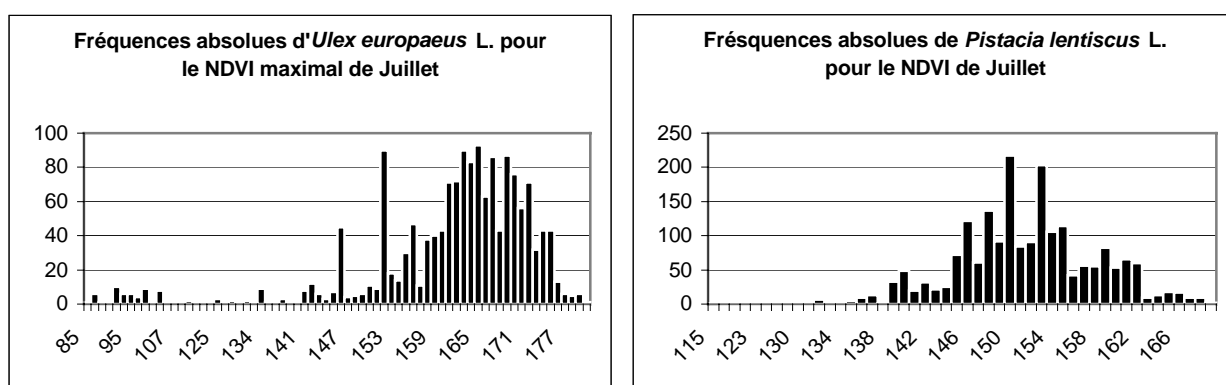


Figure 62 : Echantillonnage d'*Ulex europaeus* L. et de *Pistacia lentiscus* L. dans les valeurs des pixels NOAA AVHRR pour le NDVI de juillet. En ordonnées sont présentées les fréquences des taxons dans les valeurs du NDVI maximal de juillet. En abscisses figurent les valeurs du NDVI de juillet. Ces graphiques montrent des irrégularités dues à la sur-représentation des taxons dans certains pixels.

Les graphiques des fréquences absolues des taxons dans les valeurs du NDVI de juillet montrent des irrégularités de fréquences très élevées dans certaines classes de valeurs. L'analyse des irrégularités de fréquences montre qu'il s'agit de problèmes liés à une sur-représentation d'un taxon dans un pixel donné.

Cette sur-représentation est le plus souvent liée à la répartition géographique d'un taxon dont le niveau de précision de sa localisation est attribué à la commune (niveau 3 dans le système de localisation de la banque Sophy, § 2.1.2.), ce qui ramène l'ensemble des observations d'une publication sur un même point pour une commune donnée et par conséquent pour un pixel donné.

Aussi, pour pallier ce problème d'échantillonnage, il a été convenu de ne prendre en compte qu'une occurrence par pixel géographiquement différent pour un taxon donné (figure 63).

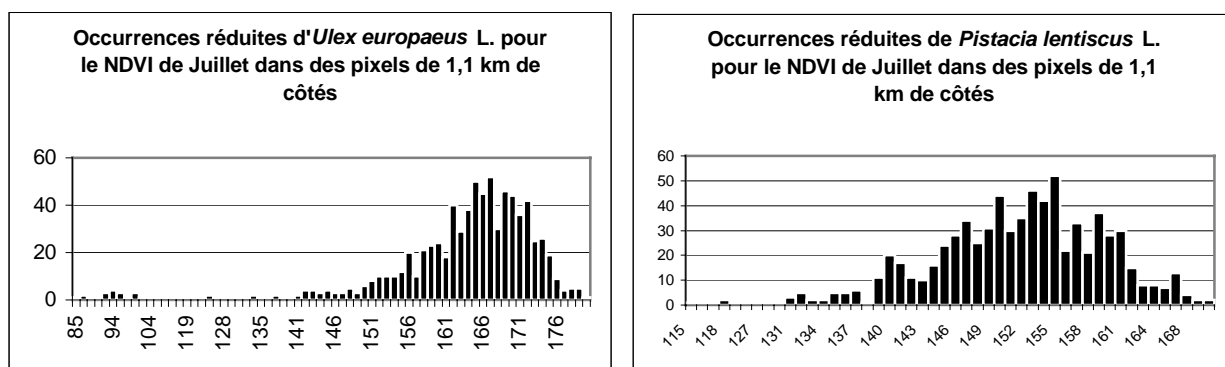


Figure 63 : Occurrences réduites d'*Ulex europaeus* L. et de *Pistacia lentiscus* L. dans les valeurs des pixels NOAA AVHRR de 1,1 km de côtés pour le NDVI de juillet. En ordonnées sont présentées les fréquences des taxons dans les valeurs du NDVI maximal de juillet. En abscisses figurent les valeurs du NDVI de juillet. Les graphiques présentent alors des courbes lissées.

En ne prenant qu'une occurrence d'un taxon donné par pixel, les artéfacts dus à l'échantillonnage sont évités ce qui donne une courbe lissée des fréquences des taxons dans les valeurs du NDVI de juillet. Cependant, la résolution de 1,1 km pour les pixels NOAA AVHRR donne un effectif très volumineux de pixels.

D'autre part, malgré les systèmes de correction utilisés pour standardiser les images NOAA, leurs pixels présentent encore des problèmes de décalage géométrique. Ainsi, afin de pallier ces problèmes techniques, la résolution spatiale des pixels a été réduite à 5,5 km de côté. La valeur de ces pixels correspond à la moyenne des valeurs des 25 pixels constitutifs.

Comme le montre la figure 64, la forme des graphiques est proche de celle de la figure précédente, ce qui signifie que la perte d'information due au comptage des occurrences des taxons dans les pixels de 5,5 km de côté reste limitée.

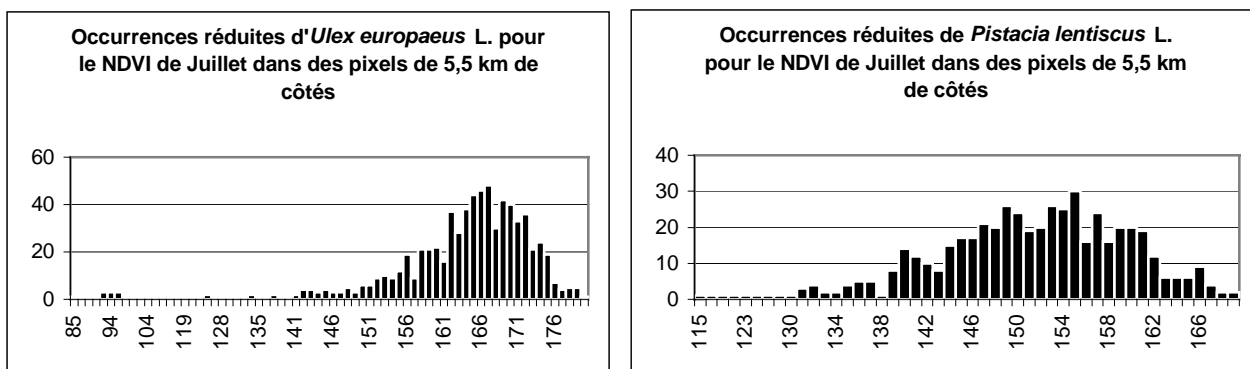


Figure 64 : Occurrences réduites d'*Ulex europaeus* L. et de *Pistacia lentiscus* L. dans les valeurs médianes des pixels NOAA AVHRR de 5,5 km de côtes pour le NDVI de juillet. En ordonnées sont présentées les fréquences des taxons dans les valeurs du NDVI maximal de juillet. En abscisses figurent les valeurs du NDVI de juillet. Appliqué aux pixels de 5,5 km de côté, l'échantillonnage des taxons dans les valeurs de pixels présente une forme analogue de fréquences que dans le cas d'un échantillonnage dans des pixels de 1,1 km de côté.

Au total, ce sont 11.083 pixels qui ont été sélectionnés en fonction de la présence de relevés phytosociologiques dans les zones qu'ils couvrent (Figure 65). Afin de choisir les taxons en vue de leur étalonnage avec les valeurs des pixels NOAA AVHRR, il convient de prendre ceux dont la fréquence dans des pixels géographiquement distincts reste suffisamment nombreux pour définir leur comportement spectral. Seuls les taxons présents dans au moins 100 pixels différents ont été sélectionnés, ce qui a conduit à rassembler un effectif de 1992 taxons de la flore de France.

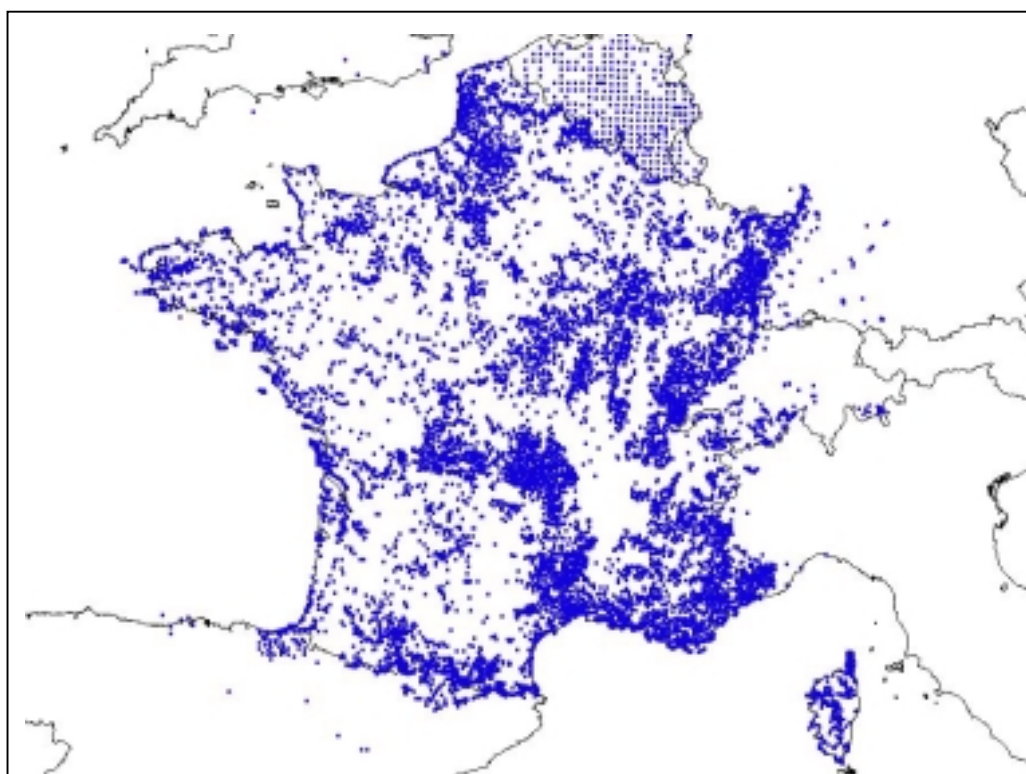


Figure 65 : Localisation des 11.083 pixels NOAA AVHRR de 5,5 km de côté sélectionnés pour l'étalonnage satellitaire de la flore de France. Cette carte montre que la majorité des types de milieux de la France ont été échantillonnés.

La figure 65 montre les 11.083 pixels NOAA sélectionnés pour réaliser cette étude. Ils couvrent la majorité des milieux de la France.

6.2.5. Préparation des données satellitaires en vue de leur étalonnage

Les mesures des 11.083 pixels sélectionnés ont été transférées dans des fichiers au format texte. Pour chaque fichier, les données ont été transformées en rangs de façon à respecter la nature ordinale des mesures et à les employer pour leur étalonnage avec la flore de France.

Le tableau suivant donne le nombre de rangs pour chaque grandeur utilisée, ainsi que le nombre de pixels non nuls pris en compte. Le nombre de pixels non-nuls varie car certains pixels ont été perturbés par la présence de nuages ou de surfaces enneigées, ce qui se traduit par une valeur nulle, laquelle n'est pas prise en compte pour l'étalonnage.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
NDVI maximal	NP	10290	10636	10840	10865	10957	10992	10996	10997	10997	10997	10730	5897
	NR	180	164	162	163	148	134	132	123	128	136	177	188
NDVI médian	NP	10148	10520	10736	10811	10913	10960	10965	10967	10967	10966	10315	5596
	NR	118	113	103	101	108	104	105	92	108	109	121	126
NDVI moyen	NP	10292	10639	10840	10890	10957	10992	10996	10997	10997	10997	10428	5897
	NR	163	154	155	153	148	136	132	137	138	134	165	174
NDVI cumulé	NP	10148	10520	10735	10809	10913	10960	10965	10967	10967	10966	10130	5581
	NR	616	879	1288	997	1223	1269	1338	1193	1144	1018	613	453
Canal 1	NP	10290	10636	10877	10914	10976	10997	10997	10997	10997	10997	10961	5896
	NR	335	318	295	293	288	298	339	335	290	277	292	265
Canal 2	NP	10290	10704	10877	10914	10976	10997	10997	10997	10997	10997	10961	5897
	NR	478	459	490	556	583	533	503	511	448	470	433	418

Tableau 20 : Nombre de pixels (NP) et de rangs (NR) sélectionnés pour les six grandeurs satellitaires utilisées durant les douze mois de l'année. Le nombre de pixels sélectionnés reste inférieur à 11.083 en raison de la présence de nuages pour certains mois. Le nombre de rangs est très inférieur au nombre de pixels sélectionnés, ce qui montre une faible dispersion de ces mesures pour les valeurs maximales, médianes et moyennes du NDVI.

Le mois de décembre présente presque deux fois moins de pixels que les autres mois en raison de l'importance de la persistance des masses nuageuses et brumeuses sur la France durant cette période. Le mois de décembre représente une variable qui n'est pas statistiquement comparable aux onze autres mois car il ne permet pas d'étalonner les taxons du nord de la France comme le montre la répartition de ses pixels ayant des valeurs nulles (figure 66).

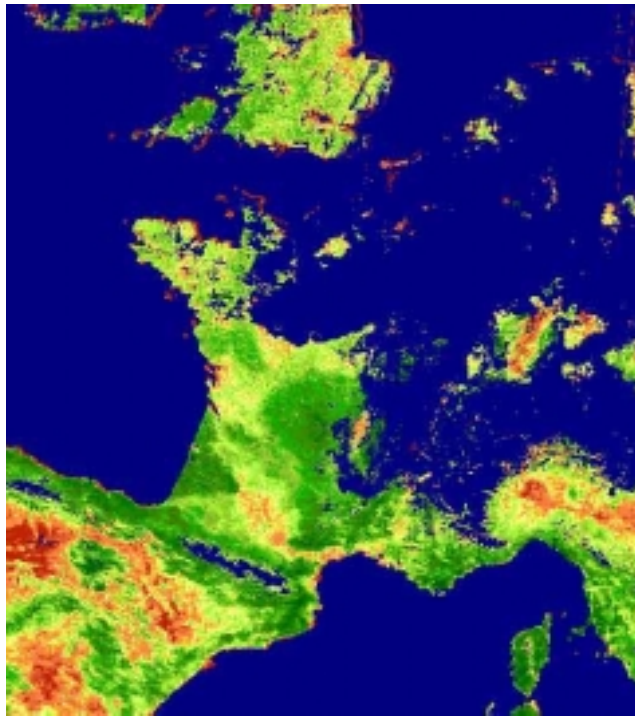


Figure 66 : Image du NDVI maximal du mois de décembre obtenue après la classification des pixels en 20 classes d'effectifs égaux. Ce mois ne présente environ que 50 % des pixels ordinairement employés lors de l'étalonnage spectral de la flore. Il ne pourra donc pas être utilisé pour interpréter les comportements spectraux des milieux des plantes.

Ainsi, même si ce mois a été utilisé pour l'étalonnage et reste présenté dans les résultats graphiques, il convient de ne pas en tenir compte pour l'interprétation des comportements spectraux des milieux des taxons et pour leur comparaison.

6.3. Etalonnage spectral des milieux de la flore de France

Le principe de l'étalonnage satellitaire de la flore de France est en tout point identique à celui de l'étalonnage climatique de la flore décrit au chapitre 3 (§ 3.3.). Le choix d'un modèle probabiliste s'est imposé par la nature ordinale des données satellitaires et par la nature de leurs relations avec les êtres vivants. Seuls les principes généraux de l'étalonnage sont énoncés dans les paragraphes suivants.

6.3.1. Principes généraux de l'étalonnage

A l'instar des postes climatiques, les pixels NOAA correspondent aux étalons constitués par des mesures physiques du milieu, notamment en terme de couverture de la végétation par l'utilisation du NDVI. Les végétaux constituent les instruments d'indication des mesures satellitaires comme le sont les phytoclimats pour les mesures climatiques. Le nombre de pixels est de 11.083, ce qui représente 19 fois plus de référentiels sur les mesures du milieu que ne le représente le réseau de postes climatiques, ce qui constitue un volume bien plus considérable de mesures.

Pour chacun des 1992 taxons sélectionnés, l'étalonnage commence par attribuer au taxon, les valeurs des pixels dans lesquels ils se trouvent. Un pixel correspond à un milieu spectral global et, de ce fait, les taxons botaniques sont considérés comme des témoins de ces caractéristiques spectrales des milieux dans lesquels ils se trouvent. L'étalonnage consiste à déterminer la probabilité qu'un taxon soit concentré dans la gamme d'une grandeur satellitaire pour chacun des

mois de l'année. Le rang de cette concentration maximale est l'optimum ; la valeur de cette probabilité de concentration correspond au pouvoir indicateur du taxon. La caractérisation du comportement spectral du milieu d'un taxon est représentée par l'analyse réciproque de leurs optimums et leurs pouvoirs indicateurs. L'application de cet étalonnage à 1997 taxons est une démarche originale, qui constitue un catalogue nouveau concernant les relations entre les êtres vivants et les mesures satellitaires en France.

6.3.2. Expression graphique des résultats

Les graphiques présentent les caractéristiques spectrales des milieux des plantes. Elles sont exprimées par des optimums qui varient entre -100 % et +100 %, par rapport à la moyenne des comportements, et par le pouvoir indicateur du taxon dans la gamme de la variable satellitaire variant de 0 % à 100 %, ce qui représente un paramètre de dispersion. Les gammes des variables satellitaires sont rangées selon les mois de l'année, depuis septembre (S) jusqu'en août (A). L'utilisation des pourcentages permet de comparer les graphiques entre les différents taxons sélectionnés. La figure suivante présente un exemple de relation entre un taxon de la flore de France et six grandeurs satellitaires issues du satellite NOAA.

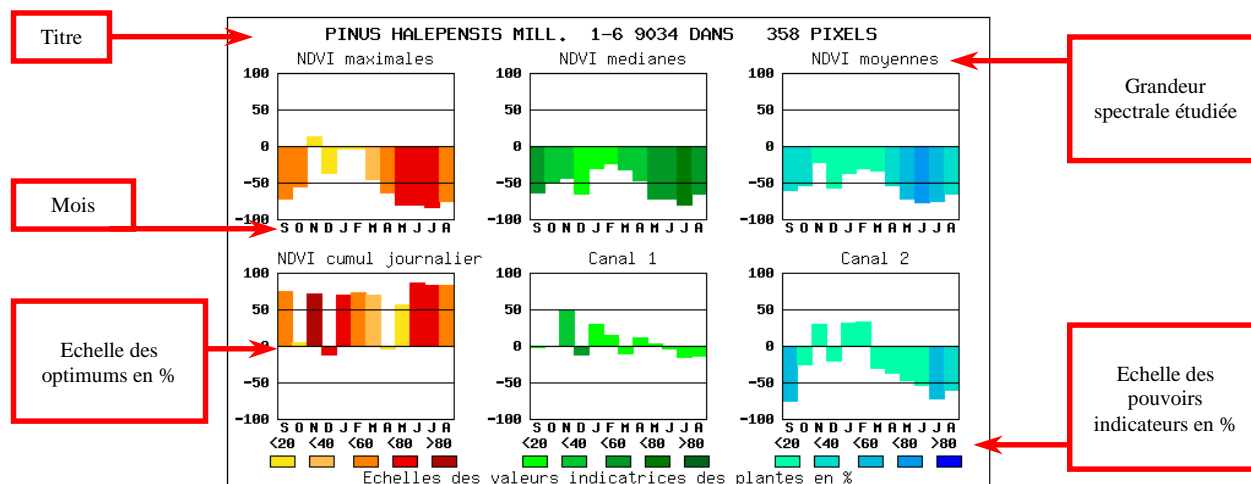


Figure 67 : Exemple de relations entre un taxon (*Pinus halepensis* Mill. présent) et six grandeurs satellitaires mensuelles sélectionnées : NDVI maximal, NDVI médian, NDVI moyen, NDVI cumulé, Canal 1 (R) et Canal 2 (PIR). Le titre du graphique correspond au taxon sélectionné et au nombre de pixels dans lesquels il figure. En ordonnées sont représentées les valeurs des optimums dans les gammes des variables satellitaires. En abscisses figurent les mois de l'année, de septembre à août. Les couleurs correspondent aux valeurs indicatrices du taxon dans les gammes des variables satellitaires.

L'interprétation des graphiques des relations satellitaires entre la flore et les phytoclimats doit être effectuée sans prendre en compte le mois de décembre, étant donné le nombre trop faible de pixels qui le constituent. Lorsque *Pinus halepensis* Mill. est présent, il est très indicateur d'optimums très inférieurs de NDVI maximal, médian et moyen durant l'été. Il est indicateur à très indicateur d'optimums de NDVI cumulé très supérieurs durant presque toute l'année.

A l'instar des comportements climatiques, les plantes indiquent souvent de façon différente les relations avec les mesures du milieu selon leur niveau d'abondance. La figure suivante présente quatre taxons exprimant leurs relations avec les mesures du NDVI de façon différente selon qu'elles sont présentes ou abondantes. En général, les plantes abondantes ont des pouvoirs indicateurs plus importants que lorsqu'elles sont présentes, ce qui rejoint un point de vue admis en écologie. Cependant, l'étalonnage entre les plantes et les mesures du NDVI montre que ce principe n'est pas

un cas général. Toutefois, l'expression du lien entre les mesures satellitaires et une plante selon ses niveaux d'abondance montre des différences sensibles : ces différences sont généralement faibles par rapport aux optimums selon les mois, mais plus marquées selon les valeurs des pouvoirs indicateurs ou le mois qui est concerné. Ce constat représente un premier signal montrant que les données satellitaires utilisée semblent comporter trop de valeurs manquantes, ce qui provoque des irrégularités dans la caractérisation des relations entre plantes et mesures.

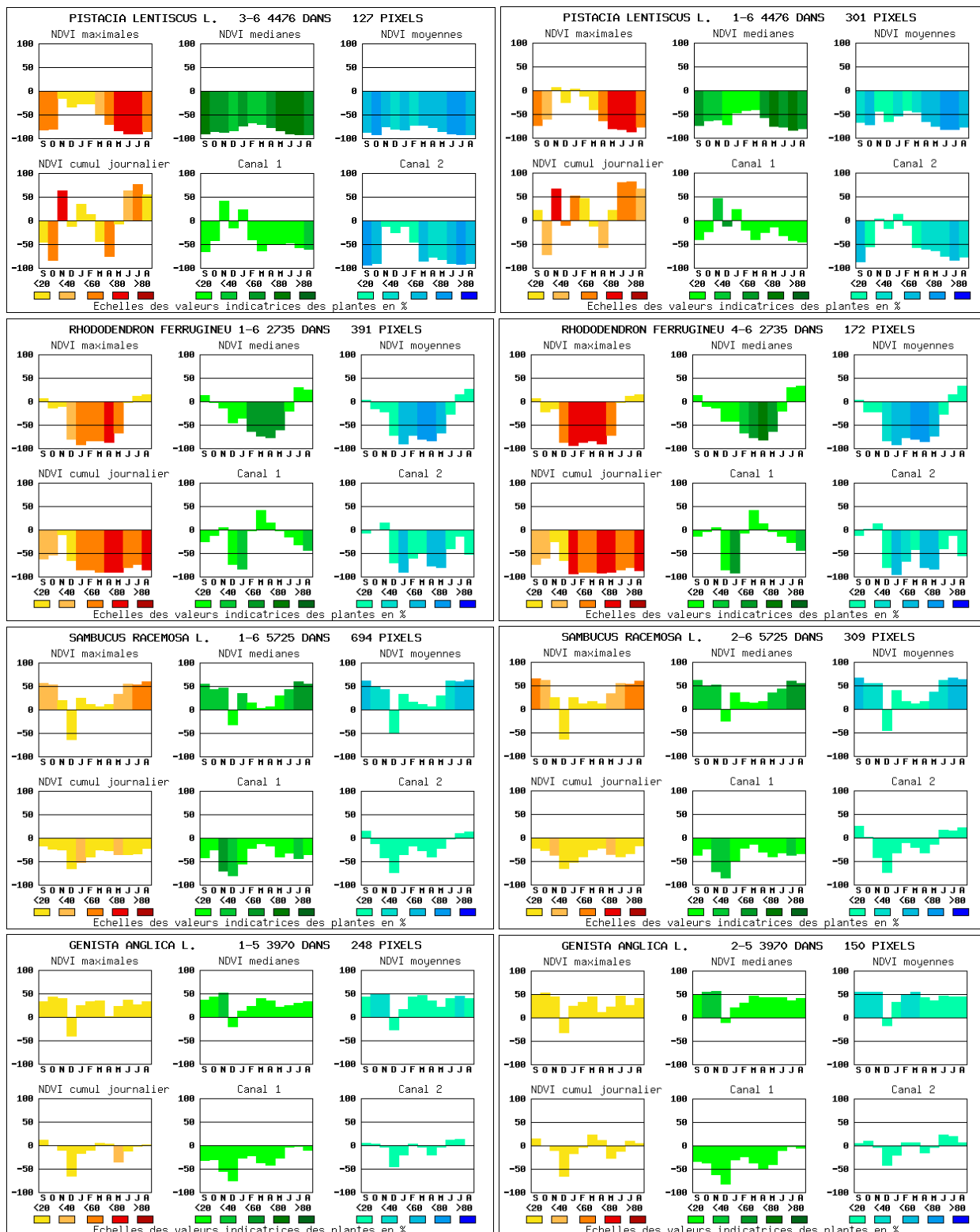


Figure 68 : Exemples de plantes indicatrices des valeurs spectrales des milieux dans lesquelles elles vivent : *Pistacia lentiscus* L., *Rhododendron ferrugineum* L., *Sambucus racemosa* L. et *Genista*

anglica L.. Ces relations sont exprimées de façon différente selon que les plantes sont simplement présentes ou abondantes.

Ainsi, l'expression des liens entre plantes et mesures du NDVI sera employée avec des plantes simplement présentes étant donné que les plantes abondantes fournissent des indications similaires aux plantes présentes, ce qui constituerait une redondance superflue dans la présentation des résultats.

6.4. Relations entre les caractéristiques spectrales des milieux et la flore qui les structure

1992 taxons ont été étalonnés par rapports aux synthèses numériques du NDVI et aux canaux rouge et infrarouge proche. Étant donné le volume important de ces résultats, seuls quelques exemples seront présentés dans les paragraphes suivants. Les résultats analytiques sont contenus dans le cd-rom fourni avec ce document écrit et sur le site Internet de « Sophy ».

A partir des valeurs du NDVI du satellite NOAA AVHRR il est possible de distinguer de grands ensembles de types de végétation et de milieux en France (Pauseder *in* Brunet et Auriac, 1995). Parmi ces grands ensembles figurent des zones de végétation dense comme les plaines, les forêts et les prairies des plaines comme la Sologne et la région des Landes et des reliefs peu élevés (figure 69). Les zones les moins denses sont représentées par les hautes montagnes et les plaines et plateaux ibéro-provençaux ainsi que les littoraux.

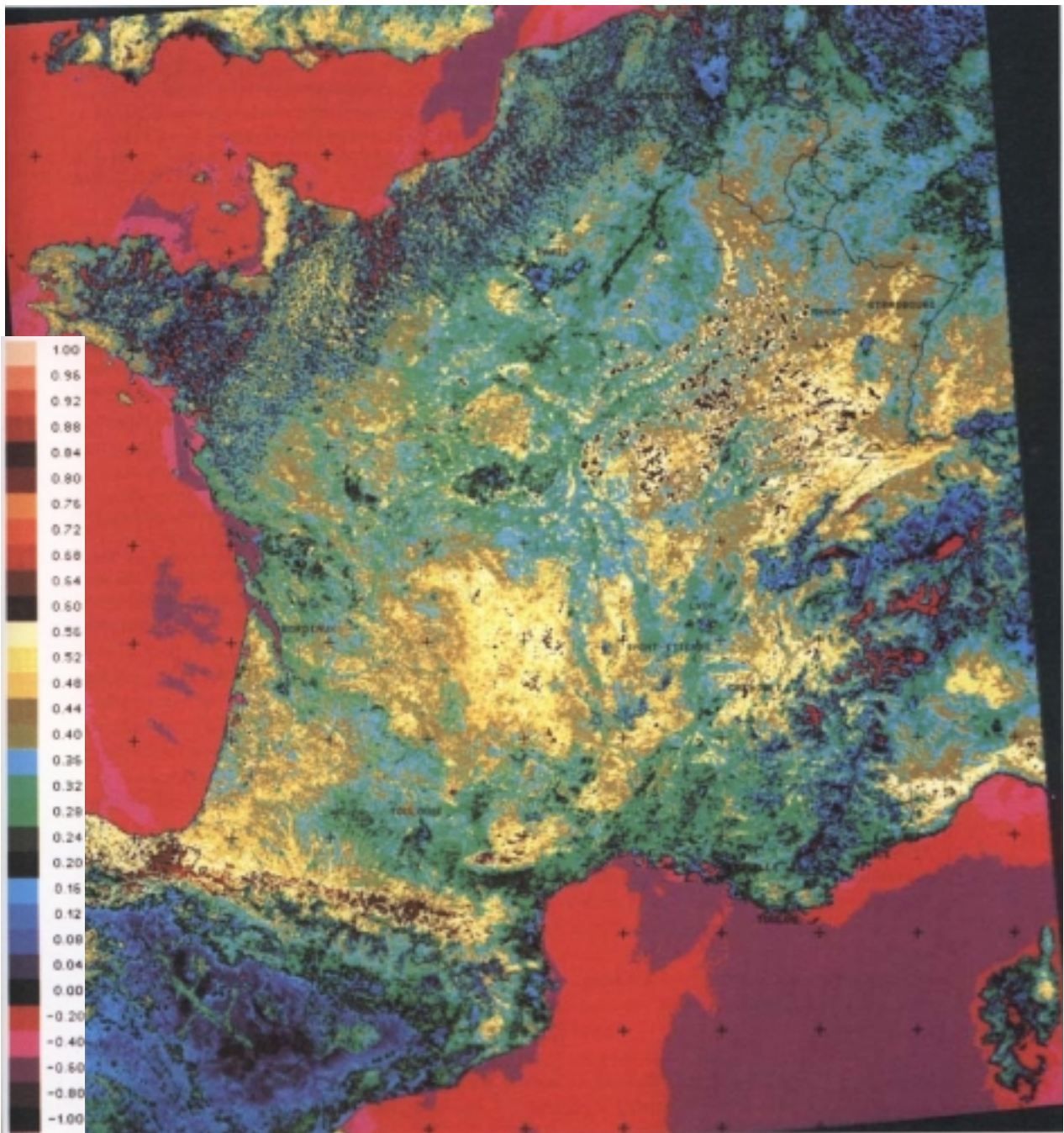


Figure 69 : Image de la végétation de la France (d'après Pauseder *in* Brunet et Auriac, 1995, modifiée). Il s'agit d'une image du 16 juillet 1986 dont la résolution spatiale est de 1 km. Les valeurs des pixels proviennent du calcul du NDVI et s'échelonnent entre -1 et $+1$. Pour les valeurs négatives, les classes sont d'écart égal à 20% et représentent l'eau sous la forme liquide, gazeuse et solide. Les classes des valeurs positives sont d'écart égal à 4%. Selon Pauseder, cette image représente les appartenances de la France, avec un espace atlantique qui se distingue du domaine méditerranéen, et des plaines et des grands horizons de l'Europe du nord qui se distinguent du morcellement des hauts reliefs de l'Europe du sud. Les zones peu couvertes par la végétation sont principalement étendues sur les plateaux espagnols et provençaux (couleurs bleues). En revanche, les zones plus couvertes sont représentées par les plaines (couleur verte), les forêts, les pacages des reliefs, les Landes et la Sologne (couleurs jaunes et ocres). L'interprétation de la classification des pixels de cette image montre qu'il est possible d'identifier, avec le NDVI du satellite NOAA, de grands ensembles de types de végétation liés aux paramètres climatiques et topographiques.

Ce type de résultat a été réalisé à partir d'une image de juillet qui représente l'état des couverts végétaux de façon très ponctuelle. Cependant, les variations mensuelles des valeurs du NDVI peuvent permettre d'identifier certains types de végétations selon leur couverture végétale durant les saisons et d'en préciser la nature : Derrien *et al.* (1992) montrent en confrontant les valeurs maximales du NDVI prises sur 10 jours, pendant une année, et les données du recensement général de l'agriculture française (RGA), qu'il est possible de mettre en évidence non seulement des zones de cultures d'hiver et d'été, mais aussi des zones colonisées par des prairies, des forêts caducifoliées et des forêts sempervirentes.

Dans cette perspective, les résultats de l'étalonnage entre les synthèses numériques du NDVI et la flore exposent des fluctuations des optimums et des pouvoirs indicateurs selon les mois et les variables, traduisant des variations phénologiques des plantes et des formations végétales durant toute l'année. D'autre part, ces variations mensuelles peuvent être étudiées pour des ensembles de taxons de mêmes milieux, ou bien encore pour des taxons issus d'un même genre. Les paragraphes suivants illustrent ces propos.

6.4.1. Exemples de plantes de même milieu

Les exemples suivants montrent la capacité des plantes d'un même type de milieu pour indiquer les caractéristiques spectrales du milieu qu'elles colonisent. Pour chaque type de milieu, trois taxons sont représentés. En général, il s'agit de taxons qui couvrent les trois strates majeures d'une formation végétale : strate arborée, buissonnante et herbacée. La description de ces comportements est réalisée de façon standardisée avec les conventions suivantes :

Optimums spectraux :

- De 0 à $\pm 24\%$: Position moyenne.
- De $\pm 25\%$ à $\pm 49\%$: Position supérieure (ou inférieure).
- De $\pm 50\%$ à $\pm 74\%$: Position très supérieure (ou très inférieure).
- De $\pm 75\%$ à $\pm 100\%$: Position extrêmement supérieure (ou extrêmement inférieure).

Valeurs indicatrices :

- De 0 à 19% : Peu ou pas indicateur.
- De 20 à 39% : Moyennement indicateur.
- De 40 à 59% : Indicateur.
- De 60 à 79% : Très indicateur.
- Supérieur à 80% : Extrêmement indicateur.

6.4.1.1. Plantes de milieux montagnards

Les taxons présentés colonisent les moyennes et hautes montagnes de France. Il s'agit de *Larix decidua* Mill., *Lonicera alpigena* L et *Melampyrum silvaticum* L..

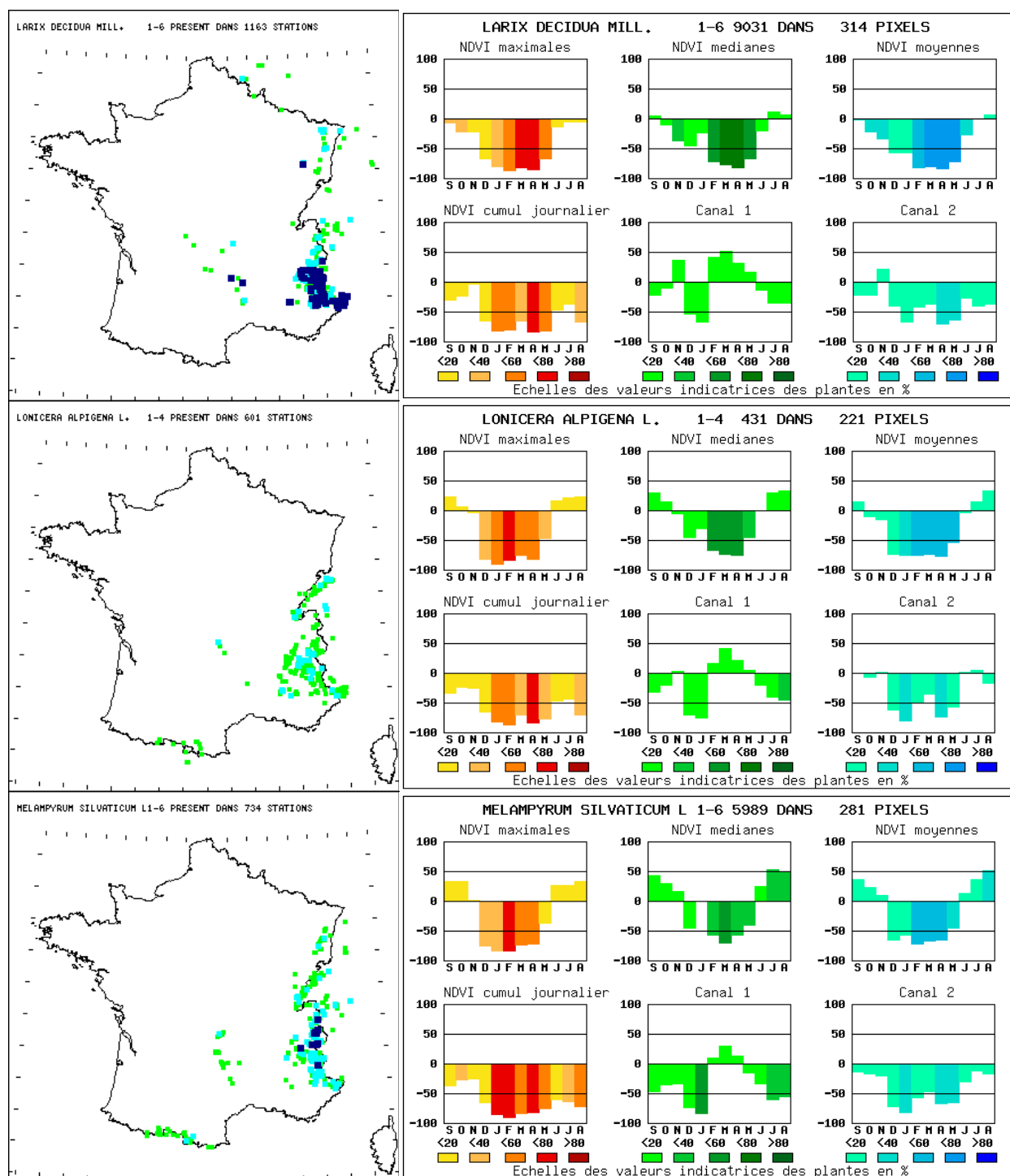


Figure 70 : Exemple de comportements spectraux de taxons de milieux de montagnes : *Larix decidua* Mill., *Lonicera alpigena* L et *Melampyrum silvaticum* L.. Les couleurs des cartes de répartition de la flore observée correspondent aux classes d'abondance-dominance des taxons : le vert correspond aux classes 1 et 2 ; le bleu ciel aux classes 3 et 4 ; le bleu marine aux classes 5 et 6. Ces trois plantes correspondent à un exemple d'arbre, de buisson, et de plante herbacée. Elles indiquent toutes trois des comportements spectraux proches caractérisant les milieux de type montagnards.

Répartition géographique : Ces plantes sont réparties dans les formations forestières sempervirentes et caducifoliées, dans les landes et les pelouses des moyennes et hautes montagnes.

Comportement spectral : Elles sont indicatrices à très indicatrices de positions très inférieures de NDVI maximal, médian et moyen durant l'hiver et le printemps. Elles montrent des positions moyennes ou bien supérieures durant l'été et l'automne pour ces trois variables. Elles sont indicatrices de positions très inférieures de NDVI cumulé en hiver, au printemps et en automne.

Interprétation : Ces plantes montrent des caractéristiques spectrales de milieux enneigés durant l'hiver, période de repos de la végétation des montagnes, ce qui explique les positions très inférieures de leurs NDVI. En revanche, l'augmentation de ces valeurs au printemps et en été montre la période de végétation qui démarre avec la fonte de la neige et l'augmentation des températures.

6.4.1.2. Plantes de milieux méditerranéens

Les taxons présentés sont répartis en zone méditerranéenne française. Il s'agit de *Pinus halepensis* Mill., *Cistus albidus* L. et *Brachypodium ramosum* (L.) R. & S..

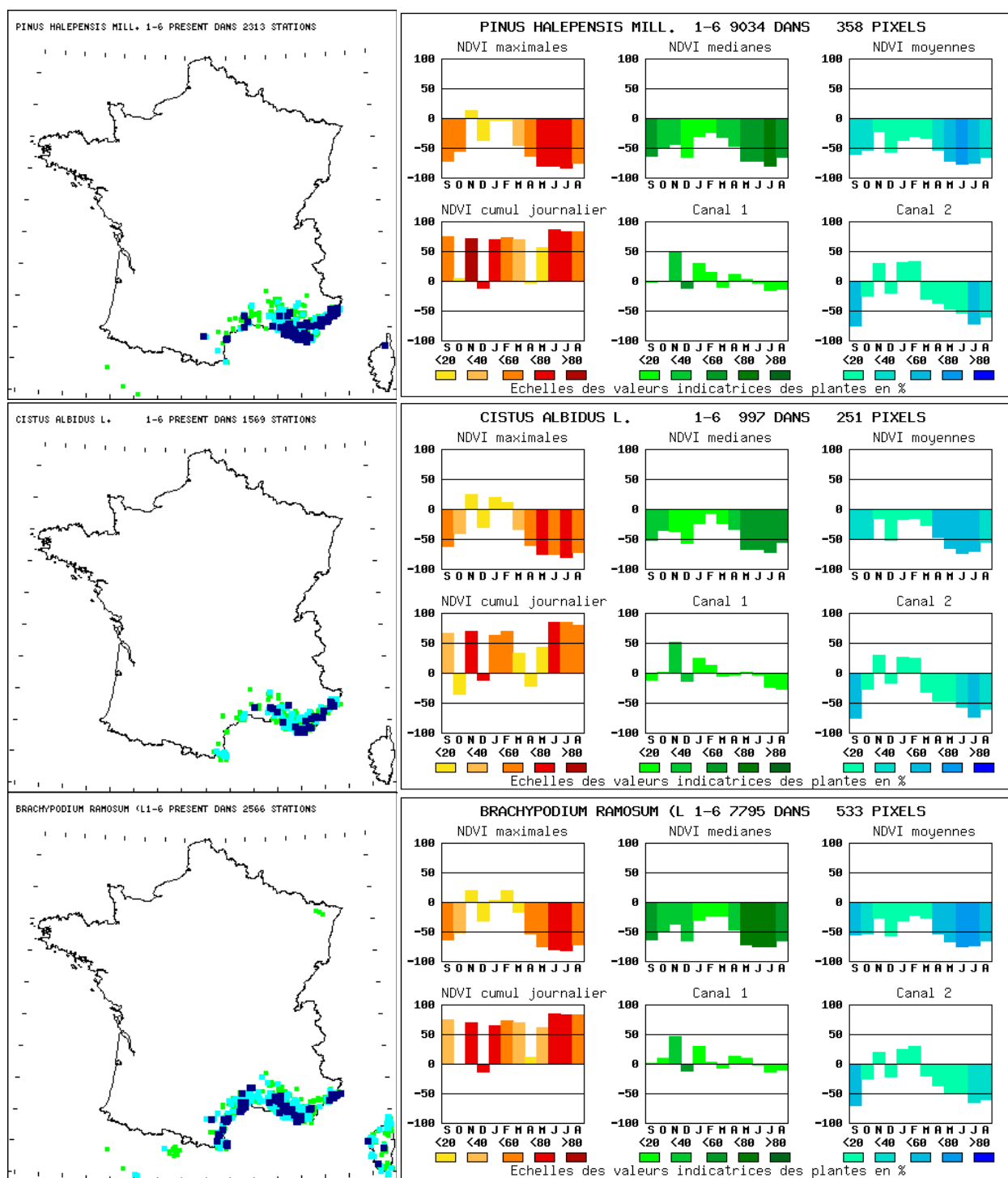


Figure 71 : Exemple de comportements spectraux de taxons de milieux méditerranéens : *Pinus halepensis* Mill., *Cistus albidus* L. et *Brachypodium ramosum* (L.) R. & S..

Répartition géographique : Ces plantes sont réparties dans des formations de végétaux sclérophylles sempervirents de la zone méditerranéenne. Ils colonisent des garrigues et des maquis, des bois et des forêts sempervirents de pins.

Comportement spectral : Ces plantes sont indicatrices à très indicatrices de positions très inférieures de NDVI maximal, médian et moyen au printemps, en été et en automne. Elles sont très indicatrices de positions très supérieures de NDVI cumulé pendant presque toute l'année.

Interprétation : Ces plantes colonisent des milieux couverts par une végétation souvent éparse, où le sol et les roches sont apparents. La part de l'albédo est donc relativement importante, ce qui tend à diminuer les valeurs du NDVI. Durant l'hiver, période d'activité de la végétation méditerranéenne, ces formations restent vertes et sont localisées dans un secteur peu nuageux, ce qui montre des valeurs de NDVI proches de la moyenne nationale. En revanche, l'été constitue la période de repos de la végétation méditerranéenne, ce qui est caractérisé par des valeurs très inférieures de NDVI maximal, médian et moyen.

6.4.1.3. Plantes des plaines et collines continentales

Les taxons présentés sont localisés dans les plaines et les collines continentales de France. Il s'agit de *Prunus padus* L., *Ulmus levis* Pallas et *Anemone ranunculoides* L.

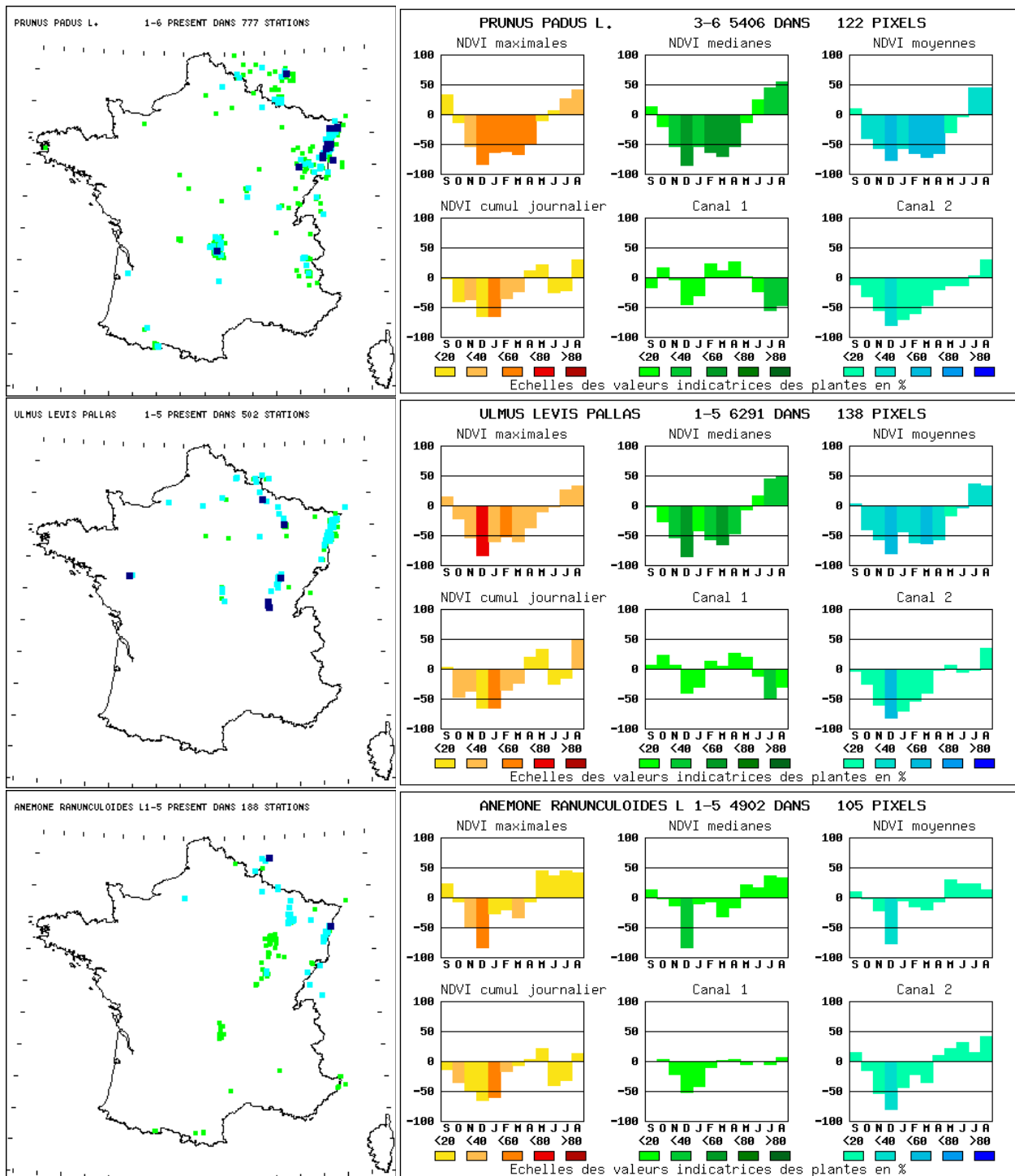


Figure 72 : Exemple de comportements spectraux de taxons de plaines et de collines continentales : *Prunus padus* L., *Ulmus levis* Pallas et *Anemone ranunculoides* L.

Répartition géographique : Ce sont des plantes de forêts caducifoliées et de prairies des plaines et des coteaux d'un large quart nord-est de la France.

Comportement spectral : Elles sont moyennement indicatrices à indicatrices de positions inférieures ou moyennes durant l'hiver et supérieures durant le reste de l'année pour le NDVI maximal, médian et moyen. Ces plantes montrent des positions de NDVI cumulé inférieures en hiver et moyennes durant le reste de l'année. Elles montrent un régime continental de l'ensemble des valeurs des NDVI.

Interprétation : Ces plantes colonisent des forêts caducifoliées et des prairies soumises à un climat continental. L'hiver correspond à la saison de repos, où les arbres ont perdu leurs feuilles et les herbacées sont en stade de dormance. Elles laissent donc apparaître le sol. En revanche, le printemps et l'été correspondent à la saison de pleine activité pour la végétation, caractérisée par la croissance des feuilles des arbres et des herbacées.

6.4.1.4. Plantes des landes et des forêts de l'ouest

Les taxons présentés sont cantonnés dans les landes et les forêts de la moitié ouest de la France. Il s'agit de *Salix cinerea* var. *atrocinerea* Brot., *Ulex nanus* Forst. et *Peucedanum gallicum* Latourette.

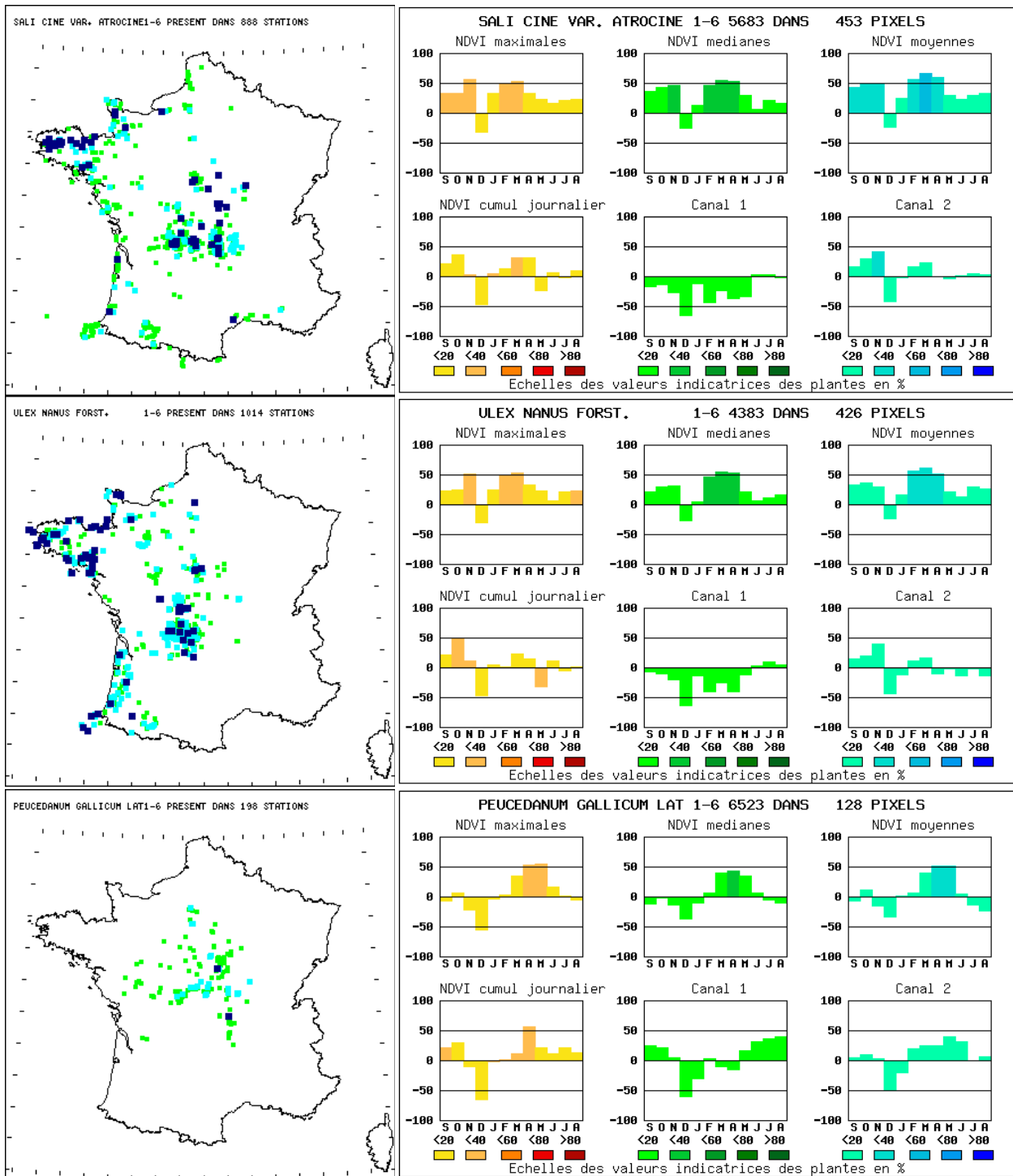


Figure 73 : Exemple de comportements spectraux de taxons de landes et de forêts de l'ouest : *Salix cinerea* var. *atrocinerea* Brot., *Ulex nanus* Forst. et *Peucedanum gallicum* Latourette.

Répartition géographique : Ces plantes sont réparties dans les forêts, les prairies et les landes de la moitié ouest de la France.

Comportement spectral : Elles montrent des positions supérieures de NDVI maximal, médian et cumulé au printemps et des positions moyennes durant le reste de l'année. Elles montrent également des positions moyennes de NDVI cumulé pendant toute l'année.

Interprétation : Ces plantes sont réparties dans des types de végétation mixtes, associant des végétaux caducifoliés et des végétaux sempervirents, dont le recouvrement est assez homogène. La part de l'albédo est relativement réduite en comparaison aux autres formations végétales de France. Le printemps reste la saison la plus verte et apparemment la plus productrice pour les végétaux de la moitié ouest de la France : c'est la saison de pleine activité pour la végétation.

6.4.1.5. Plantes des littoraux

Les taxons présentés sont situés sur les dunes, les plages, les rochers et les chemins du littoral français. Il s'agit de *Eryngium maritimum* L., *Ammophila arenaria* (L.) Link et *Convolvulus soldanella* L..

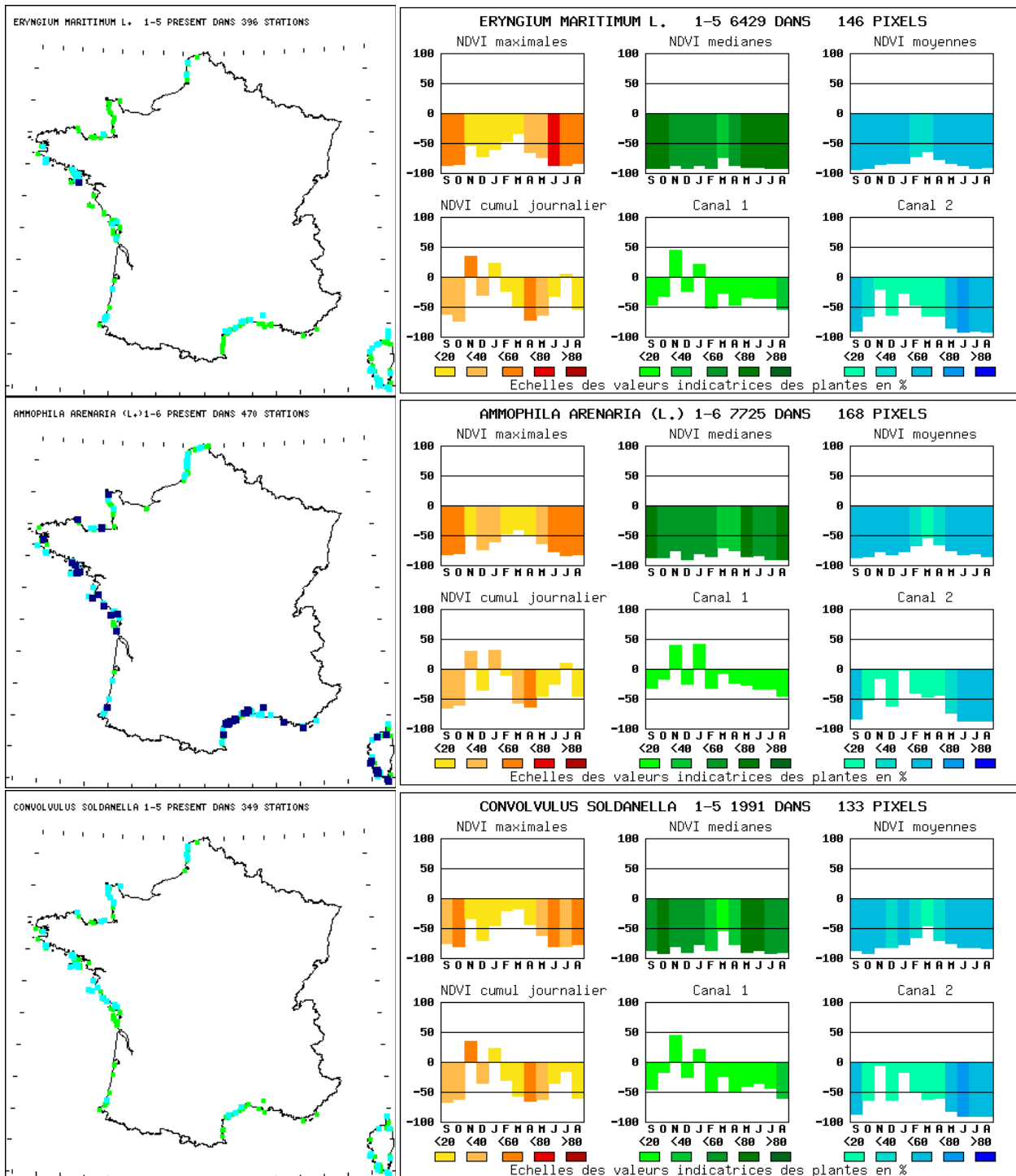


Figure 74 : Exemple de comportements spectraux de taxons de milieux littoraux : *Eryngium maritimum* L., *Ammophila arenaria* (L.) Link et *Convolvulus soldanella* L..

Répartition géographique : Ces plantes sont réparties sur les dunes, les plages, les décombres et les chemins du littoral français.

Comportement spectral : Elles sont indicatrices à très indicatrices de positions extrêmement inférieures durant toute l'année pour le NDVI maximal, médian et moyen. Elles sont moyennement indicatrices de positions inférieures de NDVI cumulé en automne et au printemps.

Interprétation : Ces plantes colonisent des milieux très ouverts, où la part de l'albédo est très importante, ce qui explique qu'elles présentent des positions très inférieures de NDVI. Toutefois, l'hiver comporte des valeurs de NDVI plus élevées, ce qui témoigne d'une part du côté sempervirent de certaines espèces, et d'autre part, d'une certaine activité de la végétation pendant cette période par rapport aux autres types de végétation en France.

6.4.1.6. Plantes des ripisylves et des milieux aquatiques dulçaquicoles

Les taxons présentés colonisent les ripisylves et les milieux dulçaquicoles de France. Il s'agit de *Populus nigra* L., *Symphytum officinale* L. et *Ceratophyllum demersum* L..

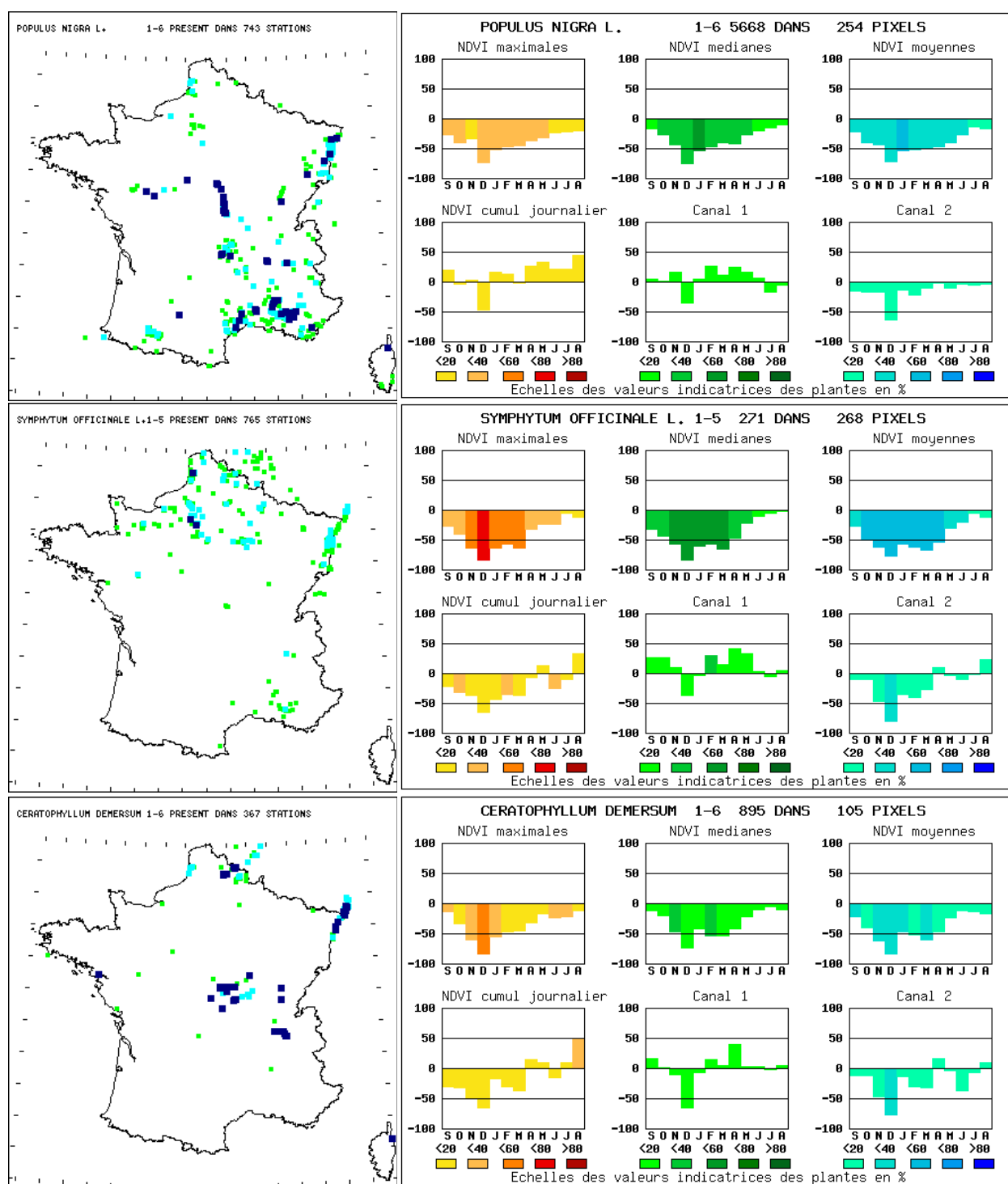


Figure 75 : Exemple de comportements spectraux de taxons de ripisylves et de milieux aquatiques dulçaquicoles : *Populus nigra* L., *Symphytum officinale* L. et *Ceratophyllum demersum* L..

Répartition géographique : Ces plantes sont réparties dans les forêts et les clairières humides proches des cours d'eau.

Comportement spectral : Elles montrent des positions inférieures de NDVI, en automne et en hiver, et des positions moyennes au printemps et en été.

Interprétation : La végétation des ripisylves et des milieux dulçaquicoles comprend des végétaux à feuilles molles et, par conséquent, caduques en automne et en hiver. Cette caractéristique phénologique explique les optimums inférieurs des NDVI en automne et en hiver, qui s'élèvent progressivement au printemps et en été.

Ces exemples ont montré la capacité des taxons de la flore française recensés dans la banque « Sophy » à indiquer les caractéristiques spectrales globales des milieux dans lesquelles elles vivent. Six grands types de milieux ont été présentés. Cependant, l'analyse des autres taxons indicateurs permet d'identifier d'autres milieux, comme les formations forestières des basses et les moyennes montagnes.

Ces taxons indicateurs indiquent également des zones de transition entre ces grands types de milieux. L'interprétation de ces résultats est liée d'une part à des caractères biologiques comme les stades phénologiques des plantes de ces milieux, mais également à des caractères physiques comme la réflectance des roches et des sols, qui est visible selon le degré de recouvrement des végétaux.

Enfin, ces résultats montrent que les plantes présentes dans ces milieux sont indicatrices quelle que soit la strate de végétation qu'elles occupent, si bien que l'ensemble de la flore peut permettre l'étude des caractéristiques spectrales des milieux détectés par le satellite NOAA.

6.4.2. Exemples de gradients spectraux de milieux exprimés par les taxons de mêmes genres

L'étude des comportements spectraux des milieux montrés par les taxons d'un même genre permet d'identifier des gradients spectraux de ces milieux à l'échelle de la France, d'une façon différente de leur analyse par les groupes de plantes de milieux similaires. Cette démarche permet aussi de voir l'étendue des aires et des milieux colonisés par les espèces d'un même genre.

6.4.2.1. Comportements spectraux des milieux renfermant des taxons du genre

Rhamnus

Six espèces du genre *Rhamnus* sont présentées : *R. saxatilis* Jacquin, *R. alaternus* L., *R. frangula* L., *R. cathartica* L., *R. alpina* L. et *R. pumila* L. La figure suivante montre trois types de gradients identifiés à partir des répartitions de ces taxons.

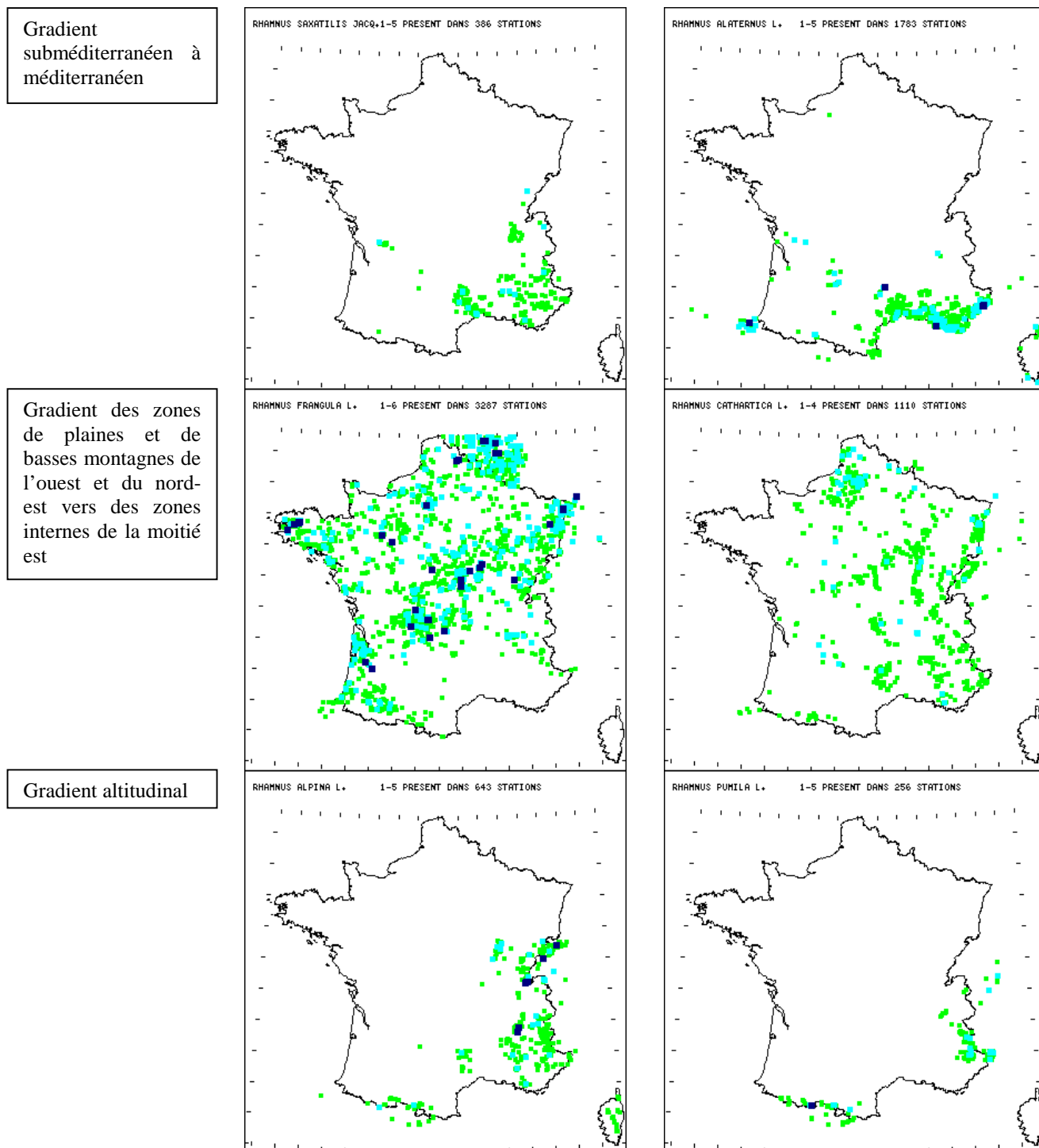


Figure 76 : Exemples de gradients géographiques mis en évidence par les espèces du genre *Rhamnus* : *R. saxatilis* Jacquin, *R. alaternus* L., *R. frangula* L., *R. cathartica* L., *R. alpina* L. et *R. pumila* L. Ils montrent des gradients entre une zone subméditerranéenne (*R. saxatilis* Jacquin) et méditerranéenne (*R. alaternus* L.) ; entre des zones de plaines et de basses montagnes de l'ouest et

du nord-est (*R. frangula* L.) et des zones internes de la moitié est (*R. cathartica* L.) ; entre une zone de basses et moyennes montagnes (*R. alpina* L.) et une zone de hautes montagnes (*R. pumila* L.).

Ces gradients géographiques présentent des oppositions entre des taxons de milieux subméditerranéens, à végétation mixte entre espèces caducifoliées et sempervirentes, dont le couvert végétal est plus continu que les formations plus méditerranéennes, structurées essentiellement par des végétaux sclérophylles. Le deuxième gradient montre d'un côté des milieux de couverts végétaux mixtes et assez continus de l'ouest et de la moitié nord de la France et des milieux de types similaires, mais relativement plus continentaux. Enfin, le dernier gradient présenté exprime des différences de couverts végétaux en fonction de l'altitude. La figure 76 présente les comportements spectraux de ces milieux.

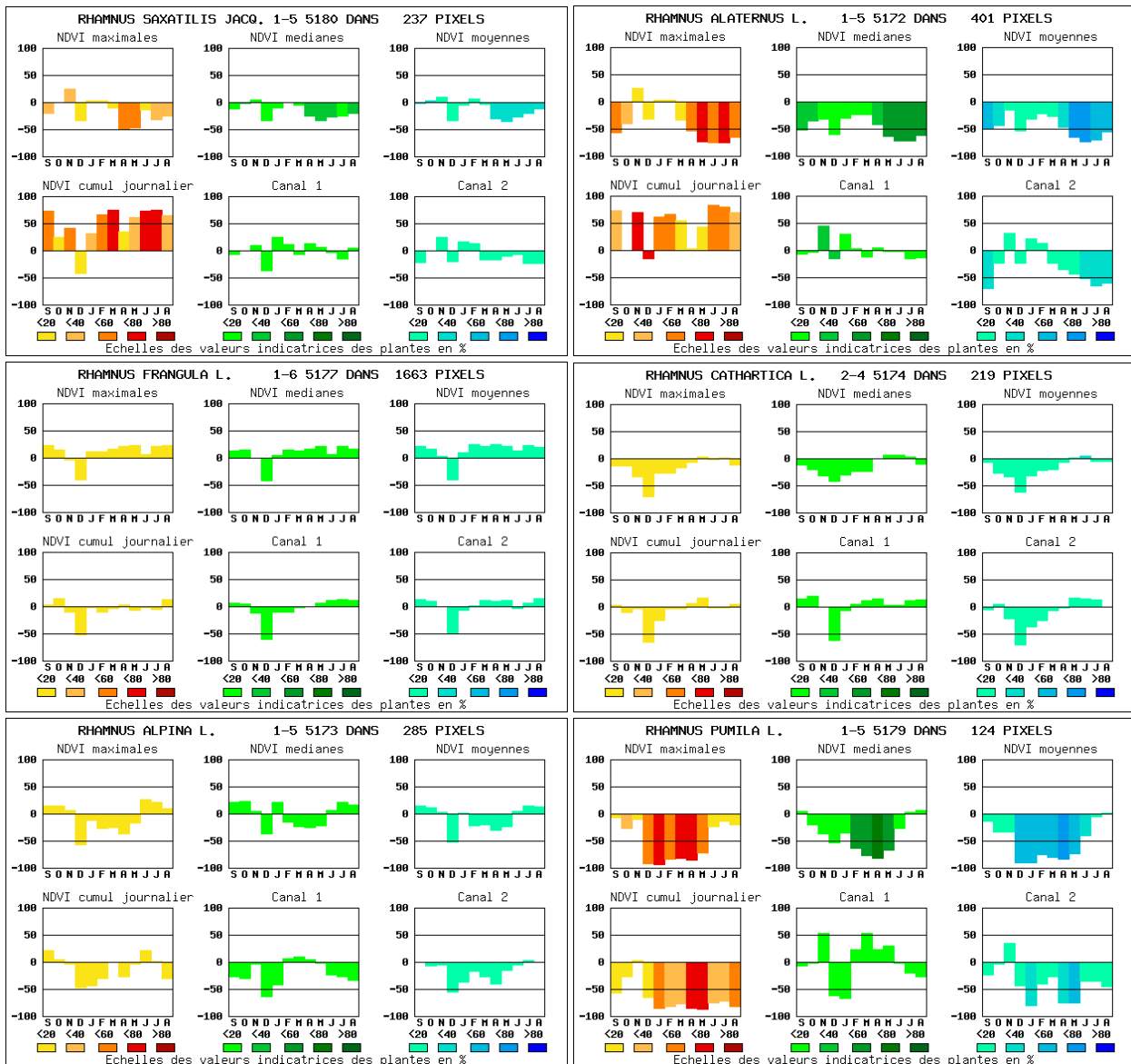


Figure 77 : Exemples de gradients de comportements spectraux de milieux mis en évidence par les espèces du genre *Rhamnus* : *R. saxatilis* Jacquin, *R. alaternus* L., *R. frangula* L., *R. cathartica* L., *R. alpina* L. et *R. pumila* L.. Ces comportements mettent en évidence des gradients entre : a.) des milieux subméditerranéens, partagés par une végétation sempervirente et caducifoliée, et des milieux typiquement méditerranéens à végétation sempervirente et au couvert discontinu ; b.) des milieux de landes, de forêts mixtes et de prairies, subissant un climat océanique à océanique dégradé, et des formations végétales subissant un climat à tendance continentale ; c.) des milieux de

moyenne montagne peu affectés par la neige et de couvert végétal assez régulier, et des milieux de hautes montagnes soumis à la neige et au couvert végétal discontinu laissant apparaître le sol et les roches.

1^{er} gradient : un gradient d'ouverture du milieu

R. saxatilis Jacquin est localisé dans le quart sud-est de la France, où il colonise les bois clairs et les prés jusqu'à une altitude de 700 m. Il montre des optimums inférieurs de NDVI maximal, moyen et médian, au printemps et en été, et moyen en automne et en hiver. Il est indicateur d'optimums supérieurs à très supérieurs durant presque toute l'année, comme c'est le cas des taxons méditerranéens.

R. alaternus L. est majoritairement localisé en zone méditerranéenne, mais présente quelques occurrences en pays basque et en zone atlantique. Il colonise des milieux ouverts tels que le maquis et la garrigue. Il est indicateur d'optimums très inférieurs au printemps et en été pour les NDVI maximal, médian et moyen. Comme *R. saxatilis* Jacquin, il est indicateur de valeurs très supérieures de NDVI cumulé. Ces deux taxons présentent un gradient décroissant de couverture de la végétation passant de forêts mixtes et de prairies à des milieux plus ouverts, comme la garrigue et le maquis qui laissent apparaître le sol et les roches sous-jacentes.

2^{ème} gradient : un gradient continental

R. frangula L. est un taxon des bois clairs et des prairies de l'Europe tempérée qui est rarement observé en zone méditerranéenne. Il montre des optimums moyens à légèrement supérieurs durant toute l'année.

R. cathartica L. croît dans des formations végétales plus ouverts que celles de *R. frangula* L., notamment en zone méditerranéenne. Cependant, il reste plus fréquent vers le nord et le nord-est. Il présente des optimums inférieurs, en automne et en hiver, et moyens au printemps et en été, ce qui montre une légère tendance continentale. Ces deux taxons mettent en évidence un gradient continental peu marqué, en relation avec la phénologie des formations végétales qu'ils colonisent.

3^{ème} gradient : un gradient d'ouverture en fonction de l'altitude

R. alpina L. colonise les rocailles et les bois clairs montagnards jusqu'à une altitude de 1500 m. Il présente des optimums moyens à inférieurs en hiver et au printemps, et moyens à supérieurs en été et en automne.

R. pumila L. est indicateur à très indicateur d'optimums très inférieurs à extrêmement inférieurs, en hiver et au printemps, et montre des optimums en été et en automne pour les NDVI maximal et moyen. Il est indicateur d'optimums très inférieurs de NDVI cumulé en hiver, au printemps et en été. Ces deux plantes présentent des gradients d'ouverture du milieu en relation avec l'altitude des formations végétales qu'elles colonisent.

6.4.2.2. Comportements spectraux des milieux renfermant des taxons du genre *Quercus*

Quatre espèces appartenant au genre *Quercus* ont été sélectionnées : *Q. coccifera* L., *Q. suber* L., *Q. ilex* L., et *Q. toza* Bosc. Elles montrent un gradient allant du sud-est vers le sud-ouest (figure 78).

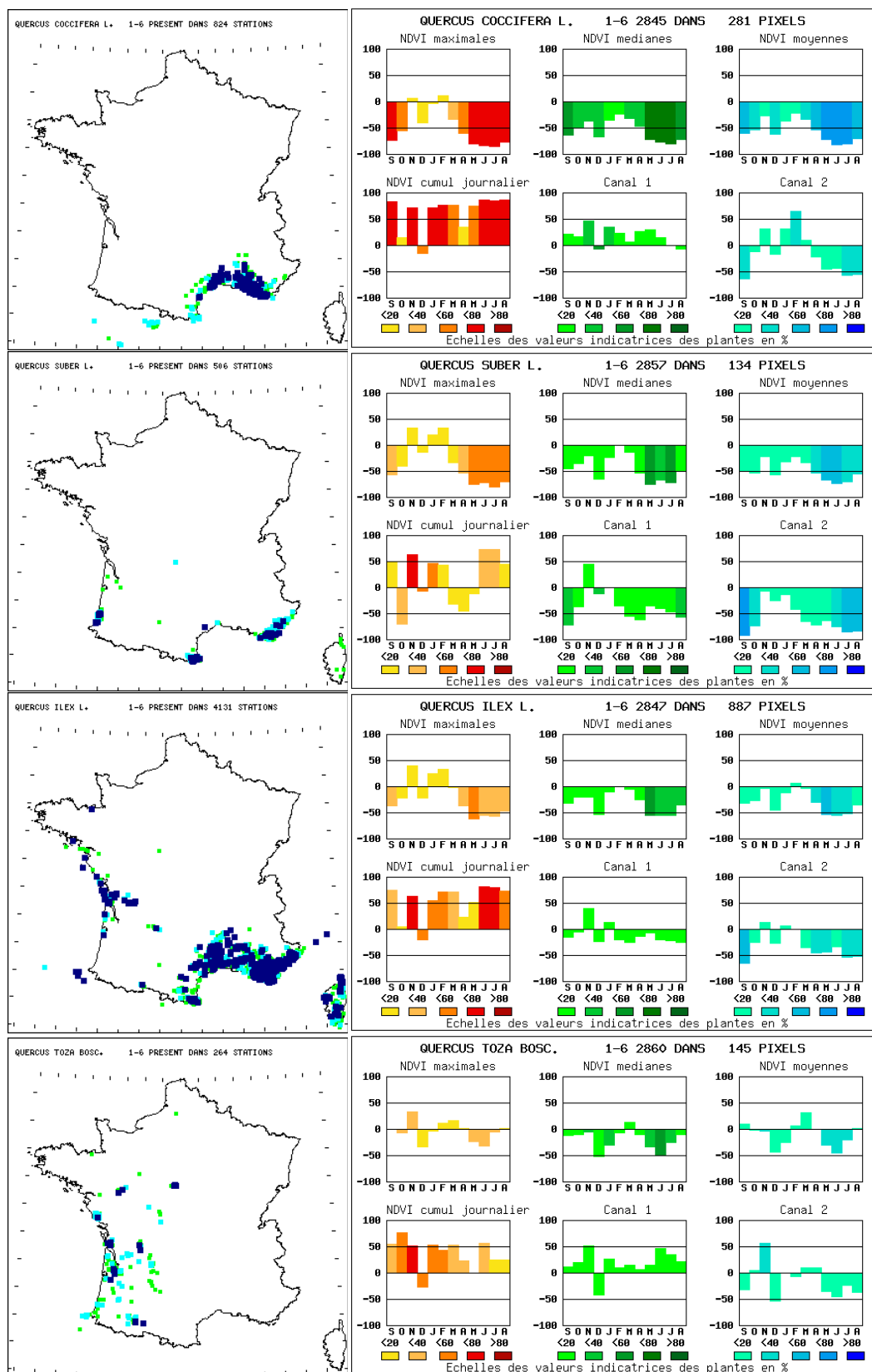


Figure 78 : Exemples de gradients géographiques et spectraux mis en évidence par quatre espèces du genre *Quercus* : *Q. coccifera* L., *Q. suber* L., *Q. ilex* L., et *Q. toza* Bosc.. Ils montrent un gradient allant du sud-est vers le sud-ouest.

Q. coccifera L. colonise des formations ouvertes de garrigue méditerranéenne. Pour les valeurs maximales, médianes et moyennes du NDVI il est très indicateur d'optimums très inférieurs au printemps, en été et en automne. Il montre des optimums moyens en hiver. Il est très indicateur d'optimums très supérieurs à extrêmement supérieurs de NDVI cumulé pendant presque toute l'année.

Q. suber L., forme des bois en zones siliceuses méditerranéennes et proches de la côte atlantique. Il présente des optimums de type méditerranéens comme pour le chêne kermesse, mais ces derniers sont un peu moins marqués.

Q. ilex L. est un taxon méditerranéo-atlantique xérophile à mésoxérophile, qui forme des bois clairs et qui colonise le maquis et la garrigue. Cependant, il présente un caractère spectral méditerranéen encore plus atténué que le chêne kermesse et le chêne liège. Il est indicateur d'optimums inférieurs au printemps et en été et très légèrement supérieurs en hiver, ce qui montre qu'il colonise des secteurs sempervirents où la couverture de la végétation semble relativement plus continue. Il montre des valeurs très supérieures de NDVI cumulé pendant toute l'année.

Q. toza Bosc colonise des landes et des bois clairs dans le sud-ouest. Il montre des optimums moyens pendant presque toute l'année pour les NDVI maximal, médian et moyen. Il est indicateur d'optimums supérieurs de NDVI cumulé pendant presque toute l'année.

Ces taxons montrent le passage de milieux ouverts, composés de xérophytes à feuilles persistantes majoritairement situées sous un climat de méditerranéen, vers des formations xérophiles à mésoxérophiles recouvrant plus le sol et situées sous un climat à influences océaniques.

6.4.2.3. Comportements spectraux des milieux renfermant des taxons du genre *Gentiana*

Quatre espèces du genre *Gentiana* sont présentées : *G. kochiana* Perrier et Song., *G. verna* L., *G. campestris* L. et *G. lutea* L.. Ces plantes montrent un gradient de fermeture des milieux croissant avec la diminution de l'altitude (figure 79).

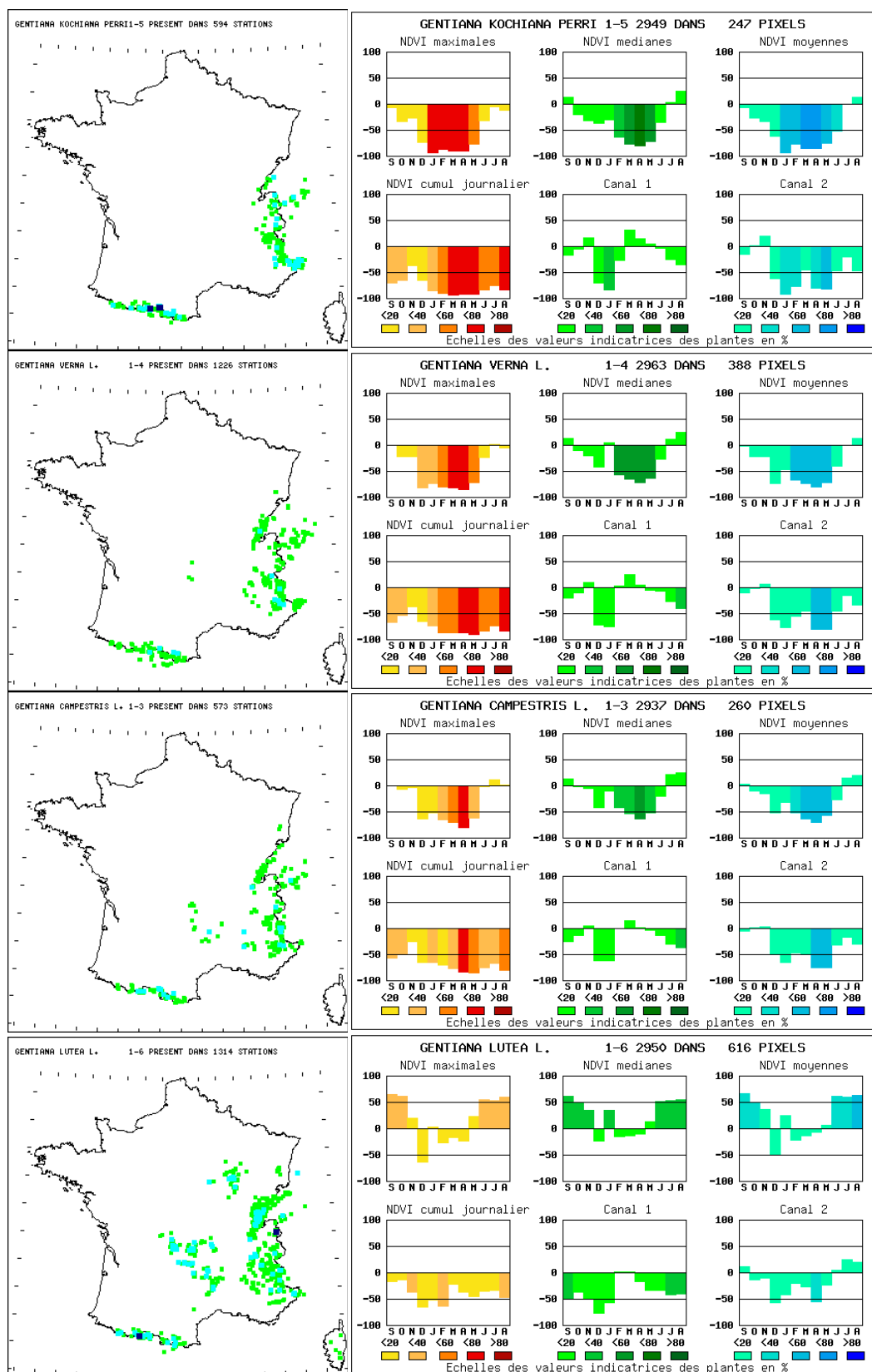


Figure 79 : Exemples de gradients géographiques et spectraux mis en évidences par quatre espèces du genre *Gentiana*: *G. kochiana* Perrier et Song., *G. verna* L., *G. campestris* L. et *G. lutea* L.. Ces plantes montrent un gradient de fermeture des milieux croissant avec la diminution de l'altitude.

G. kochiana Perrier et Song. colonise des pelouses et des rocailles des Alpes et des Pyrénées jusqu'à une altitude de 3000 m. Elle est très indicatrice d'optimums très inférieurs à extrêmement inférieurs en hiver et au printemps pour les NDVI maximal et moyen. Elle est indicatrice à très

indicatrice d'optimums très inférieurs à extrêmement inférieurs, pendant toute l'année pour le NDVI cumulé.

G. verna L. colonise des milieux similaires jusqu'à une altitude de 2800 m. Elle est indicatrice d'optimums très inférieurs en hiver et au printemps pour les NDVI maximal, médian et moyen. Elle est indicatrice d'optimums extrêmement inférieurs au printemps et en été pour le NDVI cumulé.

G. campestris L. colonise les pâturages et les clairières des montagnes jusqu'à une altitude de 2500 m. Elle est indicatrice d'optimums inférieurs à très inférieurs en hiver et au printemps pour les NDVI maximal, médian et cumulé. Elle est indicatrice d'optimums très inférieurs pour le NDVI cumulé en hiver, au printemps et en été.

G. lutea L. colonise les prairies humides d'altitude moyennes jusqu'à une altitude de 2500 m. Elle montre des optimums supérieurs en été et en automne et moyens en hiver et au printemps pour les NDVI maximal, médian et moyen. Elle montre des optimums inférieurs de NDVI pendant presque toute l'année pour le NDVI cumulé.

Ces taxons montrent un gradient décroissant d'ouverture du milieu en relation avec la baisse d'altitude des milieux qui les abritent. Ces optimums présentent d'abord des milieux très ouverts où l'albédo est important. Puis, avec la baisse d'altitude, les formations végétales se structurent de façon plus continue ce qui augmente les valeurs du NDVI.

6.4.3. Conclusion

L'étalonnage entre les synthèses numériques du NDVI et les plantes a mis en évidence la capacité des plantes à indiquer les caractéristiques spectrales des milieux qui les abritent et ce tout au long de l'année et quelle que soit la strate de végétation. L'usage des synthèses mensuelles du NDVI permet d'identifier des stades phénologiques de la végétation à l'échelle de la France.

La comparaison des graphiques spectraux des plantes présente des différences selon les milieux qui ont été échantillonnés en fonction des plantes qui les constituent. L'étude de ces graphiques permet d'identifier des milieux très tranchés mais également des milieux de transition entre ces derniers. Ce sont, par conséquent, des gradients de caractéristiques spectrales des milieux qui sont repérés et non pas des limites nettes.

Cependant, ces résultats font apparaître certaines irrégularités au niveau des optimums et des pouvoirs indicateurs des plantes dans les gammes de variables satellitaires. Ces irrégularités semblent être imputables aux mesures satellitaires qui présentent de nombreuses données manquantes causées soit par la présence de nuages, soit par des artefacts liés à la réception des images.

Ainsi, il conviendrait dans un premier temps de s'efforcer à réunir un ensemble de données suffisamment régulières à partir du calcul des données satellitaires manquantes ou en rassemblant un lot plus important d'images sur une période de 10 ans par exemple. Cette étape devrait permettre d'obtenir de résultats plus précis et plus réguliers dans leur forme ce qui permettrait, par la suite, d'envisager l'estimation des milieux de France par les images NOAA est les liens entre NDVI et plantes.

6.5 Exemples de relations entre phytoclimats et mesures satellitaires vues par la concordance entre températures et valeurs cumulées du NDVI

L'étalonnage entre les phytoclimats et les mesures satellitaires étant une étape à réaliser pour une prochaine étude, il est toutefois possible de tenter de faire le lien entre ces deux ensembles de façon empirique, en comparant les graphiques des plantes indicatrices du climat et ceux des plantes indicatrices des caractéristiques spectrales de leurs milieux. Ces comparaisons sont présentées dans les figures suivantes (figures 80 a et 80 b).

L'analyse conjointe de la forme des optimums des températures et de celle des optimums des valeurs cumulées du NDVI montre une similitude de comportement entre ces deux variables. Dans la mesure où les végétaux sont influencés dans leur répartition spatiale par les facteurs climatiques, les mesures cumulées du NDVI devraient détecter ces relations entre plantes et climats. Nous l'avons vu, le NDVI cumulé est principalement utilisé comme un indice de productivité végétale (§ 6.2.3.1.), ses valeurs étant proportionnelles à cette productivité. D'autre part, nous avons également vu que la productivité primaire nette est estimée à partir de modèles qui intègrent températures et précipitations. De ce fait, le NDVI peut apparemment témoigner de ces facteurs.

Cependant, il semblerait que le NDVI cumulé ne témoigne, dans notre étude, que du facteur thermique intervenant dans l'influence de la productivité végétale, car la comparaison entre la forme des graphiques des précipitations et celle de l'ensemble des variables satellitaires étudiées ne montre pas de concordance. Des études (Maselli *et al.*, 1996 ; Roy, 1997) vont dans ce sens et préconisent d'en utiliser d'autres, notamment thermiques, afin d'affiner la télédétection de la végétation en relation avec les paramètres climatiques. Pour l'instant, l'étalonnage entre d'autres indices que le NDVI ou des canaux du AVHRR pris isolément avec la végétation, ne montre pas de liens pertinents (annexe 7). Ces résultats reprennent ceux énoncés par Cihlar *et al.* (1995), au sujet de la capacité du NDVI pour repérer des ensembles de végétation par rapports aux canaux du AVHRR utilisés de façon indépendante.

Il apparaît également que le NDVI cumulé reste en partie lié à la couverture de la végétation, dans le cas où cette dernière est avant tout influencée par des facteurs indépendants de la température. Ce cas est observé pour la végétation halophile des côtes de France où, bien que celle-ci indique des paramètres climatiques, sa répartition est plutôt influencée par des paramètres non-climatiques comme la présence d'embruns salés, de vents violents et la pauvreté relative du substrat en éléments nutritifs. Toutefois, le lien entre valeurs cumulées du NDVI et les températures reste le plus manifeste à l'échelle de notre étude.

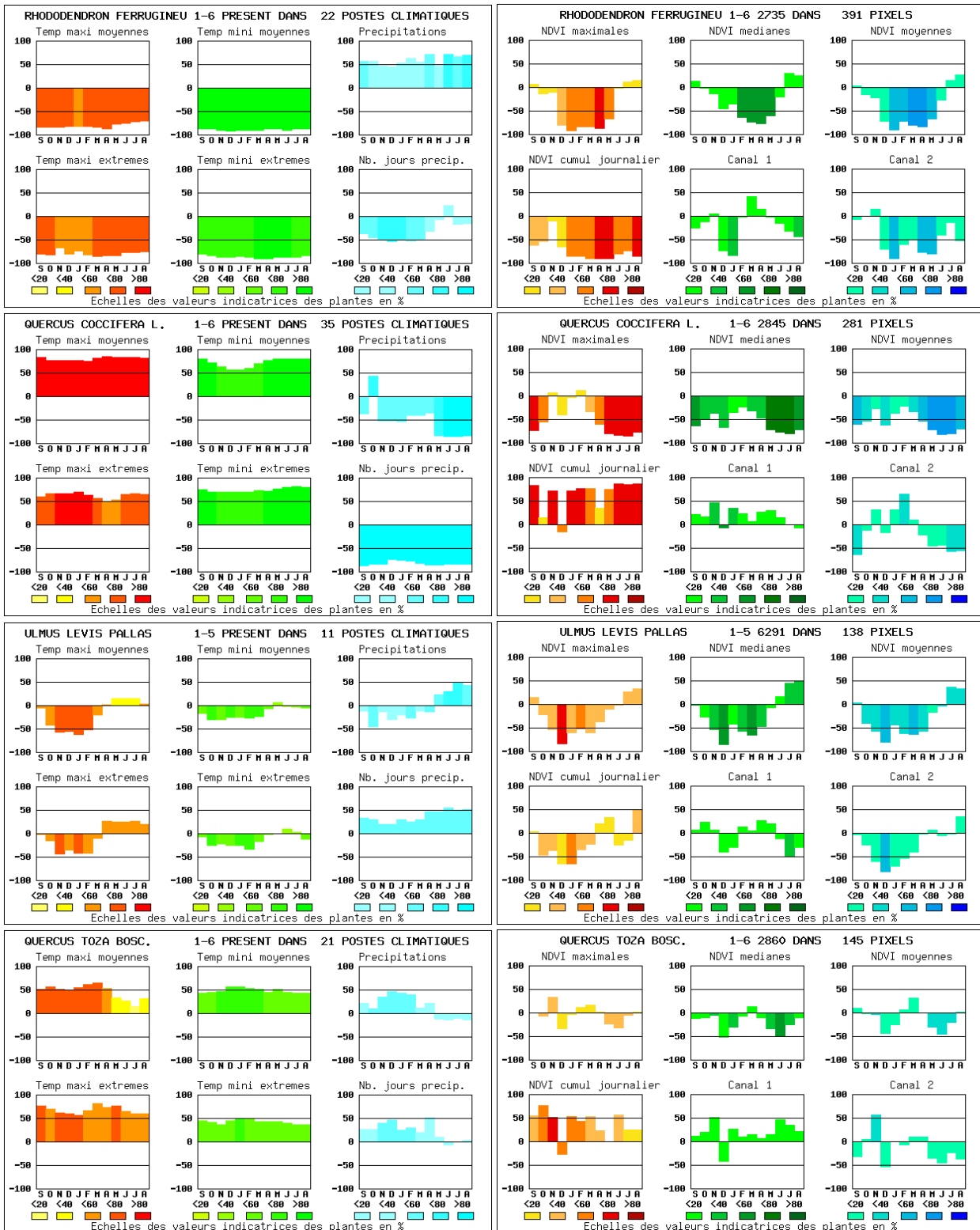


Figure 80 a : Exemples de comparaisons entre phytoclimats et indications de caractéristiques spectrales par les plantes : *Rhododendron ferrugineum* L., *Quercus coccifera* L., *Ulmus levis* Pallas et *Quercus toza* Bosc.. Ces graphiques montrent une concordance entre la forme des optimums des températures et celle des optimums des valeurs cumulées du NDVI.

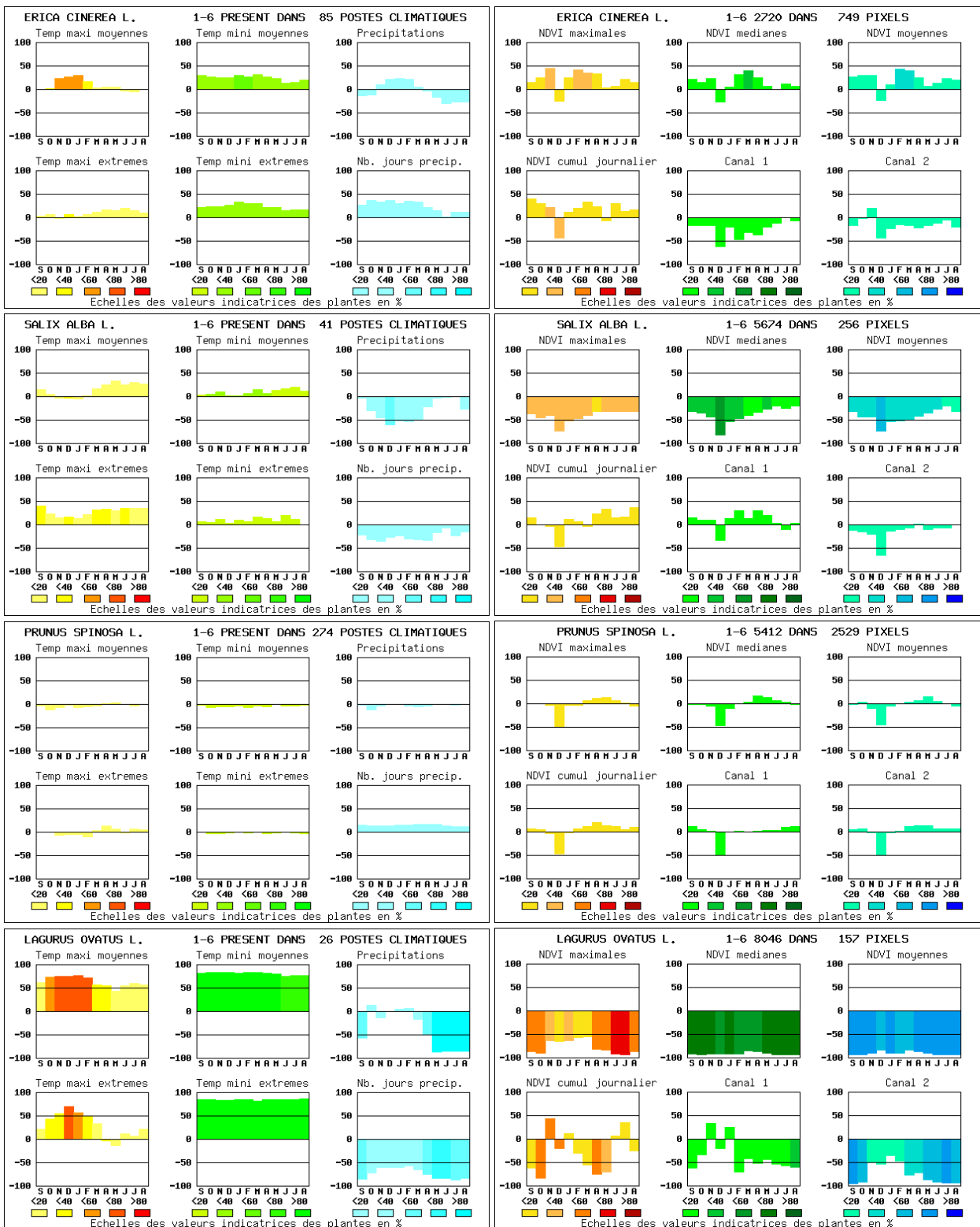


Figure 80 b : Exemples de comparaisons entre phytoclimats et indications de caractéristiques spectrales par les plantes : *Erica cinerea* L., *Salix alba* L., *Prunus spinosa* L. et *Lagurus ovatus* L.. Ces exemples montrent également une concordance entre la forme des optimums des températures avec celle des optimums des valeurs cumulées du NDVI mis à part pour *Lagurus ovatus* L. qui est situé sur le littoral : la seule raison de cette différence semble être liée au faible recouvrement de la végétation du littoral durant toute l'année, ce qui n'est pas représentatif de l'effet des températures mais plutôt de paramètres tels que les embruns et les sols salés, la texture et l'acidité du substrat et la présence de vents violents.

Ainsi, dans la mesure où la répartition des types de végétation est liée au climat, les valeurs cumulées du NDVI permettent d'identifier des phytoclimats car elles montrent un lien avec les températures du jour et de la nuit. Ce point constitue un élément encourageant dans la perspective de la télédétection des phytoclimats et du calcul des liens apparents entre ces ensembles sur le territoire français.

6.6. Intérêt de l'étalonnage entre la flore et les mesures NOAA et perspectives pour un étalonnage des phytoclimats en France

6.6.1. L'étalonnage de la flore : une approche écologique

La démarche proposée dans cette recherche, qui consiste à considérer un taxon botanique comme un témoin des caractéristiques spectrales du milieu qui l'abrite, représente un point de vue originale dans la discipline de la télédétection de la végétation. Cette approche n'est rendue possible que par l'utilisation d'un étalonnage entre les taxons et les mesures du satellite NOAA AVHRR. Techniquement, l'apport que représente la banque « Sophy », en terme d'observations botaniques (près de 3.000.000 actuellement), est un facteur déterminant qui a motivé cette démarche.

En général, les études concernant la télédétection de la végétation avec NOAA partent des images satellitaires dont les pixels ont été classés, puis ces images sont comparées le plus souvent par superposition avec des cartes de végétation issues de sources de terrain ou de satellites de résolution spatiale plus fine de celle de NOAA, ou encore à partir de sites tests dont on connaît le type de formation végétale (chapitre 1, § 1.3.5.3.).

Dans notre recherche, la démarche employée part des plantes pour estimer les mesures spectrales : cette optique est en tout point écologique car elle tente de déterminer des situations écologiques entre des observations botaniques de terrain et des mesures physiques du territoire réalisées à distance. Dans ce contexte, les mesures effectuées par le satellite NOAA sont les homologues, dans leur échelle spatiale, des mesures effectuées par des postes climatiques car elles sont représentatives d'un phénomène local : les variables enregistrées dans les postes climatiques correspondent au climat local (topoclimat), et les variables satellitaires de pixels de 5 km de côté relatent un milieu spectral général qui s'exprime au niveau local.

Dans ce contexte, les stations botaniques, qui sont affectées à des quadrats de 5 km de côté, sont représentatives non pas des territoires, mais de situations écologiques liées à leur expérience sensible avec les paramètres du milieu.

La signification des variables satellitaires est expliquée par les faits suivants qui relatent leurs liens apparents avec les observations botaniques :

a. les valeurs maximales, moyennes et médianes correspondent au recouvrement de la végétation qui peut être lié aux milieux colonisés par les plantes et aux stades phénologiques de ces dernières. Ces stades phénologiques dépendent du type de végétation (sempervirente ou caducifoliée) lui-même en grande partie en relation avec le climat.

b. l'étude des valeurs cumulées du NDVI montre une certaine concordance avec les températures, ce qui souligne le lien entre climat local comme facteur influençant la répartition de la végétation et de sa phénologie.

L'ensemble de ces résultats montre l'intérêt pour une étude ultérieure concernant la télédétection des phytoclimats.

6.6.2. Pourquoi la télédétection des phytoclimats ?

L'étalonnage entre les plantes et les mesures satellitaires donne déjà des caractéristiques spectrales des milieux exprimées par les plantes. Ces caractéristiques spectrales sont représentatives à la fois du recouvrement et des milieux de la végétation, ainsi que des températures quand les variables satellitaires sont des valeurs cumulées de NDVI.

Or, un phytoclimat représente un groupe de plantes de comportements climatiques proches. Ces plantes climatiquement étalonnées sont représentées dans des quadrats de 5 km de côté, ce qui permet leur superposition avec les mesures du satellite NOAA. Les fréquences relatives des phytoclimats dans les quadrats permettent de repérer de façon quantitative la proportion de tel groupe, ce qui correspond d'une certaine façon à une représentation de la surface de ce groupe par les plantes qui le constituent. Cette notion représente la dimension botanique du phytoclimat. Comme nous l'avons vu le phytoclimat a, par définition, une dimension climatique qui est exprimée par la caractérisation du comportement climatique de l'ensemble des plantes qui le constituent. Les résultats concernant l'étalonnage entre les données satellitaires et les plantes a montré que le satellite prend en compte ces deux dimensions à partir de la relation entre les milieux des plantes et les températures.

Ainsi, il semblerait que l'étalonnage direct entre les phytoclimats et ces mesures soit réalisable. Il permettrait de détecter un ensemble écologiquement plus vaste et plus homogène que les parcelles de végétation, représentatif de conditions environnementales particulières, notamment climatiques, agissant sur la végétation.

D'autres indices que le NDVI pourraient être utilisés pour repérer les facteurs climatiques avec précision. Cette démarche serait possible car l'une des particularités du satellite NOAA est de pouvoir estimer les températures au sol par l'emploi de ses canaux 4 et 5 qui fonctionnent dans la gamme de l'infrarouge thermique. Il serait donc utile de mettre en commun les valeurs du NDVI et celles d'indices pouvant détecter les températures au sol. Cette caractérisation par l'emploi des synthèses numériques du NDVI et d'indices climatiques pourrait servir dans le cadre d'une estimation de la répartition des phytoclimats dans l'ensemble des pixels en France, ce qui généraliserait leur observation.

Mais avant de procéder à un nouvel étalonnage, il serait souhaitable d'obtenir un lot de mesures satellitaires plus régulières afin de caractériser des comportements plus précis et plus stables que ceux présentement acquis. Cette étape permettrait de pallier le problème des données manquantes en télédétection.

6.6.3. Le problème des données manquantes en télédétection

L'étalonnage des plantes dans les gammes des variables satellitaires a pour but de déterminer quels sont les groupes de plantes que les satellites sont susceptibles de localiser. A un groupe de plantes correspond un type de milieu, notamment un phytoclimat, qui serait alors cartographiable par télédétection. Cette démarche considère une variable satellitaire comme le reflet indirect d'une variable environnementale, notamment climatique. Or, une telle variable marque son influence sur les plantes par son action quotidienne pendant tous les mois de l'année, au cours d'un nombre d'années suffisant pour différencier deux climats voisins.

Une variable ne montre une différence fiable entre deux pixels que si elle est mesurée pendant exactement la même période. Un changement de période provoque un écart aussi grand qu'un changement de localisation. Cette observation est aussi bien valable pour les mesures climatiques que pour les mesures satellitaires. De ce fait, les données satellitaires, notamment au niveau des

valeurs cumulées, sont assez irrégulières car les valeurs ajoutées sont temporellement et géographiquement discontinues, ce qui implique des variations importantes entre elles. Ces variations provoquent des irrégularités dans la caractérisation du pixel.

Ces irrégularités, qui sont le plus manifestes avec les données cumulées et avec le mois de décembre pour l'ensemble des variables, provoquent des artefacts dans l'étalonnage des plantes. Ces artefacts semblent liés au fait que les observations des plantes se retrouvent dans des pixels qui présentent des variations très importantes de leurs valeurs d'un mois sur l'autre. Ces variations sont moins importantes pour les valeurs moyennes et médianes du NDVI, ce qui se comprend car ces variables tiennent compte de la dispersion des mesures. Elles donnent un aspect plus continu des variations des mesures d'un moi à l'autre (figure 81).

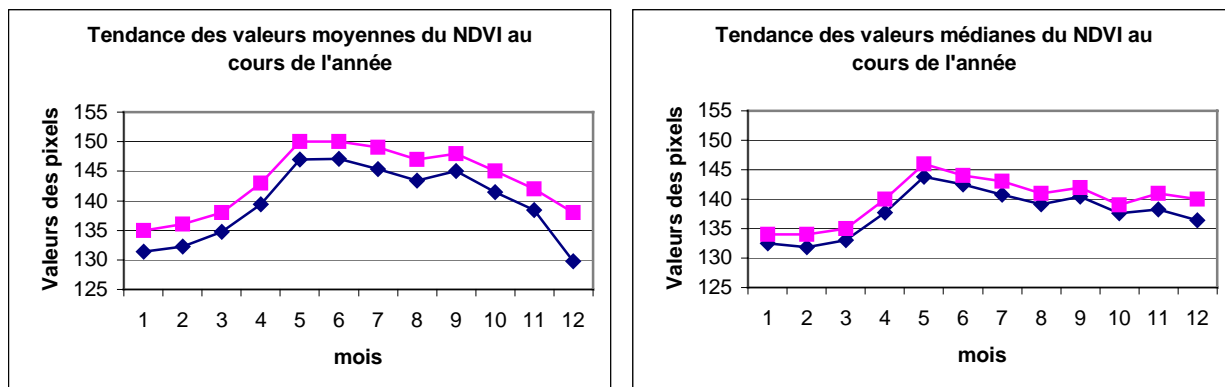


Figure 81 : Tendances des valeurs moyennes et médianes des pixels au cours de l'année. Ces tendances sont représentées par le calcul de la moyenne (courbes bleues) et de la médiane (courbes fuchsias) pour l'ensemble des pixels sélectionnés ne présentant pas de valeurs mensuelles manquantes durant toute l'année. Ces courbes montrent bien que les écarts moyens et médians d'un mois à l'autre restent faibles.

L'allure générale de ces courbes montre que les écarts moyens et médians d'un mois à l'autre sont relativement peu marqués, ce qui montre une certaine régularité dans l'emploi des valeurs moyennes et médianes pour caractériser les pixels.

En revanche, les écarts mensuels des mesures sont plus importants pour les valeurs maximales (figure 82).

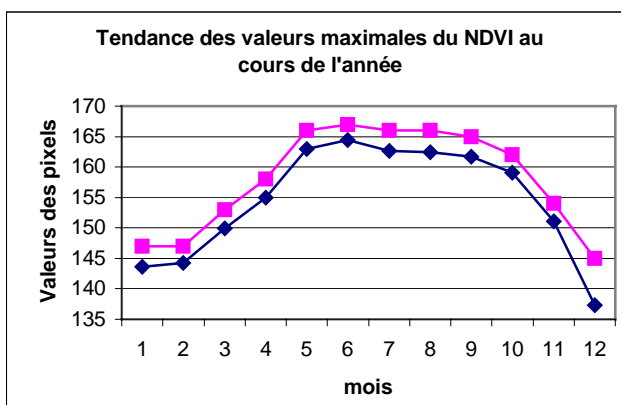


Figure 82 : Tendances des valeurs maximales des pixels au cours de l'année. Elle est représentée par le calcul de la moyenne (courbe bleue) et de la médiane (courbe fuchsia) pour l'ensemble des pixels sélectionnés ne présentant pas de valeurs mensuelles manquantes durant toute l'année. Les écarts

moyens et médians mensuels sont relativement plus importants que dans le cas des valeurs moyennes et médianes du NDVI.

Les variations plus importantes des mesures maximales du NDVI par rapport à celles des valeurs moyennes et médianes sont responsables de la forme relativement irrégulière des optimums des plantes. Elles sont également responsables d'une certaine irrégularité des pouvoirs indicateurs des plantes vis-à-vis de ces variables satellitaires.

Mais, c'est dans le cas des valeurs cumulées de NDVI que les écarts mensuels moyens et médians sont les plus marqués (figure 83), influençant grandement les pouvoirs indicateurs et la forme de la courbe des optimums des plantes à l'égard de cette variable.

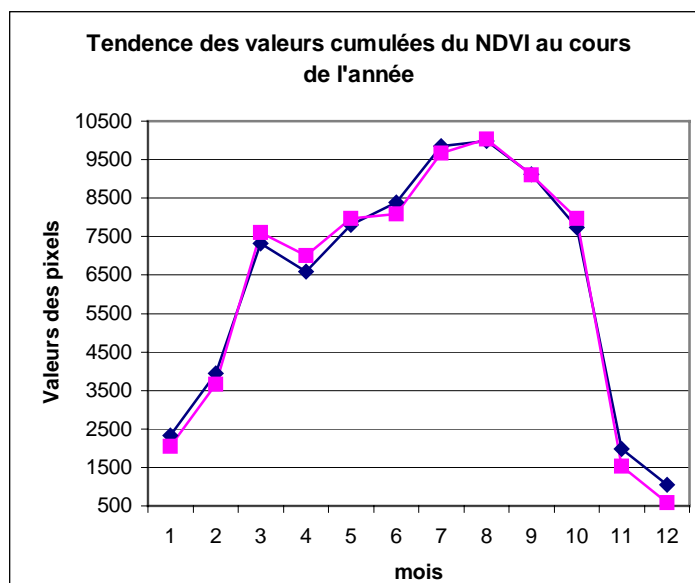


Figure 83 : Tendance des valeurs cumulées des pixels au cours de l'année. Elle est représentée par le calcul de la moyenne (courbe bleue) et de la médiane (courbe fuchsia) pour l'ensemble des pixels sélectionnés ne présentant pas de valeurs mensuelles manquantes durant toute l'année.

Dans ce cas, le calcul des données manquantes devrait permettre de fournir des écarts relativement plus réduits et, surtout, plus graduels d'un mois à l'autre. L'estimation des données manquantes est un calcul volumineux mais précis, pour lequel nous avons testé un calcul efficace au niveau des données climatiques. Un calcul reposant sur l'étude des tendances des valeurs mensuelles spectrales des pixels tout au long de l'année et au cours des 5 années d'enregistrement, devrait constituer une voie pour résoudre ce problème, ce qui apporterait des résultats plus réguliers dans la caractérisation des liens entre les mesures satellitaires et les plantes ou les phytoclimats.

6.7. Conclusion et perspectives

Le second objectif de cette recherche, qui était l'utilisation des plantes comme indices de caractéristiques spectrales des milieux dans lesquels elles vivent, a été en partie atteint. Les plantes étalonnées avec les mesures du NDVI montrent effectivement des différences dans l'expression de leurs liens avec ces variables satellitaires en relation avec leur répartition dans des milieux variés et contrastés. Les résultats portent sur 2000 plantes en France et révèlent la diversité des situations écologiques auxquelles les plantes sont confrontées.

Cette approche est originale dans la mesure où elle part des plantes pour exprimer des variables satellitaires. L'interprétation de ces résultats réside sur la prise en compte des stades phénologiques de la végétation et sur la nature de la couverture végétale des formations qui abritent les plantes étalonnées. L'apport des valeurs cumulées du NDVI permet de distinguer également des nuances entre les différents types de milieux dont leur signification semble être liée aux différences de températures. Ainsi, les synthèses numériques du NDVI permettent de prendre en compte la dimension biologique et la dimension climatique des milieux qui sont repérés par le satellite NOAA.

Au total, ces résultats permettent de distinguer, par l'intermédiaire des plantes étalonnées, des formations végétales des moyennes et hautes montagnes, du littoral, de la région méditerranéenne, des plaines du nord-est, des plaines et des landes de l'ouest. Ils montrent aussi des nuances de comportements spectraux induits par la répartition des plantes dans des milieux de transition entre ces grands ensembles. Le catalogue issu de cet étalonnage constitue un résultat inédit en France.

Cependant, ces résultats montrent également des irrégularités au niveau de leur formes, induites par des données manquantes liées aux nuages. Ces perturbations sont temporellement et géographiquement fluctuantes, ce qui provoque des artéfacts dans la mesure du lien entre plantes et variables satellitaires. De ce fait, il conviendrait de mettre au point un algorithme afin de calculer les valeurs manquantes des pixels ce qui permettrait, dans un premier temps, de réaliser un étalonnage encore plus précis entre plantes et mesures du NDVI. Dans un second temps, ces mesures spectrales pourraient être utilisées dans le cadre d'un étalonnage spectral des phytoclimats en France. Cette approche conduirait à caractériser avec précision la dimension biologique et la dimension climatique que représente la notion de phytoclimat et qui s'exprime à une échelle analogue à celle des pixels du satellite NOAA.

A l'issue de ces différents étalonnages, une estimation des milieux par la flore qui les constitue et par les phytoclimats devrait être réalisée. Elle permettrait de généraliser la connaissance de la répartition des milieux en France, sur la base de leurs relations statistiques avec les images satellitaires. Ces relations, s'appuyant sur des données stationnelles représentatives de situations écologiques, apporteraient une grande précision quant à l'identification des milieux en France à partir des images satellitaires NOAA AVHRR.

D'autre part, une recherche analogue de celle présentée pourrait être réalisée avec le satellite SPOT 4. Ce dernier, lancé en juillet 1998, possède un instrument de détection appelé VMI (Vegetation Monitoring Instrument) dont la fauchée est de 2250 km, la résolution spatiale de 1 km et des canaux travaillant dans le bleu, le rouge, le proche infrarouge et l'infrarouge de courte longueur d'onde. Il fournit, à l'instar de NOAA, des images quotidiennes pour un même secteur.

L'avantage de cet instrument par rapport à NOAA est qu'il a une résolution spectrale plus fine concernant les canaux rouge et infrarouge correspondant à l'absorption de la chlorophylle et à la réflectance maximale de la végétation. De plus, il possède un canal infrarouge de courte longueur d'onde centrée autour de 1,65 μm , permettant de prendre en compte la teneur en eau de la canopée. Il devrait permettre de caractériser encore plus précisément la végétation et ce, à partir de pixels de 1 km dont la localisation semble être encore améliorée par rapport à NOAA AVHRR. De plus, la combinaison des canaux bleu et infrarouge de courte longueur d'onde fournissent des indices différents de ceux employés par NOAA, ce qui permettrait de repérer les phytoclimats avec encore plus de précision.

CHAPITRE 7 : CONCLUSION GENERALE

L'utilisation des plantes de la flore de France comme témoins de variables climatiques et satellitaires a constitué le principal objectif de cette recherche. Il s'agit donc d'un objectif écologique. Afin de parvenir à sa réalisation, une méthode numérique basée sur des probabilités a été employée et appliquée à des enregistrements issus de trois banques de données :

a.) près de 3.000.000 d'observations botaniques issues de la banque « Sophy », réparties en France et dans les territoires limitrophes de ses pays voisins ;

b.) plus de 800 postes climatiques provenant du réseau d'observation de Météo-France, ayant enregistré six variables mensuelles (Tmax, Tmin, P, Tmax Extrêmes, Tmin Extrêmes, Nombre de jours de pluie) sur une période de 50 ans ;

c.) 1825 images satellitaires NOAA AVHRR enregistrées sur une période de 5 ans provenant de la banque de donnée du Centre Commun de Recherche d'Ispra. Les valeurs maximales, moyennes, médianes et cumulées de l'indice de végétation normalisé (NDVI) dans des pixels de 5 km de côtés sont les variables mensuelles sélectionnées dans notre recherche.

Dans l'approche proposée, les données utilisées ne représentent pas des territoires mais des échantillons de situations écologiques. L'échelle de ces liens est similaire entre l'approche phytoclimatique et celle de la télédétection car elle s'applique aux conditions locales du climat et des mesures satellitaires. Étudiés à l'échelle de la France, ces liens montrent des gradients exprimés par la flore.

- § -

Un étalonnage probabiliste entre plantes et mesures climatiques et entre plantes et mesures satellitaires a été employé, en raison de la nature ordinale et intermittente des données utilisées. Il consiste à déterminer la probabilité de concentration maximale d'un taxon dans les rangs d'une variable du milieu. Cette probabilité maximale correspond au pouvoir indicateur du taxon par rapport à la variable. Le rang de cette probabilité maximale correspond à l'optimum du taxon dans la gamme de la variable.

L'étude des optimums et des pouvoirs indicateurs des plantes vis-à-vis des variables climatiques a montré la diversité des comportements climatiques des plantes en France, témoignant de la richesse des situations écologiques rencontrées sur ce territoire. Cette richesse est matérialisée par un catalogue recensant 2870 comportements climatiques de taxons en France. L'estimation du climat par la flore rencontrée aux alentours des postes climatiques a montré la pertinence d'un tel étalonnage et la capacité des plantes pour indiquer ces variables du milieu : la justesse moyenne des estimations des six variables est de 89 % pour une stabilité moyenne de 97 %.

Cet étalonnage probabiliste, qui fait suite à celui réalisé en 1994 par Brisse et Grandjouan, a permis de caractériser climatiquement 1.500 taxons supplémentaires en France, ce qui représente un gain non négligeable pour la connaissance des relations entre la flore et les mesures du climat. Il s'appuie également sur un nombre de postes climatiques trois fois plus volumineux que celui employé en 1994, ce qui donne une représentation spatiale et climatique plus précise du territoire français. Pour les taxons déjà étalonnés, il permet de préciser leur comportement climatique car ces derniers sont répartis dans les alentours d'un nombre plus important de postes.

- § -

La classification probabiliste des comportements climatiques a donné des groupes phytoclimatiques dont la distribution géographique montre des gradients climatiques de flore. L'importance de ces gradients est déterminée par le niveau hiérarchique des groupes phytoclimatiques : au premier niveau de synthèse, ce sont les phénomènes majeurs qui sont identifiés car les groupes sont constitués par l'ensemble des observations botaniques. Les groupes des niveaux subordonnés montrent des nuances sensibles, qui sont déterminées soit par le cantonnement des taxons dans des sous-types climatiques soit par leur répartition dans plusieurs grands types climatiques. Ce niveau montre une opposition entre un groupe de phytoclimats littoraux, méditerranéens et montagnards et un groupe de phytoclimats des plaines et basses montagnes de la moitié nord de la France. Les deux facteurs les plus importants semblent être liés à la proximité des masses maritimes et à l'altitude. L'analyse des groupes phytoclimatiques successifs confirment cette hypothèse et montrent également des particularités phytoclimatiques soulignant, une fois de plus, la richesse et l'originalité de l'expression des facteurs climatiques par les plantes. Au total, ce sont 210 groupes phytoclimatiques répartis sur 10 niveaux de synthèse qui ont été déterminés.

Cette classification représente une nouveauté conceptuelle par rapport à celle réalisée en 1977 par Brisse et Granjouan, car elle repose sur un calcul probabiliste plus respectueux de la nature des données et des phénomènes étudiés. Elle est également envisagée sur un ensemble d'observations botaniques et de postes climatiques six fois plus important que celui actuellement utilisé. Elle montre de façon plus précise des phénomènes plus généraux, car elle repose sur un ensemble d'informations bien plus volumineux et plus représentatif de la richesse des situations phytoclimatiques sur le territoire français.

La comparaison entre les groupes phytoclimatiques et les travaux des biogéographes montre à la fois des concordances et des discordances par rapport à la définition et à l'identification des territoires phytoclimatiques en France. Ces dernières se manifestent aussi bien à l'échelle de la France qu'à l'échelle de la région, voire du département. Par exemple, l'actuelle classification montre un phytoclimat de type littoral qui avait déjà été envisagé par Flahault en 1906. Elle montre également un phytoclimat de type armoricain qui a été repéré par Flahault mais également par Ozenda et Borel (2000).

Elle met aussi en évidence des phytoclimats qui n'ont pas été envisagés par les études précédentes, comme le phytoclimat méditerranéo-atlantique. Cet apport dans la précision de la définition et de la répartition des phytoclimats tient à leur étude selon les niveaux de synthèses, correspondant à une approche graduelle des relations entre plantes et climats par le changement d'échelle de perception. La précision est également accrue par rapport aux synthèses biogéographiques, car elle repose sur la comparaison objective entre les comportements climatiques de plus de 2.800 plantes, alors que ces dernières sont basées sur la concordance empirique entre la répartition des espèces endémiques ou des grands ensembles de végétation avec celle des climats. Les études biogéographiques s'appuient sur des comparaisons par juxtaposition ou superposition entre territoires floristiques et climatiques, alors que la classification compare directement les liens entre plantes et mesures climatiques.

- § -

L'étalonnage entre les plantes et les mesures du NDVI du satellite NOAA AVHRR a montré que les plantes représentent des témoins des caractéristiques spectrales des milieux qui les abritent. L'interprétation des résultats repose en partie sur la signification des variables satellitaires : les valeurs moyennes, médianes et maximales du NDVI correspondent au taux de recouvrement de la végétation et sont dépendantes de la phénologie des espèces végétales et du type de formation des milieux détectés (végétation sempervirente / végétation caducifoliée). Dans notre étude, les valeurs

cumulées du NDVI semblent en relation avec les températures, ce qui constitue dans une certaine mesure un lien avec la productivité primaire nette des végétaux.

La comparaison des graphiques spectraux exprimés par les plantes pour les variables sélectionnées et constituant un lot de 1997 graphiques, permet de distinguer des plantes de formations végétales structurant des milieux variés : il s'agit des formations des hautes et moyennes montagnes, du littoral, des plaines et des collines continentales, de la région méditerranéenne, des landes et des forêts de l'ouest, des ripisylves et des zones aquatiques dulçaquicoles. Ces résultats semblent également montrer que les valeurs du NDVI permettent, dans une certaine mesure, de déterminer la composante biologique et la composante climatique des types de végétation en France. Cette approche représente un point de départ pour un étalonnage ultérieur entre les phytoclimats, exprimés géographiquement à partir de quadrats de 5 km de côté, et les mesures satellitaires. Un tel procédé permettrait, par la suite, d'estimer les milieux en fonction de la flore qu'ils abritent et des paramètres climatiques qui les structurent.

La démarche utilisée est originale car elle part des plantes et les considère comme des témoins des caractéristiques spectrales de leurs milieux, alors que les études dans ce domaine superposent les territoires détectés avec les territoires de végétation et procèdent à des corrélations pour en mesurer les liens. Dans l'optique de cette recherche, les observations botaniques représentent des échantillons d'expériences écologiques sur les territoires étudiés, aspect souligné par l'interprétation des résultats concernant leurs liens avec les mesures spectrales.

Cependant, les actuels résultats concernant les relations entre les plantes et les mesures satellitaires présentent des irrégularités dans leur expression. Ces dernières semblent attribuables aux valeurs manquantes générées par les nuages. Ces artefacts sont géographiquement et temporellement disparates, ce qui provoque des imprécisions pour la caractérisation spectrale des pixels. Un programme de calcul de données manquantes devrait permettre de pallier ce problème, ce qui donnerait des variables mensuelles plus régulières et, par conséquent, des résultats plus précis et plus logiques.

- § -

Un des points majeurs de cette étude est qu'elle repose sur une démarche numérique à l'échelle de la France. Or ce point qui est un atout représente aussi la faiblesse de cette étude, car les plantes étalonnées sont, dans leur ensemble, des plantes réparties dans d'autres pays d'Europe. Les climats et les caractéristiques spectrales qu'elles indiquent représentent ainsi une partie de l'expression de leur comportement écologique et, par extension, une partie de la gamme d'une variable climatique ou satellitaire.

La France est un territoire ayant une grande diversité de milieux en raison de la présence de littoraux, de montagnes et de plaines étendues sur l'ensemble du territoire : les gradients de latitude, d'altitude et de longitude imposent une variation manifeste des températures et des précipitations qui déterminent en grande partie la structuration des formations végétales. Par conséquent, la France possède une assez grande richesse floristique puisqu'elle renferme environ un tiers de la flore d'Europe. Elle constitue ainsi un échantillon des situations écologiques des plantes d'Europe.

Cependant, il serait souhaitable, afin de percevoir très précisément le comportement écologique des plantes, de travailler à une échelle européenne, voir globale. Par exemple, *Dryas octopetala* L. est répartie en France dans les hautes montagnes alors qu'elle colonise la toundra arctique en Norvège et en Finlande ; *Quercus toza* Bosc. est réparti en France dans la moitié sud de la région atlantique, alors qu'il est présent jusqu'au sud de la péninsule ibérique. Le passage à une échelle plus petite que celle de la France permettrait d'étalonner ces plantes par rapport à leur

gamme climatique et spectrale complète, ce qui apporterait une plus grande précision dans la comparaison de leurs comportements. Toutefois, il faut reconnaître que les différences de comportements exprimées par les plantes sur le territoire français traduisent déjà leurs différences de comportement écologique. Une telle approche serait techniquement réalisable étant donné l'existence de banques de données botaniques analogues à « Sophy » en Europe (Mucina *et al.*, 2000). D'autre part, les données climatiques et les données satellitaires sont aussi enregistrées au niveau européen, voire global. Enfin, le progrès technique permet de disposer d'ordinateurs dont les performances ne cessent de croître et permettant de réaliser les calculs nécessaires pour des études à cette échelle. Outre la précision apportée vis-à-vis des taxons étalonnés en France, une telle étude étendrait la connaissance de l'écologie d'un grand nombre de plantes d'Europe.

- § -

Enfin, la méthodologie employée, qui est essentiellement représentée par l'étalonnage probabiliste entre les taxons botaniques et les mesures climatiques et spectrales, pourrait également être envisagée avec d'autres variables.

Un étalonnage entre les phytoclimats et les images satellitaires devrait permettre de réaliser, par la suite, une estimation des milieux en France, pour chacun des pixels. Elle constituerait une généralisation de l'observation des phytoclimats à cette échelle. Elle serait un moyen pour prendre en compte la dimension floristique et la dimension climatique des milieux détectés à cette échelle et ce de façon simultanée, dans l'espace des relations entre plantes et climats.

La méthodologie employée peut également s'adresser aux relations entre les plantes et les mesures pédologiques. Ce point fait parti d'une collaboration envisagée avec l'ENGREF et l'ADEME et devrait aboutir à la conception d'un catalogue des comportements des plantes en fonction des paramètres édaphiques. Cet étalonnage apporterait un complément dans la compréhension des processus déterminant la répartition de la végétation notamment à des échelles plus réduites que celles du climat local. Il permettrait également d'utiliser les plantes comme indicateurs des variables édaphiques.

Au total, la méthode probabiliste employée dans la présente étude pourrait être appliquée à l'étude des relations entre les êtres vivants et les paramètres environnementaux caractérisant « le monde qui les entoure », à condition que les observations et les mesures du milieu soient recueillies selon des protocoles standardisés.

BIBLIOGRAPHIE

- ACHARD (F.) and ESTREGUIL (C.), 1995.- Forest classification of southeast Asia using NOAA AVHRR data. *Remote Sensing of Environment* n° 54 : 198-208.
- ATKINSON (P.M.), CUTLER (M.E.J.) and LEWIS (H.), 1997.- Mapping sub-pixel proportional land cover with AVHRR imagery. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 18, n° 4 : 917-935.
- BARBAULT (R.), 1990.- *Ecologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère*. Masson, abrégés.- 269p.
- BARBERO (M.), BONIN (G.), LOISEL (R.) and QUEZEL (P.), 1990.- Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the west part of the Mediterranean basin. *Vegetatio* n°87: 151-173.
- BEALS (E.W.), 1984.- Bray-Curtis ordination : an effective strategy for analysis of multivariate ecological data. *Advances in Ecological Research*, vol. 14 : 1-55.
- BIERLAIRE (P.) and SHARMAN (M.), 1992.- Operational generation of agricultural products from NOAA AVHRR time series. Conference on the application of remote sensing to agricultural statistics. European Commission, JRC : 219-230.
- BIROT (P.), 1965.- *Les formations végétales du globe*. Sedes. 508p.
- BLASCO (F.), 1999.- *Advances in environmental and ecological modelling*. Elsevier.- 219p.
- BLONDEL (J.), 1995.- *Biogéographie. Approche écologique et évolutive*. Collection écologie n°27, Masson.- 297p.
- BONN (F.) et ROCHON (G.), 1996.- *Précis de télédétection. Volume 1 : Principes et méthodes*. Presses de l'Université du Québec / AUPELF. 485p.
- BONN (F.), 1996.- *Précis de télédétection. Volume 2 : Applications thématiques*. Presses de l'Université du Québec / AUPELF. 633p.
- BOURNERIAS (M.), 1984.- *Guide des groupements végétaux de la région parisienne*. Sedes Masson.- 483p.
- BOYD (D.S.) and RIPPLE (W.J.), 1997.- Potential vegetation indices for determining global forest cover. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 18, n° 6 : 1395-1401.
- BRAQUE (R.), 1988.- *Biogéographie des continents*. Masson.- 470p.
- BRAUN-BLANQUET (J.), 1932.- *Plant sociology. The study of plant communities*. Authorized english translation of « Pflanzen-soziologie » (1928), edited by Fuller, (G.D.) and Conard, (H.S.). University of Chicago, III, USA.- 438p.
- BRIANE (J.-P.), LAZARE (J.-J.), ROUX (G.) et SASTRE (C.), 1974.- L'analyse factorielle des correspondances et l'arbre de longueur minimum ; exemple d'application. *Adansonia*, ser.2, 14(1) : 111-137.
- BRISSE (H.) et GRANDJOUAN (G.), 1971.- *Formulaire floristique des végétaux vasculaires de la France*. Montpellier, C.N.R.S.-C.E.P.E. Louis Emberger.- 18p.
- BRISSE (H.) et GRANDJOUAN (G.), 1972.- Ordination par condensation des variables ou classification multivariable par similitudes ? Point de vue d'un utilisateur. Montpellier, C.N.R.S.-C.E.P.E. Louis Emberger.- 10p.
- BRISSE (H.) et GRANDJOUAN (G.), 1977.- Etalonnage et classification climatique de 450 plantes en France. *Vegetation und Klimat*. Tüxen R. editor : 535-607.
- BRISSE (H.) et GRANDJOUAN (G.), 1980 a.- Plantes indicatrices du climat. 1 Méthode de caractérisation climatique des plantes à différents niveaux d'abondance. *Bulletin de la Société Botanique de France*, t.127-3 : 263-273.
- BRISSE (H.) et GRANDJOUAN (G.), 1980 b.- Plantes indicatrices du climat. 2 Quelques exemples à différents niveaux d'abondance. *Bulletin de la Société Botanique de France*, t.127-5 : 471-482.
- BRISSE (H.) et GRANDJOUAN (G.), 1994.- Expression probabiliste des relations entre flore et climat. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, 25-7 : 137-156.
- BRISSE (H.) et KERGUELEN (M.), 1994.- Code informatisé de la flore de France. *Bulletin de l'Association d'Informatique Appliquée à la Botanique*, tome 1.- 189p.

- BRISSE (H.), GRANDJOUAN (G.) et RUFFRAY DE (P.), 1982.- Les types de climats annuels, un mode d'expression des gradients climatiques intégrant les variations interannuelles. La météorologie, VI^{ème} série, n°31 : 39-81.
- BRISSE (H.), GRANDJOUAN (G.) et RUFFRAY DE (P.), 1996.- An ecological classification of floristical relevés by coupling a regional survey with a national data bank. *Annali di botanica*, vol LIV : 53-70.
- BRISSE (H.), GRANDJOUAN (G.) et RUFFRAY DE (P.), 1998.- Repeatability of the french higher vegetation types according to socio-ecological hierarchies. *Annali di botanica*, vol LVI-1 : 79-92.
- BRISSE (H.), GRANDJOUAN (G.), HOFF (M.) et RUFFRAY DE (P.), 1980.- Utilisation d'un critère statistique de l'écologie en phytosociologie. Exemple des forêts alluviales en Alsace. *Colloques phytosociologiques, IX, les forêts alluviales*, Strasbourg : 543-590.
- BRISSE (H.), RUFFRAY DE (P.), GRANDJOUAN (G.) et HOFF (M.), 1995.- European vegetation survey. La banque de données phytosociologiques « SOPHY ». *Annali di botanica*, vol. LIII : 191-223.
- BRUNET (R.) et AURIAC (F.), 1995.- Atlas de France. Volume 6 : Milieux et ressources. RECLUS, La Documentation Française.- 144p.
- BURGESS (D.W.), LEWIS (P.) and MULLER (J.P.A.L.), 1995.- Topographic effects in AVHRR NDVI data. *Remote Sensing of Environment* n° 54 : 223-232.
- CARLSON (T.N.) and RIPLEY (D.A.), 1997.- On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment* n° 62 : 241-252.
- CHARRE (J.), 1995.- Statistique et territoire. GIP Reclus, collection « Espaces modes d'emploi ». 120p.
- CIHLAR (J.), 1996.- Identification of contaminated pixels in AVHRR composites images for studies of land biosphere. *Remote Sensing of Environment* n° 56 : 149-163.
- CIHLAR (J.), LY (H.) and XIAO (Q.), 1995.- Land cover classification with AVHRR multichannel composites in northern environments. *Remote Sensing of Environment* n° 58 : 36-51.
- CIHLAR (J.), LY (H.), LI (Z.), CHEN (J.), POKRANT (H.) and HUANG (F.), 1997.- Multitemporal, multichannel AVHRR data sets for land biosphere studies – Artifacts and corrections. *Remote Sensing of Environment* n° 60 : 35-57.
- COSTE (H.), 1906.- Flore descriptive et illustrée de la France. Tomes 1, 2 et 3, A. Blanchard éditeur.- 1850p.
- CUVILLIER (A.), 1954.- Cours de philosophie. Librairie Armand Colin, T 1.- 649p.
- D'ANTONI (H.L.) and SPANNER (M.A.), 1993.- Remote sensing and modern pollen dispersal in Southern Patagonia and Tierra del Fuego (Argentina). *Models for palaeoecology*. Grana, 32 : 29-39.
- DAGET (P.) et GODRON (M.), 1982.- Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés. *Collection d'Ecologie* n° 18. Masson.- 163p.
- DAVID (P), LEPART (J.) and ROMANE (F.), 1979.- Elements for a system of data processing in phytosociology and ecology. *Vegetatio*, vol. 40 (2) : 115-123.
- DE LAGARDE (J.), 1995.- Initiation à l'analyse des données. Dunod.- 162p.
- DEMANGEOT (J.), 2000.- Les milieux « naturels » du globe. Armand Colin, collection U Géographie. 263p.
- DERRIEN (M.), FARKI (B.), LEGLEAU (H.) et SAIROUNI (A.), 1992.- Classification de la végétation sur la France à l'aide de l'AVHRR de NOAA 11. *Veille Climatique Satellitaire*, n° 42 : 59-67.
- DETTELBAACH (M.), 1997.- La science omnivore d'Alexander Von HUMBOLDT. *La Recherche*, n° 302 : 90-95.
- DIDAY (E.), LEMAIRE (J.), POUGET (J.) et TESTU (F.), 1982.- Eléments d'analyse de données. Dunod.- 464p.
- DOUGUEDROIT (A.), 1976.- Les paysages forestiers de Haute-Provence et des Alpes-Maritimes. *Géographie – Ecologie – Histoire*. Edisud, Aix-en-Provence.- 550p.

- DRUDE (P.), 1897.- Manuel de géographie botanique.- Paris, librairie des sciences naturelles Paul Klincksieck.- 552p.
- DUCHEMIN (B.), GOURBIER (J.) and COURRIER (G.), 1998.- Monitoring phenological key stages and cycle duration of temperate deciduous forest ecosystems with NOAA/AVHRR data. *Remote Sensing of Environment* n° 67 : 68-82.
- DUPIAS (G.) et REY (P.), 1985- Document pour un zonage des régions phyto-écologiques. CNRS et CERR. 2 cartes.- 39p.
- EIDENSHINK (J.C.) and FAUNDEEN (J.L.), 1994.- The 1 km AVHRR global land data set : first stage in implementation. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 15, n°17 : 3443-3462.
- ELLENBERG (H.), 1971.- *Integrated Experimental Ecology. Methods and Results of Ecosystem Research in the German Solling Project. Ecological Studies 2*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New-York.- 214p.
- ELLENBERG (H.), 1974.- *Zeigerwerte der Gefäßplanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica, Göttingen, Band 9.*- 97p.
- EMBERGER (L.), 1955.- Une classification biogéographique des climats. *Recueil des travaux des laboratoires de botanique, de géologie et zoologie de la faculté des sciences de l'univers de Montpellier, bot.*, 7 : 3-43.
- EMBERGER (L.), 1971.- *Travaux de botanique et d'écologie choisis et présentés par les soins d'un groupe de ses amis et élèves à l'occasion de son jubilé scientifique. Publié avec le concours du CNRS, Masson et C^{ie}, éditeurs.*- 520p.
- FARKI (B.) et SAIROUNI (A.), 1991.- Classification de la végétation de la France et de l'Espagne à l'aide de l'AVHRR de NOAA 11. DEA :Univ. Paul Sabatier Toulouse III.- 39p.
- FORMAN (R.T.T.), 1995.- Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape ecology*, vol.10, n°3 :133-142.
- FOURNIER (P.), 1947.- *Les quatre flores de France. Editions Lechevalier.*-1103p.
- FRONTIER (S.), 1983.- *Stratégies d'échantillonnage en écologie. Collection d'Ecologie n° 17. Masson.*- 494p.
- GARBOLINO (E.), 1999.- *Etude et cartographie des milieux de l'arrêté de biotope du Collet de Sen. Commune de Châteauneuf d'Entraunes, Alpes-Maritimes (06). Rapport à l'attention du Parc National du Mercantour.*- 25p.
- GARBOLINO (E.), RUFFRAY DE (P.), BRISSE (H.) and GRANDJOUAN (G.).- *Ecological gradients of probable flora. Article soumis à la revue « Basic and Applied Ecology ».*
- GAUSSEN (H.), 1953.- *La hêtraie sans hêtre. Extraits des Actes du Congrès de Luxembourg. 72^{ème} session de l'association Française pour l'Avancement des Sciences : 733-735.*
- GAUSSEN (H.), 1954.- *Géographie des plantes. Armand Colin.*- 223p.
- GEGOUT (J.-C.), 1995 a.- *Etude des relations entre les ressources minérales du sol et la végétation forestière dans les Vosges. Thèse d'état, Université de Nancy 1, Volume 1.*- 215p.
- GEGOUT (J.-C.), 1995 b.- *Etude des relations entre les ressources minérales du sol et la végétation forestière dans les Vosges. Thèse d'état, Université de Nancy 1, Volume 2, annexes.*- 215p.
- GIRARD (M.-C.) et GIRARD (C.), 1999.- *Traitement des données de télédétection. Dunod.*- 529p.
- GODRON (M.), 1984.- *Ecologie de la végétation terrestre. Masson, abrégés.*- 196p.
- GOND (V.), CABOT (F.), CHEHBOUNI (A.) and MEUNIER (J.-C.), 1997.- *Determination of vegetation parameters through measured and simulated AVHRR data over SALT-HAPEX-Sahel site. Journal of Hydrology*, 188-189 : 779-787.
- GOND (V.), FONTÈS (J.) et LOUDJANI (P.), 1997.- *Dynamique des biomes africains par l'analyse de séries temporelles satellitaires. Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Sciences de la vie*, vol. 320 : 179-188.
- GOUNOT (M.), 1969.- *Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et C^{ie}.*- 314p.
- GOWARD (S.N.), DYE (D.), KERBER (A.) and KALB (V.), 1987.- *Comparison of North and South American Biomes from AVHRR Observations. Geocarto International (1) : 27-39.*
- GRANDJOUAN (G.), 1982.- *Une méthode de comparaison statistique entre les relations des plantes et des climats. Thèse d'état: Université Louis Pasteur, Strasbourg.*- 316p.

- GRANDJOUAN (G.), 1996.- Transposition géométrique ou simulation probabiliste. Choix d'un modèle statistique des relations écologiques en milieu naturel. Actes des journées du programme Environnement, Vie et Sociétés, session A : 71-76.
- GRANDJOUAN (G.), 1998.- Expression probabiliste des relations écologiques en milieu naturel. *Océanis*, vol. 24, n° 3 : 175-197.
- GRANDJOUAN (G.), COUR (P.) and GROS (R.), 1996.- A probabilist calibration and classification of pollen taxa along a climatic gradient. *Ecoscience* vol. 3 (1) : 112-124.
- GUIGO (M.), 1995.- Gestion de l'environnement et systèmes experts. Masson, collection géographie.- 181p.
- GUINOCHET (M.), 1973.- Phytosociologie. Collection écologie n°1. Masson et C^{ie}.- 227p.
- GUIOT (J.), 1990.- Methodology of the last climatic cycle reconstruction in France from pollen data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* n° 80 : 49-69.
- GUIOT (J.), REILLE (M.), BEAULIEU DE (J.-L.) and PONS (A.), 1992.- Calibration of the climatic signal in a new pollen sequence from L Grande Pile. *Climate Dynamics* n° 6 : 259-264.
- GUYOT (G.) et SEGUIN (B.), 1988.- Possibilités d'utilisation de la télédétection en agrométéorologie. *Agronomie*, 8 (1) : 1-13.
- GUYOT (G.), 1992.- Signatures spectrales des surfaces naturelles. Paradigme INRA Editions.- 178p.
- GUYOT (G.), 1995.- La réflectance des couverts végétaux. *Photo-interprétation*, n°1995/3 : 157-180.
- GUYOT (G.), 1997.- Climatologie de l'Environnement : de la plante aux écosystèmes. Enseignement des Sciences de la Vie. Masson.- 505 p.
- GUYOT (G.), GU (X.F.), WEISS (M.) et BARET (F.), 1996.- Du signal satellitaire à la réflectance au sol : problèmes directs et inverses. *Photo-interprétation*, n°1996/2 : 119-144.
- HÄME (T.), ANDERSON (K.), LOHI (A.) and SALLI (A.), 1997.- Large area forest monitoring. Application of remote sensing in European forest monitoring. *Proceedings. European Commission, JRC* : 125-137.
- HÄME (T.), ANDERSON (K.), STENBERG (P.), SARKEALA (J.), RAUSTE (Y.), VÄÄTÄINEN (S.) and LOHI (A.), 1999.- AVHRR-based forest probability map of Pan-European area. Final Report. European Commission, JRC, SAI.- 51p.
- HEINRICH (D.) et HERGT (M.), 1990.- Atlas de l'écologie. Le livre de poche, Encyclopédies d'aujourd'hui, la Pochothèque.- 284p.
- HELLER (R.), ESNAULT (R.) et LANCE (C.), 1993.- Physiologie végétale. 2. Développement. Masson, abrégés.- 266p.
- HIROSAWA (Y.), MARSH (S.E.) and KLIMAN (D.H.), 1996.- Application of standardized principal component analysis to land-cover characterization using multitemporal AVHRR data. *Remote Sensing of Environment* n° 58 : 267-281.
- HOFFMANN (C.), 1996.- Mapping european land cover with NOAA-AVHRR data. Space Applications Institute, Environmental Mapping and Modelling Unit, Joint Research Centre.- 24p.
- HUMBOLDT DE (A.), 1845. *Cosmos. Essai d'une description physique du monde*. Editions Utz, publié en 2000, Tome 1.- 573p.
- KAUFMANN (R.K.), ZHOU (L.), KNYAZIKHIN (Y.), SHABANOV (V.), MYNENI (R.B.) and TUCKER (C.J.), 2000.- Effect of orbital drift and sensor changes on the time series of AVHRR vegetation index data. *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, vol. 38, n° 6 : 2584-2597.
- KERDILES (H.), 1997.- Format of Space Files. JRC, SAI, AIS unit.- 10p.
- KERGUELEN (M.), 1993.- Index synonymique de la flore de France. Muséum d'Histoire Naturelle. Paris.- 196p.
- KESSLER (J.) et CHAMBRAUD (A.), 1990.- Météo de la France. Tous les climats localité par localité. JC Lattès.- 391p.
- LAAIDI (K.), 1997.- Relations climat-végétation en milieu méditerranéen français. Le cas de l'Oléolentisque. *Sécheresse*, vol. 8, n° 3 : 207-215.

- LACOSTE (A.) et ROUX (M.), 1972 a.- L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie. Application à des données de l'étage subalpin des Alpes maritimes. 1- L'analyse des données floristiques. *Oecol. Plant.*, T.7 vol 1 : 353-369.
- LACOSTE (A.) et ROUX (M.), 1972 b.- L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie. Application à des données de l'étage subalpin des Alpes maritimes. 2- l'analyse des données écologiques et l'analyse globale. *Oecol. Plant.*, T.7 vol 2 : 125-146.
- LANGOUET (G.) et PORLIER (J.-C.), 1989.- Pratiques statistiques en sciences humaines et sociales. ESF éditeur, collection science de l'éducation.- 227p.
- LAPORTE (N.T.), GOETZ (S.J.), JUSTICE (C.O.) and HEINICKE (M.), 1998.- A new land cover map of central Africa derived from multi-resolution, multi-temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 19, n° 18 : 3537-3550.
- LEBART (L.), MORINEAU (A.) et PIRON (M.), 2000.- Statistique exploratoire multidimensionnelle. Dunod.- 439p.
- LEGAY (J.-M.) et BARBAULT (R.), 1995.- La révolution technologique en écologie. Collection d'Ecologie n° 28. Masson.- 259p.
- LENOBLE (F.), 1927.- A propos des associations végétales. *Bulletin de la société botanique de France*, t. 73, fasc. 9-10 : 1-20.
- LEPOUTRE (D.), 1992.- Les images satellites pour le suivi des productions agricoles. Conference on the application of remote sensing to agricultural statistics. European Commission, JRC : 239-249.
- LEPRIEUR (C.), KERR (Y.H.), MASTORCHIO (S.) and MEUNIER (J.C.), 2000.- Monitoring vegetation across semi-arid regions : comparison of remote observations from various scales. *International journal of Remote Sensing*, vol. 21, n° 2 : 281-300.
- LOBO (A.), IBANEZ MARTI (J.J.) and CARRERA GIMENEZ-CASSINA (C.), 1997.- Regional scale hierarchical classification of temporal series of AVHRR vegetation index. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 18, n° 15 : 3167-3193.
- LONG (G.), 1968.- Conceptions générales sur la cartographie biogéographique intégrée de la végétation et de son écologie. Tour d'horizon sur l'œuvre cartographique du service de la C.G.V. et du C.E.P.E. du C.N.R.S., Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques. Montpellier, document n°46.- 77p.
- LONG (G.), 1974.- Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. 1 : Principes généraux et méthodes. Masson et C^{ie}, éditeurs. 252p.
- LONG (G.), 1975.- Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. 2 : Application du diagnostic phyto-écologique. Masson et C^{ie}, éditeurs. 222p.
- LOVELAND (T.R.) and BELWARD (A.S.), 1997.- The IGBP-DIS global 1km land cover data set, DISCover : first results. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 18, n° 15 : 3289-3295.
- LÜTTGE (U.), KLUGE (M.) et BAUER (G.), 1992.- Botanique. Traité fondamental. Lavoisier Tec & Doc.- 574p.
- MANDIN (J.P.), 1990 a.- Essai de chorologie écologique sur la flore vasculaire du Vivarais méridional (France). Thèse d'état, Université des sciences et techniques du Languedoc. Montpellier, tome 1, textes.- 229p.
- MANDIN (J.P.), 1990 b.- Essai de chorologie écologique sur la flore vasculaire du Vivarais méridional (Ardèche, France). Thèse d'état, Université des sciences et techniques du Languedoc. Montpellier, tome 2, annexes, fiches analytiques.- 262p.
- MANDIN (J.P.), 1992.- Optimum de présence et optimum de développement d'espèces végétales en conditions naturelles. Exemples dans le Vivarais méridional (Ardèche, France). *Bull. Ecol.*, t 23 (3-4) : 151-162.
- MARÇAL (A.R.S.) and WRIGHT (G.G.), 1997.- The use of « overlapping » NOAA-AVHRR NDVI maximum value composites for Scotland and initial comparisons with the land cover census on a Scottish Regional and District basis. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 18, n° 3 : 491-503.

- MASELLI (F.), GILABERT (M.A.) and CONESE (C.), 1998.- Integration of high and low resolution NDVI data for monitoring vegetation in mediterranean environments. *Remote Sensing of Environment* n°63 : 208-218.
- MASELLI (F.), PETKOV (L.), MARACCHI (G.) and CONESE (C.), 1996.- Eco-climatic classification of Tuscany through NOAA-AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 17, n° 12 : 2369-2384.
- McCUNE (B.), 1994.- Improving community analysis with the Beals smoothing function. *Ecoscience*, 1 (1) : 82-86.
- MEDAIL (F.) et QUEZEL (P.), 1996.- Signification climatique et phyto-écologique de la redécouverte en France méditerranéenne de *Chamaerops humilis* L. (Palmae). *Comptes rendus de l'académie des sciences*, 319 : 139-145.
- MILLOT (M.), 1995.- NOAA AVHRR pre-processing. Workshop for central and eastern Europe on agrometeorological models : theory and applications in the MARS project. *Proceedings. European Commission* : 173-180.
- MOLINIER (R.) et VIGNES (P.), 1971.- Ecologie et biocénose. Les êtres vivants, leurs milieux, leurs communautés, l'environnement. Delachaux et Niestlé.- 449p.
- MOODY (A.) and STRAHLER (A.H.), 1994.- Characteristics of composited AVHRR data and problems in their classification. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 15, n°17, pp. 3473-3491.
- MUCINA (L.) and VAN DER MAAREL (E.), 1989.- Twenty years of numerical syntaxonomy. *Vegetatio*, vol. 81 : 1-15.
- MUCINA (L.), SCHAMINEE (J.H.J.) and RODWELL (J.S.), 2000.- Common data standards for recording relevés in field survey for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, vol. 11 : 769-772.
- OUIDRARI (H.), BEGUE (A.), IMBERNON (J.) and D'HERBES (J.M.), 1996.- Extraction of the pure spectral response of the landscape components in NOAA-AVHRR mixed pixels-application to the HAPEX-Sahel degree square. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 17, n° 12 : 2259-2280.
- OZENDA (P.) and BOREL (J.-L.), 2000.- An ecological map of Europe : why and how? *Comptes rendus de l'académie des sciences*, 323 : 983-994.
- OZENDA (P.), 1955.- La température, facteur de répartition de la végétation en montagne. *Colloque sur les régions écologiques du globe, Paris, juillet 1954* : 51-68.
- OZENDA (P.), 1985.- La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen. *Masson*.- 331p.
- OZENDA (P.), 1986.- La cartographie écologique et ses applications. *Ecological mapping and its applications. Masson*.- 160p.
- OZENDA (P.), 1994.- Végétation du continent européen. *Delachaux et Niestlé*. 271p.
- PAGNEY (P.), 1994.- Les climats de la terre. *Masson, Initiation aux études de géographie*.- 166p.
- PAUL (S.), DUCHER (G.), JOBARD (I.), LATARCHE (C.H.) et LENCO (M.), 1997.- Terminologie de télédétection et photogrammétrie. Français-Anglais. *Conseil International de la Langue Française, PUF*.- 455p.
- PEINADO (M.), AGUIRRE (J.L.) and DELGADILLO (J.), 1997.- Phytosociological, bioclimatic and biogeographical classification of woody climax communities of western North America. *Journal of vegetation science*, 8 : 505-528.
- PIGNATTI (S.), 1982.- *Flora d'Italia*. Tomes 1, 2 et 3, *Edagricole*.- 2302p.
- PINTY (B.), LEPRIEUR (C.) and VERSTRAETE (M.M.), 1993.- Towards a quantitative interpretation of vegetation indices. Part 1 : Biophysical Canopy Properties and Classical Indices. *Remote Sensing Reviews*, vol. 7 : 127-150.
- PLAISANCE (G.), 1959.- Les formations végétales et paysages ruraux. *Lexique et guide bibliographique. Gauthier-Villars éditeur*.- 418p.
- POLUNIN (O.) e WALTERS (M.), 1987.- *Guida alle vegetazioni d'Europa. Zanichelli*.- 232p.

- PUREVDORJ (Ts), TATEISHI (R.), ISHIYAMA (T.) and HONDA (Y.), 1998.- Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 19, n° 18 : 3519-3535.
- RAMEAU (J.C.), MANSION (D.), DUME (G.), 1989.- Flore forestière française. Guide écologique illustré. IDF : t.1, Plaines et collines.- 1785p.
- RAMEAU (J.C.), MANSION (D.), DUME (G.), 1993.- Flore forestière française. Guide écologique illustré. IDF : t.2, Montagnes.- 2421p.
- REILLE (M.), 1990.- Leçons de palynologie et d'analyse pollinique. Editions du CNRS.- 206p.
- RICOTTA (C.), AVENA (G.) and PALMA DE (A.), 1999.- Mapping and monitoring net primary productivity with AVHRR NDVI time-series : statistical equivalence of cumulative vegetation indices. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54 : 325-331.
- ROBIN (M.), 1995.- La télédétection. Nathan Université, Fac. Géographie.- 318 p.
- ROUGERIE (G.), 1988.- Géographie de la biosphère. Armand Colin. 288p.
- ROUX (G.) et ROUX (M.), 1967.- A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie. *Revue de statistique appliquée*, vol. XV, n°2 : 59-72.
- ROY (D.P.), 1997.- Mapping the forest of Europe using AVHRR data : demonstration of a new approach. European Commission, JRC, SAI.- 102p.
- RUFFRAY DE (P.), BRISSE (H.) et GRANDJOUAN (G.), 1981.- Un procédé d'estimation des données manquantes fondé sur les corrélations entre postes voisins. *La météorologie*, VI^{ème} série, n°24 : 47-59.
- SANTER (R.), 1992.- In-flight calibration of AVHRR visible channels. Conference on the application of remote sensing to agricultural statistics. European Commission, JRC : 231-238.
- SHIMABUKURO (Y.E.), CARVALHO (V.C.) and RUDORFF (B.F.T.), 1997.- NOAA-AVHRR data processing for the mapping of vegetation cover. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 18, n° 3 : 671-677.
- SMITH (T.M.), SHUGART (H.H.) and WOODWARD (F.I.), 1997.- Plant functional types. Cambridge University Press.- 369p.
- SOKAL (R.R.) and SNEATH (P.H.A.), 1963.- Principles of numerical taxonomy. W.H. Freeman and Company, San Francisco and London.- 359p.
- SOLTNER (D.), 1992.- Les bases de la production végétale. Tome II : le climat. *Météorologie, pédologie, bioclimatologie*. Collection sciences et techniques agricoles.- 320p.
- STIBIG (H.J.) and BALTAJE (R.), 1993.- Use of NOAA remote sensing data for assessment of the forest area of Liberia. RSC Series, n° 66, FAO, Rome. 21p.
- TAYLOR (J.C.), D'SOUZA (G.) and COLEMAN (V.R.), 1992.- Vegetation conditions and yield indicators in England and Wales using NOAA AVHRR data. Conference on the application of remote sensing to agricultural statistics. European Commission, JRC : 249-256.
- TESSIER (L.), NOLA (P.) and SERRE-BACHET (F.), 1994.- Deciduous *Quercus* in the Mediterranean region : tree-ring/climate relationships. *New Phytologist* n° 126 : 355-367.
- THOMPSON (R.S.), ANDERSON (K.H.) and BARTLEIN (P.J.), 1999.- USGS Climate-Vegetation Atlas of North America. Online version, 14 December 1999, <http://greenwood.cr.usgs.gov/pub/ppapers/p1650-a/>.
- VASSEREAU (A.), 1988.- Méthodes statistiques en biologie et en agronomie. Lavoisier, TEC & DOC.- 538p.
- VEYRET (Y.), 2000.- La France : milieux physiques et environnement. Armand Colin, cursus géographie.- 192p.
- VOLLE (M.), 1997.- Analyses des données. *Economica*, collection « économie et statistiques avancées », Série : Ecole Nationale de la Statistique et de l'Administration Economique et Centre d'Etudes des Programmes Economiques.- 323p.
- VOWLES (G.), 1992.- SPACE : Software to Pre-process AVHRR Data. Conference on the application of remote sensing to agricultural statistics. Proceedings. European Commission, JRC : 209-217.

- WEISS (E.) and MILICH (L.), 1997.- Errors in a standard method for generating interannual NDVI coefficient of variation (CoV) images. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 18, n° 18 : 3743-3748.
- WOODWARD (F.I.), 1987.- *Climate and plant distribution*. Cambridge University Press. Cambridge studies in ecology.- 174p.

ANNEXES

- ANNEXE 1 : Liste des taxons climatiquement étalonnés. p 300**
- ANNEXE 2 : Correspondance entre les valeurs des optimums climatiques exprimés en pourcentages et les mesures climatiques réelles. p 316**
- ANNEXE 3 : Dendrogramme complet de la classification climatique des plantes étalonnées en France. p 319**
- ANNEXE 4 : Dendrogramme réduit de la classification climatique des taxons étalonnés en France. p 337**
- ANNEXE 5 : Exemple de fichier Leader d'une image NOAA AVHRR de niveau 3. p 344**
- ANNEXE 6 : Liste des images présentant des artéfacts au niveau de la France. p 345**
- ANNEXE 7 : Résultats de l'étalonnage de la flore et des indices différents du NDVI pour un nombre limité de taxons en France. p 346**

ANNEXE 1 : Liste des taxons climatiquement étalonnés.

Colonne 1 : Nom latin des taxons.

Colonne 2 : Niveau d'abondance des taxons.

Colonne 3 : Numéro du taxon.

Colonne 4 : Nombre de postes climatiques desquels les taxons sont géographiquement proches.

ACER CAMPESTRE L.	2-6	1	DANS	121	POSTES	PULMONARIA ANGUSTIFOLIA	1-4	81	DANS	49	POSTES
ACER CAMPESTRE L.	1-6	2	DANS	199	POSTES	PULM ANGU SUBS LONGIFOL	2-4	82	DANS	12	POSTES
ACER MONSPESSULANUM L.	1-5	3	DANS	41	POSTES	PULM ANGU SUBS LONGIFOL	1-4	83	DANS	24	POSTES
ACER NEGUNDO L.	1-5	4	DANS	6	POSTES	PULM ANGU SUBS TUBEROSA	1-4	84	DANS	12	POSTES
ACER OPALUS MILLER	2-5	5	DANS	17	POSTES	PULMONARIA OFFICINALIS	1-5	85	DANS	12	POSTES
ACER OPALUS MILLER	1-5	6	DANS	35	POSTES	SYMPHYTUM OFFICINALE L.	2-5	86	DANS	18	POSTES
ACER OPAL SUBS ITALUM L	1-4	7	DANS	8	POSTES	SYMPHYTUM OFFICINALE L.	1-5	87	DANS	31	POSTES
ACER PLATANOIDES L.	2-5	8	DANS	30	POSTES	SYMPHYTUM TUBEROSUM L.	2-4	88	DANS	11	POSTES
ACER PLATANOIDES L.	1-5	9	DANS	67	POSTES	SYMPHYTUM TUBEROSUM L.	1-4	89	DANS	17	POSTES
ACER PSEUDOPLATANUS L.	3-6	10	DANS	48	POSTES	BUXUS SEMPERVIRENS L.	4-6	90	DANS	47	POSTES
ACER PSEUDOPLATANUS L.	1-6	11	DANS	147	POSTES	BUXUS SEMPERVIRENS L.	1-6	91	DANS	83	POSTES
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO	3-5	12	DANS	14	POSTES	CERATONIA SILIQUA L.	1-5	92	DANS	9	POSTES
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO	1-5	13	DANS	40	POSTES	CALLITRICHE STAGNALIS S	1-6	93	DANS	8	POSTES
AMARANTUS DEFLEXUS L.	1-6	14	DANS	10	POSTES	CAMPANULA COCHLEARIIFOL	1-6	94	DANS	14	POSTES
AMARANTUS HYBRIDUS (L.)	1-5	15	DANS	7	POSTES	CAMPANULA GLOMERATA L.	2-5	95	DANS	15	POSTES
AMARANTUS ROTROFLEXUS L	1-4	16	DANS	17	POSTES	CAMPANULA GLOMERATA L.	1-5	96	DANS	53	POSTES
COTINUS COCCYRIA (BAUHI	1-6	17	DANS	19	POSTES	CAMPANULA LINIFOLIA SCO	1-4	97	DANS	8	POSTES
VINCA MAJOR L.	1-3	18	DANS	6	POSTES	CAMPANULA MEDIUM L.	1-3	98	DANS	9	POSTES
VINCA MINOR L.	4-6	19	DANS	24	POSTES	CAMPANULA PERSICAEFOLIA	2-3	99	DANS	6	POSTES
VINCA MINOR L.	1-6	20	DANS	48	POSTES	CAMPANULA PERSICAEFOLIA	1-3	100	DANS	26	POSTES
ILEX AQUIFOLIUM L.	2-6	21	DANS	96	POSTES	CAMPANULA RAPUNCULOIDES	1-3	101	DANS	19	POSTES
ILEX AQUIFOLIUM L.	1-6	22	DANS	167	POSTES	CAMPANULA RAPUNCULUS L.	1-5	102	DANS	28	POSTES
HEDERA HELIX L.	4-6	23	DANS	176	POSTES	CAMPANULA RHOMBOIDALIS	2-4	103	DANS	8	POSTES
HEDERA HELIX L.	3-6	24	DANS	249	POSTES	CAMPANULA RHOMBOIDALIS	1-4	104	DANS	17	POSTES
HEDERA HELIX L.	1-6	25	DANS	341	POSTES	CAMPANULA ROTUNDIFOLIA	1-6	105	DANS	119	POSTES
ARISTOLOCHIA CLEMATITIS	1-4	26	DANS	9	POSTES	CAMPANULA SCHEUCHZERI V	1-4	106	DANS	10	POSTES
ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI	1-3	27	DANS	8	POSTES	CAMPANULA TRACHELIUM L.	2-4	107	DANS	24	POSTES
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L.	2-3	28	DANS	6	POSTES	CAMPANULA TRACHELIUM L.	1-4	108	DANS	65	POSTES
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L.	1-3	29	DANS	13	POSTES	JASIONE MONTANA L.	2-6	109	DANS	36	POSTES
ASARUM EUROPAEUM L.	3-6	30	DANS	11	POSTES	JASIONE MONTANA L.	1-6	110	DANS	77	POSTES
ASARUM EUROPAEUM L.	1-6	31	DANS	20	POSTES	JASI MONT VAR. MARITIMA	2-4	111	DANS	5	POSTES
VINCETOXICUM NIGRUM MOE	1-2	32	DANS	5	POSTES	JASI MONT VAR. MARITIMA	1-4	112	DANS	10	POSTES
VINCETOXICUM OFFICINALE	2-6	33	DANS	37	POSTES	JASIONE PERENNIS L.	1-5	113	DANS	12	POSTES
VINCETOXICUM OFFICINALE	1-6	34	DANS	115	POSTES	LOBELIA URENS L.	2-3	114	DANS	5	POSTES
IMPATIENS NOLI-TANGERE	3-6	35	DANS	7	POSTES	LOBELIA URENS L.	1-3	115	DANS	9	POSTES
IMPATIENS NOLI-TANGERE	1-6	36	DANS	19	POSTES	PHYTEUMA HALLERI ALL.	1-3	116	DANS	5	POSTES
IMPATIENS PARVIFLORA DC	1-6	37	DANS	6	POSTES	PHYTEUMA MICHELII (ALL.	2-3	117	DANS	6	POSTES
IMPATIENS ROYLEI WALPER	3-6	38	DANS	8	POSTES	PHYTEUMA MICHELII (ALL.	1-3	118	DANS	15	POSTES
IMPATIENS ROYLEI WALPER	1-6	39	DANS	12	POSTES	PHYTEUMA NIGRUM SCHMIDT	1-4	119	DANS	7	POSTES
BERBERIS VULGARIS L.	2-6	40	DANS	13	POSTES	PHYTEUMA ORBICULARE L.	2-5	120	DANS	20	POSTES
BERBERIS VULGARIS L.	1-6	41	DANS	38	POSTES	PHYTEUMA ORBICULARE L.	1-5	121	DANS	43	POSTES
ALNUS GLUTINOSA (L.) GA	4-6	42	DANS	41	POSTES	PHYT ORBI SUBS TENERUM	1-3	122	DANS	12	POSTES
ALNUS GLUTINOSA (L.) GA	1-6	43	DANS	96	POSTES	PHYTEUMA SPICATUM L.	2-4	123	DANS	36	POSTES
ALNUS INCANA (L.) MOENC	3-6	44	DANS	6	POSTES	PHYTEUMA SPICATUM L.	1-4	124	DANS	87	POSTES
ALNUS INCANA (L.) MOENC	1-6	45	DANS	13	POSTES	SPECULARIA SPECULUM (L.	1-4	125	DANS	9	POSTES
ALNUS VIRIDIS (CHAIX) D	1-6	46	DANS	8	POSTES	WAHLENBERGIA HEDERACEA	2-5	126	DANS	6	POSTES
BETULA PUBESCENS EHRH.	3-6	47	DANS	30	POSTES	WAHLENBERGIA HEDERACEA	1-5	127	DANS	15	POSTES
BETULA PUBESCENS EHRH.	1-6	48	DANS	69	POSTES	HUMULUS LUPULUS L.	1-5	128	DANS	42	POSTES
BETULA VERRUCOSA EHRH.	3-6	49	DANS	48	POSTES	LONICERA ALPIGENA L.	2-4	129	DANS	7	POSTES
BETULA VERRUCOSA EHRH.	1-6	50	DANS	157	POSTES	LONICERA ALPIGENA L.	1-4	130	DANS	17	POSTES
CYNOGLOSSUM OFFICINALE	1-4	51	DANS	7	POSTES	LONICERA ETRUSCA SANTI	2-5	131	DANS	26	POSTES
ECHIU M PLANTAGINEUM L.	1-4	52	DANS	7	POSTES	LONICERA ETRUSCA SANTI	1-5	132	DANS	47	POSTES
ECHIU M VULGARE L.	1-6	53	DANS	75	POSTES	LONICERA IMPLEXA AITON	2-4	133	DANS	28	POSTES
ECHI VULG SUBS PUSTULAT	1-3	54	DANS	8	POSTES	LONICERA IMPLEXA AITON	1-4	134	DANS	48	POSTES
HELIO TROPIUM EUROPAEUM	1-4	55	DANS	8	POSTES	LONICERA NIGRA L.	2-5	135	DANS	24	POSTES
LITHOSPERMUM APULUM VAH	1-3	56	DANS	7	POSTES	LONICERA NIGRA L.	1-5	136	DANS	35	POSTES
LITHOSPERMUM ARVENSE L.	1-3	57	DANS	9	POSTES	LONICERA PERICLYMENUM L	3-6	137	DANS	108	POSTES
LITHOSPERMUM FRUTICOSUM	2-4	58	DANS	6	POSTES	LONICERA PERICLYMENUM L	1-6	138	DANS	237	POSTES
LITHOSPERMUM FRUTICOSUM	1-4	59	DANS	9	POSTES	LONICERA XYLOSTEUM L.	2-6	139	DANS	86	POSTES
LITHOSPERMUM OFFICINALE	1-4	60	DANS	9	POSTES	LONICERA XYLOSTEUM L.	1-6	140	DANS	134	POSTES
LITHOSPERMUM PURPUREO-C	1-5	61	DANS	28	POSTES	VIBURNUM LANTANA L.	2-5	141	DANS	98	POSTES
LYCOPSIS ARVENSIS L.	1-6	62	DANS	11	POSTES	VIBURNUM LANTANA L.	1-5	142	DANS	162	POSTES
MYOSOTIS ARVENSIS (L.)	1-4	63	DANS	26	POSTES	VIBURNUM OPULUS L.	2-6	143	DANS	53	POSTES
MYOSOTIS COLLINA HOFFMA	2-4	64	DANS	10	POSTES	VIBURNUM OPULUS L.	1-6	144	DANS	121	POSTES
MYOSOTIS COLLINA HOFFMA	1-4	65	DANS	24	POSTES	VIBURNUM TINUS L.	1-6	145	DANS	50	POSTES
MYOSOTIS MICRANTHA PALL	1-3	66	DANS	18	POSTES	CARPINUS BETULUS L.	4-6	146	DANS	106	POSTES
MYOSOTIS SCORPIOIDES (L	2-6	67	DANS	44	POSTES	CARPINUS BETULUS L.	1-6	147	DANS	182	POSTES
MYOSOTIS SCORPIOIDES (L	1-6	68	DANS	75	POSTES	OSTRYA CARPINIFOLIA SCO	1-6	148	DANS	9	POSTES
MYOS SCOR SUBS CAESPITO	1-5	69	DANS	5	POSTES	AGROSTEMMA GITHAGO L.	1-4	149	DANS	6	POSTES
MYOS SCOR SUBS MULTIFLO	2-3	70	DANS	5	POSTES	ARENARIA CONTROVERSA BO	1-5	150	DANS	5	POSTES
MYOS SCOR SUBS MULTIFLO	1-3	71	DANS	7	POSTES	ARENARIA MONTANA L.	1-4	151	DANS	17	POSTES
MYOS SCOR SUBS PALUSTRI	2-5	72	DANS	8	POSTES	ARENARIA SERPYLLIFOLIA	2-6	152	DANS	47	POSTES
MYOS SCOR SUBS PALUSTRI	1-5	73	DANS	20	POSTES	ARENARIA SERPYLLIFOLIA	1-6	153	DANS	108	POSTES
MYOSOTIS SILVATICA (EHR	2-6	74	DANS	15	POSTES	AREN SERP SUBS LEPTOCLA	2-4	154	DANS	16	POSTES
MYOSOTIS SILVATICA (EHR	1-6	75	DANS	43	POSTES	AREN SERP SUBS LEPTOCLA	1-4	155	DANS	51	POSTES
MYOS SILV SUBS ALPESTRI	1-5	76	DANS	7	POSTES	CERASTIUM ARVENSE L.	2-4	156	DANS	14	POSTES
MYOSOTIS VERSICOLOR SMI	1-3	77	DANS	17	POSTES	CERASTIUM ARVENSE L.	1-4	157	DANS	40	POSTES
PULMONARIA AFFINIS JORD	2-4	78	DANS	21	POSTES	CERA ARVE VAR. RIGIDUM	1-3	158	DANS	8	POSTES
PULMONARIA AFFINIS JORD	1-4	79	DANS	30	POSTES	CERA ARVE VAR. STRICTUM	1-4	159	DANS	7	POSTES
PULMONARIA ANGUSTIFOLIA	2-4	80	DANS	22	POSTES	CERASTIUM BRACHYPETALUM	1-3	160	DANS	19	POSTES

CERASTIUM CAESPITOSUM G	2-5	161	DANS	24	POSTES	SPERGULARIA SALINA PRES	1-6	252	DANS	13	POSTES
CERASTIUM CAESPITOSUM G	1-5	162	DANS	76	POSTES	STELLARIA GRAMINEA L.	2-4	253	DANS	26	POSTES
CERASTIUM FONTANUM BAUM	2-4	163	DANS	20	POSTES	STELLARIA GRAMINEA L.	1-4	254	DANS	58	POSTES
CERASTIUM FONTANUM BAUM	1-4	164	DANS	41	POSTES	STELLARIA HOLOSTEA L.	2-6	255	DANS	77	POSTES
CERASTIUM GLOMERATUM TH	1-6	165	DANS	35	POSTES	STELLARIA HOLOSTEA L.	1-6	256	DANS	121	POSTES
CERASTIUM PUMILUM CURTI	2-5	166	DANS	27	POSTES	STELLARIA MEDIA (L.) VI	2-6	257	DANS	32	POSTES
CERASTIUM PUMILUM CURTI	1-5	167	DANS	54	POSTES	STELLARIA MEDIA (L.) VI	1-6	258	DANS	73	POSTES
CERA PUMI SUBS PUMILUM	1-4	168	DANS	9	POSTES	STEL MEDI SUBS MEDIA	1-5	259	DANS	21	POSTES
CERASTIUM SEMIDECANDRUM	2-6	169	DANS	12	POSTES	STEL MEDI VAR. PALLIDA	1-5	260	DANS	10	POSTES
CERASTIUM SEMIDECANDRUM	1-6	170	DANS	30	POSTES	STELLARIA NEMORUM L.	3-6	261	DANS	11	POSTES
CERASTIUM TETRANDRUM CU	1-5	171	DANS	17	POSTES	STELLARIA NEMORUM L.	1-6	262	DANS	27	POSTES
CORRIGIOLA LITORALIS L.	1-6	172	DANS	8	POSTES	STELLARIA ULIGINOSA MUR	2-4	263	DANS	7	POSTES
CUCUBALUS BACCIFER L.	1-3	173	DANS	8	POSTES	STELLARIA ULIGINOSA MUR	1-4	264	DANS	17	POSTES
DIANTHUS BALBISI SER.	1-3	174	DANS	6	POSTES	TUNICA PROLIFERA (L.) S	2-4	265	DANS	15	POSTES
DIANTHUS CARTHUSIANORUM	2-4	175	DANS	10	POSTES	TUNICA PROLIFERA (L.) S	1-4	266	DANS	55	POSTES
DIANTHUS CARTHUSIANORUM	1-4	176	DANS	24	POSTES	TUNICA SAXIFRAGA (L.) S	2-4	267	DANS	7	POSTES
DIANTHUS CARYOPHYLLUS L	2-4	177	DANS	9	POSTES	TUNICA SAXIFRAGA (L.) S	1-4	268	DANS	17	POSTES
DIANTHUS CARYOPHYLLUS L	1-4	178	DANS	34	POSTES	EVONYMUS VULGARIS MILL.	2-6	269	DANS	90	POSTES
DIAN CARY SUBS SILVESTR	1-3	179	DANS	11	POSTES	EVONYMUS VULGARIS MILL.	1-6	270	DANS	175	POSTES
DIAN CARY SUBS VIRGINEU	1-4	180	DANS	13	POSTES	CERATOPHYLLUM DEMERSUM	5-6	271	DANS	5	POSTES
DIANTHUS GALLICUS PERS.	1-4	181	DANS	6	POSTES	CERATOPHYLLUM DEMERSUM	1-6	272	DANS	8	POSTES
DIANTHUS HYSSOPIFOLIUS	1-5	182	DANS	10	POSTES	ARTHROCNEUMUM MACROSTACH	4-6	273	DANS	5	POSTES
DIAN HYSS SUBS MONSPESS	1-5	183	DANS	9	POSTES	ARTHROCNEUMUM MACROSTACH	1-6	274	DANS	10	POSTES
DIANTHUS NEGLECTUS LOIS	1-3	184	DANS	9	POSTES	ATRIPLEX ARENARIUS WOOD	1-5	275	DANS	9	POSTES
DIANTHUS SUPERBUS L.	1-6	185	DANS	6	POSTES	ATRIPLEX BABINGTONI WOO	1-6	276	DANS	7	POSTES
GYPHOPHILA REPENS L.	1-5	186	DANS	8	POSTES	ATRIPLEX HASTATUS L.	2-6	277	DANS	25	POSTES
HERNIARIA GLABRA L.	1-5	187	DANS	8	POSTES	ATRIPLEX HASTATUS L.	1-6	278	DANS	52	POSTES
HERNIARIA MARITIMA LINK	1-4	188	DANS	8	POSTES	ATRI HAST VAR. SALINUS	1-6	279	DANS	9	POSTES
HOLOSTEUM UMBELLATUM L.	1-4	189	DANS	5	POSTES	ATRIPLEX LITORALIS L.	1-6	280	DANS	5	POSTES
HONCKENYA PEPLIDES (L.	3-6	190	DANS	8	POSTES	ATRIPLEX PATULUS L.	1-5	281	DANS	24	POSTES
HONCKENYA PEPLIDES (L.	1-6	191	DANS	10	POSTES	ATRIPLEX TATARICUS L.	1-6	282	DANS	13	POSTES
LYCHNIS FLOS-CUCULI L.	2-5	192	DANS	24	POSTES	BETA MARITIMA L.	3-6	283	DANS	9	POSTES
LYCHNIS FLOS-CUCULI L.	1-5	193	DANS	66	POSTES	BETA MARITIMA L.	1-6	284	DANS	27	POSTES
MALACHIUM AQUATICUM (L.	1-5	194	DANS	14	POSTES	BETA VULGARIS L.	1-5	285	DANS	7	POSTES
MELANDRYUM ALBUM (MILL.	1-4	195	DANS	51	POSTES	CAMPHOROSMA MONSPELIACA	2-6	286	DANS	8	POSTES
MELANDRYUM SILVESTRE (S	2-5	196	DANS	28	POSTES	CAMPHOROSMA MONSPELIACA	1-6	287	DANS	10	POSTES
MELANDRYUM SILVESTRE (S	1-5	197	DANS	64	POSTES	CHENOPODIUM ALBUM L.	1-5	288	DANS	52	POSTES
MINUARTIA LARICIFOLIA (	1-4	198	DANS	12	POSTES	CHENOPODIUM HYBRIDUM L.	1-3	289	DANS	6	POSTES
MINUARTIA ROSTRATA RCHB	1-4	199	DANS	11	POSTES	CHENOPODIUM MURALE L.	1-5	290	DANS	10	POSTES
MINUARTIA TENUIFOLIA (L	2-3	200	DANS	9	POSTES	CHENOPODIUM POLYSPERMUM	1-6	291	DANS	15	POSTES
MINUARTIA TENUIFOLIA (L	1-3	201	DANS	29	POSTES	CHENOPODIUM RUBRUM L.	4-6	292	DANS	7	POSTES
MINUARTIA VERNA (L.) HI	1-4	202	DANS	7	POSTES	CHENOPODIUM RUBRUM L.	1-6	293	DANS	13	POSTES
MOEHRINGIA MUSCOSA L.	1-4	203	DANS	8	POSTES	OBIONE PORTULACOIDES (L	4-6	294	DANS	15	POSTES
MOEHRINGIA TRINERVIA (L	2-5	204	DANS	10	POSTES	OBIONE PORTULACOIDES (L	1-6	295	DANS	28	POSTES
MOEHRINGIA TRINERVIA (L	1-5	205	DANS	47	POSTES	SALICORNIA FRUTICOSA L.	5-6	296	DANS	8	POSTES
MOENCHIA ERECTA (L.) GA	2-3	206	DANS	5	POSTES	SALICORNIA FRUTICOSA L.	1-6	297	DANS	18	POSTES
MOENCHIA ERECTA (L.) GA	1-3	207	DANS	9	POSTES	SALICORNIA HERBACEA L.	4-6	298	DANS	8	POSTES
POLYCARPON TETRAPHYLLUM	2-4	208	DANS	8	POSTES	SALICORNIA HERBACEA L.	1-6	299	DANS	19	POSTES
POLYCARPON TETRAPHYLLUM	1-4	209	DANS	19	POSTES	SALICORNIA PERENNIS MIL	3-6	300	DANS	12	POSTES
SAGINA APETALA ARD.	2-6	210	DANS	10	POSTES	SALICORNIA PERENNIS MIL	1-6	301	DANS	16	POSTES
SAGINA APETALA ARD.	1-6	211	DANS	25	POSTES	SALICORNIA RAMOSISSIMA	5-6	302	DANS	11	POSTES
SAGINA MARITIMA G. DON	3-6	212	DANS	9	POSTES	SALICORNIA RAMOSISSIMA	1-6	303	DANS	15	POSTES
SAGINA MARITIMA G. DON	1-6	213	DANS	17	POSTES	SALSOLA KALI L.	2-5	304	DANS	8	POSTES
SAGINA PROCUMBENS L.	1-5	214	DANS	11	POSTES	SALSOLA KALI L.	1-5	305	DANS	18	POSTES
SAPONARIA OCTIMOIDES L.	2-4	215	DANS	11	POSTES	SALSOLA SODA L.	3-6	306	DANS	5	POSTES
SAPONARIA OCTIMOIDES L.	1-4	216	DANS	34	POSTES	SALSOLA SODA L.	1-6	307	DANS	10	POSTES
SAPONARIA OFFICINALIS L	2-5	217	DANS	16	POSTES	SUAEDA FRUTICOSA (L.) F	4-6	308	DANS	6	POSTES
SAPONARIA OFFICINALIS L	1-5	218	DANS	30	POSTES	SUAEDA FRUTICOSA (L.) F	1-6	309	DANS	13	POSTES
SCLERANTHUS ANNUUS L.	2-6	219	DANS	10	POSTES	SUAEDA MARITIMA (L.) DU	3-6	310	DANS	16	POSTES
SCLERANTHUS ANNUUS L.	1-6	220	DANS	22	POSTES	SUAEDA MARITIMA (L.) DU	1-6	311	DANS	32	POSTES
SCLERANTHUS PERENNIS L.	1-5	221	DANS	18	POSTES	CISTUS ALBIDUS L.	3-6	312	DANS	17	POSTES
SILENE CONICA L.	2-3	222	DANS	10	POSTES	CISTUS ALBIDUS L.	1-6	313	DANS	36	POSTES
SILENE CONICA L.	1-3	223	DANS	22	POSTES	CISTUS MONSPELIENSIS L.	3-6	314	DANS	27	POSTES
SILENE GALLICA L.	2-5	224	DANS	13	POSTES	CISTUS MONSPELIENSIS L.	1-6	315	DANS	38	POSTES
SILENE GALLICA L.	1-5	225	DANS	20	POSTES	CISTUS SALVIAEFOLIUS L.	3-6	316	DANS	33	POSTES
SILE GALL VAR. QUINQUEV	2-5	226	DANS	6	POSTES	CISTUS SALVIAEFOLIUS L.	1-6	317	DANS	57	POSTES
SILE GALL VAR. QUINQUEV	1-5	227	DANS	11	POSTES	FUMANA CORIDIFOLIA (VIL	1-4	318	DANS	45	POSTES
SILENE INFLATA (SALISB.	2-6	228	DANS	49	POSTES	FUMANA LEVIPES (L.) SPA	2-3	319	DANS	6	POSTES
SILENE INFLATA (SALISB.	1-6	229	DANS	133	POSTES	FUMANA LEVIPES (L.) SPA	1-3	320	DANS	10	POSTES
SILE INFL SUBS MARITIMA	3-6	230	DANS	11	POSTES	FUMANA PROCUMBENS (DUN.	2-4	321	DANS	39	POSTES
SILE INFL SUBS MARITIMA	1-6	231	DANS	16	POSTES	FUMANA PROCUMBENS (DUN.	1-4	322	DANS	64	POSTES
SILE INFL SUBS VULGARIS	2-5	232	DANS	10	POSTES	FUMANA THYMIFOLIA (L.)	2-5	323	DANS	21	POSTES
SILE INFL SUBS VULGARIS	1-5	233	DANS	44	POSTES	FUMANA THYMIFOLIA (L.)	1-5	324	DANS	33	POSTES
SILENE ITALICA (L.) PER	2-4	234	DANS	10	POSTES	HELIANTHEMUM ALYSSOIDES	1-6	325	DANS	6	POSTES
SILENE ITALICA (L.) PER	1-4	235	DANS	26	POSTES	HELIANTHEMUM APENNINUM	2-5	326	DANS	32	POSTES
SILENE NUTANS L.	2-6	236	DANS	27	POSTES	HELIANTHEMUM APENNINUM	1-5	327	DANS	61	POSTES
SILENE NUTANS L.	1-6	237	DANS	68	POSTES	HELIANTHEMUM CANUM (L.)	3-6	328	DANS	6	POSTES
SILENE OTITES (L.) WIBE	1-5	238	DANS	16	POSTES	HELIANTHEMUM CANUM (L.)	1-6	329	DANS	16	POSTES
SILENE RUPESTRIS L.	2-4	239	DANS	5	POSTES	HELIANTHEMUM GUTTATUM (	3-6	330	DANS	13	POSTES
SILENE RUPESTRIS L.	1-4	240	DANS	10	POSTES	HELIANTHEMUM GUTTATUM (	1-6	331	DANS	40	POSTES
SPERGULA ARVENENSIS L.	2-6	241	DANS	6	POSTES	HELIANTHEMUM HIRTUM (L.	1-4	332	DANS	14	POSTES
SPERGULA ARVENENSIS L.	1-6	242	DANS	14	POSTES	HELIANTHEMUM ITALICUM (	1-5	333	DANS	43	POSTES
SPERGULA PENTANDRA L.	1-5	243	DANS	8	POSTES	HELI ITAL SUBS ALPESTRE	1-5	334	DANS	9	POSTES
SPERGULA VERNALIS WILLD	1-4	244	DANS	8	POSTES	HELIANTHEMUM NUMMULARIU	1-6	335	DANS	92	POSTES
SPERGULARIA MARGINATA K	2-6	245	DANS	10	POSTES	HELI NUMM SUBS NUMMULAR	1-4	336	DANS	10	POSTES
SPERGULARIA MARGINATA K	1-6	246	DANS	24	POSTES	HELIANTHEMUM OVATUM (VI	1-6	337	DANS	54	POSTES
SPERGULARIA RUBRA L.	1-6	247	DANS	18	POSTES	HELI OVAT SUBS GRANDIFL	1-5	338	DANS	11	POSTES
SPERGULARIA RUPICOLA LE	2-4	248	DANS	14	POSTES	HELIANTHEMUM SALICIFOLI	1-3	339	DANS	6	POSTES
SPERGULARIA RUPICOLA LE	1-4	249	DANS	18	POSTES	HELIANTHEMUM TUBERARIA	1-4	340	DANS	11	POSTES
SPERGULARIA SALINA PRES	3-6	250	DANS	5	POSTES	CNEORUM TRICOCCUM L.	1-3	341	DANS	7	POSTES
SPERGULARIA SALINA PRES	2-6	251	DANS	6	POSTES	ACHILLEA MILLEFOLIUM L.	2-6	342	DANS	109	POSTES

ACHILLEA MILLEFOLIUM L.	1-6	343	DANS	216	POSTES	CENTAUREA SCABIOSA L.	1-5	434	DANS	87	POSTES
ACHILLEA PTARMICA L.	1-5	344	DANS	37	POSTES	CENTAUREA SOLSTITTIALIS	1-5	435	DANS	7	POSTES
ACHILLEA TOMENTOSA L.	1-4	345	DANS	6	POSTES	CENTAUREA UNIFLORA L.	1-4	436	DANS	8	POSTES
ADENOSTYLES ALLIARIAE (	3-6	346	DANS	9	POSTES	CHONDRILLA JUNCEA L.	1-5	437	DANS	26	POSTES
ADENOSTYLES ALLIARIAE (	1-6	347	DANS	19	POSTES	CHRYSANTHEMUM CORYMBOSU	2-5	438	DANS	14	POSTES
ANDRYALA INTEGRIFOLIA L	1-4	348	DANS	37	POSTES	CHRYSANTHEMUM CORYMBOSU	1-5	439	DANS	41	POSTES
ANTENNARIA DIOICA (L.)	2-4	349	DANS	9	POSTES	CHRYSANTHEMUM GRAMINIFO	2-3	440	DANS	6	POSTES
ANTENNARIA DIOICA (L.)	1-4	350	DANS	23	POSTES	CHRYSANTHEMUM GRAMINIFO	1-3	441	DANS	6	POSTES
ANTHEMIS ARVENSIS L.	1-4	351	DANS	17	POSTES	CHRYSANTHEMUM LEUCANTHE	2-6	442	DANS	91	POSTES
ANTHEMIS COTULA L.	1-6	352	DANS	7	POSTES	CHRYSANTHEMUM LEUCANTHE	1-6	443	DANS	177	POSTES
ANTHEMIS MARITIMA L.	1-6	353	DANS	5	POSTES	CHRY LEUC SUBS MONTANUM	1-3	444	DANS	6	POSTES
ARCTIUM LAPPA L.	2-4	354	DANS	9	POSTES	CHRY LEUC SUBS PALLENS	1-4	445	DANS	8	POSTES
ARCTIUM LAPPA L.	1-4	355	DANS	17	POSTES	CHRYSANTHEMUM TANACETUM	1-5	446	DANS	7	POSTES
ARCTIUM MINUS L.	1-4	356	DANS	16	POSTES	CICERBITA ALPINA (L.) W	1-6	447	DANS	10	POSTES
ARNICA MONTANA L.	2-5	357	DANS	11	POSTES	CICERBITA PLUMIERI (L.)	1-4	448	DANS	5	POSTES
ARNICA MONTANA L.	1-5	358	DANS	18	POSTES	CICORIUM INTYBUS L.	1-5	449	DANS	17	POSTES
ARNOSERIS MINIMA (L.) L	1-4	359	DANS	7	POSTES	CIRSIUM ACAULE (L.) WEB	2-5	450	DANS	62	POSTES
ARTEMISIA ALBA TURRA	3-5	360	DANS	8	POSTES	CIRSIUM ACAULE (L.) WEB	1-5	451	DANS	125	POSTES
ARTEMISIA ALBA TURRA	1-5	361	DANS	16	POSTES	CIRSIUM ARVENSE (L.) SC	2-5	452	DANS	39	POSTES
ARTEMISIA CAMPESTRIS L.	3-5	362	DANS	22	POSTES	CIRSIUM ARVENSE (L.) SC	1-5	453	DANS	93	POSTES
ARTEMISIA CAMPESTRIS L.	1-5	363	DANS	51	POSTES	CIRSIUM ERIOPHORUM (L.)	1-4	454	DANS	13	POSTES
ARTE CAMP SUBS GLUTINOS	1-5	364	DANS	10	POSTES	CIRSIUM FEROX (L.) DC.	1-5	455	DANS	7	POSTES
ARTE CAMP SUBS LLOYDI R	1-5	365	DANS	8	POSTES	CIRSIUM LANCEOLATUM (L.	1-4	456	DANS	40	POSTES
ARTEMISIA MARITIMA L.	4-6	366	DANS	6	POSTES	CIRSIUM MONSPESSULANUM	1-4	457	DANS	6	POSTES
ARTEMISIA MARITIMA L.	1-6	367	DANS	13	POSTES	CIRSIUM OLERACEUM (L.)	2-5	458	DANS	8	POSTES
ARTE MARI SUBS GALLICA	1-5	368	DANS	7	POSTES	CIRSIUM OLERACEUM (L.)	1-5	459	DANS	23	POSTES
ARTE MARI SUBS MARITIMA	1-6	369	DANS	5	POSTES	CIRSIUM PALUSTRE (L.) S	2-4	460	DANS	32	POSTES
ARTEMISIA VULGARIS L.	2-6	370	DANS	19	POSTES	CIRSIUM PALUSTRE (L.) S	1-4	461	DANS	76	POSTES
ARTEMISIA VULGARIS L.	1-6	371	DANS	43	POSTES	CIRSIUM TUBEROSUM (L.)	2-6	462	DANS	46	POSTES
ASTER ALPINUS L.	1-4	372	DANS	6	POSTES	CIRSIUM TUBEROSUM (L.)	1-6	463	DANS	74	POSTES
ASTER AMELLUS L.	1-4	373	DANS	5	POSTES	CIRS TUBE SUBS ANGLICUM	3-6	464	DANS	16	POSTES
ASTER BELLIDIASTRUM (L.	2-4	374	DANS	12	POSTES	CIRS TUBE SUBS ANGLICUM	2-6	465	DANS	26	POSTES
ASTER BELLIDIASTRUM (L.	1-4	375	DANS	15	POSTES	CIRS TUBE SUBS ANGLICUM	1-6	466	DANS	37	POSTES
ASTER LINOSYRIS (L.) BE	1-5	376	DANS	12	POSTES	CIRS TUBE SUBS BULBOSUM	1-4	467	DANS	5	POSTES
ASTER SEDIFOLIUS L.	1-3	377	DANS	7	POSTES	CIRS TUBE SUBS FILIPEND	2-4	468	DANS	5	POSTES
ASTER SQUAMATUS (SPRENG	1-4	378	DANS	5	POSTES	CIRS TUBE SUBS FILIPEND	1-4	469	DANS	5	POSTES
ASTER TRIPOLIUM L.	3-6	379	DANS	12	POSTES	CREPIS ALBIDA VILL.	1-5	470	DANS	10	POSTES
ASTER TRIPOLIUM L.	1-6	380	DANS	30	POSTES	CREPIS BIENNIS L.	2-4	471	DANS	7	POSTES
BELLIS ANNUA L.	2-5	381	DANS	6	POSTES	CREPIS BIENNIS L.	1-4	472	DANS	29	POSTES
BELLIS ANNUA L.	1-5	382	DANS	11	POSTES	CREPIS BLATTARIOIDES (L	1-5	473	DANS	9	POSTES
BELLIS PERENNIS L.	2-6	383	DANS	36	POSTES	CREPIS BULBOSA (L.) TAU	3-4	474	DANS	8	POSTES
BELLIS PERENNIS L.	1-6	384	DANS	91	POSTES	CREPIS BULBOSA (L.) TAU	1-4	475	DANS	22	POSTES
BELLIS SILVESTRIUS CYRIL	1-4	385	DANS	11	POSTES	CREPIS CONIZAEPOLIA (GO	1-4	476	DANS	5	POSTES
BIDENS CERNUA L.	1-6	386	DANS	5	POSTES	CREPIS FOETIDA L.	1-4	477	DANS	16	POSTES
BIDENS TRIPARTITA L.	3-6	387	DANS	10	POSTES	CREPIS PALUDOSA (L.) MO	2-5	478	DANS	12	POSTES
BIDENS TRIPARTITA L.	1-6	388	DANS	21	POSTES	CREPIS PALUDOSA (L.) MO	1-5	479	DANS	20	POSTES
BUPHTHALMUM SALICIFOLIU	1-5	389	DANS	16	POSTES	CREPIS VESICARIA L.	1-5	480	DANS	40	POSTES
CALENDULA ARVENSIS L.	1-6	390	DANS	19	POSTES	CREP VESI SUBS TARAXACI	1-5	481	DANS	32	POSTES
CARDUNCELLUS MITISSIMUS	2-4	391	DANS	11	POSTES	CREPIS VIRENS L.	2-4	482	DANS	17	POSTES
CARDUNCELLUS MITISSIMUS	1-4	392	DANS	19	POSTES	CREPIS VIRENS L.	1-4	483	DANS	44	POSTES
CARDUNCELLUS MONSPELIEN	1-3	393	DANS	6	POSTES	CRUPINA VULGARIS PERS.	1-5	484	DANS	9	POSTES
CARDUUS DEFLORATUS L.	2-5	394	DANS	8	POSTES	DORONICUM AUSTRIACUM JA	2-5	485	DANS	8	POSTES
CARDUUS DEFLORATUS L.	1-5	395	DANS	23	POSTES	DORONICUM AUSTRIACUM JA	1-5	486	DANS	10	POSTES
CARDUUS NIGRESCENS VILL	1-4	396	DANS	15	POSTES	DORONICUM PARDALIANCHES	1-4	487	DANS	8	POSTES
CARDUUS NUTANS L.	1-4	397	DANS	16	POSTES	ECHINOPS RITRO L.	1-4	488	DANS	42	POSTES
CARDUUS PYCNOCEPHALUS L	1-5	398	DANS	14	POSTES	ERIGERON ACRE L.	1-3	489	DANS	14	POSTES
CARDUUS TENUIFLORUS CUR	2-6	399	DANS	16	POSTES	ERIGERON CANADENSE L.	2-5	490	DANS	8	POSTES
CARDUUS TENUIFLORUS CUR	1-6	400	DANS	27	POSTES	ERIGERON CANADENSE L.	1-5	491	DANS	32	POSTES
CARLINA ACANTHIFOLIA AL	2-4	401	DANS	8	POSTES	ERIGERON NAUDINI (BONNE	1-6	492	DANS	11	POSTES
CARLINA ACANTHIFOLIA AL	1-4	402	DANS	31	POSTES	EUPATORIUM CANNABINUM L	2-6	493	DANS	24	POSTES
CARLINA ACAULIS L.	2-4	403	DANS	15	POSTES	EUPATORIUM CANNABINUM L	1-6	494	DANS	69	POSTES
CARLINA ACAULIS L.	1-4	404	DANS	40	POSTES	EVAX PYGMAEA (L.) PERSO	2-4	495	DANS	5	POSTES
CARL ACAU VAR. CAULESC	1-4	405	DANS	6	POSTES	EVAX PYGMAEA (L.) PERSO	1-4	496	DANS	7	POSTES
CARLINA CORYMBOSA L.	1-5	406	DANS	31	POSTES	FILAGO GALLICA L.	2-4	497	DANS	14	POSTES
CARLINA VULGARIS L.	1-5	407	DANS	131	POSTES	FILAGO GALLICA L.	1-4	498	DANS	21	POSTES
CARL VULG SUBS VULGARIS	1-2	408	DANS	6	POSTES	FILAGO GERMANICA L.	1-4	499	DANS	24	POSTES
CARTHAMUS LANATUS L.	1-3	409	DANS	10	POSTES	FILAGO MINIMA (SM.) PER	2-5	500	DANS	18	POSTES
CATANANCHE CAERULEA L.	2-5	410	DANS	14	POSTES	FILAGO MINIMA (SM.) PER	1-5	501	DANS	39	POSTES
CATANANCHE CAERULEA L.	1-5	411	DANS	30	POSTES	FILAGO SPATHULATA PRESL	2-4	502	DANS	6	POSTES
CENTAUREA ASPERA L.	2-5	412	DANS	13	POSTES	FILAGO SPATHULATA PRESL	1-4	503	DANS	17	POSTES
CENTAUREA ASPERA L.	1-5	413	DANS	30	POSTES	GALACTITES TOMENTOSA MO	1-5	504	DANS	17	POSTES
CENTAUREA CYANUS L.	1-4	414	DANS	9	POSTES	GNAPHALIUM LUTEOALBUM L	1-5	505	DANS	7	POSTES
CENTAUREA JACEA L.	2-5	415	DANS	52	POSTES	GNAPHALIUM ULIGINOSUM L	2-5	506	DANS	7	POSTES
CENTAUREA JACEA L.	1-5	416	DANS	114	POSTES	GNAPHALIUM ULIGINOSUM L	1-5	507	DANS	20	POSTES
CENT JACE SUBS AMARA L.	2-3	417	DANS	9	POSTES	HEDYPNOIS RHAGADIOLOIDE	1-5	508	DANS	18	POSTES
CENT JACE SUBS AMARA L.	1-3	418	DANS	13	POSTES	HELICHRYSUM ITALICUM (R	1-6	509	DANS	7	POSTES
CENTAUREA MACULOSA LAM.	2-3	419	DANS	7	POSTES	HELICHRYSUM STAECCHAS (L	2-6	510	DANS	47	POSTES
CENTAUREA MACULOSA LAM.	1-3	420	DANS	12	POSTES	HELICHRYSUM STAECCHAS (L	1-6	511	DANS	100	POSTES
CENTAUREA MONTANA L.	2-5	421	DANS	5	POSTES	HIERACIUM AMPLEXICAULE	1-4	512	DANS	18	POSTES
CENTAUREA MONTANA L.	1-5	422	DANS	18	POSTES	HIERACIUM AURICULA L.	2-5	513	DANS	14	POSTES
CENTAUREA NIGRA L.	2-5	423	DANS	44	POSTES	HIERACIUM AURICULA L.	1-5	514	DANS	28	POSTES
CENTAUREA NIGRA L.	1-5	424	DANS	78	POSTES	HIERACIUM BIFIDUM KITTE	2-3	515	DANS	6	POSTES
CENT NIGR SUBS DEBEAUXI	1-4	425	DANS	5	POSTES	HIERACIUM BIFIDUM KITTE	1-3	516	DANS	13	POSTES
CENT NIGR SUBS NEMORALI	1-5	426	DANS	20	POSTES	HIERACIUM LACHENALI GME	2-5	517	DANS	8	POSTES
CENTAUREA PANICULATA L.	1-4	427	DANS	38	POSTES	HIERACIUM LACHENALI GME	1-5	518	DANS	23	POSTES
CENT PANI SUBS LEUCOPHA	1-3	428	DANS	7	POSTES	HIERACIUM LANATUM (L.)	1-4	519	DANS	11	POSTES
CENTAUREA PECTINATA L.	2-3	429	DANS	5	POSTES	HIERACIUM LEVIGATUM WIL	1-3	520	DANS	10	POSTES
CENTAUREA PECTINATA L.	1-3	430	DANS	10	POSTES	HIERACIUM MURORUM L.	2-6	521	DANS	79	POSTES
CENTAUREA PRATENSIS THU	2-5	431	DANS	26	POSTES	HIERACIUM MURORUM L.	1-6	522	DANS	130	POSTES
CENTAUREA PRATENSIS THU	1-5	432	DANS	44	POSTES	HIERACIUM PELETIERIANUM	2-5	523	DANS	10	POSTES
CENTAUREA SCABIOSA L.	2-5	433	DANS	38	POSTES	HIERACIUM PELETIERIANUM	1-5	524	DANS	20	POSTES

ALLIARIA OFFICINALIS AN 2-6 707 DANS 28 POSTES
 ALLIARIA OFFICINALIS AN 1-6 708 DANS 51 POSTES
 ALYSSUM CALYCINUM L. 2-4 709 DANS 9 POSTES
 ALYSSUM CALYCINUM L. 1-4 710 DANS 40 POSTES
 ALYSSUM MARITIMUM (L.) 2-6 711 DANS 14 POSTES
 ALYSSUM MARITIMUM (L.) 1-6 712 DANS 22 POSTES
 ARABIDOPSIS THALIANA (L) 1-5 713 DANS 32 POSTES
 ARABIS ARENSA (L.) SCO 1-4 714 DANS 7 POSTES
 ARABIS HIRSUTA (L.) SCO 1-3 715 DANS 53 POSTES
 ARABIS PAUCIFLORA (GRIM 1-4 716 DANS 6 POSTES
 ARABIS TURRITA L. 1-3 717 DANS 7 POSTES
 BARBARAEA VULGARIS R. B 2-4 718 DANS 11 POSTES
 BARBARAEA VULGARIS R. B 1-4 719 DANS 19 POSTES
 BARB VULG VAR. RIVULARI 1-3 720 DANS 7 POSTES
 BERTEROA INCANA (L.) DC 1-4 721 DANS 8 POSTES
 BISCUTELLA LEVIGATA L. 1-5 722 DANS 40 POSTES
 BRASSICA MONENSIS (L.) 1-5 723 DANS 13 POSTES
 BRAS MONE SUBS CHEIRANT 1-5 724 DANS 12 POSTES
 BRASSICA NIGRA L. 1-6 725 DANS 9 POSTES
 BRASSICA OLERACEA (L.) 1-5 726 DANS 5 POSTES
 CAKILE MARITIMA SCOP. 2-6 727 DANS 9 POSTES
 CAKILE MARITIMA SCOP. 1-6 728 DANS 20 POSTES
 CAPSELLA BURSA-PASTORIS 1-5 729 DANS 40 POSTES
 CAPSELLA RUBELLA REUTER 1-4 730 DANS 10 POSTES
 CARDAMINE AMARA L. 1-6 731 DANS 8 POSTES
 CARDAMINE FLEXUOSA WITH 1-5 732 DANS 13 POSTES
 CARDAMINE HIRSUTA L. 2-5 733 DANS 9 POSTES
 CARDAMINE HIRSUTA L. 1-5 734 DANS 24 POSTES
 CARDAMINE IMPATIENS L. 2-5 735 DANS 6 POSTES
 CARDAMINE IMPATIENS L. 1-5 736 DANS 19 POSTES
 CARDAMINE PRATENSIS L. 2-5 737 DANS 49 POSTES
 CARDAMINE PRATENSIS L. 1-5 738 DANS 103 POSTES
 COCHLEARIA DANICA L. 3-6 739 DANS 5 POSTES
 COCHLEARIA DANICA L. 1-6 740 DANS 17 POSTES
 COCHLEARIA OFFICINALIS 1-6 741 DANS 6 POSTES
 CORONOPUS PROCUMBENS GI 2-4 742 DANS 5 POSTES
 CORONOPUS PROCUMBENS GI 1-4 743 DANS 10 POSTES
 DENTARIA DIGITATA LAM. 1-5 744 DANS 8 POSTES
 DENTARIA PINNATA LAM. 3-6 745 DANS 9 POSTES
 DENTARIA PINNATA LAM. 1-6 746 DANS 21 POSTES
 DIPLOTAXIS ERUCOIDES (L) 1-5 747 DANS 8 POSTES
 DIPLOTAXIS TENUIFOLIA (2-4 748 DANS 7 POSTES
 DIPLOTAXIS TENUIFOLIA (L) 1-4 749 DANS 25 POSTES
 DRABA AIZOIDES L. 1-3 750 DANS 8 POSTES
 EROPHILA Verna (L.) E. 2-6 751 DANS 26 POSTES
 EROPHILA Verna (L.) E. 1-6 752 DANS 61 POSTES
 ERYSIMUM HELVETICUM (JA 1-4 753 DANS 12 POSTES
 HESPERIS MATRONALIS L. 1-3 754 DANS 8 POSTES
 HUTCHINSIA PETRAEA (L.) 1-4 755 DANS 18 POSTES
 HUTCHINSIA PROCUMBENS (1-4 756 DANS 5 POSTES
 IBERIS AMARA L. 1-4 757 DANS 9 POSTES
 LEPIDIUM DRABA L. 2-4 758 DANS 7 POSTES
 LEPIDIUM DRABA L. 1-4 759 DANS 18 POSTES
 LUNARIA REDIVIVA L. 1-6 760 DANS 6 POSTES
 MALCOLMIA RAMOSISSIMA G 1-3 761 DANS 5 POSTES
 MATTHIOLA SINUATA (L.) 1-4 762 DANS 10 POSTES
 NASTURTIUM OFFICINALE R 1-6 763 DANS 11 POSTES
 RAPHANUS RAPHANISTRUM L 1-6 764 DANS 31 POSTES
 RAPISTRUM RUGOSUM L. 1-5 765 DANS 15 POSTES
 RORIPA AMPHIBIA (L.) BE 3-6 766 DANS 10 POSTES
 RORIPA AMPHIBIA (L.) BE 1-6 767 DANS 32 POSTES
 RORIPA ISLANDICA (OEDER 1-4 768 DANS 5 POSTES
 RORIPA SILVESTRIS (L.) 2-5 769 DANS 6 POSTES
 RORIPA SILVESTRIS (L.) 1-5 770 DANS 15 POSTES
 SINAPIS ALBA L. 1-4 771 DANS 6 POSTES
 SINAPIS ARVENSIS L. 1-4 772 DANS 22 POSTES
 SISYMBRIUM OFFICINALE (1-5 773 DANS 17 POSTES
 TEESDALEA CORONOPIFOLIA 1-4 774 DANS 5 POSTES
 TEESDALEA NUDICAULIS (L) 2-5 775 DANS 11 POSTES
 TEESDALEA NUDICAULIS (L) 1-5 776 DANS 26 POSTES
 THLASPI PERFOLIATUM L. 1-3 777 DANS 16 POSTES
 BRYONIA DIOICA JACQ. 2-4 778 DANS 20 POSTES
 BRYONIA DIOICA JACQ. 1-4 779 DANS 53 POSTES
 ECBALLIUM ELATERIUM L. 1-4 780 DANS 7 POSTES
 CUSCUTA EPITHYMUM L. 1-4 781 DANS 43 POSTES
 CEPHALARIA LEUCANTHA (L) 2-4 782 DANS 8 POSTES
 CEPHALARIA LEUCANTHA (L) 1-4 783 DANS 16 POSTES
 DIPSACUS FULLONUM L. 1-4 784 DANS 11 POSTES
 DIPS FULL SUBS SILVESTR 1-2 785 DANS 9 POSTES
 KNAUTIA ARVENSIS (L.) C 2-5 786 DANS 45 POSTES
 KNAUTIA ARVENSIS (L.) C 1-5 787 DANS 97 POSTES
 KNAUTIA ARVERNENSIS (BR 1-4 788 DANS 8 POSTES
 KNAUTIA INTEGRIFOLIA (L) 1-3 789 DANS 11 POSTES
 KNAUTIA PURPUREA (VILL. 2-3 790 DANS 6 POSTES
 KNAUTIA PURPUREA (VILL. 1-3 791 DANS 20 POSTES
 KNAUTIA SILVATICA DUBY 2-5 792 DANS 17 POSTES
 KNAUTIA SILVATICA DUBY 1-5 793 DANS 37 POSTES
 SCABIOSA COLUMBARIA L. 2-5 794 DANS 79 POSTES
 SCABIOSA COLUMBARIA L. 1-5 795 DANS 161 POSTES
 SCAB COLU SUBS GRAMUNTI 1-4 796 DANS 7 POSTES
 SCAB COLU SUBS LUCIDA V 2-4 797 DANS 10 POSTES

SCAB COLU SUBS LUCIDA V 1-4 798 DANS 17 POSTES
 SCAB COLU SUBS PYRENAIC 2-4 799 DANS 9 POSTES
 SCAB COLU SUBS PYRENAIC 1-4 800 DANS 16 POSTES
 SCABIOSA MARITIMA L. 2-4 801 DANS 11 POSTES
 SCABIOSA MARITIMA L. 1-4 802 DANS 29 POSTES
 SUCCISA PRAEMORSA (GILLI 2-6 803 DANS 52 POSTES
 SUCCISA PRAEMORSA (GILI 1-6 804 DANS 104 POSTES
 DROSELA INTERMEDIA HAYN 1-6 805 DANS 5 POSTES
 DROSELA ROTUNDIFOLIA L. 2-6 806 DANS 15 POSTES
 DROSELA ROTUNDIFOLIA L. 1-6 807 DANS 21 POSTES
 HIPPOPHAE RHAMNOIDES L. 4-6 808 DANS 5 POSTES
 HIPPOPHAE RHAMNOIDES L. 1-6 809 DANS 10 POSTES
 ANDROMEDA POLIFOLIA L. 1-5 810 DANS 7 POSTES
 ARBUTUS UNEDO L. 3-6 811 DANS 20 POSTES
 ARBUTUS UNEDO L. 1-6 812 DANS 57 POSTES
 ARCTOSTAPHYLOS UVA-URSI 4-6 813 DANS 11 POSTES
 ARCTOSTAPHYLOS UVA-URSI 1-6 814 DANS 32 POSTES
 CALLUNA VULGARIS (L.) H 4-6 815 DANS 88 POSTES
 CALLUNA VULGARIS (L.) H 1-6 816 DANS 209 POSTES
 ERICA ARBOREA L. 3-6 817 DANS 28 POSTES
 ERICA ARBOREA L. 1-6 818 DANS 40 POSTES
 ERICA CILIARIS L. 4-6 819 DANS 13 POSTES
 ERICA CILIARIS L. 1-6 820 DANS 21 POSTES
 ERICA CINEREA L. 4-6 821 DANS 35 POSTES
 ERICA CINEREA L. 3-6 822 DANS 52 POSTES
 ERICA CINEREA L. 1-6 823 DANS 85 POSTES
 ERICA MULTIFLORA L. 1-6 824 DANS 6 POSTES
 ERICA SCOPARIA L. 4-6 825 DANS 33 POSTES
 ERICA SCOPARIA L. 1-6 826 DANS 73 POSTES
 ERICA TETRALIX L. 4-6 827 DANS 12 POSTES
 ERICA TETRALIX L. 3-6 828 DANS 22 POSTES
 ERICA TETRALIX L. 1-6 829 DANS 36 POSTES
 ERICA VAGANS L. 4-6 830 DANS 8 POSTES
 ERICA VAGANS L. 1-6 831 DANS 17 POSTES
 OXYCOCCOS QUADRIPETALA 3-6 832 DANS 5 POSTES
 OXYCOCCOS QUADRIPETALA 1-6 833 DANS 10 POSTES
 RHODODENDRON FERRUGINEU 1-6 834 DANS 22 POSTES
 VACCINIUM MYRTILLUS L. 4-6 835 DANS 51 POSTES
 VACCINIUM MYRTILLUS L. 1-6 836 DANS 96 POSTES
 VACCINIUM ULIGINOSUM L. 3-6 837 DANS 7 POSTES
 VACCINIUM ULIGINOSUM L. 1-6 838 DANS 17 POSTES
 VACCINIUM VITIS-IDAEA L 3-6 839 DANS 13 POSTES
 VACCINIUM VITIS-IDAEA L 1-6 840 DANS 22 POSTES
 EUPHORBIA AMYGDALOIDES 2-6 841 DANS 63 POSTES
 EUPHORBIA AMYGDALOIDES 1-6 842 DANS 160 POSTES
 EUPHORBIA CHARACIAS L. 2-4 843 DANS 14 POSTES
 EUPHORBIA CHARACIAS L. 1-4 844 DANS 41 POSTES
 EUPHORBIA CYPARISSIAS L 2-5 845 DANS 82 POSTES
 EUPHORBIA CYPARISSIAS L 1-5 846 DANS 150 POSTES
 EUPHORBIA DENDROIDES L. 3-5 847 DANS 7 POSTES
 EUPHORBIA DENDROIDES L. 1-5 848 DANS 7 POSTES
 EUPHORBIA DULCIS L. 2-6 849 DANS 32 POSTES
 EUPHORBIA DULCIS L. 1-6 850 DANS 84 POSTES
 EUPHORBIA ESULA L. 2-4 851 DANS 5 POSTES
 EUPHORBIA ESULA L. 1-4 852 DANS 11 POSTES
 EUPHORBIA EXIGUA L. 1-4 853 DANS 45 POSTES
 EUPHORBIA FALCATA L. 1-3 854 DANS 8 POSTES
 EUPHORBIA HELIOSCOPIA L 1-3 855 DANS 35 POSTES
 EUPHORBIA HIBERNICA L. 2-5 856 DANS 8 POSTES
 EUPHORBIA HIBERNICA L. 1-5 857 DANS 10 POSTES
 EUPHORBIA NICAEENSIS AL 2-4 858 DANS 7 POSTES
 EUPHORBIA NICAEENSIS AL 1-4 859 DANS 14 POSTES
 EUPHORBIA PALUSTRIS L. 1-5 860 DANS 5 POSTES
 EUPHORBIA PARALIOS L. 2-5 861 DANS 12 POSTES
 EUPHORBIA PARALIOS L. 1-5 862 DANS 20 POSTES
 EUPHORBIA PEPLUS L. 1-3 863 DANS 10 POSTES
 EUPHORBIA PITYUSA L. 1-4 864 DANS 6 POSTES
 EUPHORBIA SEGETALIS L. 1-4 865 DANS 37 POSTES
 EUPH SEGE SUBS PORTLAND 1-4 866 DANS 21 POSTES
 EUPHORBIA SEGUIERIANA N 2-5 867 DANS 15 POSTES
 EUPHORBIA SEGUIERIANA N 1-5 868 DANS 28 POSTES
 EUPHORBIA SERRATA L. 1-4 869 DANS 25 POSTES
 EUPHORBIA SPINOSA L. 1-5 870 DANS 17 POSTES
 EUPHORBIA STRICTA L. 1-4 871 DANS 7 POSTES
 EUPHORBIA VERRUCOSA (L. 2-5 872 DANS 27 POSTES
 EUPHORBIA VERRUCOSA (L. 1-5 873 DANS 46 POSTES
 MERCURIALIS ANNUA L. 1-5 874 DANS 25 POSTES
 MERCURIALIS PERENNIS L. 3-6 875 DANS 45 POSTES
 MERCURIALIS PERENNIS L. 1-6 876 DANS 101 POSTES
 CASTANEA SATIVA MILL. 4-6 877 DANS 43 POSTES
 CASTANEA SATIVA MILL. 1-6 878 DANS 143 POSTES
 FAGUS SILVATICA L. 5-6 879 DANS 96 POSTES
 FAGUS SILVATICA L. 1-6 880 DANS 222 POSTES
 QUERCUS COCCIFERA L. 4-6 881 DANS 20 POSTES
 QUERCUS COCCIFERA L. 1-6 882 DANS 35 POSTES
 QUERCUS ILEX L. 4-6 883 DANS 51 POSTES
 QUERCUS ILEX L. 1-6 884 DANS 91 POSTES
 QUERCUS LANUGINOSA LAM. 4-6 885 DANS 65 POSTES
 QUERCUS LANUGINOSA LAM. 1-6 886 DANS 173 POSTES
 QUERCUS PEDUNCULATA EHR 4-6 887 DANS 111 POSTES
 QUERCUS PEDUNCULATA EHR 1-6 888 DANS 258 POSTES

GALIUM VERUM L. 2-5 1799 DANS 78 POSTES
 GALIUM VERUM L. 1-5 1800 DANS 128 POSTES
 RUBIA PEREGRINA L. 1-6 1801 DANS 172 POSTES
 SHERARDIA ARVENSIS L. 2-4 1802 DANS 14 POSTES
 SHERARDIA ARVENSIS L. 1-4 1803 DANS 50 POSTES
 VAILLANTIA MURALIS (L.) 2-4 1804 DANS 5 POSTES
 VAILLANTIA MURALIS (L.) 1-4 1805 DANS 12 POSTES
 RUTA CHALEPENSIS L. 2-4 1806 DANS 10 POSTES
 RUTA CHALEPENSIS L. 1-4 1807 DANS 32 POSTES
 RUTA CHAL SUBS ANGUSTIF 2-4 1808 DANS 7 POSTES
 RUTA CHAL SUBS ANGUSTIF 1-4 1809 DANS 22 POSTES
 POPULUS ALBA L. 3-6 1810 DANS 12 POSTES
 POPULUS ALBA L. 1-6 1811 DANS 28 POSTES
 POPULUS CANADENSIS MOEN 1-5 1812 DANS 5 POSTES
 POPULUS X-CANESCENS SMI 1-4 1813 DANS 8 POSTES
 POPULUS NIGRA L. 3-6 1814 DANS 16 POSTES
 POPULUS NIGRA L. 1-6 1815 DANS 47 POSTES
 POPULUS TREMULA L. 2-6 1816 DANS 49 POSTES
 POPULUS TREMULA L. 1-6 1817 DANS 109 POSTES
 SALIX ALBA L. 3-6 1818 DANS 21 POSTES
 SALIX ALBA L. 1-6 1819 DANS 41 POSTES
 SALIX AURITA L. 1-6 1820 DANS 22 POSTES
 SALIX CAPREA L. 2-6 1821 DANS 30 POSTES
 SALIX CAPREA L. 1-6 1822 DANS 87 POSTES
 SALIX CINEREA L. 3-6 1823 DANS 29 POSTES
 SALIX CINEREA L. 1-6 1824 DANS 68 POSTES
 SALI CINE VAR. ATROCINE 3-6 1825 DANS 14 POSTES
 SALI CINE VAR. ATROCINE 1-6 1826 DANS 39 POSTES
 SALIX FRAGILIS L. 1-6 1827 DANS 16 POSTES
 SALIX GRANDIFOLIA SER. 1-5 1828 DANS 8 POSTES
 SALIX INCANA SCHRANK. 3-6 1829 DANS 7 POSTES
 SALIX INCANA SCHRANK. 1-6 1830 DANS 18 POSTES
 SALIX PURPUREA L. 3-6 1831 DANS 16 POSTES
 SALIX PURPUREA L. 1-6 1832 DANS 40 POSTES
 SALIX REPENS L. 3-6 1833 DANS 8 POSTES
 SALIX REPENS L. 1-6 1834 DANS 25 POSTES
 SALIX RETUSA L. 1-6 1835 DANS 5 POSTES
 SALIX TRIANDRA L. 3-6 1836 DANS 9 POSTES
 SALIX TRIANDRA L. 1-6 1837 DANS 15 POSTES
 SALIX VIMINALIS L. 1-6 1838 DANS 10 POSTES
 SAMBUCUS EBULUS L. 1-6 1839 DANS 11 POSTES
 SAMBUCUS NIGRA L. 2-6 1840 DANS 64 POSTES
 SAMBUCUS NIGRA L. 1-6 1841 DANS 105 POSTES
 SAMBUCUS RACEMOSA L. 2-6 1842 DANS 26 POSTES
 SAMBUCUS RACEMOSA L. 1-6 1843 DANS 51 POSTES
 OSYRIS ALBA L. 1-6 1844 DANS 45 POSTES
 THESIUM ALPINUM L. 1-4 1845 DANS 19 POSTES
 THESIUM DIVARICATUM JAN 2-4 1846 DANS 12 POSTES
 THESIUM DIVARICATUM JAN 1-4 1847 DANS 30 POSTES
 THESIUM HUMIFUSUM DC. 2-4 1848 DANS 17 POSTES
 THESIUM HUMIFUSUM DC. 1-4 1849 DANS 50 POSTES
 THESIUM INTERMEDIUM SCH 1-3 1850 DANS 5 POSTES
 THESIUM PRATENSE EHRH. 1-5 1851 DANS 10 POSTES
 CHRYSOSPLENIUM ALTERNIF 1-5 1852 DANS 7 POSTES
 CHRYSOSPLENIUM OPPOSITI 1-6 1853 DANS 15 POSTES
 SAXIFRAGA AIZOON JACQ. 1-5 1854 DANS 10 POSTES
 SAXIFRAGA CUNEIFOLIA L. 1-5 1855 DANS 16 POSTES
 SAXIFRAGA GRANULATA L. 2-5 1856 DANS 16 POSTES
 SAXIFRAGA GRANULATA L. 1-5 1857 DANS 29 POSTES
 SAXIFRAGA OPPOSITIFOLIA 1-6 1858 DANS 5 POSTES
 SAXIFRAGA ROTUNDFOLIA 2-5 1859 DANS 7 POSTES
 SAXIFRAGA ROTUNDFOLIA 1-5 1860 DANS 13 POSTES
 SAXIFRAGA TRIDACTYLITES 2-4 1861 DANS 12 POSTES
 SAXIFRAGA TRIDACTYLITES 1-4 1862 DANS 30 POSTES
 ANARRHINUM BELLIDIFOLIUM 1-4 1863 DANS 10 POSTES
 ANTIRRHINUM MAJUS L. 1-3 1864 DANS 7 POSTES
 ANTIRRHINUM ORONTIUM L. 1-4 1865 DANS 11 POSTES
 BARTSCHIA ALPINA L. 1-5 1866 DANS 5 POSTES
 BELLARDIA TRIAGO (L.) 1-2 1867 DANS 8 POSTES
 CHAENORRHINUM MINUS (L.) 1-4 1868 DANS 19 POSTES
 DIGITALIS AMBIGUA MURRA 1-4 1869 DANS 14 POSTES
 DIGITALIS LUTEA L. 2-5 1870 DANS 14 POSTES
 DIGITALIS LUTEA L. 1-5 1871 DANS 42 POSTES
 DIGITALIS PURPUREA L. 2-6 1872 DANS 29 POSTES
 DIGITALIS PURPUREA L. 1-6 1873 DANS 60 POSTES
 EUPHRASIA ROSTKOVIANA H 2-5 1874 DANS 11 POSTES
 EUPHRASIA ROSTKOVIANA H 1-5 1875 DANS 29 POSTES
 EUPH ROST SUBS CAMPESTR 1-3 1876 DANS 11 POSTES
 EUPHRASIA SALISBURGENSI 2-5 1877 DANS 10 POSTES
 EUPHRASIA SALISBURGENSI 1-5 1878 DANS 21 POSTES
 EUPHRASIA STRICTA HOST. 2-5 1879 DANS 24 POSTES
 EUPHRASIA STRICTA HOST. 1-5 1880 DANS 60 POSTES
 GRATIOLA OFFICINALIS L. 1-5 1881 DANS 6 POSTES
 LINARIA ARVENSIS (L.) D 1-3 1882 DANS 13 POSTES
 LINA ARVE SUBS SIMPLEX 1-2 1883 DANS 10 POSTES
 LINARIA CYMBALARIA (L.) 1-4 1884 DANS 5 POSTES
 LINARIA ELATINE L. 1-3 1885 DANS 12 POSTES
 LINARIA PELLICERIANA (L) 1-3 1886 DANS 9 POSTES
 LINARIA SPURIA (L.) MIL 1-4 1887 DANS 17 POSTES
 LINARIA STRIATA DC. 2-5 1888 DANS 12 POSTES
 LINARIA STRIATA DC. 1-5 1889 DANS 44 POSTES

LINARIA SUPINA DESF. 1-4 1890 DANS 16 POSTES
 LINARIA VULGARIS MILLER 1-4 1891 DANS 26 POSTES
 MELAMPYRUM ARVENSE L. 1-3 1892 DANS 12 POSTES
 MELAMPYRUM CRISTATUM L. 1-4 1893 DANS 15 POSTES
 MELAMPYRUM NEMOROSUM L. 3-6 1894 DANS 9 POSTES
 MELAMPYRUM NEMOROSUM L. 1-6 1895 DANS 20 POSTES
 MELAMPYRUM PRATENSE L. 2-5 1896 DANS 62 POSTES
 MELAMPYRUM PRATENSE L. 1-5 1897 DANS 106 POSTES
 MELAMPYRUM SILVATICUM L 2-6 1898 DANS 16 POSTES
 MELAMPYRUM SILVATICUM L 1-6 1899 DANS 25 POSTES
 ODONTITES LUTEA (L.) RC 2-5 1900 DANS 20 POSTES
 ODONTITES LUTEA (L.) RC 1-5 1901 DANS 50 POSTES
 ODONTITES RUBRA GILIB. 1-4 1902 DANS 24 POSTES
 ODON RUBR SUBS SEROTINA 1-4 1903 DANS 16 POSTES
 PEDICULARIS GYROFLEXA V 2-4 1904 DANS 5 POSTES
 PEDICULARIS GYROFLEXA V 1-4 1905 DANS 10 POSTES
 PEDICULARIS PALUSTRIS L 2-5 1906 DANS 8 POSTES
 PEDICULARIS PALUSTRIS L 1-5 1907 DANS 10 POSTES
 PEDICULARIS SILVATICA L 2-4 1908 DANS 11 POSTES
 PEDICULARIS SILVATICA L 1-4 1909 DANS 26 POSTES
 RHINANTHUS ALECTOROLOPH 2-5 1910 DANS 15 POSTES
 RHINANTHUS ALECTOROLOPH 1-5 1911 DANS 21 POSTES
 RHINANTHUS MAJOR EHRH. 1-4 1912 DANS 6 POSTES
 RHINANTHUS MEDITERRANEU 1-4 1913 DANS 6 POSTES
 RHINANTHUS MINOR EHRH. 2-5 1914 DANS 36 POSTES
 RHINANTHUS MINOR EHRH. 1-5 1915 DANS 66 POSTES
 SCROFULARIA AQUATICA L. 1-5 1916 DANS 8 POSTES
 SCROFULARIA AURICULATA 1-5 1917 DANS 6 POSTES
 SCROFULARIA CANINA L. 1-4 1918 DANS 20 POSTES
 SCRO CANI SUBS HOPPEI K 1-3 1919 DANS 7 POSTES
 SCROFULARIA NODOSA L. 1-6 1920 DANS 64 POSTES
 VERBASCUM LYCHNITIS L. 1-4 1921 DANS 13 POSTES
 VERBASCUM NIGRUM L. 1-3 1922 DANS 7 POSTES
 VERBASCUM PHLOMOIDES (L) 1-3 1923 DANS 7 POSTES
 VERBASCUM SINUATUM L. 1-3 1924 DANS 14 POSTES
 VERBASCUM THAPSUS L. 1-3 1925 DANS 16 POSTES
 VERONICA AGRESTIS L. 1-4 1926 DANS 12 POSTES
 VERONICA ANAGALLIS L. 2-5 1927 DANS 8 POSTES
 VERONICA ANAGALLIS L. 1-5 1928 DANS 15 POSTES
 VERO ANAG SUBS AQUATICA 1-5 1929 DANS 6 POSTES
 VERONICA ARVENSIS L. 2-4 1930 DANS 20 POSTES
 VERONICA ARVENSIS L. 1-4 1931 DANS 61 POSTES
 VERONICA BECCABUNGA L. 1-6 1932 DANS 14 POSTES
 VERONICA CHAMAEDRYL L. 2-4 1933 DANS 58 POSTES
 VERONICA CHAMAEDRYL L. 1-4 1934 DANS 152 POSTES
 VERONICA FRUTICULOSA L. 1-5 1935 DANS 6 POSTES
 VERONICA HEDERAEFOLIA L 2-5 1936 DANS 11 POSTES
 VERONICA HEDERAEFOLIA L 1-5 1937 DANS 32 POSTES
 VERONICA LATIFOLIA L. 2-4 1938 DANS 15 POSTES
 VERONICA LATIFOLIA L. 1-4 1939 DANS 25 POSTES
 VERONICA MONTANA L. 2-5 1940 DANS 13 POSTES
 VERONICA MONTANA L. 1-5 1941 DANS 34 POSTES
 VERONICA OFFICINALIS L. 2-6 1942 DANS 48 POSTES
 VERONICA OFFICINALIS L. 1-6 1943 DANS 123 POSTES
 VERONICA PERSICA POIRET 1-4 1944 DANS 35 POSTES
 VERONICA POLITA FRIES 1-3 1945 DANS 5 POSTES
 VERONICA SCUTELLATA L. 2-5 1946 DANS 10 POSTES
 VERONICA SCUTELLATA L. 1-5 1947 DANS 25 POSTES
 VERONICA SERPYLLIFOLIA 1-4 1948 DANS 17 POSTES
 VERONICA SPICATA L. 1-4 1949 DANS 6 POSTES
 VERONICA TEUCRIUM L. 2-4 1950 DANS 10 POSTES
 VERONICA TEUCRIUM L. 1-4 1951 DANS 26 POSTES
 VERO TEUC SUBS PROSTRAT 1-3 1952 DANS 6 POSTES
 VERONICA VERNA L. 1-3 1953 DANS 11 POSTES
 SOLANUM DULCAMARA L. 2-5 1954 DANS 37 POSTES
 SOLANUM DULCAMARA L. 1-5 1955 DANS 75 POSTES
 SOLANUM NIGRUM L. 1-4 1956 DANS 23 POSTES
 TAMARIX GALLICA L. 1-6 1957 DANS 6 POSTES
 CYNOCRAMBE PROSTRATA GA 1-3 1958 DANS 5 POSTES
 DAPHNE ALPINA L. 1-3 1959 DANS 9 POSTES
 DAPHNE GNIDIUM L. 1-5 1960 DANS 40 POSTES
 DAPHNE LAUREOLA L. 2-5 1961 DANS 31 POSTES
 DAPHNE LAUREOLA L. 1-5 1962 DANS 62 POSTES
 DAPHNE MEZEREUM L. 1-4 1963 DANS 39 POSTES
 THYMELAEA HIRSUTA (L.) 1-5 1964 DANS 7 POSTES
 TILIA CORDATA MILL. 2-6 1965 DANS 19 POSTES
 TILIA CORDATA MILL. 1-6 1966 DANS 34 POSTES
 TILIA PLATYPHYLLOS SCOP 3-6 1967 DANS 16 POSTES
 TILIA PLATYPHYLLOS SCOP 1-6 1968 DANS 52 POSTES
 TRAPA NATANS L. 1-6 1969 DANS 9 POSTES
 ULMUS CAMPESTRIS L. 3-6 1970 DANS 58 POSTES
 ULMUS CAMPESTRIS L. 1-6 1971 DANS 159 POSTES
 ULMU CAMP VAR. MINOR MI 3-6 1972 DANS 22 POSTES
 ULMU CAMP VAR. MINOR MI 1-6 1973 DANS 46 POSTES
 ULMUS LEVIS PALLAS 3-5 1974 DANS 5 POSTES
 ULMUS LEVIS PALLAS 1-5 1975 DANS 11 POSTES
 ULMUS SCABRA MILL. 2-6 1976 DANS 18 POSTES
 ULMUS SCABRA MILL. 1-6 1977 DANS 42 POSTES
 AEGOPodium PODAGRARIA L 3-6 1978 DANS 16 POSTES
 AEGOPodium PODAGRARIA L 1-6 1979 DANS 40 POSTES
 AETHUSA CYNAPIUM L. 1-4 1980 DANS 12 POSTES

GOODYERA REPENS (L.) R. 2-4 2709 DANS 18 POSTES
 GOODYERA REPENS (L.) R. 1-4 2710 DANS 32 POSTES
 GYMNADENIA CONOPSEA (L. 1-5 2711 DANS 60 POSTES
 GYMNADENIA ODORATISSIMA 1-2 2712 DANS 6 POSTES
 LIMODORUM ABORTIVUM (L. 1-2 2713 DANS 18 POSTES
 LISTERA CORDATA (L.) R. 1-4 2714 DANS 8 POSTES
 LISTERA OVATA (L.) R. B 1-5 2715 DANS 66 POSTES
 LOROGLOSSUM HIRCINUM (L 1-3 2716 DANS 25 POSTES
 NEOTTIA NIDUS-AVIS (L.) 1-3 2717 DANS 48 POSTES
 OPHRYS APIFERA HUDS. 1-4 2718 DANS 24 POSTES
 OPHRYS ARANEIFERA HUDS. 1-5 2719 DANS 29 POSTES
 OPHRYS FUCIFLORA (CRANT 1-3 2720 DANS 18 POSTES
 OPHRYS FUSCA LINK 1-3 2721 DANS 6 POSTES
 OPHRYS MUSCIFERA HUDS. 1-3 2722 DANS 18 POSTES
 OPHRYS SCOLOPAX CAV. 1-2 2723 DANS 10 POSTES
 ORCHIS INCARNATA L. 1-3 2724 DANS 7 POSTES
 ORCHIS LATIFOLIA L. 1-4 2725 DANS 18 POSTES
 ORCHIS LAXIFLORA LAM. 1-4 2726 DANS 10 POSTES
 ORCHIS MACULATA L. 2-5 2727 DANS 16 POSTES
 ORCHIS MACULATA L. 1-5 2728 DANS 67 POSTES
 ORCHIS MASCULA L. 1-3 2729 DANS 35 POSTES
 ORCHIS MILITARIS L. 1-4 2730 DANS 27 POSTES
 ORCHIS MORIO L. 2-4 2731 DANS 10 POSTES
 ORCHIS MORIO L. 1-4 2732 DANS 37 POSTES
 ORCHIS PURPUREA HUDS. 1-6 2733 DANS 27 POSTES
 ORCHIS SAMBUCINA L. 1-4 2734 DANS 7 POSTES
 ORCHIS X-TRAUNSTEINERI 1-3 2735 DANS 7 POSTES
 ORCHIS USTULATA L. 1-3 2736 DANS 19 POSTES
 PLATANThERA BIFOLIA (L. 1-4 2737 DANS 32 POSTES
 PLATANThERA CHLORANTHA 1-3 2738 DANS 29 POSTES
 SERAPIAS LINGUA L. 2-3 2739 DANS 6 POSTES
 SERAPIAS LINGUA L. 1-3 2740 DANS 11 POSTES
 POTAMOGETON CRISPUS L. 2-6 2741 DANS 6 POSTES
 POTAMOGETON CRISPUS L. 1-6 2742 DANS 9 POSTES
 POTAMOGETON GRAMINEUS L 4-6 2743 DANS 6 POSTES
 POTAMOGETON GRAMINEUS L 1-6 2744 DANS 11 POSTES
 POTAMOGETON LUCENS L. 4-6 2745 DANS 7 POSTES
 POTAMOGETON LUCENS L. 1-6 2746 DANS 12 POSTES
 POTAMOGETON NATANS L. 1-6 2747 DANS 16 POSTES
 POTAMOGETON PECTINATUS 4-6 2748 DANS 6 POSTES
 POTAMOGETON PECTINATUS 1-6 2749 DANS 12 POSTES
 POTAMOGETON POLYGONIFOL 1-6 2750 DANS 12 POSTES
 POTAMOGETON SULLUS L. 1-6 2751 DANS 7 POSTES
 POTAMOGETON TRICHOIDES 1-6 2752 DANS 5 POSTES
 RUSCUS ACULEATUS L. 2-6 2753 DANS 101 POSTES
 RUSCUS ACULEATUS L. 1-6 2754 DANS 145 POSTES
 SMILAX ASPERA L. 1-6 2755 DANS 51 POSTES
 SPARGANIUM RAMOSUM CURT 3-6 2756 DANS 14 POSTES
 SPARGANIUM RAMOSUM CURT 1-6 2757 DANS 36 POSTES
 SPARGANIUM SIMPLEX HUDS 1-6 2758 DANS 7 POSTES
 PARIS QUADRIFOLIA L. 2-4 2759 DANS 18 POSTES
 PARIS QUADRIFOLIA L. 1-4 2760 DANS 55 POSTES
 TYPHA ANGUSTIFOLIA L. 4-6 2761 DANS 9 POSTES
 TYPHA ANGUSTIFOLIA L. 1-6 2762 DANS 20 POSTES
 TYPH ANGU SUBS DOMINGEN 1-6 2763 DANS 5 POSTES
 TYPHA LATIFOLIA L. 4-6 2764 DANS 7 POSTES
 TYPHA LATIFOLIA L. 1-6 2765 DANS 27 POSTES
 ZANNICHELLIA PALUSTRIS 1-6 2766 DANS 8 POSTES
 JUNIPERUS COMMUNIS L. 2-6 2767 DANS 111 POSTES
 JUNIPERUS COMMUNIS L. 1-6 2768 DANS 173 POSTES
 JUNI COMM SUBS COMMUNIS 1-4 2769 DANS 6 POSTES
 JUNI COMM SUBS NANA WIL 3-6 2770 DANS 10 POSTES
 JUNI COMM SUBS NANA WIL 1-6 2771 DANS 16 POSTES
 JUNIPERUS OXYCEDRUS L. 2-6 2772 DANS 34 POSTES
 JUNIPERUS OXYCEDRUS L. 1-6 2773 DANS 53 POSTES
 JUNIPERUS PHOENICEA L. 3-6 2774 DANS 9 POSTES
 JUNIPERUS PHOENICEA L. 1-6 2775 DANS 22 POSTES
 EPHEDRA DISTACHYA L. 4-6 2776 DANS 5 POSTES
 EPHEDRA DISTACHYA L. 1-6 2777 DANS 11 POSTES
 ABIES ALBA MILL. 5-6 2778 DANS 31 POSTES
 ABIES ALBA MILL. 1-6 2779 DANS 88 POSTES
 LARIX DECIDUA MILL. 4-6 2780 DANS 8 POSTES
 LARIX DECIDUA MILL. 1-6 2781 DANS 22 POSTES
 PICEA EXCELSA (LAM.) LK 4-6 2782 DANS 27 POSTES
 PICEA EXCELSA (LAM.) LK 1-6 2783 DANS 62 POSTES
 PINUS CEMBRA L. 1-6 2784 DANS 6 POSTES
 PINUS HALEPENSIS MILL. 4-6 2785 DANS 29 POSTES
 PINUS HALEPENSIS MILL. 1-6 2786 DANS 48 POSTES
 PINUS LARICIO POIR. 5-6 2787 DANS 5 POSTES
 PINUS LARICIO POIR. 1-6 2788 DANS 25 POSTES
 PINU LARI RACE AUSTRIAC 1-6 2789 DANS 18 POSTES
 PINUS MONTANA MILL. 5-6 2790 DANS 14 POSTES
 PINUS MONTANA MILL. 3-6 2791 DANS 23 POSTES
 PINUS MONTANA MILL. 1-6 2792 DANS 27 POSTES
 PINU MONT RACE UNCINATA 4-6 2793 DANS 18 POSTES
 PINU MONT RACE UNCINATA 1-6 2794 DANS 22 POSTES
 PINUS PINASTER SOLAND. 4-6 2795 DANS 34 POSTES
 PINUS PINASTER SOLAND. 1-6 2796 DANS 72 POSTES
 PINUS PINEA L. 1-6 2797 DANS 16 POSTES
 PINUS SILVESTRIS L. 5-6 2798 DANS 35 POSTES
 PINUS SILVESTRIS L. 3-6 2799 DANS 59 POSTES

PINUS SILVESTRIS L. 1-6 2800 DANS 136 POSTES
 TAXUS BACCATA L. 1-6 2801 DANS 12 POSTES
 ASPIDIUM ACULEATUM DOEL 2-5 2802 DANS 15 POSTES
 ASPIDIUM ACULEATUM DOEL 1-5 2803 DANS 36 POSTES
 ASPIDIUM ACULEATUM DOEL 1-5 2804 DANS 13 POSTES
 ASPIDIUM ACULEATUM DOEL 1-5 2805 DANS 12 POSTES
 ASPIDIUM LONCHITIS (L.) 1-4 2806 DANS 11 POSTES
 DRYOPTERIS LINNAEANA CH 1-5 2807 DANS 18 POSTES
 DRYOPTERIS ROBERTIANA (1-5 2808 DANS 7 POSTES
 POLYSTICHUM FILIX-MAS (2-6 2809 DANS 69 POSTES
 POLYSTICHUM FILIX-MAS (1-6 2810 DANS 149 POSTES
 POLYSTICHUM SPINULOSUM 2-6 2811 DANS 38 POSTES
 POLYSTICHUM SPINULOSUM 1-6 2812 DANS 81 POSTES
 POLY SPIN SUBS DILATATU 1-6 2813 DANS 30 POSTES
 POLY SPIN SUBS SPINULOS 2-5 2814 DANS 15 POSTES
 POLY SPIN SUBS SPINULOS 1-5 2815 DANS 42 POSTES
 POLYSTICHUM THELYPTERIS 1-6 2816 DANS 7 POSTES
 ASPLENIDIUM ADIANTUM-NIGR 2-5 2817 DANS 28 POSTES
 ASPLENIDIUM ADIANTUM-NIGR 1-5 2818 DANS 62 POSTES
 ASPLENIDIUM ADIANTUM-NIGR 2-4 2819 DANS 15 POSTES
 ASPLENIDIUM ADIANTUM-NIGR 1-4 2820 DANS 21 POSTES
 ASPLENIDIUM GLANDULOSUM L 1-3 2821 DANS 6 POSTES
 ASPLENIDIUM LANCEOLATUM F 1-6 2822 DANS 11 POSTES
 ASPLENIDIUM LANCEOLATUM F 1-3 2823 DANS 6 POSTES
 ASPLENIDIUM MARINUM L. 1-5 2824 DANS 5 POSTES
 ASPLENIDIUM RUTA-MURARIA 1-5 2825 DANS 24 POSTES
 ASPLENIDIUM SEPTENTRIONAL 1-5 2826 DANS 12 POSTES
 ASPLENIDIUM TRICHOMANES L 2-5 2827 DANS 26 POSTES
 ASPLENIDIUM TRICHOMANES L 1-5 2828 DANS 65 POSTES
 ASPLENIDIUM VIRIDE HUDS. 1-5 2829 DANS 9 POSTES
 CETERACH OFFICINARUM WI 2-5 2830 DANS 6 POSTES
 CETERACH OFFICINARUM WI 1-5 2831 DANS 15 POSTES
 SCOLEPENDRIUM VULGARE S 1-5 2832 DANS 18 POSTES
 ATHYRIUM FILIX-FEMINA (2-6 2833 DANS 61 POSTES
 ATHYRIUM FILIX-FEMINA (1-6 2834 DANS 107 POSTES
 CYSTOPTERIS FRAGILIS (L 1-6 2835 DANS 20 POSTES
 BLECHNUM SPICANT (L.) W 2-6 2836 DANS 26 POSTES
 BLECHNUM SPICANT (L.) W 1-6 2837 DANS 50 POSTES
 PTERIDIUM AQUILLINUM (L. 3-6 2838 DANS 151 POSTES
 PTERIDIUM AQUILLINUM (L. 1-6 2839 DANS 244 POSTES
 EQUISETUM ARVENSE L. 2-5 2840 DANS 19 POSTES
 EQUISETUM ARVENSE L. 1-5 2841 DANS 57 POSTES
 EQUISETUM HIEMALE L. 1-6 2842 DANS 7 POSTES
 EQUISETUM LIMOSUM (L.) 3-6 2843 DANS 17 POSTES
 EQUISETUM LIMOSUM (L.) 1-6 2844 DANS 42 POSTES
 EQUISETUM MAXIMUM LAM. 1-6 2845 DANS 10 POSTES
 EQUISETUM PALUSTRE L. 2-6 2846 DANS 20 POSTES
 EQUISETUM PALUSTRE L. 1-6 2847 DANS 41 POSTES
 EQUISETUM RAMOSISSIMUM 2-5 2848 DANS 7 POSTES
 EQUISETUM RAMOSISSIMUM 1-5 2849 DANS 17 POSTES
 EQUISETUM SILVATICUM L. 1-6 2850 DANS 9 POSTES
 ISOETES DURIEUI BORY 2-5 2851 DANS 5 POSTES
 ISOETES DURIEUI BORY 1-5 2852 DANS 6 POSTES
 LYCOPODIUM ANNOTINUM L. 1-6 2853 DANS 7 POSTES
 PILULARIA GLOBULIFERA L 1-6 2854 DANS 8 POSTES
 BOTRYCHIUM LUNARIA (L.) 1-4 2855 DANS 9 POSTES
 OPHIOGLOSSUM VULGATUM L 1-4 2856 DANS 10 POSTES
 POLYPODIUM VULGARE L. 2-6 2857 DANS 62 POSTES
 POLYPODIUM VULGARE L. 1-6 2858 DANS 125 POSTES
 POLY VULG VAR. SERRATUM 1-5 2859 DANS 8 POSTES
 SELAGINELLA DENTICULATA 1-4 2860 DANS 10 POSTES
 NOTHOCHLAENA MARANTAE (1-6 2861 DANS 5 POSTES

ANNEXE 2 : Correspondance entre les valeurs des optimums climatiques exprimés en pourcentages et les mesures climatiques réelles.

Elle permet d'utiliser les taxons comme des indicateurs des mesures précises du climat. Cependant, il y a une discordance entre la lecture des pourcentages des optimums des graphiques et ceux affichés ci-dessous car le niveau zéro des graphiques correspond au niveau 50 % en réalité. Ce niveau zéro montre dans les graphiques la moyenne nationale des optimums pour une variable donnée. Ainsi, si le graphique indique - 100, cela correspond à 0 % dans les valeurs ci-dessous. Si le graphique indique - 50, cela correspond à 25 % de l'optimum. Si le graphique indique + 50 %, cela correspond à 75 % dans les valeurs portées ci-dessous. Enfin, si le graphique indique + 100 %, il s'agit de la même valeur indiquée ci-dessous.

CORRESPONDANCE ENTRE POSITIONS OPTIMALES EN % ET LES GRANDEURS PHYSIQUES DU CLIMAT

Températures maximales moyennes en degrés C

OPT%	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1	7.6	3.2	-1.0	-3.2	-3.5	-4.5	-2.3	-1.5	2.9	6.4	10.5	10.6
5	17.1	12.5	6.8	3.5	2.6	3.9	6.8	9.2	13.8	17.0	19.4	19.7
10	18.0	13.4	7.6	4.3	3.4	5.0	7.9	10.9	14.8	17.9	20.5	20.5
15	18.4	14.1	8.0	4.7	3.9	5.5	8.8	11.8	15.4	18.7	21.4	21.1
20	18.8	14.5	8.4	5.0	4.2	6.0	9.7	12.3	15.9	19.5	22.1	21.8
25	19.2	14.7	8.7	5.3	4.5	6.3	9.9	12.8	16.5	20.1	22.6	22.3
30	19.6	15.0	9.0	5.7	4.9	6.5	10.3	13.2	17.1	20.5	23.0	22.6
35	19.9	15.2	9.3	6.0	5.2	6.8	10.5	13.4	17.4	20.8	23.4	23.1
40	20.1	15.3	9.5	6.2	5.4	7.1	10.6	13.7	17.6	21.0	23.7	23.3
45	20.4	15.5	9.7	6.5	5.7	7.3	10.8	13.9	17.8	21.3	24.0	23.6
50	20.5	15.7	9.9	6.7	6.0	7.4	11.0	14.2	18.2	21.6	24.3	23.9
55	20.8	15.8	10.0	6.9	6.1	7.7	11.2	14.4	18.4	21.8	24.5	24.0
60	21.0	15.9	10.3	7.0	6.3	7.9	11.4	14.6	18.5	22.0	24.8	24.3
65	21.1	16.0	10.5	7.4	6.6	8.1	11.6	14.8	18.7	22.3	25.0	24.5
70	21.4	16.3	10.8	7.7	6.9	8.3	11.7	15.0	18.9	22.5	25.3	24.7
75	21.6	16.5	11.1	7.9	7.3	8.6	11.9	15.1	19.0	22.6	25.5	24.9
80	21.8	16.7	11.5	8.4	7.7	9.0	12.1	15.3	19.2	22.9	25.8	25.2
85	22.0	16.9	11.9	8.8	8.1	9.1	12.4	15.4	19.4	23.1	26.0	25.4
90	22.3	17.1	12.1	9.3	8.5	9.4	12.6	15.6	19.5	23.2	26.1	25.6
95	22.5	17.4	12.5	9.6	8.8	9.7	12.8	15.8	19.6	23.5	26.5	25.8
100	22.9	17.9	12.7	9.8	9.0	10.2	13.3	16.0	19.8	23.7	26.7	26.1

CORRESPONDANCE ENTRE POSITIONS OPTIMALES EN % ET LES GRANDEURS PHYSIQUES DU CLIMAT

Températures minimales moyennes en degrés C

OPT%	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1	1.5	-2.0	-6.8	-8.7	-9.1	-10.0	-8.5	-7.4	-2.5	.6	4.6	4.4
5	6.2	2.7	-1.6	-4.2	-5.4	-5.1	-2.8	-.4	3.3	6.6	8.9	8.7
10	6.9	3.5	-.6	-3.2	-4.4	-4.0	-1.8	.8	4.3	7.4	9.6	9.3
15	7.7	4.3	.1	-2.3	-3.5	-3.0	-.9	1.4	5.0	8.1	10.5	10.0
20	8.2	4.7	.9	-1.7	-2.8	-2.3	-.2	2.2	5.9	8.9	10.9	10.6
25	8.6	5.3	1.4	-1.1	-2.1	-1.7	.3	2.6	6.2	9.3	11.2	10.9
30	8.8	5.6	1.7	-.7	-1.7	-1.3	.9	3.0	6.5	9.5	11.5	11.2
35	9.1	5.8	2.0	-.4	-1.4	-.9	1.2	3.1	6.7	9.7	11.7	11.4
40	9.3	6.0	2.2	-.1	-1.1	-.7	1.4	3.5	7.0	9.9	11.9	11.6
45	9.5	6.2	2.4	.1	-.8	-.4	1.5	3.6	7.1	10.1	12.1	11.8
50	9.6	6.4	2.5	.3	-.6	-.3	1.7	3.7	7.2	10.3	12.3	11.9
55	9.8	6.5	2.8	.6	-.3	.0	1.9	3.9	7.4	10.4	12.4	12.1
60	10.0	6.7	3.0	.8	-.1	.2	2.0	4.1	7.6	10.6	12.6	12.3
65	10.2	6.9	3.1	1.0	.1	.3	2.2	4.2	7.7	10.7	12.7	12.4
70	10.4	7.1	3.3	1.2	.3	.5	2.5	4.4	7.9	10.9	12.9	12.6
75	10.7	7.3	3.5	1.3	.5	.7	2.7	4.6	8.0	11.0	13.1	12.8
80	10.9	7.5	3.7	1.5	.7	1.0	2.8	4.8	8.1	11.2	13.3	13.0
85	11.1	7.8	4.0	1.8	1.1	1.3	3.1	5.0	8.3	11.4	13.4	13.1
90	11.4	8.1	4.4	2.2	1.4	1.6	3.4	5.2	8.5	11.4	13.6	13.4
95	11.6	8.5	4.7	2.4	1.6	2.0	3.7	5.5	8.8	11.6	13.8	13.7
100	12.1	8.9	5.1	2.8	2.1	2.3	4.0	5.8	9.0	11.9	14.1	14.0

CORRESPONDANCE ENTRE POSITIONS OPTIMALES EN % ET LES GRANDEURS PHYSIQUES DU CLIMAT

Précipitations en millimètres

OPT%	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1	30.	39.	30.	29.	26.	25.	20.	28.	25.	16.	5.	5.
5	53.	54.	54.	52.	46.	42.	41.	42.	43.	31.	14.	32.
10	56.	57.	58.	56.	49.	45.	44.	44.	48.	36.	23.	40.
15	58.	59.	61.	59.	53.	48.	47.	46.	52.	42.	32.	44.
20	59.	62.	63.	62.	55.	50.	48.	48.	55.	48.	37.	47.
25	61.	65.	67.	65.	58.	52.	50.	49.	57.	50.	41.	49.
30	63.	68.	69.	67.	61.	54.	52.	51.	59.	53.	44.	52.
35	65.	71.	72.	69.	63.	57.	53.	53.	62.	56.	47.	54.
40	67.	73.	74.	74.	66.	59.	55.	55.	65.	58.	48.	56.
45	70.	77.	79.	77.	69.	62.	56.	57.	68.	61.	50.	59.
50	72.	79.	83.	80.	72.	64.	59.	59.	72.	64.	51.	61.
55	74.	81.	86.	84.	75.	67.	60.	61.	74.	67.	52.	64.
60	76.	84.	90.	87.	78.	69.	63.	63.	76.	70.	54.	66.
65	78.	88.	93.	91.	81.	71.	65.	66.	80.	73.	56.	68.
70	80.	92.	96.	94.	85.	73.	68.	70.	83.	75.	58.	72.
75	83.	96.	99.	97.	89.	77.	70.	73.	87.	78.	60.	74.
80	86.	103.	103.	102.	93.	80.	74.	77.	91.	82.	62.	77.
85	89.	109.	110.	108.	98.	85.	81.	83.	97.	86.	67.	81.
90	96.	115.	120.	117.	107.	93.	86.	88.	102.	93.	71.	88.
95	104.	127.	133.	133.	123.	102.	94.	98.	112.	103.	78.	96.
100	122.	149.	154.	156.	152.	123.	108.	111.	128.	126.	93.	121.

CORRESPONDANCE ENTRE POSITIONS OPTIMALES EN % ET LES GRANDEURS PHYSIQUES DU CLIMAT
Températures maximales extrêmes en degrés C

OPT%	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1	19.5	14.9	11.7	8.5	6.8	7.7	10.1	12.3	16.0	19.9	22.1	22.0
5	23.3	19.5	14.6	10.9	9.6	11.2	14.1	16.7	20.7	24.2	26.7	26.4
10	24.4	20.4	15.2	11.6	10.6	12.1	15.7	18.5	22.6	25.5	27.8	27.5
15	25.1	20.7	15.6	12.0	10.9	12.5	16.2	19.2	23.4	26.5	29.0	28.4
20	25.5	21.2	15.8	12.3	11.1	12.9	16.8	20.1	24.1	27.2	29.7	29.1
25	26.0	21.5	16.0	12.5	11.5	13.1	17.1	20.6	24.5	27.7	30.2	29.6
30	26.4	21.8	16.1	12.7	11.7	13.4	17.6	20.8	24.9	28.2	30.7	30.0
35	26.8	22.1	16.4	12.9	11.9	13.6	17.9	21.3	25.3	28.5	31.0	30.4
40	27.0	22.3	16.5	13.1	12.1	13.8	18.1	21.5	25.6	28.7	31.3	30.8
45	27.2	22.5	16.7	13.3	12.3	14.0	18.3	21.9	25.7	28.9	31.5	31.0
50	27.4	22.6	16.9	13.4	12.5	14.2	18.5	22.0	26.0	29.2	31.8	31.3
55	27.7	22.9	17.1	13.6	12.7	14.4	18.7	22.3	26.1	29.4	32.1	31.5
60	27.9	23.1	17.4	13.7	12.9	14.7	18.9	22.6	26.4	29.7	32.3	31.7
65	28.1	23.2	17.6	13.9	13.1	15.0	19.1	22.7	26.6	29.8	32.6	31.9
70	28.2	23.4	17.8	14.1	13.3	15.2	19.3	22.9	26.8	30.0	32.7	32.1
75	28.4	23.6	18.1	14.2	13.4	15.5	19.5	23.1	26.9	30.2	32.9	32.3
80	28.6	23.9	18.3	14.4	13.6	15.8	19.7	23.2	27.1	30.4	33.1	32.5
85	28.8	24.0	18.5	14.6	13.8	16.0	19.9	23.3	27.2	30.5	33.3	32.7
90	29.0	24.2	18.7	14.9	14.1	16.3	20.1	23.4	27.3	30.6	33.5	32.9
95	29.2	24.4	19.0	15.2	14.6	16.7	20.3	23.5	27.5	30.9	33.7	33.0
100	29.5	24.6	19.4	15.4	15.0	17.0	20.5	23.6	27.6	31.1	33.8	33.2

CORRESPONDANCE ENTRE POSITIONS OPTIMALES EN % ET LES GRANDEURS PHYSIQUES DU CLIMAT
Températures minimales extrêmes en degrés C

OPT%	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1	-2.9	-7.1	-14.1	-19.2	-22.0	-19.3	-15.8	-9.9	-4.7	-1.4	.5	-.2
5	-.2	-4.1	-9.5	-13.2	-15.1	-13.5	-10.6	-6.9	-2.8	.6	3.0	2.4
10	.6	-3.2	-8.2	-11.4	-13.1	-11.9	-9.0	-5.6	-1.8	1.6	4.0	3.4
15	1.3	-2.7	-7.1	-10.2	-12.1	-10.7	-8.0	-4.8	-1.3	2.3	4.7	4.1
20	1.7	-2.2	-6.4	-9.7	-11.4	-10.1	-7.2	-4.3	-.8	2.9	5.2	4.4
25	2.1	-1.9	-6.1	-9.2	-10.9	-9.5	-6.7	-3.8	-.3	3.3	5.5	4.9
30	2.5	-1.6	-5.8	-8.6	-10.4	-9.0	-6.2	-3.3	-.1	3.7	5.8	5.2
35	2.8	-1.4	-5.6	-8.4	-9.9	-8.5	-5.9	-3.1	.2	3.9	6.1	5.5
40	3.0	-1.2	-5.3	-8.0	-9.6	-8.3	-5.5	-2.8	.5	4.1	6.4	5.8
45	3.2	-1.0	-5.1	-7.7	-9.2	-8.0	-5.2	-2.6	.7	4.4	6.6	6.0
50	3.4	-.7	-4.8	-7.3	-8.9	-7.7	-5.0	-2.4	.9	4.5	6.9	6.2
55	3.7	-.6	-4.6	-6.9	-8.4	-7.3	-4.7	-2.2	1.1	4.8	7.1	6.5
60	3.8	-.4	-4.3	-6.5	-8.0	-7.0	-4.4	-1.9	1.3	5.0	7.3	6.7
65	4.1	-.1	-4.1	-6.3	-7.7	-6.6	-4.2	-1.8	1.5	5.2	7.5	7.0
70	4.3	.2	-3.8	-5.9	-7.4	-6.2	-3.8	-1.5	1.8	5.4	7.8	7.3
75	4.6	.4	-3.6	-5.7	-7.0	-6.0	-3.7	-1.4	2.1	5.6	8.0	7.5
80	4.8	.7	-3.4	-5.3	-6.5	-5.8	-3.4	-1.1	2.3	5.8	8.3	7.8
85	5.2	1.1	-3.1	-4.9	-6.0	-5.5	-3.1	-.8	2.5	6.1	8.5	8.3
90	5.5	1.4	-2.8	-4.6	-5.7	-5.1	-2.7	-.5	2.9	6.3	8.8	8.7
95	5.9	1.8	-2.5	-4.1	-5.2	-4.8	-2.4	-.1	3.3	6.7	9.3	9.3
100	6.3	2.3	-2.0	-3.5	-4.5	-4.4	-1.8	.2	3.8	7.2	9.8	10.0

CORRESPONDANCE ENTRE POSITIONS OPTIMALES EN % ET LES GRANDEURS PHYSIQUES DU CLIMAT
Nombre de jours de pluie

OPT%	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1	4.	5.	5.	5.	5.	4.	5.	5.	4.	3.	1.	2.
5	5.	8.	7.	7.	7.	7.	7.	7.	6.	5.	2.	4.
10	6.	8.	8.	8.	8.	7.	7.	8.	7.	6.	3.	5.
15	6.	8.	9.	9.	8.	8.	8.	8.	8.	7.	4.	5.
20	7.	9.	9.	9.	9.	8.	8.	9.	10.	8.	5.	7.
25	8.	9.	10.	10.	9.	9.	9.	10.	11.	9.	7.	8.
30	9.	10.	11.	11.	11.	10.	10.	10.	11.	10.	8.	8.
35	9.	10.	12.	12.	12.	10.	11.	11.	12.	10.	8.	9.
40	10.	11.	13.	13.	13.	11.	12.	11.	12.	10.	8.	9.
45	10.	11.	13.	14.	13.	12.	12.	12.	13.	10.	8.	10.
50	10.	12.	13.	14.	14.	12.	12.	12.	13.	11.	9.	10.
55	11.	12.	14.	14.	14.	12.	13.	12.	13.	11.	9.	10.
60	11.	12.	14.	15.	15.	13.	13.	13.	13.	11.	9.	10.
65	11.	12.	14.	15.	15.	13.	13.	13.	13.	11.	9.	10.
70	11.	13.	14.	15.	15.	13.	13.	13.	14.	12.	10.	11.
75	12.	13.	15.	15.	15.	13.	14.	13.	14.	12.	10.	11.
80	12.	13.	15.	15.	15.	13.	14.	13.	14.	12.	10.	11.
85	12.	13.	15.	16.	16.	14.	14.	13.	14.	12.	11.	12.
90	12.	13.	15.	16.	16.	14.	14.	13.	14.	12.	11.	12.
95	12.	13.	15.	16.	16.	14.	14.	14.	14.	12.	11.	12.
100	12.	14.	16.	16.	16.	14.	14.	14.	14.	13.	11.	12.

ANNEXE 3 : Dendrogramme complet de la classification climatique des plantes étalonnées en France.

La lecture du dendrogramme complet sert à repérer dans le détail des taxons rattachés aux groupements.

L'agrégation de deux ou plusieurs plantes constitue une création. Elle est matérialisée par le symbole « I ».

L'agrégation d'une plante à un groupement pré-établi constitue une addition dont le symbole est « II ».

L'agrégation de deux groupements pré-établis constitue une fusion laquelle est symbolisée par « I = = I ».

Comme dans toute classification ascendante hiérarchique, la distance entre les groupements mesure leur différence écologique.

I- - - - 1 279 FUMANA CORIDIFOLIA (VIL 1-4
I- - - - 1 2285 APHYLLANTHES MONSPELIEN 1-6
I
I- - - - 2 951 THYMUS VULGARIS L. 3-6
I- - - - 2 2032 AVENA BROMOIDES GOUAN 1-4
I
II- - - - 4 554 STAEHELINA DUBIA L. 1-6
I- - - - 5 1071 DORYCNIUM SUFFRUTICOSUM 1-6
I
II- - - - 6 501 LEUZEA CONIFERA (L.) DC 1-4
II- - - - 6 1048 ARGYROLOBIUM LINNAEANUM 1-5
II
I- - - - 8 553 STAEHELINA DUBIA L. 2-6
II- - - - 9 952 THYMUS VULGARIS L. 1-6
I- - - - 10 999 FRAX OXYP SUBS OXYCARPA 1-5
I- - - - 11 688 CEPHALARIA LEUCANTHA (L 1-4
II- - - - 12 347 CARDUUS NIGRESCENS VILL 1-4
I- - - - 13 117 LONICERA ETRUSCA SANTI 1-5
I- - - - 14 2459 EUISETUM RAMOSISSIMUM 1-5
I- - - - 15 1047 ARGYROLOBIUM LINNAEANUM 2-5
I
II- - - - 16 898 LAVANDULA LATIFOLIA (L. 1-6
II- - - - 16 2306 MUSCARI NEGLECTUM GUSS. 1-6
I
I
I I- - - - 18 447 HELICHRYSUM STAECHAS (L 1-6
I II- - - - 18 770 QUERCUS ILEX L. 1-6
I==I - - - - 19 446 HELICHRYSUM STAECHAS (L 2-6
I
II- - - - 20 2078 CYNODON DACTYLON (L.) P 2-6
II- - - - 20 2079 CYNODON DACTYLON (L.) P 1-6
II- - - - 21 1315 RUMEX PULCHER L. 1-4
I
I
I- - - - 24 1516 CRUCIANELLA ANGUSTIFOLI 1-3
II- - - - 25 1070 DORYCNIUM SUFFRUTICOSUM 3-6
I
II- - - - 26 2431 ASPLENIUM ADIANTUM-NIGR 2-5
II- - - - 26 2433 ASPL ADIA SUBS ONOPTERI 1-4
II- - - - 27 1830 VIOLA ALBA BESSER 1-4
I
I- - - - 28 23 ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI 1-3
I- - - - 28 719 ERICA ARBOREA L. 1-6
I
I
I- - - - 31 1106 LATHYRUS SPHAERICUS RET 1-2
I- - - - 32 2224 VULPIA CILIATA LINK. 2-4
I
I I- - - - 33 383 CHONDRILLA JUNCEA L. 1-5
III- - - - 33 492 LAGOSEERIS SANCTA (L.) M 1-6
II- - - - 34 664 LEPIDIUM DRABA L. 1-4
II- - - - 35 1554 SHERARDIA ARVENSIS L. 1-4
II- - - - 36 1323 ANAG ARVE SUBS COERULEA 1-3
II- - - - 37 189 SAGINA APETALA ARD. 1-6
II- - - - 38 654 DIPLTAXIS TENUIFOLIA (1-4
II
II- - - - 39 419 CREPIS VESICARIA L. 1-5
II- - - - 39 420 CREP VESI SUBS TARAXACI 1-5
II
II
II I- - - - 41 472 HYPOCHOERIS GLABRA L. 2-5
II==I - - - - 41 473 HYPOCHOERIS GLABRA L. 1-5
II
I- - - - 43 417 CREPIS FOETIDA L. 1-4
I
I- - - - 44 311 ARCTIUM MINUS L. 1-4
I- - - - 44 439 FILAGO SPATHULATA PRESL 1-4
I
I- - - - 46 393 CICHORIUM INTYBUS L. 1-5
I
I- - - - 48 287 HELIANTHEMUM GUTTATUM (3-6
I
I I- - - - 49 208 SILENE ITALICA (L.) PER 1-4
I I- - - - 49 2031 AVENA BROMOIDES GOUAN 2-4
I I
I I I- - - - 50 374 CENTAUREA PANICULATA L. 1-4
I I=I - - - - 50 426 ECHINOPS RITRO L. 1-4
I I
I I- - - - 52 605 SEDUM NICAENSE ALL. 1-4
I I
I II- - - - 53 878 CALAMINTHA OFFICINALIS 1-4
I II- - - - 53 1644 ODONTITES LUTEA (L.) RC 1-5
I I- - - - 54 580 CONVULVULUS CANTABRICUS 1-4
I I
I I- - - - 55 599 SEDUM ANOPETALUM DC. 1-5
I I- - - - 55 604 SEDUM NICAENSE ALL. 2-4
I I
III
II- - - - 58 2340 LIMODORUM ABORTIVUM (L. 1-2
I- - - - 59 1105 LATH SILV SUBS LATIFOLI 1-3
I- - - - 60 941 TEUCRIUM POLIUM (L.) RY 2-5
I- - - - 61 598 SEDUM ANOPETALUM DC. 2-5
II
I- - - - 63 1553 SHERARDIA ARVENSIS L. 2-4
I
I I- - - - 64 1987 AGRO REPE SUBS REPENS (1-6
I====I - - - - 64 1988 AGRO REPE VAR. GLAUCUM 1-6
I
I
I- - - - 66 694 KNAUTIA INTEGRIFOLIA (L 1-3
I- - - - 66 2090 DESCHAMPSIA MEDIA (GOUA 1-6
I
I
I- - - - 68 687 CEPHALARIA LEUCANTHA (L 2-4
I- - - - 68 969 LINUM NARBONENSE L. 1-3

I 69
I- - - - - 70 1083 GENISTA SCORPIUS (L.) L 1-6
I
I- - - - - 71 493 LAGO SANC SUBS NEMAUSEN 1-3
I- - - - - 71 1324 ANAG ARVE SUBS PHOENICE 1-4
I
I
II- - - - - 73 342 CALENDULA ARVENSIS L. 1-6
II- - - - - 73 976 LYTHRUM HYSSOPIFOLIA L. 1-6
I- - - - - 74 257 CHEMOPodium MURALE L. 1-5
I
I- - - - - 75 148 CERA PUMI SUBS PUMILUM 1-4
I- - - - - 75 670 RAPISTRUM RUGOSUM L. 1-5
I
I
I
II- - - - - 78 356 CARLINA CORYMBOSA L. 1-5
II- - - - - 78 1184 TRIPOLIUM GLOMERATUM L. 2-5
I
I- - - - - 79 2443 CETERACH OFFICINARUM WI 2-5
I- - - - - 79 2444 CETERACH OFFICINARUM WI 1-5
I
I
I- - - - - 81 1235 VICI TETR SUBS GRACILIS 1-3
II
I- - - - - 83 1949 CYPERUS LONGUS L. 1-6
I
II- - - - - 84 435 FILAGO GERMANICA L. 1-4
II- - - - - 84 1852 VITIS VINIFERA L. 1-4
I- - - - - 85 1226 VICIA PANNONICA CRANTZ 1-3
I
I
I I- - - - - 87 2197 POA BULBOSA L. 1-5
I I- - - - - 87 2305 MUSCARI COMOSUM (L.) MI 1-4
I I- - - - - 88 1127 MEDICAGO MINIMA L. 1-6
I
I
I I- - - - - 89 745 EUPHORBIA EXIGUA L. 1-4
I I- - - - - 89 808 ERODIUM CICUTARIUM (L.) 1-5
I
I II- - - - - 90
I II- - - - - 91 660 HUTCHINSIA PETRAEA (L.) 1-4
I II- - - - - 92 1175 TRIPOLIUM ARVENSE L. 2-6
I I- - - - - 93 757 EUPHORBIA SEGUIERIANA N 1-5
I I- - - - - 94 2230 VULPIA MYUROS (L.) GMEL 1-6
I
I
I II- - - - - 95 316 ARTEMISIA CAMPESTRIS L. 3-5
I II- - - - - 95 317 ARTEMISIA CAMPESTRIS L. 1-5
I
I
I I- - - - - 97 1093 LATHYRUS APHACA L. 1-4
I
I
I II- - - - - 98 507 MICROPUS ERECTUS L. 1-4
I II- - - - - 98 910 MENTHA ROTUNDIFOLIA L. 1-5
I
I
I I- - - - - 100 877 CALAMINTHA OFFICINALIS 2-4
I I- - - - - 101 819 GERANIUM ROTUNDIFOLIUM 1-5
I
I
I II- - - - - 102 429 ERIGERON CANADENSE L. 1-5
I II- - - - - 102 1829 VERBENA OFFICINALIS L. 1-4
I II- - - - - 103 15 AMARANTUS RETROFLEXUS L 1-4
I I- - - - - 104 2093 ECHINOCHLOA CRUS-GALLI 1-6
I I- - - - - 105 807 ERODIUM CICUTARIUM (L.) 2-5
I
I
I I- - - - - 107 678 SISYMBRIUM OFFICINALE (1-5
I I- - - - - 107 747 EUPHORBIA HELIOSCOPIA L 1-3
I I- - - - - 108 1395 RANUNCULUS SARDOUS CRAN 1-5
III
II- - - - - 110 1947 CLADIUM MARISCUS (L.) R 1-6
II- - - - - 111 908 MENTHA PULEGIUM L. 1-5
II
II I- - - - - 112 1498 RUBUS ULMIFOLIUS SCHOTT 1-6
II I- - - - - 112 1552 RUBIA PEREGRINA L. 1-6
II II- - - - - 113 2376 RUSCUS ACULEATUS L. 1-6
II I- - - - - 114 1956 SCHOENUS NIGRICANS L. 1-6
II I- - - - - 115 998 FRAXINUS OXYPHYLLA M. B 1-6
II I- - - - - 116 1510 SORBUS DOMESTICA L. 1-5
II I- - - - - 117 2124 GAUDINIA FRAGILIS (L.) 1-5
II II- - - - - 118 2318 SCILLA AUTUMNALIS L. 1-6
II
II II- - - - - 119 288 HELIANTHEMUM GUTTATUM (1-6
II II- - - - - 119 961 LINUM ANGUSTIFOLIUM HUD 1-4
II I- - - - - 120 2226 VULPIA DERTONENSIS (ALL 1-6
II I
II I- - - - - 122 2432 ASPLENIUM ADIANTUM-NIGR 1-5
II
II I I- - - - - 123 723 ERICA SCOPARIA L. 4-6
II I==I- - - - - 123 724 ERICA SCOPARIA L. 1-6
II I
II I I- - - - - 124 2410 PINUS PINASTER SOLAND. 4-6
II I=I- - - - - 124 2411 PINUS PINASTER SOLAND. 1-6
II I
II I
III
III- - - - - 127 639 CARDAMINE HIRSUTA L. 1-5
III- - - - - 128 1871 ARUM ITALICUM MILL. 1-6
II
II- - - - - 130 790 CENTAURIUM PULCHELLUM (1-4
II
II I- - - - - 131 2076 CORYNEPHORUS CANESCENS 4-6
II=I- - - - - 131 2077 CORYNEPHORUS CANESCENS 1-6
II
I
I- - - - - 133 1259 PLANTAGO RAMOSA (GILIB. 1-5
II- - - - - 133 1562 POPULUS ALBA L. 1-6
I
I
I- - - - - 135 2353 ORCHIS LAXIFLORA LAM. 1-4
I- - - - - 136 1224 VICIA LATHYROIDES L. 1-4
I- - - - - 137 579 CONVULVULUS CANTABRICUS 2-4

I I I
I I- - - - - 1032 256 CHENOPODIUM HYBRIDUM L. 1-3
I I- - - - - 1032 390 CHRYSANTHEMUM TANACETUM 1-5
I I II 1033
I I- - - - - 1034 478 INULA BRITANNICA L. 1-6
I I I
I I I- - - - - 1035 1665 VERBASCUM THAPSUS L. 1-3
I I I- - - - - 1035 2162 MELICA CILIATA L. 2-4
I I I- - - - - 1036 1911 CAREX HUMILIS LEYSS. 3-6
I I I
I I II- - - - - 1037 845 HYPERICUM MONTANUM L. 1-4
I I II- - - - - 1037 1979 AGROPYRUM CANINUM (L.) 2-5
I I I 1038
I I I
I I I- - - - - 1039 69 PULMONARIA AFFINIS JORD 1-4
I I I- - - - - 1039 637 CARDAMINE FLEXUOSA WITH 1-5
I I I 1040
I I I- - - - - 1041 1923 CAREX PALLESCENS L. 1-4
I I I- - - - - 1042 2365 PLATANATHERA CHLORANTHA 1-3
I I I
I I I I- - - - - 1043 315 ARTEMISIA ALBA TURRA 1-5
I I II-I- - - - - 1043 2150 KOELERIA VALLESIANA (SU 3-6
I I I II
I I II- - - - - 1044 1100 LATHYRUS NIGER (L.) BER 1-5
I I II- - - - - 1044 1615 DIGITALIS LUTEA L. 2-5
I I II 1045
I I I 1046
I I I- - - - - 1047 867 BRUNELLA LACINIATA L. 2-4
I I I- - - - - 1048 1099 LATHYRUS NIGER (L.) BER 2-5
I I III- - - - - 1049 1385 RANU BREY VAR. NEMOROSU 2-5
I I II
I I II I- - - - - 1050 59 MYOSOTIS MICRANTHA PALL 1-3
I I II I- - - - - 1050 1661 VERBASCUM LYCHNITIS L. 1-4
I I II I
I I II II- - - - - 1051 1525 GALIUM CRUCIATA (L.) SC 2-5
I I II II- - - - - 1051 1603 SAXIFRAGA GRANULATA L. 1-5
I I II I 1052
I I IIII- - - - - 1053 1691 VERONICA VERNA L. 1-3
I I III
I I III I- - - - - 1054 217 SPERGULA VERNALIS WILLD 1-4
I I III=II- - - - - 1054 680 TEESDALEA NUDICAULIS (L 2-5
I I III 1055
I I III
I I IIII- - - - - 1056 1577 SALIX FRAGILIS L. 1-6
I I IIII- - - - - 1056 1581 SALIX PURPUREA L. 3-6
I I III 1057
I I II
I I II- - - - - 1058 992 NYMPHAEA ALBA L. 5-6
I I II- - - - - 1058 2463 PILULARIA GLOBULIFERA L 1-6
I I II- - - - - 1059 982 MALVA MOSCHATA L. 1-5
I I II- - - - - 1060 1420 AGRIMONIA ODORATA MILL. 1-3
I I II 1061
I I II- - - - - 1062 367 CENT JACE SUBS AMARA L. 1-3
I I II- - - - - 1063 975 VISCUM ALBUM L. 1-4
I I II 1064
I I II- - - - - 1065 682 THLASPI PERFOLIATUM L. 1-3
I I II
I I II- - - - - 1066 408 CIRS TUBE SUBS BULBOSUM 1-4
I I II- - - - - 1066 1077 GENISTA GERMANICA L. 1-4
I I II 1067
I I II- - - - - 1068 1170 TETRAGONOLOBUS SILIQUOS 1-5
I I II- - - - - 1069 571 TRAG PRAT SUBS ORIENTAL 1-3
I I II
I I II- - - - - 1070 1391 RANUNCULUS GRAMINEUS L. 1-5
I I II- - - - - 1070 1809 TRINIA GLAUA (L.) DUMO 2-4
I I II 1071
I I II
I I II I- - - - - 1072 628 BRASSICA MONENSIS (L.) 1-5
I I III=====I- - - - - 1072 629 BRAS MONE SUBS CHEIRANT 1-5
I I III- - - - - 1073 2111 FEST OVIN VAR. TENUIFOL 3-6
I I II- - - - - 1074 1031 OROBANCHE RAPUM-GENISTA 1-2
I I II 1075
I I II
I I II- - - - - 1076 1579 SALIX INCANA SCHRANK. 3-6
I I II- - - - - 1076 1663 VERBASCUM PHLOMOIDES (L 1-3
I I II 1077
I I I 1078
I I I- - - - - 1079 1588 SAMBUCUS EBULUS L. 1-6
I I I- - - - - 1080 1688 VERONICA TEUCRIUM L. 2-4
I I I- - - - - 1081 1475 PRUNUS DOMESTICA L. 1-5
I I I- - - - - 1082 1522 GALI ASPE SUBS JORDANI 1-3
I I I
I I I I- - - - - 1083 348 CARDUUS NUTANS L. 1-4
I I I I- - - - - 1083 504 MATRICARIA INODORA L. 1-6
I I I I
I I I I I- - - - - 1084 2069 CALAMAGROSTIS EPIGEIOS 3-6
I I I I I- - - - - 1084 2070 CALAMAGROSTIS EPIGEIOS 1-6
I I I I 1085
I I I I- - - - - 1086 503 MATRICARIA DISCOIDEA DC 1-4
I I I I- - - - - 1087 2143 HORDEUM SECALINUM SCHRE 1-5
I I I I- - - - - 1088 1972 SCIR PALU SUBS UNIGLUMI 1-5
I I I I- - - - - 1089 1595 THESIUUM HUMIFUSUM DC. 2-4
I I I II- - - - - 1090 1457 POTENTILLA ANSERINA L. 3-6
I I I I
I I I I- - - - - 1091 1378 RANUNCULUS AQUATILIS L. 4-6
I I I I- - - - - 1091 2301 ENDYMION NON-SCRIPTUM (1-6
I I I I 1092
I I I I
I I I I I- - - - - 1093 378 CENTAUREA PRATENSIS THU 1-5
I I I III- - - - - 1093 467 HIERACIUM UMBELLATUM L. 2-4
I I I II- - - - - 1094 202 SILENE INFLATA (SALISB. 2-6
I I I I 1095
I I I I- - - - - 1096 541 SERRATULA TINCTORIA L. 2-5
I I I I
I I I I- - - - - 1097 2012 ALOPECURUS PRATENSIS L. 3-6
I I I I- - - - - 1097 2367 POTAMOGETON CRISPUS L. 1-6
I I I I- - - - - 1098 1379 RANUNCULUS AQUATILIS L. 1-6
I I I I- - - - - 1099 1774 OENANTHE PEUCEDANIFOLIA 1-3
I I I I- - - - - 1100 373 CENT NIGR SUBS NEMORALI 1-5
I I I I 1101
I I I I- - - - - 1102 310 ARCTIUUM LAPPA L. 1-4
I I III- - - - - 1103 2005 AIRA PROCOX L. 3-5

I II
I I I- - - - - 1104 1240 LITORELLA LACUSTRIS L. 5-6
I I III=I- - - - - 1104 1241 LITORELLA LACUSTRIS L. 1-6
I I III- - - - - 1105 993 NYMPHAEA ALBA L. 1-6
I I III
I I III I- - - - - 1106 851 MYRIOPHYLLUM ALTERNIFLO 1-6
I I III=I- - - - - 1106 2259 JUNCUS SUPINUS MOENCH 4-6
I I III 1107
I I III- - - - - 1108 1650 PEDICULARIS SILVATICA L 2-4
I I III
I I III I- - - - - 1109 839 HYPERICUM HELODES L. 1-6
I I III=====I- - - - - 1109 2373 POTAMOGETON POLYGNIFOL 1-6
I I III- - - - - 1110 838 HYPERICUM HELODES L. 4-6
I I III 1111
I I III
I I III I- - - - - 1112 1325 ANAGALLIS TENELLA L. 1-6
I I III-I- - - - - 1112 1576 SALI CINE VAR. ATROCINE 1-6
I I III 1113
I I III- - - - - 1114 802 GENTIANA PNEUMONANTHE L 2-5
I I II- - - - - 1115 1027 OROBANCHE CARYOPHYLLACE 1-3
I I II 1116
I I II- - - - - 1117 1835 VIOLA CANINA L. 2-4
I I I- - - - - 1118 1023 EPILOBIUM TETRAGONUM L. 2-5
I I I- - - - - 1119 1423 ALCHIMILLA ARVENESIS (L. 2-5
I I I 1120
I I I
I I I- - - - - 1121 1711 ULMUS LEVIS PALLAS 3-5
I I I- - - - - 1121 2281 SPIRODELA POLYRRHIZA (L 1-6
I I I- - - - - 1122 169 HOLOSTEUM UMBELLATUM L. 1-4
I I I- - - - - 1123 1864 ALLIUM VINEALE L. 2-5
I I I 1124
I I I- - - - - 1125 668 NASTURTUUM OFFICINALE R 1-6
I I I
I I I- - - - - 1126 358 CARL VULG SUBS VULGARIS 1-2
I I I- - - - - 1126 2390 JUNI COMM SUBS COMMUNIS 1-4
I I I 1127
I I I- - - - - 1128 2110 FEST OVIN VAR. OVINA 1-6
I I I
I I I- - - - - 1129 881 CALA OFFI SUBS SILVATIC 1-4
I I I- - - - - 1129 1575 SALI CINE VAR. ATROCINE 3-6
I I III 1130
I I II- - - - - 1131 1901 CARE FLAV SUBS OEDERI R 2-6
I I II- - - - - 1132 51 LITHOSPERMUM ARVENSE L. 1-3
I I II
I I III- - - - - 1133 32 IMPATIENS PARVIFLORA DC 1-6
I I III- - - - - 1133 327 ASTER AMELLUS L. 1-4
I I III- - - - - 1134 1687 VERONICA SPICATA L. 1-4
I I III
I I III I- - - - - 1135 602 SEDUM MITE GILIB. 2-5
I I III=I- - - - - 1135 603 SEDUM MITE GILIB. 1-5
I I III 1136
I I III- - - - - 1137 2452 EQUISETUM HIEMALE L. 1-6
I I II
I I III- - - - - 1138 1796 SELINUM CARVIFOLIA L. 1-6
I I III- - - - - 1138 2319 SCILLA BIFOLIA L. 3-5
I I II- - - - - 1139 858 AJUGA GENEVENSIS L. 1-4
I I II 1140
I I II 1141
I I II- - - - - 1142 1895 CAREX ELATA ALL. 4-6
I I II- - - - - 1143 1136 MELILOTUS ALTISSIMUS TH 1-3
I I II- - - - - 1144 1484 ROSA MICRANTHA SM. 1-4
I I II- - - - - 1145 61 MYOS SCOR SUBS CAESPITO 1-5
I I II
I I II I- - - - - 1146 41 BETULA PUBESCENS EHRH. 3-6
I I II I-I- - - - - 1146 42 BETULA PUBESCENS EHRH. 1-6
I I II II- - - - - 1147 2171 MILIUM EFFUSUM L. 3-6
I I II I
I I II I- - - - - 1148 2130 GLYC FLUI VAR. PLICATA 1-6
I I II I- - - - - 1148 2300 ENDYMION NON-SCRIPTUM (3-6
I I II II 1149
I I II II- - - - - 1150 2374 POTAMOGETON PUSILLUS L. 1-6
I I II
I I II I- - - - - 1151 402 CIRSIUM OLERACEUM (L.) 2-5
I I II I=====I- - - - - 1151 403 CIRSIUM OLERACEUM (L.) 1-5
I I II I 1152
I I IIII- - - - - 1153 191 SAGINA PROCUMBENS L. 1-5
I I III- - - - - 1154 453 HIERACIUM LACHENALI GME 2-5
I I III- - - - - 1155 538 SENECIO SPATHULAEFOLIUS 1-4
I I III- - - - - 1156 2351 ORCHIS INCARNATA L. 1-3
I I III
I I III- - - - - 1157 743 EUPHORBIA ESULA L. 2-4
I I III- - - - - 1157 1311 RUMEX HYDROLAPATHUM HUD 1-5
I I III- - - - - 1158 1563 POPULUS CANADENSIS MOEN 1-5
I I III 1159
I I III- - - - - 1160 1678 VERONICA MONTANA L. 2-5
I I III- - - - - 1161 63 MYOS SCOR SUBS PALUSTR 2-5
I I II
I I II- - - - - 1162 1392 RANUNCULUS LINGUA L. 1-6
I I II- - - - - 1162 1775 OENANTHE PHELLANDRIUM (3-6
I I II 1163
I I II
I I II I- - - - - 1164 1486 ROSA PIMPINELLIFOLIA L. 2-6
I I II I=====I- - - - - 1164 1487 ROSA PIMPINELLIFOLIA L. 1-6
I I IIII- - - - - 1165 572 TUSSILAGO FAFARA L. 2-6
I I III- - - - - 1166 711 HIPPOPHAE RHAMNOIDES L. 1-6
I I II- - - - - 1167 1584 SALIX REPENS L. 1-6
I I II
I I II- - - - - 1168 710 HIPPOPHAE RHAMNOIDES L. 4-6
I I II- - - - - 1168 1196 TRIP PRAT SUBS PRATENSE 1-4
I I II- - - - - 1169 45 CYNOGLOSSUM OFFICINALE 1-4
I I II 1170
I I II 1171
I I II- - - - - 1172 1919 CAREX NIGRA ALL. 1-5
I I II 1173
I I II- - - - - 1174 539 SENECIO VISCOSUS L. 1-5
I I I- - - - - 1175 1221 VICIA HIRSUTA (L.) GRAY 2-5
I I I- - - - - 1176 1502 SANG MINO SUBS MINOR 1-3
I I I 1177
I I I- - - - - 1178 947 THYM SERP SUBS BRITANNI 1-5
I I I
I I I- - - - - 1179 1932 CAREX POLYRRHIZA WALLR. 2-5
I I II- - - - - 1179 1933 CAREX POLYRRHIZA WALLR. 1-5

I I I - - - - - 1622 955 PINGUICULA VULGARIS L. 1-5 I I I I I - - - - - 1623 1541 GALIUM ROTUNDIFOLIUM L. 1-4 I I I I I - - - - - 1624 III- - - - - 1625 2439 ASPLENIUM SEPTENTRIONAL 1-5 I I I I I - - - - - 1626 1545 GALIUM SILVATICUM L. 2-4 I I I I I - - - - - 1627 636 CARDAMINE AMARA L. 1-6 I I I I I - - - - - 1628 796 GENTIANA CILIATA L. 1-3 I I I I I - - - - - 1628 1621 EUPH ROST SUBS CAMPESTR 1-3 I I I I I - - - - - 1629 1283 POLYGALA COMOSA SCHKUHR 1-4 I I I I I - - - - - 1630 II I I I I I - - - - - 1631 1920 CAREX ORNITHOPODA WILLD 2-4 I I I I I I - - - - - 1632 162 DIANTHUS HYSSOPIFOLIUS 1-5 I I I I I I I - - - - - 1632 163 DIAN HYSS SUBS MONSPESS 1-5 I I I I I I - - - - - 1633 2178 NARDUS STRICTA L. 4-6 I I I I I I - - - - - 1634 526 SENECEO ADONIDIFOLIUS L 1-5 I I I I I I - - - - - 1635 I I I I I I - - - - - 1636 105 PHYTEUMA NIGRUM SCHMIDT 1-4 I I I I I I - - - - - 1636 2119 FESTUCA SILVATICA VILL. 4-6 I I I I I I - - - - - 1637 1599 CHRYSOSPLENIUM ALTERNIF 1-5 I I I I I I I - - - - - 1638 1786 PEUCEDANUM PALUSTRE (L. 1-4 I I I I I I - - - - - 1638 1943 CAREX TERETIUSCULA GOOD 1-5 I I I I I I - - - - - 1639 1913 CAREX LASIOCARPA EHRH. 1-6 I I I I I I I - - - - - 1640 I I I I I I - - - - - 1641 I I I I I I - - - - - 1642 I I I I I I - - - - - 1643 75 PULMONARIA OFFICINALIS 1-5 I I I I I I - - - - - 1643 2262 LUZULA ALBIDA (HOFFM.) 1-5 I I I I I I - - - - - 1644 665 LUNARIA REDIVIVA L. 1-6 I I I I I I - - - - - 1645 1880 CAREX BRIZOIDES L. 1-6 I I I I I I - - - - - 1646 840 HYPERICUM HIRSUTUM L. 2-3 I I I I I I - - - - - 1647 1957 SCIRPUS ACICULARIS L. 1-6 I I I I I I - - - - - 1648 I I I I I I - - - - - 1649 1539 GALIUM PUMILUM (LAM.) R 2-5 I I I I I I - - - - - 1650 1867 NARCISSUS PSEUDO-NARCIS 1-6 I I I I I I - - - - - 1651 512 PETASITES OFFICINALIS M 1-6 I I I I I I I - - - - - 1652 2405 PINUS LARICIO POIR. 5-6 I I I I I I I - - - - - 1653 2116 FEST RUBR SUBS FALLAX T 1-6 I I I I I I I - - - - - 1653 2117 FEST RUBR VAR. COMMUTAT 1-6 I I I I I I I - - - - - 1654 I I I I I I I I - - - - - 1655 2416 ASPIDIUM ACULEATUM DOEL 2-5 I I I I I I I - - - - - 1655 2417 ASPIDIUM ACULEATUM DOEL 1-5 I I I I I I I - - - - - 1656 2448 BLECHNUM SPICANT (L.) W 1-6 I I I I I I I - - - - - 1657 183 MOEHRINGIA TRINERVIA (L 2-5 I I I I I I I - - - - - 1658 958 UTRICULARIA MINOR L. 1-6 I I I I I I I - - - - - 1658 1954 RHYNCHOSPORA ALBA (L.) 1-6 I I I I I I I - - - - - 1659 III I I I I I - - - - - 1660 2118 FEST RUBR SUBS RUBRA 1-6 I I I I I I I - - - - - 1661 I I I I I I I I - - - - - 1662 1018 EPILOBIUM OBSCURUM SCHR 1-5 I I I I I I I - - - - - 1662 2256 JUNCUS SQUARROSUS L. 3-6 I I I I I I I - - - - - 1663 I I I I I I I - - - - - 1664 1318 RUMEX SCUTATUS L. 3-6 I I I I I I I - - - - - 1665 1524 GALIUM BOREALE L. 1-5 I I I I I I I I - - - - - 1666 1843 VIOLA PALUSTRIS L. 3-5 I I I I I I I I - - - - - 1666 1950 ERIOPHORUM ANGUSTIFOLIU 3-6 I I I I I I I I - - - - - 1667 112 WAHLENBERGIA HEDERACEA 2-5 I I I I I I I I - - - - - 1668 2339 GYMNADENIA ODORATISSIMA 1-2 I I I I I I I I - - - - - 1668 2460 EQUISETUM SILVATICUM L. 1-6 I I I I I I I I - - - - - 1669 I I I I I I I I - - - - - 1670 I I I I I I I I I - - - - - 1671 693 KNAUTIA ARVERNENSIS (BR 1-4 I I I I I I I I - - - - - 1671 1741 CHAEROPHYLLUM AUREUM L. 1-6 I I I I I I I I - - - - - 1672 949 THYM SERP SUBS LANUGINO 1-5 I I I I I I I I - - - - - 1673 816 GERANIUM PYRENAICUM BUR 1-4 I I I I I I I I - - - - - 1674 907 MENTHA LONGIFOLIA (L.) 1-6 I I I I I I I I I - - - - - 1675 62 MYOS SCOR SUBS MULTIFLO 1-3 I I I I I I I I - - - - - 1675 313 ARNOSERIS MINIMA (L.) L 1-4 I I I I I I I I - - - - - 1676 659 HESPERIS MATRONALIS L. 1-3 I I I I I I I I - - - - - 1677 II I I I I I I - - - - - 1678 I I I I I I I I - - - - - 1679 285 HELIANTHEMUM CANUM (L.) 3-6 I I I I I I I I - - - - - 1680 1653 RHINANTHUS MAJOR EHRH. 1-4 I I I I I I I I - - - - - 1681 959 LINUM ALPINUM JACQ. 1-5 I I I I I I I I - - - - - 1681 2278 TRIGLOCHIN PALUSTRE L. 1-5 I I I I I I I I - - - - - 1682 I I I I I I I I - - - - - 1683 1501 SANG MINO SUBS DICTYOCA 1-4 I I I I I I I I - - - - - 1684 212 SILENE RUPESTRIS L. 2-4 I I I I I I I I I - - - - - 1685 104 PHYTEUMA MICHELII (ALL. 1-3 I I I I I I I I - - - - - 1685 177 MINUARTIA LARICIFOLIA (1-4 I I I I I I I I - - - - - 1686 610 SEMPERVIVUM ARACHNOIDEU 1-5 I I I I I I I I - - - - - 1687 466 HIERACIUM STATICIFOLIUM 1-5 I I I I I I I I I - - - - - 1688 716 ARCTOSTAPHYLOS UVA-URSI 1-6 I I I I I I I I - - - - - 1688 825 GLOBULARIA CORDIFOLIA L 1-6 I I I I I I I I - - - - - 1689 I I I I I I I I - - - - - 1690 1737 BUPLEURUM RANUNCULOIDES 1-4 I I I I I I I I - - - - - 1691 2400 LARIX DECIDUA MILL. 1-6 I I I I I I I I - - - - - 1692 306 ANTENNARIA DIOICA (L.) 1-4 I I I I I I I I - - - - - 1693 2194 POA ALPINA L. 1-6 I I I I I I I I - - - - - 1694 461 HIERACIUM PRENANTHOIDES 1-6 I I I I I I I I - - - - - 1695 328 ASTER BELLIDIASTRUM (L. 1-4 I I I I I I I I - - - - - 1696 612 SEMPERVIVUM TECTORUM L. 1-4 I I I I I I I I - - - - - 1697 475 HYPOCHOERIS MACULATA L. 1-4 I I I I I I I I - - - - - 1698 1601 SAXIFRAGA AIZOON JACQ. 1-5 I I I I I I I I I - - - - - 1699 794 GENTIANA ANGUSTIFOLIA V 1-4 I I I I I I I I I - - - - - 1699 824 GLOBULARIA CORDIFOLIA L 3-6

I	I I I	2376	1281	POLYGALA CALCAREA SCHUL	1-6	III				
I	I I I	2377	2098	FESTUCA DURIOUSCULA L.	3-6	III	1441	FILIPENDULA HEXAPETALA	1-4	
I	I I I	2378	1147	ONONIS NATRIX L.	1-5	III	2421	OPHRYS ARANEIFERA HUDS.	1-5	
I	I I I					III	2422			
I	I I I	2379	874	CALAMINTHA CLINOPODIUM	2-5	III	2423			
I	I I I	2379	1366	HELLEBORUS FOETIDUS L.	2-4	II	2424			
I	I III	2380				II				
I	I II					II	I-	2425	1294 POLYGONUM CONVULVULUS L	1-4
I	I II I	2381	937	TEUCRIUM CHAMAEDRYS L.	1-6	II	II-	2425	2007 ALOPECURUS AGRESTIS L.	1-6
I	I II II	2381	1861	ALLIUM SPHAEROCEPHALUM	1-5	II	I-	2426	677 SINAPIS ARVENSIS L.	1-4
I	I II I-	2382	1781	PEUCEDANUM CERVARIA (L.	1-6	II	I-	2427	634 CAPSELLA BURSA-PASTORIS	1-5
I	I IIII-	2383	1060	CORONILLA MINIMA L.	1-5	II	I-	2428	249 ATRIPLEX PATULUS L.	1-5
I	I III	2384	820	GERANIUM SANGUINEUM L.	1-6	II	I-	2429	1298 POLYGONUM LAPATHIFOLIUM	1-6
I	I III	2385	385	CHRYSANTHEMUM CORYMBOSU	1-5	III=I		2430	1301 POLYGONUM PERSICARIA L.	1-6
I	I III	2386	489	LACTUCA PERENNIS L.	1-4	III		2431	1985 AGROPYRUM REPENS (L.) P	3-6
I	I II-	2387	464	HIERACIUM SABAUDUM L.	1-5	III				
I	I II					III		2432	533 SENE JACO SUBS AQUATICU	1-5
I	I II I-	2388	78	BUXUS SEMPERVIRENS L.	1-6	III		2432	1596 THESIMUS HUMIFUSUM DC.	1-4
I	I II=I-	2388	1699	DAPHNE LAUREOLA L.	2-5	III		2433	2360 ORCHIS PURPUREA HUDS.	1-6
I	I II	2389				III		2434		
I	I II-	2390	1810	TRINIA GLAUCA (L.) DUMO	1-4	III		2435	1317 RUMEX SANGUINEUS L.	1-6
I	I II	2391				III		2436	581 CONVULVULUS SEPIUM L.	3-6
I	I II					III		2437	897 LAMIAM PURPUREUM L.	1-4
I	I II I-	2392	1081	GENISTA PILOSA L.	1-6	III		2438	1827 VALERIANELLA OLITORIA (	1-3
I	I IIII-	2392	1912	CAREX HUMILIS LEYSS.	1-6	III		2439	683 BRYONIA DIOICA JACQ.	2-4
I	I III	2393	621	ARABIS HIRSUTA (L.) SCO	1-3	III		2440	258 CHENOPodium POLYSPERMUM	1-6
I	I II	2394				III				
I	I II-	2395	1860	ALLIUM SPHAEROCEPHALUM	2-5	III		2441	852 MYRIOPHYLLUM SPICATUM L	1-6
I	I II-	2396	868	BRUNELLA LACINIATA L.	1-4	III		2441	1772 OENANTHE FISTULOSA L.	1-6
I	I II					III		2442		
I	I III	2397	2199	POA COMPRESSA L.	2-6	III				
I	I III	2397	2200	POA COMPRESSA L.	1-6	IIII		2443	1458 POTENTILLA ANSERINA L.	1-6
I	I II=I-	2398	146	CERASTIUM PUMILUM CURTI	2-5	IIII-		2443	1692 SOLANUM DULCAMARA L.	2-5
I	I II	2399				III		2444	443 GNAPHALIUM ULIGINOSUM L	1-5
I	I II					III		2445	2059 BROMUS RACEMOSUS L.	1-5
I	I III	2400	485	INULA SALICINA L.	1-5	III		2446	1424 ALCHIMILLA ARVENSIS (L.	1-5
I	I III	2400	1944	CAREX TOMENTOSA L.	1-5	III		2447	196 SCLERANTHUS ANNUUS L.	1-6
I	I II-	2401	974	LINUM TENUIFOLIUM L.	1-4	III				
I	I II-	2402	615	ALLIARIA OFFICINALIS AN	1-6	IIII-		2448	848 HYPERICUM PULCHRUM L.	2-5
I	I II-	2403	1133	MEDI SATI SUBS FALCATA	1-3	IIII-		2448	1452 MESPILUS GERMANICA L.	1-5
I	I II	2404				IIII-		2449	1451 MESPILUS GERMANICA L.	2-5
I	I II					III		2450	725 ERICA TETRALIX L.	1-6
I	I III	2405	482	INULA MONTANA L.	2-4	III		2451		
I	I III	2405	1149	ONONIS PUSILLA L.	1-5	III		2452		
I	I II	2406				III		2453	1280 POLYGALA CALCAREA SCHUL	2-6
I	I II-	2407	2189	PHLEUM BOEHMERI WIBEL.	1-5	III		2454	516 PICRIS HIERACIOIDES L.	2-6
I	I I	2408	2328	ANACAMPTIS PYRAMIDALIS	1-4	III		2455	80 CALLITRICH STAGNALIS S	1-6
I	I I	2409				III		2456	1645 ODONTITES RUBRA GILIB.	1-4
I	I I	2410	2248	JUNCUS GLAUCUS EHRH.	1-6	II		2457		
I	I I					II-		2458	2336 EPIPACTIS PALUSTRIS (L.	1-6
I	I II-	2411	1928	CAREX PENDULA HUDS.	2-6	II-		2459	1287 POLYGALA VULGARIS L.	2-6
I	I II-	2411	1929	CAREX PENDULA HUDS.	1-6	II				
I	I I	2412				III		2460	883 GALEOPSIS LADANUM L.	1-5
I	III	2413	2450	EQUISETUM ARVENSE L.	2-5	III		2460	885 GALE LADA SUBS ANGUSTIF	1-5
I	II-	2414	1624	EUPHRASIA STRICTA HOST.	2-5	II		2461		
I	II-	2415	140	CERASTIUM BRACHYPETALUM	1-3	II				
I	II					II-		2462	2147 KOEL CRIS SUBS GRACILIS	1-5
I	II I-	2416	765	CASTANEA SATIVA MILL.	4-6	II-		2462	2190 PHLEUM PRATENSE L.	2-6
I	II II-	2416	766	CASTANEA SATIVA MILL.	1-6	II		2463		
I	II II	2417	1975	TAMUS COMMUNIS L.	1-6	II				
I	II I					II I-		2464	2466 POLYPODIUM VULGARE L.	2-6
I	II I I-	2418	542	SERRATULA TINCTORIA L.	1-5	II=I-		2464	2467 POLYPODIUM VULGARE L.	1-6
I	II I=I-	2418	2043	BRAC PINN SUBS PINNATUM	1-6	II		2465		
I	IIII	2419				I		2466	1964 SCIRPUS LACUSTRIS L.	4-6
I	III					I		2467	1841 VIOLA ODORATA L.	2-5
I	III I	2420	70	PULMONARIA ANGUSTIFOLIA	2-4	II=====I		2468		
I	III==I	2420	71	PULMONARIA ANGUSTIFOLIA	1-4	II		2469		

ANNEXE 4 : Dendrogramme réduit de la classification climatique des taxons étalonnés en France.

Le dendrogramme réduit permet de repérer rapidement les groupes phytoclimatiques

Le premier niveau de synthèse présente deux groupes phytoclimatiques notés respectivement 1905 et 2468. Pour chaque groupe phytoclimatique il est possible de connaître le comptage du groupe dans le niveau de synthèse (notés ici 1 et 2), le nombre de taxons inclus dans chaque groupe (1906 et 564), le nombre de postes climatiques du groupe (570 et 568), le nombre d'observations dans le groupe (38.001 et 41.357), le nombre moyen d'observations par taxons et enfin, le nom du groupe phytoclimatique qui est donné par deux taxons représentant les chefs de file des deux premiers sous-groupes.

LES DONNEES PORTENT SUR LES COMPORTEMENTS CLIMATIQUES DE 2470 PLANTES
NIVEAU DE SYNTHÈSE NUMERO 1

DENDROGRAMME DES PLANTES	NO SUR LE DENDRO	NOMBRE DE GROUPE RETENUS	EFFECTIFS PLA	DES POS	OBS OBS/POS	OBS/PLA	
I-----	1905	1	1906	570	38001	66.7	19.9 FUMANA CORIDIFOLIA (VIL GALEOPSIS TETRAHIT L.
I=====I-----	2468	2	564	568	41357	72.8	73.3 SUCCISA PRAEMORSA (GILI CRATAEGUS MONOGYNA JACQ
I	<u>2469</u>						

NIVEAU DE SYNTHÈSE NUMERO 2

DENDROGRAMME DES PLANTES	NO SUR LE DENDRO	NOMBRE DE GROUPE RETENUS	EFFECTIFS PLA	DES POS	OBS OBS/POS	OBS/PLA	
I===I-----	1407	1	1408	560	26864	48.0	19.1 FUMANA CORIDIFOLIA (VIL CERASTIUM TETRANDRUM CU
I=====I-----	1904	2	498	449	11137	24.8	22.4 GALEOPSIS TETRAHIT L. PHYTEUMA MICHELII (ALL.
I	<u>1905</u>						
I I-----	2254	3	350	557	23154	41.6	66.2 SUCCISA PRAEMORSA (GILI EUPHORBIA DULCIS L.
I I-----	2467	4	214	566	18203	32.2	85.1 CRATAEGUS MONOGYNA JACQ VIOLA ODORATA L.
I=====I	<u>2468</u>						
I	2469						

NIVEAU DE SYNTHÈSE NUMERO 3

DENDROGRAMME DES PLANTES	NO SUR LE DENDRO	NOMBRE DE GROUPE RETENUS	EFFECTIFS PLA	DES POS	OBS OBS/POS	OBS/PLA	
II-----	1345	1	1346	560	26103	46.6	19.4 FUMANA CORIDIFOLIA (VIL VICIA SATIVA L.
I=====I-----	1406	2	62	124	761	6.1	12.3 CERASTIUM TETRANDRUM CU ATRIPLEX LITORALIS L.
I===I	<u>1407</u>						
I II-----	1684	3	278	447	8242	18.4	29.6 GALEOPSIS TETRAHIT L. SILENE RUPESTRIS L.
I II-----	1903	4	220	179	2895	16.2	13.2 PHYTEUMA MICHELII (ALL. DRABA AIZOIDES L.
I=====I	<u>1904</u>						
I	1905						
I I-----	2216	5	312	553	21439	38.8	68.7 SUCCISA PRAEMORSA (GILI EUPATORIUM CANNABINUM L
I II-----	2253	6	38	393	1715	4.4	45.1 EUPHORBIA DULCIS L. TUSSILAGO FARFARA L.
I	<u>2254</u>						
I II-----	2424	7	171	565	17019	30.1	99.5 CRATAEGUS MONOGYNA JACQ CASTANEA SATIVA MILL.
I III-----	2456	8	33	311	843	2.7	25.5 POLYGONUM CONVULVULUS L ODONTITES RUBRA GILIB.
I II	<u>2467</u>						
I=====I	2468						
I	2469						

NIVEAU DE SYNTHÈSE NUMERO 4

DENDROGRAMME DES PLANTES	NO SUR LE DENDRO	NOMBRE DE GROUPE RETENUS	EFFECTIFS PLA	DES POS	OBS OBS/POS	OBS/PLA	
I=I-----	677	1	678	440	12580	28.6	18.6 FUMANA CORIDIFOLIA (VIL LINUM CAMPANULATUM L.
I=I-----	1344	2	668	557	13523	24.3	20.2 VICIA SATIVA L. BALLOTA NIGRA L.
II	<u>1345</u>						
I I-----	1380	3	36	100	481	4.8	13.4 CERASTIUM TETRANDRUM CU STEL MEDI VAR. PALLIDA
I II-----	1394	4	15	52	189	3.6	12.6 SILE INFL SUBS MARITIMA BETA MARITIMA L.
I I=I	1396						
I====III	<u>1406</u>						
I===I	1407						
I I-----	1670	5	264	444	8133	18.3	30.8 GALEOPSIS TETRAHIT L. VIOLA PALUSTRIS L.
I II-----	1677	6	8	37	69	1.9	8.6 KNAUTIA ARVERNENSIS (BR MYOS SCOR SUBS MULTIFLO
I II	<u>1684</u>						
I II-----	1897	7	214	177	2860	16.2	13.4 PHYTEUMA MICHELII (ALL. ATHAMANTA CRETENSIS L.
I III-----	1902	8	6	18	35	1.9	5.8 DRABA AIZOIDES L. LOTU CORN SUBS CORNICUL
I II	<u>1903</u>						
I=====I	1904						
I	1905						
I I-----	2165	9	261	552	20233	36.7	77.5 SUCCISA PRAEMORSA (GILI SEDUM ALBUM L.
I I-----	2201	10	37	266	968	3.6	26.2 CONVALLARIA MAIALIS L. LAMIUM ALBUM L.
I II	2204						
I I	2205						
I I	<u>2216</u>						
I I I-----	2238	11	23	356	1233	3.5	53.6 EUPHORBIA DULCIS L. CERASTIUM ARVENSE L.
I I I-----	2249	12	12	182	397	2.2	33.1 SEDUM RUPESTRE L. CARDAMINE IMPATIENS L.
I III	2251						
I I	<u>2253</u>						
I II-----	2415	13	162	565	16446	29.1	101.5 CRATAEGUS MONOGYNA JACQ CERASTIUM BRACHYPETALUM
I III-----	2423	14	9	272	573	2.1	63.7 CASTANEA SATIVA MILL. PULMONARIA ANGUSTIFOLIA
I II	<u>2424</u>						
I III-----	2442	15	19	200	468	2.3	24.6 POLYGONUM CONVULVULUS L MYRIOPHYLLUM SPICATUM L
I III-----	2451	16	10	195	298	1.5	29.8 POTENTILLA ANSERINA L. HYPERICUM PULCHRUM L.
I III	<u>2456</u>						
I II	2459						
I=====I	2468						
I	2469						

NIVEAU DE SYNTHÈSE NUMERO 5

DENDROGRAMME DES PLANTES	NO SUR LE DENDRO	NOMBRE DE GROUPE RETENUS	EFFECTIFS PLA	DES POS	OBS OBS/POS	OBS/PLA	
I-----	365	1	366	439	7692	17.5	21.0 FUMANA CORIDIFOLIA (VIL GALI PALU SUBS ELONGATU
II-----	672	2	308	204	4862	23.8	15.8 CISTUS ALBIDUS L. BROMUS RIGIDUS ROTH.
I=====I	<u>677</u>						
I II-----	1216	3	540	550	11421	20.8	21.1 VICIA SATIVA L. QUERCUS TOZA BOSC.
I II-----	1340	4	125	277	2087	7.5	16.7 DIANTHUS NEGLECTUS LOIS CARDAMINE IMPATIENS L.
I=I	<u>1344</u>						
II	1345						
I I-----	1375	5	31	95	442	4.7	14.3 CERASTIUM TETRANDRUM CU JASI MONT VAR. MARITIMA
I I-----	1379	6	5	24	39	1.6	7.8 STEL MEDI VAR. PALLIDA SALSOLA KALI L.
I I	<u>1380</u>						
I I=I	1396						
I=====I	1406						
I===I	1407						
I II-----	1665	7	259	444	8096	18.2	31.3 GALEOPSIS TETRAHIT L. GALIUM BOREALE L.
I I-----	1669	8	5	23	37	1.6	7.4 VIOLA PALUSTRIS L. GYMNADENIA ODORATISSIMA
I I	<u>1670</u>						

I	I-----	361	4	5	16	35	2.2	7.0	LOTUS HISPIDUS DESF.	EPHEDRA DISTACHYA L.
I	III	<u>363</u>								
I	I	365								
I	I I-----	548	5	184	190	3622	19.1	19.7	CISTUS ALBIDUS L.	ORYZA SATIVA L.
I	I I-----	649	6	102	85	1069	12.6	10.5	MYRTUS COMMUNIS L.	HELICHRYSUM ITALICUM (R
I	I	<u>655</u>								
I	I II	<u>662</u>								
I	II	672								
I	II	673								
I	I==I	676								
I	I=I	677								
I	I I-----	1187	7	511	550	11120	20.2	21.8	VICIA SATIVA L.	HIPPURIS VULGARIS L.
I	I I-----	1191	8	5	30	36	1.2	7.2	ARENARIA CONTROVERSA BO	CRAT MONO VAR. MONOGYNA
I	I	<u>1201</u>								
I	I II	1215								
I	I II	1216								
I	I I I-----	1285	9	70	183	1038	5.7	14.8	DIANTHUS NEGLECTUS LOIS	HYPOCHOERIS MACULATA L.
I	I II-----	1327	10	43	221	963	4.4	22.4	ASTRAGALUS MONSPESSULAN	CERA ARVE VAR. RIGIDUM
I	I==I	<u>1333</u>								
I	I II	<u>1342</u>								
I	I=I	1344								
I	II	1345								
I	I==I	1407								
I	I I-----	1642	11	236	440	7790	17.7	33.0	GALEOPSIS TETRAHIT L.	SENECIO NEMORENSIS L.
I	I I-----	1647	12	6	49	66	1.3	11.0	PULMONARIA OFFICINALIS	SCIRPUS ACICULARIS L.
I	I	<u>1654</u>								
I	I II	1665								
I	I II	1678								
I	I II	1684								
I	I I I-----	1726	13	43	82	603	7.4	14.0	PHYTEUMA MICHELII (ALL.	ANTENNARIA DIOICA (L.)
I	I I I-----	1754	14	29	97	560	5.8	19.3	LUZULA NIVEA (L.) DC.	ONOBRYCHIS VICIIFOLIA S
I	I I I=I	<u>1764</u>								
I	I I I I-----	1782	15	19	46	182	4.0	9.6	DRYAS OCTOPETALA L.	CARUM CARVI L.
I	I I I I-----	1794	16	13	23	79	3.4	6.1	CREPIS CONIZAEOFOLIA (GO	TRIFOLIUM ALPINUM L.
I	I I==I	<u>1802</u>								
I	I I	1803								
I	I I	1809								
I	I I I I-----	1844	17	36	135	786	5.8	21.8	ALCHIMILLA VULGARIS L.	RIBES PETRAEUM WULFEN
I	I I I I-----	1866	18	23	58	232	4.0	10.1	CAMPANULA COCHLEARIIFOL	DENTARIA DIGITATA LAM.
I	I I I	<u>1882</u>								
I	I I=I	1893								
I	I I=I	1894								
I	I II	1897								
I	I=====I	1904								
I	I	1905								
I	I I-----	2070	19	166	547	16051	29.3	96.7	SUCCISA PRAEMORSA (GILI	ALNUS GLUTINOSA (L.) GA
I	I I-----	2150	20	81	468	3782	8.1	46.7	QUERCUS SESSILIFLORA SA	ACHILLEA PTARMICA L.
I	I II	<u>2151</u>								
I	I I	2156								
I	I II	2204								
I	I I	2205								
I	I II	2253								
I	I I	2254								
I	I I I-----	2292	21	39	550	6792	12.3	174.2	CRATAEGUS MONOGYNA JACQ	ORCHIS MORIO L.
I	I I I-----	2311	22	20	384	1365	3.6	68.3	CORNUS SANGUINEA L.	BRYONIA DIOICA JACQ.
I	I I I	<u>2313</u>								
I	I I I-----	2337	23	25	465	3146	6.8	125.8	QUERCUS PEDUNCULATA EHR	HYDROCOTYLE VULGARIS L.
I	I I I-----	2350	24	14	392	1225	3.1	87.5	HYPOCHOERIS RADICATA L.	BRUNELLA VULGARIS L.
I	I I I	<u>2351</u>								
I	I I II	2352								
I	I I	2353								
I	I I	2357								
I	I I III-----	2380	25	24	361	2182	6.0	90.9	HIPPOCREPIS COMOSA L.	CALAMINTHA CLINOPODIUM
I	I I II-----	2390	26	11	267	696	2.6	63.3	TEUCRIUM CHAMAEDRYS L.	TRINIA GLAUCA (L.) DUMO
I	I II	<u>2399</u>								
I	I I	2410								
I	I I	2423								
I	I III	2423								
I	I=====I	2468								
I	I	2469								

NIVEAU DE SYNTHESE NUMERO 8

DENDROGRAMME DES PLANTES	NO SUR LE DENDRO	NOMBRE DE GROUPES RETENUS	EFFECTIFS PLA	DES POS	OBS OBS/POS	OBS/PLA	
II-----	184	1	185	415	4789	11.5	25.9 FUMANA CORIDIFOLIA (VIL
II-----	189	2	6	62	93	1.5	15.5 ROSA SEMPERVIRENS L.
I	<u>193</u>						
I I-----	213	3	21	123	357	2.9	17.0 LATHYRUS FILIFORMIS (LA
I II-----	218	4	6	34	81	2.4	13.5 KNAUTIA PURPUREA (VILL.
I=I	<u>221</u>						
II	225						
II	229						
I I-----	349	5	121	233	2178	9.3	18.0 SPERGULARIA MARGINATA K
I II-----	354	6	6	26	44	1.7	7.3 BRASSICA NIGRA L.
I I	<u>357</u>						
III	<u>362</u>						
I	365						
I II-----	510	7	146	188	3284	17.5	22.5 CISTUS ALBIDUS L.
I I-----	547	8	38	67	338	5.0	8.9 ORYZA SATIVA L.
I I	<u>548</u>						
I I II-----	624	9	77	76	890	11.7	11.6 MYRTUS COMMUNIS L.
I I II-----	632	10	9	18	51	2.8	5.7 LATHYRUS ANGULATUS L.
I I I	<u>649</u>						
I II	651						
I II	655						
I II	662						
II	672						
II	673						
I==I	676						
I=I	677						
I I-----	1178	11	502	548	11038	20.1	22.0 VICIA SATIVA L.
I I-----	1185	12	8	47	76	1.6	9.5 CAREX POLYRRHIZA WALLR.
I II	<u>1187</u>						
I II	1194						
I II	1215						
I II	1216						
I I II-----	1262	13	47	170	840	4.9	17.9 DIANTHUS NEGLECTUS LOIS
I I I-----	1269	14	8	33	69	2.1	8.6 CENT PANI SUBS LEUCOPHA
I I I=I	<u>1285</u>						

I	I	II-----	1322	15	38	221	923	4.2	24.3	ASTRAGALUS MONSPESSULAN	POTENTILLA RUPESTRIS L.
I	I	III-----	1326	16	5	20	40	2.0	8.0	CERA ARVE VAR. RIGIDUM	CARDUNCCELLUS MONSPELIEN
I	I	II	1327								
I	I	I	1328								
I	II=I		1333								
I	II		1342								
I=I			1344								
II			1345								
I====I			1407								
I		I-----	1531	17	125	426	4437	10.4	35.5	GALEOPSIS TETRAHIT L.	THESIUM INTERMEDIUM SCH
I		I-----	1641	18	111	353	3353	9.5	30.2	SENECIO NEMORENSIS L.	PHYTEUMA NIGRUM SCHMIDT
I		I	1642								
I		II	1649								
I		II	1652								
I		II	1665								
I		I	1670								
I		II	1677								
I		II	1678								
I		I	1679								
I		I	1680								
I		II	1684								
I	I	I-----	1705	19	22	81	391	4.8	17.8	PHYTEUMA MICHELII (ALL.	BOTRYCHIUM LUNARIA (L.)
I	I	I-----	1725	20	21	41	212	5.2	10.1	ANTENNARIA DIOICA (L.)	SEMPERVIVUM ARACHNOIDEU
I		I	1726								
I	I	I I-----	1738	21	13	85	306	3.6	23.5	LUZULA NIVEA (L.) DC.	VALERIANA TRIPTERIS L.
I	I	I I-----	1744	22	7	48	131	2.7	18.7	LONICERA ALPIGENA L.	SAXIFRAGA CUNEIFOLIA L.
I	I	I==I=I	1754								
I	I	I	1803								
I	I	I	1809								
I	I	I II-----	1827	23	19	117	468	4.0	24.6	ALCHIMILLA VULGARIS L.	ACTAEA SPICATA L.
I	I	I I-----	1837	24	11	73	240	3.3	21.8	CAMPANULA RHOMBOIDALIS	CENTAUREA MONTANA L.
I		I I	1844								
I	I	I III-----	1854	25	11	49	140	2.9	12.7	CAMPANULA COCHLEARIIFOL	CICERBITA ALPINA (L.) W
I	I	II-----	1858	26	5	25	45	1.8	9.0	SWERTIA PERENNIS L.	GEUM RIVALE L.
I	I	II	1866								
I	I	I	1868								
I	II=I		1889								
I	I=I		1894								
I	II		1903								
I=====I			1904								
I			1905								
I		I-----	2006	27	102	511	8907	17.4	87.3	SUCCISA PRAEMORSA (GILI	FEST OVIN VAR. TENUIFOL
I		I-----	2068	28	63	534	7103	13.3	112.7	CHRYSANTHEMUM LEUCANTHE	TEESDALEA NUDICAULIS (L
I		I	2070								
I		I-----	2133	29	64	459	3180	6.9	49.7	QUERCUS SESSILIFLORA SA	ALOPECURUS GENICULATUS
I		I-----	2149	30	17	243	602	2.5	35.4	ACHILLEA PTARMICA L.	LABURNUM ANAGROIDES ME
I		I	2150								
I		II	2151								
I		II	2204								
I		I	2254								
I	I	I-----	2282	31	29	544	5422	10.0	187.0	CRATAEGUS MONOGYNA JACQ	EUPATORIUM CANNABINUM L
I	I	I-----	2288	32	7	408	1226	3.0	175.1	LOTUS CORNICULATUS L.	SILENE INFLATA (SALISB.
I		I I	2292								
I	I	I-----	2305	33	14	349	1038	3.0	74.1	CORNUS SANGUINEA L.	ONON SPIN SUBS PROCURRE
I	I	II-----	2309	34	5	168	274	1.6	54.8	RUBUS COESIUS L.	VICIA SATIVA L.
I		I I	2311								
I		I I	2313								
I	I	I-----	2332	35	20	424	2607	6.1	130.3	QUERCUS PEDUNCULATA EHR	JUNCUS SUPINUS MOENCH
I	I	I-----	2336	36	5	349	539	1.5	107.8	HYDROCOTYLE VULGARIS L.	HYPOCHOERIS RADICATA L.
I	I	I I	2337								
I		I I	2353								
I		I I	2357								
I	I	I I-----	2364	37	8	309	1095	3.5	136.9	HIPPOCREPIS COMOSA L.	FESTUCA OVINA L.
I	I	I I-----	2368	38	5	171	440	2.6	88.0	GLOBULARIA VULGARIS L.	FUMANA PROCUMBENS (DUN.
I	I	I II	2380								
I	I	II=I	2404								
I		II	2459								
I=====I			2468								
I			2469								

NIVEAU DE SYNTHESE NUMERO 9

DENDROGRAMME DES PLANTES		NO	NOMBRE	EFFECTIFS	DES						
		SUR LE	DE	PLA	POS	OBS	OBS/POS	OBS/PLA			
		DENDRO	GROUPES								
		RETENUS									
I-----		165	1	166	415	4642	11.2	28.0	FUMANA CORIDIFOLIA (VIL	PORTULACA OLERACEA L.	
I-----		183	2	19	63	147	2.3	7.7	BRUNELLA HYSSOPIFOLIA L	CARTHAMUS LANATUS L.	
II		184									
I		193									
I I-----		205	3	13	65	172	2.6	13.2	LATHYRUS FILIFORMIS (LA	LEONTODON HIRTUS L.	
I I-----		211	4	7	102	179	1.8	25.6	SEDUM DASYPHYLLUM L.	SILENE ITALICA (L.) PER	
I II		213									
I=I		219									
II		225									
II		229									
I I-----		289	5	61	223	1424	6.4	23.3	SPERGULARIA MARGINATA K	SCHOENUS NIGRICANS L.	
I I-----		342	6	54	135	702	5.2	13.0	SALICORNIA FRUTICOSA L.	POTAMOGETON PECTINATUS	
I I		349									
III		362									
I		365									
I	II-----	495	7	131	177	3045	17.2	23.2	CISTUS ALBIDUS L.	ARBUTUS UNEDO L.	
I I-----		499	8	5	47	91	1.9	18.2	SCIRPUS HOLOSCHOENUS L.	CARDUUS PycNOCEPHALUS L	
I I		510									
I I-----		538	9	29	63	251	4.0	8.7	ORYZA SATIVA L.	MARRUBIUM VULGARE L.	
I II-----		546	10	9	38	87	2.3	9.7	LITHOSPERMUM FRUTICOSUM	ECHI VULG SUBS PUSTULAT	
I I		547									
I I		548									
I I		590	11	43	63	570	9.0	13.3	MYRTUS COMMUNIS L.	CONVOLVULUS ALTHAEODES	
I I I-----		616	12	27	53	271	5.1	10.0	CREPIS BULBOSA (L.) TAU	FUMANA LEVIPES (L.) SPA	
I I I		624									
I I II		632									
I II		634									
I II		651									
I II		655									
I II		662									
II		672									
II		673									
I==I		676									
I=I		677									
I I-----		936	13	260	525	8007	15.3	30.8	VICIA SATIVA L.	HYSSOPUS OFFICINALIS L.	

I	I-----	1176	14	241	470	3018	6.4	12.5	MALACHIUM AQUATICUM (L.	SANG MINO SUBS MINOR		
I	I	1178										
I	II	1186										
I	II	1194										
I	II	1215										
I	II	1216										
I	I	I-----	1241	15	26	66	299	4.5	11.5	DIANTHUS NEGLECTUS LOIS	CAREX REFRACTA SCHKUHR.	
I	I	I-----	1260	16	20	165	531	3.2	26.5	SAPONARIA OCIMOIDES L.	RUMEX SCUTATUS L.	
I	I	I	1262									
I	I	II	1262									
I	I	II	1273									
I	I	II	1274									
I	I	I	1285									
I	I	I	I-----	1298	17	14	201	520	2.6	37.1	ASTRAGALUS MONSPESSULAN	STATICE PLANTAGINEA ALL
I	I	I	I-----	1308	18	11	72	242	3.4	22.0	LAVANDULA OFFICINALIS C	PTYCHOTIS SAXIFRAGA (L.
I	I	I	1322									
I	I	III	1326									
I	I	I	1328									
I	II=I		1333									
I	II		1342									
I	I		1344									
I	II		1345									
I	I==I		1407									
I	II-----	1520	19	114	425	4340	10.2	38.1	GALEOPSIS TETRAHIT L.	DIGITALIS PURPUREA L.		
I	I-----	1525	20	6	34	57	1.7	9.5	LATHRAEA SQUAMARIA L.	GALI ASPE SUBS UMBELLAT		
I	I	1531										
I	II-----	1635	21	105	352	3307	9.4	31.5	SENECIO NEMORENSIS L.	DIANTHUS HYSSOPIFOLIUS		
I	I-----	1640	22	6	31	46	1.5	7.7	PHYTEUMA NIGRUM SCHMIDT	PEUCEDANUM PALUSTRE (L.		
I	I	1641										
I	II	1649										
I	II	1652										
I	II	1665										
I	II	1678										
I	II	1684										
I	I	I-----	1732	23	7	74	173	2.3	24.7	LUZULA NIVEA (L.) DC.	CALAMAGROSTIS VARIA (SC	
I	I	I-----	1736	24	5	48	113	2.4	22.6	CARDUUS DEFLOREATUS L.	RHODODENDRON FERRUGINEU	
I	I	I	1738									
I	I	III	1746									
I	I	I=I	1755									
I	I	II	1802									
I	I	I	1803									
I	I	I	1809									
I	I	I	I-----	1817	25	9	78	218	2.8	24.2	ALCHIMILLA VULGARIS L.	ELYMUS EUROPAEUS L.
I	I	I	I-----	1822	26	6	83	196	2.4	32.7	POLYGONUM BISTORTA L.	CHAEROPHYLLUM HIRSUTUM
I	I	I	1827									
I	I	I	1827									
I	I	II	1840									
I	I	II	1868									
I	I	II=I	1889									
I	I	I=I	1894									
I	III		1902									
I	I-----	1904										
I	I	II-----	1905									
I	II-----	1997	27	93	511	8513	16.7	91.5	SUCCISA PRAEMORSA (GILI	LUZULA CAMPESTRIS L.		
I	II-----	2003	28	7	161	296	1.8	42.3	BETULA VERRUCOSA EHRH.	SESELI LIBANOTIS (L.) K		
I	I	2006										
I	I	2006										
I	III-----	2047	29	42	528	5576	10.6	132.8	CHRYSANTHEMUM LEUCANTHE	FICARIA VERNA HUDS.		
I	II-----	2063	30	17	340	1359	4.0	79.9	SCABIOSA COLUMBARIA L.	DIGITALIS LUTEA L.		
I	II	2068										
I	I	2070										
I	I-----	2128	31	59	459	3072	6.7	52.1	QUERCUS SESSILIFLORA SA	MELICA UNIFLORA RETZ.		
I	I-----	2132	32	5	65	108	1.7	21.6	ALOPECURUS GENICULATUS	STACHYS PALUSTRIS L.		
I	I	2133										
I	I-----	2144	33	12	217	472	2.2	39.3	ACHILLEA PTARMICA L.	NUPHAR LUTEUM SM.		
I	I-----	2148	34	5	86	130	1.5	26.0	LABURNUM ANAGYROIDES ME	ACER PLATANOIDES L.		
I	I	2149										
I	II	2151										
I	II	2204										
I	I	2205										
I	I	2216										
I	I	2254										
I	I	I-----	2273	35	20	525	4398	8.4	219.9	CRATAEGUS MONOGYNA JACQ	PLANTAGO LANCEOLATA L.	
I	I	I-----	2278	36	6	306	689	2.3	114.8	GALIUM APARINE L.	PLANTAGO MAJOR L.	
I	I	II	2282									
I	I	II	2291									
I	I	I	2313									
I	I	III-----	2325	37	13	395	1663	4.2	127.9	QUERCUS PEDUNCULATA EHR	CIRCAEA LUTETIANA L.	
I	I	III-----	2330	38	6	315	908	2.9	151.3	TEUCRIUM SCORODONIA L.	PIRUS COMMUNIS L.	
I	I	II	2332									
I	I	II	2352									
I	I	I	2353									
I	I	II	2404									
I	I	I	2410									
I	III	2423										
I	I-----	2468										
I	I	2469										

NIVEAU DE SYNTHÈSE NUMERO 10

DENDROGRAMME DES PLANTES	NO SUR LE DENDRO	NOMBRE DE GROUPE RETENUS	EFFECTIFS		DES OBS		OBS/PLA			
			PLA	POS	OBS	OBS/POS				
I-----	151	1	152	414	4518	10.9	29.7	FUMANA CORIDIFOLIA (VIL	HELIOTROPIUM EUROPAEUM	
I-----	156	2	6	44	60	1.4	10.0	GALIUM TRICORNE WITHG.	MEDICAGO RIGIDULA (L.)	
I	165									
II	158									
II-----	177	3	13	49	104	2.1	8.0	BRUNELLA HYSSOPIFOLIA L	FILAGO SPATHULATA PRESL	
I-----	181	4	5	18	33	1.8	6.6	CENTAUREA PECTINATA L.	AGROSTEMMA GITHAGO L.	
I	183									
II	189									
II	225									
II	229									
I	I-----	265	5	37	214	950	4.4	25.7	SPERGULARIA MARGINATA K	MALVA SILVESTRIS L.
I	II-----	284	6	20	94	441	4.7	22.0	CONVOLVULUS SOLDANELLA	PLAN CORO SUBS CORONOPU
I	II	289								
I	I	289								
I	I II-----	314	7	26	101	403	4.0	15.5	SALICORNIA FRUTICOSA L.	CAREX DIVISA HUDS.
I	I I-----	321	8	8	48	102	2.1	12.8	PANCRATIUM MARITIMUM L.	CAREX DISTANS L.
I	II	342								

I	I	343										
I	II	354										
III		362										
I		365										
I	I-----	490	9	126	173	2951	17.1	23.4	CISTUS ALBIDUS L.	VIOL ALBA SUBS ALBA		
I	I-----	494	10	5	51	94	1.8	18.8	ARBUTUS UNEDO L.	PINUS PINEA L.		
I	II	<u>495</u>										
I	II	510										
I	I	548										
I	I I-----	571	11	24	61	398	6.5	16.6	MYRTUS COMMUNIS L.	TEUCRIMUM FLAVUM L.		
I	I I-----	589	12	19	34	172	5.1	9.1	CONVOLVULUS ALTHAEOIDES	CERATONIA SILIQUA L.		
I	I II	<u>590</u>										
I	I II-----	609	13	20	49	219	4.5	10.9	CREPIS BULBOSA (L.) TAU	HEDYPNOIS RHAGADIOLIDE		
I	I II-----	613	14	5	18	36	2.0	7.2	ECBALLIUM ELATERIUM L.	EVAX PYGMAEA (L.) PERSO		
I	I II	<u>616</u>										
I	I II	632										
I	I I	634										
I	II	651										
I	II	655										
I	II	662										
II		672										
II		673										
I==I		676										
I=I		677										
I	II-----	898	15	222	506	7315	14.5	33.0	VICIA SATIVA L.	TEUCRIMUM SCORDIUM L.		
I	II-----	928	16	31	243	643	2.6	20.7	ANTHRISCUS VULGARIS PER	OENANTHE CROCATA L.		
I	I	<u>936</u>										
I	II-----	1145	17	210	455	2617	5.8	12.5	MALACHIUM AQUATICUM (L.	MYOS SCOR SUBS CAESPITO		
I	II-----	1172	18	28	183	383	2.1	13.7	BETULA PUBESCENS EHRH.	CAREX NIGRA ALL.		
I	II	<u>1176</u>										
I	II	1186										
I	II	1194										
I	II	1215										
I	II	1216										
I	I II-----	1252	19	12	134	391	2.9	32.6	SAPONARIA OCIMOIDES L.	PLANTAGO SERPENTINA (MA		
I	I I-----	1259	20	8	85	140	1.6	17.5	RUMEX SCUTATUS L.	GALIUM VERNUM SCOPOLI		
I	I	<u>1260</u>										
I	I II	1262										
I	I II	1273										
I	I I	1274										
I	I II	1327										
I	I I	1328										
I	II=I	1333										
I	II	1340										
I	II	1342										
I=I		1344										
II		1345										
I===I		1407										
I	I-----	1506	21	100	411	4023	9.8	40.2	GALEOPSIS TETRAHIT L.	STELLARIA ULIGINOSA MUR		
I	I-----	1519	22	14	156	317	2.0	22.6	DIGITALIS PURPUREA L.	GENISTA ANGLICA L.		
I	II	<u>1520</u>										
I	I	1531										
I	I I-----	1608	23	78	345	2964	8.6	38.0	SENECIO NEMORENSIS L.	DROSENA ROTUNDIFOLIA L.		
I	I I-----	1619	24	12	69	161	2.3	13.4	COMARUM PALUSTRE L.	LYSIMACHIA MEMORUM L.		
I	I I	<u>1635</u>										
I	II	1649										
I	II	1652										
I	II	1665										
I	II	1678										
I	II	1684										
I=====I		1904										
I		1905										
I	I-----	1961	25	57	500	5984	12.0	105.0	SUCCISA PRAEMORSA (GILI	EUPHORBIA VERRUCOSA (L.		
I	I-----	1989	26	29	375	2228	5.9	76.8	ANEMONE NEMOROSA L.	GALIUM PALUSTRE L.		
I	II	<u>1997</u>										
I	II	2003										
I	I	2006										
I	I I-----	2031	27	26	510	3796	7.4	146.0	CHRYSANTHEMUM LEUCANTHE	EQUISETUM ARVENSE L.		
I	I I-----	2039	28	9	377	1126	3.0	125.1	VIBURNUM LANTANA L.	LAPSANA COMMUNIS L.		
I	I I	<u>2047</u>										
I	III-----	2056	29	10	319	1045	3.3	104.5	SCABIOSA COLUMBARIA L.	TRAGOPOGON PRATENSIS L.		
I	III-----	2060	30	5	121	224	1.9	44.8	POLYGONATUM ODORATUM (M	TRIFOLIUM RUBENS L.		
I	III	<u>2063</u>										
I	II	2066										
I	I	2070										
I	I-----	2100	31	31	424	2080	4.9	67.1	QUERCUS SESSILIFLORA SA	POTAMOGETON NATANS L.		
I	II-----	2125	32	26	298	926	3.1	35.6	ARTEMISIA VULGARIS L.	VIOLA TRICOLOR L.		
I	I	<u>2128</u>										
I	II	2151										
I	II	2204										
I	I	2205										
I	II	2253										
I	I I I-----	2318	33	6	312	850	2.7	141.7	QUERCUS PEDUNCULATA EHR	PRUNUS AVIUM L.		
I	I I I-----	2323	34	6	334	743	2.2	123.8	MOLINIA CAERULEA (L.) M	SALIX CINEREA L.		
I	I I I	<u>2325</u>										
I	I II	2331										
I	I II	2352										
I	I II	2404										
I	II	2459										
I=====I		2468										
I		2469										

ANNEXE 5 : Exemple de fichier Leader d'une image NOAA AVHRR de niveau 3.

```

7 /* Lines to general params */
25 /* Lines to projection par */
41 /* Lines to ellipsoid para */
44 /* Lines to grid params */
45 /* Lines to DEM params */
46 /* Lines to angle params */
52 /* Lines to LEVEL-2 images */
1279 /* Number of columns */
1432 /* Number of rows */
5 /* Number of channels */
51.631714 -11.017091 /* UL lat lon */
55.092628 9.450254 /* UR lat lon */
38.544792 -3.925350 /* BL lat lon */
41.244961 12.414657 /* BR lat lon */
-2248400.000000 478500.000000 /* UL x y (m) */
-841500.000000 478500.000000 /* UR x y (m) */
-2248400.000000 -1096700.000000 /* BL x y (m) */
-841500.000000 -1096700.000000 /* BR x y (m) */
1100.000000 1100.000000 /* Size of pixel x y */
7805527 33.053068 /* Number, % pixels resamp */
EUROPE /* Template name */
TEMPLATE_V1.0 /* Version of resam */
19981127 /* Aquisition date */
19981208 /* Processing date */
NONE /* Compression code */
ALBERS_EQUAL_AREA /* Projection name */
32.50000000000000 /* Projection parameter 1 */
54.50000000000000 /* Projection parameter 2 */
51.40000000000000 /* Projection parameter 3 */
22.65000000000000 /* Projection parameter 4 */
0.00000000000000 /* Projection parameter 5 */
0.00000000000000 /* Projection parameter 6 */
0.00000000000000 /* Projection parameter 7 */
0.00000000000000 /* Projection parameter 8 */
0.00000000000000 /* Projection parameter 9 */
0.00000000000000 /* Projection parameter 10 */
0.00000000000000 /* Projection parameter 11 */
0.00000000000000 /* Projection parameter 12 */
0.00000000000000 /* Projection parameter 13 */
0.00000000000000 /* Projection parameter 14 */
0.00000000000000 /* Projection parameter 15 */
WGS_72 /* Ellipsoid name */
6378135.000000 /* Ellipsoid a */
0.081819230000 /* Ellipsoid e */
22 22 /* Grid size x/y */
NONE /* DEM used */
92496 /* No. angle grid nodes */
376 246 /* No. angle nodes in c/r */
4 /* No. angle bands */
16 16 /* Angle grid steps in c/r */
0 0 /* Angle grid TL node c/r */
6015 3935 /* Angle grid BR node c/r */
3 /* Number level-2 resample */
A981127125520306 19981127125520306 SPACE_II v1.0 /* L2 id,date,process */
A981127125853140 19981127125853140 SPACE_II v1.0 /* L2 id,date,process */
A981127130253140 19981127130253140 SPACE_II v1.0 /* L2 id,date,process */

```

ANNEXE 6 : Liste des images présentant des artéfacts au niveau de la France.

janvier :

02/96;03/96;04/96;09/96;10/96;12/96;19/96;21/96;22/96;23/96;24/96;25/96;26/96;27/96;28/96;30/96;31/96
02/97;03/97;11/97;12/97;13/97;14/97;20/97;21/97;24/97;31/97
11/98;14/98;15/98;21/98;22/98;23/98;29/98;30/98
07/99;10/99;15/99;16/99;19/99;24/99;25/99;26/99;28/99
03/00;04/00;05/00;07/00;12/00;21/00;22/00;23/00;25/00;29/00;30/00

fevrier :

01/95;02/95;03/95;06/95;10/95;11/95;12/95;13/95;18/95;19/95;20/95;21/95;27/95;28/95
01/96;06/96;07/96;08/96;09/96;10/96;14/96;15/96;16/96;17/96;18/96;19/96;24/96;25/96;27/96;28/96
01/97;02/97;06/97;07/97;08/97;09/97;11/97;12/97;16/97;18/97;20/97;18/97;19/97;20/97;21/97;22/97;26/97;27/97;28/97
01/98;02/98;07/98;11/98;17/98;19/98;20/98;25/98;26/98;28/98
02/99;03/99;04/99;05/99;06/99;09/99;11/99;12/99;13/99;14/99;20/99;21/99;22/99;23/99;24/99

mars :

02/95;03/95;08/95;09/95;10/95;13/95;18/95;19/95;20/95;21/95;22/95;23/95;27/95;28/95;29/95;30/95;31/95
02/96;04/96;05/96;07/96;08/96;10/96;14/96;15/96;16/96;17/96;18/96;22/96;23/96;26/96;27/96
01/97;02/97;04/97;05/97;07/97;11/97;16/97;18/97;20/97;25/97;27/97;28/97;29/97;30/97;31/97
06/98;07/98;09/98;11/98;15/98;16/98;18/98;19/98;24/98;25/98;26/98
01/99;02/99;03/99;05/99;13/99;14/99;18/99;19/99;20/99;21/99;22/99;27/99;28/99;29/99;30/99;31/99

avril :

05/95;06/95;07/95;09/95;15/95;16/95;17/95;18/95;19/95;23/95;24/95;25/95;27/95
01/96;02/96;03/96;04/96;05/96;10/96;11/96;13/96;14/96;19/96;20/96;21/96;22/96;23/96;28/96;30/96
02/97;04/97;05/97;06/97;07/97;08/97;11/97;14/97;15/97;16/97;23/97;24/97;25/97;26/97
03/98;04/98;05/98;07/98;12/98;13/98;14/98;15/98;20/98;21/98;24/98;30/98
05/99;06/99;08/99;09/99;14/99;15/99;23/99;24/99;26/99;27/99

mai :

03/95;04/95;07/95;12/95;13/95;14/95;15/95;16/95;17/95;22/95;23/95;24/95;26/95;31/95
01/96;02/96;03/96;08/96;09/96;12/96;16/96;17/96;18/96;20/96;21/96;22/96;26/96;27/96;29/96;30/96
01/97;02/97;04/97;05/97;07/97;10/97;11/97;12/97;13/97;14/97;19/97;20/97;21/97;22/97;23/97;28/97;29/97;30/97;31/97
01/98;04/98;11/98;12/98;13/98;16/98;19/98;20/98;21/98;22/98;23/98;24/98;26/98;27/98;28/98
02/99;03/99;04/99;05/99;06/99;11/99;12/99;14/99;15/99;20/99;21/99;22/99;23/99;30/99;31/99

juin :

01/95;02/95;03/95;04/95;09/95;10/95;11/95;13/95;19/95;20/95;21/95;22/95;23/95;29/95
05/96;08/96;14/96;18/96;20/96;23/96;24/96;26/96;27/96
01/97;02/97;07/97;08/97;09/97;10/97;11/97;15/97;16/97;17/97;18/97;19/97;20/97;26/97;28/97;29/97
05/98;06/98;09/98;13/98;14/98;15/98;16/98;17/98;18/98;22/98;23/98;24/98;25/98;26/98;27/98
01/99;02/99;06/99;07/99;10/99;11/99;15/99;15/99;16/99;17/99;18/99;19/99;20/99;24/99;25/99;26/99;27/99;28/99;29/99

juillet :

01/95;02/95;04/95;07/95;08/95;09/95;10/95;11/95;16/95;17/95;18/95;19/95;20/95;21/95;26/95;27/95;28/95;29/95;30/95
02/96;03/96;04/96;05/96;06/96;11/96;12/96;14/96;15/96;18/96;19/96;20/96;21/96;23/96;24/96;25/96;26/96;30/96;31/96
05/97;06/97;07/97;08/97;13/97;14/97;16/97;17/97;22/97;23/97;24/97;25/97;26/97;27/97;31/97
02/98;03/98;04/98;05/98;06/98;11/98;12/98;13/98;14/98;15/98;19/98;20/98;21/98;22/98;23/98;24/98;25/98;28/98;29/98;30/98;
31/98
03/99;04/99;05/99;06/99;07/99;08/99;12/99;13/99;14/99;15/99;21/99;22/99;23/99;24/99;25/99;29/99;30/99

août :

05/95;07/95;08/95;14/95;15/95;16/95;17/95;18/95;19/95;21/95;23/95;24/95;26/95;27/95
01/96;02/96;03/96;06/96;07/96;08/96;09/96;10/96;12/96;17/96;18/96;19/96;21/96;25/96;26/96;27/96;28/96;30/96;31/96
01/97;02/97;03/97;04/97;09/97;13/97;14/97;18/97;19/97;20/97;22/97;23/97;27/97;29/97;30/97;31/97
01/98;02/98;07/98;16/98;17/98;18/98;19/98;20/98;25/98;26/98;31/98
02/99;07/99;08/99;10/99;11/99;16/99;17/99;19/99;20/99;24/99;25/99;26/99;27/99;28/99;29/99;31/99

septembre :

01/95;02/95;04/95;05/95;09/95;10/95;11/95;12/95;13/95;14/95;19/95;21/95;22/95;23/95;24/95;29/95;30/95
01/96;06/96;08/96;09/96;14/96;15/96;17/96;23/96;24/96;25/96;26/96;27/96
01/97;06/97;07/97;09/97;10/97;15/97;16/97;19/97;24/97;25/97;27/97;28/97
02/98;03/98;04/98;05/98;06/98;07/98;14/98;15/98;15/98;16/98;21/98;22/98;23/98;24/98;25/98;29/98;30/98
03/99;04/99;05/99;06/99;11/99;13/99;15/99;16/99;20/99;21/99;22/99;23/99;24/99;29/99;30/99

octobre :

01/95;02/95;09/95;11/95;12/95;17/95;18/95;19/95;20/95;21/95;28/95;29/95;30/95;31/95
02/96;03/96;04/96;05/96;10/96;11/96;12/96;15/96;20/96;21/96;22/96;24/96;25/96;26/96;30/96;31/96
03/97;06/97;07/97;12/97;13/97;14/97;15/97;16/97;21/97;22/97;23/97;24/97;25/97;30/97;31/97
01/98;02/98;03/98;05/98;09/98;10/98;11/98;12/98;13/98;14/98;15/98;18/98;19/98;20/98;21/98;22/98;27/98;28/98;29/98;30/98;
31/98
01/99;03/99;08/99;09/99;10/99;11/99;12/99;17/99;18/99;19/99;21/99;29/99;30/99

novembre :

03/95;05/95;07/95;08/95;09/95;15/95;17/95;18/95;24/95;25/95;27/95
01/96;02/96;03/96;09/96;12/96;14/96;18/96;20/96;21/96;22/96;27/96;29/96
02/97;03/97;09/97;10/97;11/97;12/97;17/97;18/97;19/97;20/97;24/97;26/97;27/97;28/97;29/97;30/97
05/98;06/98;07/98;08/98;15/98;16/98;17/98;23/98;24/98;26/98
03/99;04/99;07/99;12/99;15/99;16/99;22/99;23/99;24/99;30/99

décembre :

03/95;04/95;12/95;13/95;22/95;24/95;25/95
06/96;07/96;15/96;18/96;24/96;25/96;26/96;27/96;29/96
05/97;06/97;08/97;09/97;10/97;12/97;15/97;16/97;18/97;24/97;25/97;27/97;28/97
01/98;02/98;03/98;05/98;06/98;10/98;12/98;13/98;14/98;19/98;20/98;22/98;23/98
02/99;03/99;10/99;12/99;18/99;19/99;20/99;21/99;29/99

ANNEXE 7 : Résultats de l'étalonnage de la flore et des indices différents du NDVI pour un nombre limité de taxons en France.

Les résultats suivants présentent des calculs d'optimums et de pouvoirs indicateurs de 50 taxons étalonnés en fonction d'indices différents du NDVI. Ces 50 premiers taxons ont l'avantage d'être répartis dans des biotopes différents et partout en France. Ils constituent un lot réduit mais assez représentatif de la variété des situations écologiques du territoire, ce qui a permis de les utiliser dans un premier test.

La grande majorité des comportements des taxons montre des valeurs très irrégulières ce qui n'a pas permis de les sélectionner dans cette étude. Ils ne présentent pas de liens « évidents » avec les caractéristiques spectrales des milieux qui les abritent quand ces caractéristiques sont mesurées avec d'autres indices que les NDVI.

IND	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	4	0
OPT	47	45	49	51	51	46	47	42	47	46	54	22
HEDERA HELIX L. 3-6 48 DANS 2180 PIXELS												
IND	8	6	3	5	0	0	3	6	6	4	8	0
OPT	47	46	49	52	56	49	51	45	50	49	53	23
HEDERA HELIX L. 1-6 49 DANS 3940 PIXELS												
IND	3	3	0	1	0	0	3	4	3	2	2	0
OPT	45	45	48	51	55	50	51	46	49	49	50	23
ARISTOLOCHIA CLEMATITIS 1-4 52 DANS 55 PIXELS												
IND	0	0	8	0	0	9	0	0	3	24	0	0
OPT	42	38	13	25	12	15	25	34	18	12	42	33
ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI 1-3 55 DANS 65 PIXELS												
IND	0	0	5	4	2	10	11	0	10	8	1	0
OPT	46	35	22	26	17	18	14	20	20	21	34	33
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 2-3 56 DANS 26 PIXELS												
IND	0	0	0	0	12	0	0	0	3	0	0	4
OPT	52	47	20	25	15	13	23	30	20	20	51	41
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 1-3 57 DANS 92 PIXELS												
IND	0	0	0	9	9	5	0	0	8	10	0	6
OPT	49	47	24	25	15	17	26	43	22	19	34	39
ASARUM EUROPAEUM L. 3-6 58 DANS 54 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	3	18	0	0	0	0
OPT	45	49	41	48	56	57	70	71	60	60	39	14
ASARUM EUROPAEUM L. 1-6 59 DANS 181 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	11	1	0	0	1	0
OPT	40	49	42	57	63	61	71	60	62	59	30	24
VINCETOXICUM NIGRUM MOE 1-2 64 DANS 28 PIXELS												
IND	0	0	0	4	16	9	0	0	0	0	2	0
OPT	36	40	30	30	9	18	35	48	28	23	33	29
VINCETOXICUM OFFICINALE 2-6 65 DANS 423 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	46	44	39	40	50	49	42	45	47	44	51	34
VINCETOXICUM OFFICINALE 1-6 66 DANS 1142 PIXELS												
IND	0	0	11	3	0	0	0	1	0	3	0	0
OPT	46	42	37	38	45	45	40	46	44	43	48	30
IMPATIENS NOLI-TANGERE 3-6 67 DANS 116 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	17	0	2	2	0
OPT	34	37	35	42	51	53	69	70	66	70	24	18
IMPATIENS NOLI-TANGERE 1-6 68 DANS 322 PIXELS												
IND	0	0	0	0	1	0	8	21	12	7	8	0
OPT	36	38	40	42	51	56	71	73	67	71	26	19
IMPATIENS PARVIFLORA DC 1-6 70 DANS 52 PIXELS												
IND	5	0	7	0	10	2	0	0	0	0	0	0
OPT	20	28	19	31	20	28	54	50	47	61	31	18
IMPATIENS ROYLEI WALPER 3-6 71 DANS 54 PIXELS												
IND	11	0	13	0	5	4	5	9	0	0	0	0
OPT	20	31	15	15	13	25	49	55	53	63	33	16
IMPATIENS ROYLEI WALPER 1-6 72 DANS 95 PIXELS												
IND	6	0	17	0	5	9	7	3	0	0	0	1
OPT	20	30	14	22	14	26	48	53	49	62	32	16
BERBERIS VULGARIS L. 2-6 73 DANS 120 PIXELS												
IND	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0
OPT	32	55	41	37	33	36	25	47	31	36	37	29
BERBERIS VULGARIS L. 1-6 74 DANS 395 PIXELS												
IND	0	0	0	0	9	4	3	0	0	0	0	0
OPT	41	56	40	38	34	35	32	45	37	41	39	29

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES TAXONS ETALONNES

PRECIPITABLE WATER INDEX C4-C5

ACER CAMPESTRE L. 2-6 2 DANS 1125 PIXELS												
IND	6	8	7	10	0	11	5	10	6	3	7	11
OPT	39	61	65	62	49	60	53	59	59	52	53	23
ACER CAMPESTRE L. 1-6 3 DANS 2030 PIXELS												
IND	0	7	2	9	1	7	5	9	6	1	5	4
OPT	51	61	59	62	49	54	53	59	59	52	53	29
ACER MONSPESSULANUM L. 2-5 4 DANS 159 PIXELS												
IND	18	2	31	18	14	0	30	0	3	6	8	4
OPT	71	61	43	62	61	54	73	64	52	52	43	29
ACER MONSPESSULANUM L. 1-5 5 DANS 298 PIXELS												
IND	22	2	30	17	17	4	31	0	6	8	11	5
OPT	71	61	43	62	61	54	73	59	59	52	43	29
ACER NEGUNDO L. 1-5 7 DANS 29 PIXELS												
IND	0	0	25	5	17	0	37	6	0	21	20	1
OPT	51	61	54	62	76	79	84	73	66	77	33	23
ACER OPALUS MILLER 2-5 8 DANS 220 PIXELS												
IND	31	15	19	19	22	12	35	1	10	7	7	8
OPT	71	71	54	62	49	54	73	41	59	45	43	35
ACER OPALUS MILLER 1-5 9 DANS 440 PIXELS												
IND	28	15	17	16	17	13	31	4	7	15	11	4
OPT	71	71	54	62	49	49	68	41	59	45	43	29
ACER OPAL SUBS ITALUM L 2-4 10 DANS 22 PIXELS												
IND	0	1	8	0	2	8	2	0	0	0	9	0
OPT	62	48	37	53	66	60	77	35	45	45	33	16
ACER OPAL SUBS ITALUM L 1-4 11 DANS 49 PIXELS												
IND	16	15	0	10	0	11	30	0	0	5	18	12
OPT	71	71	49	69	61	54	73	41	66	45	33	23
ACER PLATANOIDES L. 2-5 13 DANS 237 PIXELS												
IND	0	17	22	11	7	11	1	4	0	8	1	5
OPT	51	61	70	62	55	49	46	47	52	45	53	23
ACER PLATANOIDES L. 1-5 14 DANS 571 PIXELS												
IND	0	13	21	13	4	9	4	7	0	6	6	11
OPT	51	61	70	62	55	49	46	47	52	45	53	29
ACER PSEUDOPLATANUS L. 3-6 15 DANS 516 PIXELS												
IND	1	4	1	20	15	14	18	14	1	1	12	20
OPT	51	61	70	69	55	54	40	47	59	45	53	29
ACER PSEUDOPLATANUS L. 1-6 16 DANS 1598 PIXELS												

IND	1	4	0	7	10	8	15	8	0	5	9	11
OPT	51	61	65	62	49	54	40	47	52	45	53	29
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 3-5) 17 DANS 123 PIXELS												
IND	2	0	0	6	9	20	5	9	0	0	12	15
OPT	62	48	49	62	55	60	53	53	59	52	53	23
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 1-5) 18 DANS 392 PIXELS												
IND	3	6	0	4	12	18	8	9	0	4	9	12
OPT	51	48	43	62	49	54	46	53	59	52	53	23
AMARANTUS ASCENDENS LOI 2-4 25 DANS 22 PIXELS												
IND	20	4	20	0	0	0	0	21	0	0	0	0
OPT	39	34	37	33	37	65	46	78	38	72	53	29
AMARANTUS ASCENDENS LOI 1-4 26 DANS 50 PIXELS												
IND	11	7	15	16	0	6	6	26	0	34	0	0
OPT	39	34	37	33	37	70	46	78	52	85	53	29
AMAR ASCE VAR. OLERACEU 1-4 28 DANS 26 PIXELS												
IND	8	44	13	29	18	32	15	33	0	58	21	0
OPT	39	21	29	23	31	75	40	85	38	90	33	48
AMARANTUS DEFLEXUS L. 2-6 30 DANS 20 PIXELS												
IND	21	0	0	0	0	17	8	0	0	18	0	0
OPT	62	61	49	62	71	82	77	59	52	72	64	23
AMARANTUS DEFLEXUS L. 1-6 31 DANS 39 PIXELS												
IND	17	0	6	0	13	21	19	0	0	7	0	0
OPT	62	61	49	62	76	79	81	64	52	72	53	23
AMARANTUS HYBRIDUS (L.) 1-5 32 DANS 38 PIXELS												
IND	26	0	39	27	0	2	0	0	0	0	21	2
OPT	26	61	76	75	71	65	59	59	59	60	64	29
AMARANTUS RETROFLEXUS L 1-4 33 DANS 111 PIXELS												
IND	0	9	21	4	0	10	18	0	18	4	1	9
OPT	39	61	59	62	66	65	73	59	66	66	53	29
AMARANTUS SILVESTER (DE 1-2) 34 DANS 21 PIXELS												
IND	0	0	11	14	0	15	25	0	11	33	7	5
OPT	51	61	49	69	61	79	81	59	59	85	43	23
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 3-6) 35 DANS 57 PIXELS												
IND	34	29	39	12	10	20	42	20	29	10	11	44
OPT	71	80	54	62	61	70	84	30	79	60	64	43
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 1-6) 36 DANS 146 PIXELS												
IND	41	38	34	17	14	20	52	21	29	9	7	31
OPT	71	80	49	62	55	65	84	30	73	52	53	39
RHUS CORIARIA L. 1-5 38 DANS 22 PIXELS												
IND	10	30	23	0	3	0	44	0	0	0	4	13
OPT	71	71	43	62	61	44	84	41	66	45	33	39
VINCA MAJOR L. 1-3 42 DANS 27 PIXELS												
IND	6	3	28	0	8	0	0	3	1	23	12	23
OPT	62	61	49	53	71	70	73	41	66	72	33	39
VINCA MINOR L. 5-6 43 DANS 66 PIXELS												
IND	4	0	0	3	0	15	13	10	3	3	5	12
OPT	51	48	54	53	61	65	46	64	59	52	64	35
VINCA MINOR L. 1-6 44 DANS 282 PIXELS												
IND	1	1	0	3	5	14	13	8	5	2	15	10
OPT	51	48	59	53	55	60	46	59	59	52	64	29
ILEX AQUIFOLIUM L. 2-6 45 DANS 922 PIXELS												
IND	5	4	24	9	0	3	8	4	4	10	0	8
OPT	51	48	37	43	49	44	46	53	45	52	53	23
ILEX AQUIFOLIUM L. 1-6 46 DANS 1816 PIXELS												
IND	4	4	11	10	1	5	8	5	2	8	0	6
OPT	51	48	43	43	49	44	46	53	52	52	53	23
HEDERA HELIX L. 4-6 47 DANS 1217 PIXELS												
IND	0	5	4	5	0	7	4	9	7	7	10	4
OPT	51	61	49	53	55	60	53	59	59	60	64	29
HEDERA HELIX L. 3-6 48 DANS 2180 PIXELS												
IND	2	5	1	5	0	9	5	9	8	5	9	5
OPT	51	61	49	53	49	60	53	59	59	60	64	29
HEDERA HELIX L. 1-6 49 DANS 3940 PIXELS												
IND	1	3	1	4	0	5	4	8	7	5	3	4
OPT	51	61	49	53	49	54	53	59	59	60	53	29
ARISTOLOCHIA CLEMATITIS 1-4 52 DANS 55 PIXELS												
IND	26	1	29	8	25	25	41	0	19	23	3	18
OPT	71	61	54	69	76	79	81	53	52	81	43	23
ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI 1-3 55 DANS 65 PIXELS												
IND	40	0	28	12	30	23	35	28	7	13	11	2
OPT	71	48	43	62	71	75	77	30	66	60	43	29
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 2-3 56 DANS 26 PIXELS												
IND	26	0	29	9	12	29	43	0	22	0	0	0
OPT	77	61	49	75	71	82	89	41	73	60	53	35
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 1-3 57 DANS 92 PIXELS												
IND	53	12	36	18	27	36	40	4	22	6	0	0
OPT	77	71	49	75	71	79	84	35	66	60	53	29
ASARUM EUROPÆUM L. 3-6 58 DANS 54 PIXELS												
IND	27	21	46	26	20	0	3	5	1	2	17	13
OPT	26	71	81	62	37	44	40	47	52	36	64	29
ASARUM EUROPÆUM L. 1-6 59 DANS 181 PIXELS												
IND	0	20	50	22	21	11	5	10	7	18	22	21
OPT	51	61	81	62	37	38	46	53	52	29	64	29
VINCETOXICUM NIGRUM MOE 1-2 64 DANS 28 PIXELS												
IND	32	0	0	10	10	21	12	0	0	0	0	0
OPT	77	48	43	69	66	85	73	30	66	60	53	29
VINCETOXICUM OFFICINALE 2-6 65 DANS 423 PIXELS												
IND	0	1	15	12	6	5	10	1	6	7	0	1
OPT	51	61	65	62	43	49	64	53	52	45	53	29
VINCETOXICUM OFFICINALE 1-6 66 DANS 1142 PIXELS												
IND	0	4	13	14	2	5	10	3	8	6	1	1
OPT	51	61	59	62	49	49	64	47	52	45	53	29
IMPATIENS NOLI-TANGERE 3-6 67 DANS 116 PIXELS												
IND	8	25	17	1	20	13	17	11	0	23	5	3
OPT	39	71	70	62	61	49	33	41	52	29	53	29
IMPATIENS NOLI-TANGERE 1-6 68 DANS 322 PIXELS												

IND	13	26	6	1	13	12	23	22	3	24	0	11
OPT	39	71	65	53	61	38	33	35	38	29	53	23
IMPATIENS PARVIFLORA DC 1-6 70 DANS 52 PIXELS												
IND	0	21	31	38	38	11	5	0	34	30	8	30
OPT	39	71	85	75	83	65	40	47	79	16	64	29
IMPATIENS ROYLEI WALPER 3-6 71 DANS 54 PIXELS												
IND	32	32	52	19	48	0	0	3	29	51	9	21
OPT	26	71	81	69	83	70	46	47	79	16	53	23
IMPATIENS ROYLEI WALPER 1-6 72 DANS 95 PIXELS												
IND	30	41	52	19	55	0	9	10	43	49	18	27
OPT	26	71	81	69	83	65	46	47	79	16	64	29
BERBERIS VULGARIS L. 2-6 73 DANS 120 PIXELS												
IND	1	0	44	12	7	14	13	0	17	4	8	0
OPT	39	61	81	69	43	38	64	41	66	45	43	23
BERBERIS VULGARIS L. 1-6 74 DANS 395 PIXELS												
IND	0	12	49	21	7	11	17	0	9	11	7	1
OPT	51	71	81	69	49	44	64	47	59	45	53	23

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES TAXONS ETALONNES

RATIO	C2/C1											
ACER CAMPESTRE L. 2-6 2 DANS 1125 PIXELS												
IND	3	3	1	1	5	9	3	6	6	1	5	0
OPT	43	45	48	53	57	55	52	52	48	48	45	25
ACER CAMPESTRE L. 1-6 3 DANS 2030 PIXELS												
IND	7	10	8	7	13	12	9	9	11	6	12	0
OPT	46	46	49	52	56	52	52	51	49	49	46	25
ACER MONSPESSULANUM L. 2-5 4 DANS 159 PIXELS												
IND	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	1
OPT	47	57	62	53	51	48	53	50	50	57	59	31
ACER MONSPESSULANUM L. 1-5 5 DANS 298 PIXELS												
IND	1	0	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	47	57	62	47	48	47	51	45	45	54	54	29
ACER NEGUNDO L. 1-5 7 DANS 29 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
OPT	23	28	44	36	43	46	59	40	44	49	28	12
ACER OPALUS MILLER 2-5 8 DANS 220 PIXELS												
IND	0	0	0	6	0	0	0	0	3	5	1	4
OPT	50	39	45	43	50	54	60	56	57	56	53	34
ACER OPALUS MILLER 1-5 9 DANS 440 PIXELS												
IND	3	0	0	5	1	2	2	0	9	12	1	1
OPT	50	38	44	40	50	56	62	58	59	59	52	34
ACER OPAL SUBS ITALUM L 2-4 10 DANS 22 PIXELS												
IND	1	0	0	0	0	0	0	0	8	16	14	22
OPT	47	61	57	29	47	51	61	52	66	74	72	41
ACER OPAL SUBS ITALUM L 1-4 11 DANS 49 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	16
OPT	42	46	46	27	48	52	61	51	59	66	64	40
ACER PLATANOIDES L. 2-5 13 DANS 237 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	10	0	0	4	0	1	0
OPT	47	46	49	50	62	65	60	58	60	54	53	22
ACER PLATANOIDES L. 1-5 14 DANS 571 PIXELS												
IND	0	0	4	1	2	10	8	13	7	0	0	0
OPT	51	39	44	45	61	61	64	64	62	50	54	21
ACER PSEUDOPLATANUS L. 3-6 15 DANS 516 PIXELS												
IND	0	0	6	0	0	0	5	12	1	0	3	0
OPT	45	40	38	42	51	55	62	63	56	41	51	18
ACER PSEUDOPLATANUS L. 1-6 16 DANS 1598 PIXELS												
IND	0	7	10	5	4	5	7	11	6	1	4	0
OPT	51	40	40	44	52	58	60	61	57	46	53	21
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 3-5 17 DANS 123 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	36	41	38	42	40	50	53	55	46	44	43	15
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 1-5 18 DANS 392 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	3	6	0	0	6	0
OPT	39	47	44	50	52	53	59	58	51	51	53	34
AMARANTUS ASCENDENS LOI 2-4 25 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
OPT	32	41	53	54	65	58	44	22	16	36	20	29
AMARANTUS ASCENDENS LOI 1-4 26 DANS 50 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	28	31	40	52	46	50	36	26	16	33	22	29
AMAR ASCE VAR. OLERACEU 1-4 28 DANS 26 PIXELS												
IND	1	3	0	0	1	13	0	6	12	0	22	0
OPT	20	25	31	40	47	64	45	23	12	23	10	14
AMARANTUS DEFLEXUS L. 2-6 30 DANS 20 PIXELS												
IND	26	0	0	0	6	38	19	3	0	0	0	4
OPT	11	43	39	25	12	4	9	16	20	46	21	9
AMARANTUS DEFLEXUS L. 1-6 31 DANS 39 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	22	5	10	2	0	0	0
OPT	16	43	40	28	19	8	16	12	20	34	24	10
AMARANTUS HYBRIDUS (L.) 1-5 32 DANS 38 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	31	24	32	36	42	49	36	41	42	39	30	8
AMARANTUS RETROFLEXUS L 1-4 33 DANS 111 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	29	36	44	38	35	41	38	43	37	41	30	8
AMARANTUS SILVESTER (DE 1-2 34 DANS 21 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	20	53	42	49	29	36	22	21	27	41	32	7
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 3-6 35 DANS 57 PIXELS												
IND	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	2
OPT	47	35	36	45	48	51	42	54	45	48	36	34
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 1-6 36 DANS 146 PIXELS												
IND	7	0	0	7	0	0	0	0	3	0	0	3
OPT	47	37	44	43	50	50	44	48	53	50	43	30
RHUS CORIARIA L. 1-5 38 DANS 22 PIXELS												

IND	0	0	14	0	0	7	0	0	10	0	0	0
OPT	49	61	66	36	30	24	31	29	14	37	30	17
VINCA MAJOR L.1-3	42		DANS		27 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	47	55	38	42	38	38	32	26	44	54	23	25
VINCA MINOR L.5-6	43		DANS		66 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	45	42	45	52	57	60	53	50	41	44	43	22
VINCA MINOR L.1-6	44		DANS		282 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	51	46	53	57	52	50	54	51	44	47	49	21
ILEX AQUIFOLIUM L.	2-6		DANS		922 PIXELS							
IND	1	5	1	7	1	0	6	4	0	3	3	3
OPT	49	61	59	61	55	52	56	54	53	59	61	34
ILEX AQUIFOLIUM L.	1-6		DANS		1816 PIXELS							
IND	6	10	6	12	8	0	11	7	6	7	10	5
OPT	51	59	58	59	55	52	57	55	54	57	61	33
HEDERA HELIX L.	4-6		DANS		1217 PIXELS							
IND	3	2	4	4	2	2	4	4	4	1	6	0
OPT	40	45	49	52	48	44	44	45	44	46	43	21
HEDERA HELIX L.	3-6		DANS		2180 PIXELS							
IND	4	7	7	7	7	5	7	6	9	4	9	0
OPT	45	50	50	54	51	46	47	48	46	48	45	23
HEDERA HELIX L.	1-6		DANS		3940 PIXELS							
IND	1	5	7	6	6	4	5	5	6	2	7	0
OPT	48	52	52	54	54	49	50	50	48	49	48	26
ARISTOLOCHIA CLEMATITIS	1-4		DANS		55 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	29	52	45	29	32	35	45	29	33	53	29	14
ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI	1-3		DANS		65 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
OPT	45	52	50	36	42	38	44	39	43	56	48	30
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L.	2-3		DANS		26 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	31	47	49	38	36	37	47	51	34	36	26	12
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L.	1-3		DANS		92 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	28	48	46	36	34	38	42	31	36	44	27	11
ASARUM EUROPAEUM L.	3-6		DANS		54 PIXELS							
IND	6	0	0	0	0	14	20	22	2	0	0	0
OPT	65	30	38	44	67	67	72	75	64	40	50	12
ASARUM EUROPAEUM L.	1-6		DANS		181 PIXELS							
IND	17	0	1	0	7	16	22	19	7	0	0	0
OPT	67	40	44	48	69	67	73	71	61	52	52	20
VINCETOXICUM NIGRUM MOE	1-2		DANS		28 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	26	64	55	37	38	38	45	40	38	39	40	14
VINCETOXICUM OFFICINALE	2-6		DANS		423 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
OPT	50	46	44	42	50	51	49	48	50	49	45	32
VINCETOXICUM OFFICINALE	1-6		DANS		1142 PIXELS							
IND	7	2	0	0	1	5	0	0	5	0	2	5
OPT	50	46	45	44	52	51	51	50	51	51	50	31
IMPATIENS NOLI-TANGERE	3-6		DANS		116 PIXELS							
IND	4	0	0	0	0	0	23	16	16	0	23	0
OPT	66	39	42	51	63	58	75	69	70	47	74	21
IMPATIENS NOLI-TANGERE	1-6		DANS		322 PIXELS							
IND	0	0	0	0	5	13	27	28	25	0	27	0
OPT	63	42	47	52	66	69	75	74	73	56	76	28
IMPATIENS PARVIFLORA DC	1-6		DANS		52 PIXELS							
IND	0	0	0	3	0	0	33	35	0	0	0	15
OPT	33	19	24	24	46	57	80	78	45	27	32	8
IMPATIENS ROYLEI WALPER	3-6		DANS		54 PIXELS							
IND	0	9	0	0	0	0	28	25	4	0	0	7
OPT	25	14	27	33	36	57	80	75	50	25	22	7
IMPATIENS ROYLEI WALPER	1-6		DANS		95 PIXELS							
IND	0	11	1	0	0	0	26	27	3	0	4	26
OPT	26	15	25	29	41	57	77	73	51	27	23	7
BERBERIS VULGARIS L.	2-6		DANS		120 PIXELS							
IND	0	0	18	9	0	0	0	0	3	0	0	0
OPT	43	26	13	16	28	47	52	54	51	50	24	22
BERBERIS VULGARIS L.	1-6		DANS		395 PIXELS							
IND	0	0	22	4	0	0	0	6	1	0	0	0
OPT	47	27	19	25	38	52	54	60	55	51	36	21

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES TAXONS ETALONNES
RATIO BASED C3/(C2+C1)

ACER CAMPESTRE L.	2-6		DANS		1125 PIXELS							
IND	2	0	2	0	0	2	10	9	10	4	4	2
OPT	47	52	51	50	43	45	45	53	47	48	49	28
ACER CAMPESTRE L.	1-6		DANS		2030 PIXELS							
IND	2	4	6	2	1	2	7	8	8	6	5	3
OPT	47	49	51	50	43	48	47	51	47	51	49	28
ACER MONSPESSULANUM L.	2-5		DANS		159 PIXELS							
IND	5	30	44	22	27	22	33	6	28	12	6	0
OPT	53	71	82	70	67	67	73	58	72	67	54	27
ACER MONSPESSULANUM L.	1-5		DANS		298 PIXELS							
IND	11	33	55	26	37	34	45	16	30	25	4	1
OPT	53	71	84	68	70	71	77	63	72	69	52	23
ACER NEGUNDO L.	1-5		DANS		29 PIXELS							
IND	3	5	39	14	38	24	25	29	0	41	4	0
OPT	58	64	75	76	86	77	85	85	64	86	61	27
ACER OPALUS MILLER	2-5		DANS		220 PIXELS							
IND	0	17	34	33	23	14	29	7	12	3	3	3
OPT	47	64	75	70	60	59	70	53	62	59	56	16
ACER OPALUS MILLER	1-5		DANS		440 PIXELS							

IND	0	13	26	29	30	11	25	7	6	7	7	5
OPT	47	61	71	68	60	55	68	48	59	59	59	17
ACER OPAL SUBS ITALUM	L 2-4		10		DANS		22		PIXELS			
IND	0	0	36	23	26	8	42	9	0	0	9	0
OPT	47	69	71	78	69	74	82	63	64	62	67	21
ACER OPAL SUBS ITALUM	L 1-4		11		DANS		49		PIXELS			
IND	0	10	19	26	14	3	37	0	11	4	16	0
OPT	47	71	67	75	63	71	80	63	64	69	67	21
ACER PLATANOIDES L.	2-5		13		DANS		237		PIXELS			
IND	8	9	18	0	0	1	0	0	1	1	29	4
OPT	61	61	58	54	51	53	39	43	44	45	71	34
ACER PLATANOIDES L.	1-5		14		DANS		571		PIXELS			
IND	1	5	17	1	0	1	8	0	12	8	21	7
OPT	58	59	57	54	49	48	37	43	41	41	67	33
ACER PSEUDOPLATANUS L.	3-6		15		DANS		516		PIXELS			
IND	0	0	0	2	3	5	23	11	23	21	30	10
OPT	45	40	45	42	43	45	29	35	32	32	73	34
ACER PSEUDOPLATANUS L.	1-6		16		DANS		1598		PIXELS			
IND	0	0	6	3	6	6	18	11	18	17	15	7
OPT	45	43	43	42	43	42	34	38	35	35	65	33
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 3-5	17		DANS		123		PIXELS					
IND	0	7	0	0	4	2	1	7	11	6	8	7
OPT	33	37	38	39	43	50	34	41	35	35	67	35
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 1-5	18		DANS		392		PIXELS					
IND	0	5	3	7	10	9	14	11	21	7	6	0
OPT	39	40	36	39	43	40	31	41	32	38	63	31
AMARANTUS ASCENDENS LOI 2-4	25		DANS		22		PIXELS					
IND	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	4
OPT	58	49	22	37	24	40	52	65	59	62	52	28
AMARANTUS ASCENDENS LOI 1-4	26		DANS		50		PIXELS					
IND	0	0	0	0	0	0	0	16	0	9	0	0
OPT	53	49	29	37	33	40	47	63	56	62	43	31
AMAR ASCE VAR. OLERACEU 1-4	28		DANS		26		PIXELS					
IND	14	0	11	0	19	15	4	7	4	18	2	0
OPT	53	33	16	29	19	22	37	67	47	64	43	28
AMARANTUS DEFLEXUS L.	2-6		30		DANS		20		PIXELS			
IND	0	0	58	21	32	48	47	35	34	27	1	0
OPT	50	61	83	82	88	91	92	91	85	82	49	30
AMARANTUS DEFLEXUS L.	1-6		31		DANS		39		PIXELS			
IND	0	1	46	1	29	50	52	29	42	24	1	0
OPT	50	59	80	72	84	92	91	87	87	79	49	24
AMARANTUS HYBRIDUS (L.) 1-5	32		DANS		38		PIXELS					
IND	13	0	22	22	32	10	0	0	0	0	0	0
OPT	69	71	67	75	80	71	57	61	62	59	54	38
AMARANTUS RETROFLEXUS L 1-4	33		DANS		111		PIXELS					
IND	0	0	29	12	37	32	10	18	20	18	0	0
OPT	53	61	71	72	82	79	72	73	74	73	56	27
AMARANTUS SILVESTER (DE 1-2	34		DANS		21		PIXELS					
IND	0	1	33	26	36	51	40	6	44	25	16	0
OPT	58	73	80	81	87	90	84	75	86	79	61	24
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 3-6	35		DANS		57		PIXELS					
IND	20	14	57	20	12	22	18	0	20	0	0	28
OPT	22	64	87	66	60	65	73	56	72	51	43	9
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 1-6	36		DANS		146		PIXELS					
IND	21	24	57	25	27	17	35	9	28	0	0	7
OPT	30	66	86	70	69	71	78	58	74	57	52	14
RHUS CORIARIA L.	1-5		38		DANS		22		PIXELS			
IND	7	0	47	19	25	40	46	18	15	15	0	0
OPT	50	49	88	73	84	81	91	76	76	73	43	18
VINCA MAJOR L.1-3	42		DANS		27		PIXELS					
IND	0	3	52	30	0	32	27	6	38	25	0	10
OPT	50	73	84	82	69	78	83	76	86	77	52	14
VINCA MINOR L.5-6	43		DANS		66		PIXELS					
IND	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPT	39	43	40	39	40	37	39	56	41	41	49	33
VINCA MINOR L.1-6	44		DANS		282		PIXELS					
IND	3	5	1	12	6	4	4	0	9	5	1	0
OPT	42	37	43	37	38	40	39	48	41	41	52	28
ILEX AQUIFOLIUM L.	2-6		45		DANS		922		PIXELS			
IND	0	5	0	0	11	7	13	17	9	5	2	4
OPT	50	59	45	50	45	42	37	38	41	41	46	31
ILEX AQUIFOLIUM L.	1-6		46		DANS		1816		PIXELS			
IND	2	6	2	1	11	8	13	15	10	6	1	8
OPT	50	56	47	47	45	42	39	41	41	45	46	31
HEDERA HELIX L.	4-6		47		DANS		1217		PIXELS			
IND	3	4	0	1	0	0	3	8	4	5	6	4
OPT	47	52	49	47	47	55	50	56	50	54	43	30
HEDERA HELIX L.	3-6		48		DANS		2180		PIXELS			
IND	2	4	0	3	0	0	5	7	5	3	4	6
OPT	47	52	49	45	43	50	47	53	50	51	43	30
HEDERA HELIX L.	1-6		49		DANS		3940		PIXELS			
IND	3	4	0	1	0	0	5	5	3	2	2	6
OPT	47	52	49	47	45	48	47	53	50	51	46	30
ARISTOLOCHIA CLEMATITIS 1-4	52		DANS		55		PIXELS					
IND	3	0	49	20	37	41	50	24	30	44	0	5
OPT	50	59	78	76	85	87	88	82	81	88	56	18
ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI 1-3	55		DANS		65		PIXELS					
IND	0	2	52	18	33	36	38	15	36	31	9	0
OPT	47	61	84	76	79	81	87	69	77	77	63	20
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 2-3	56		DANS		26		PIXELS					
IND	0	0	25	13	19	31	41	13	29	31	0	0
OPT	42	49	83	75	82	86	88	82	82	82	49	12
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 1-3	57		DANS		92		PIXELS					
IND	0	0	51	31	44	48	52	38	40	38	13	8
OPT	45	52	86	78	84	86	90	84	85	83	63	14
ASARUM EUROPAEUM L.	3-6		58		DANS		54		PIXELS			

IND	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	5	0
OPT	50	49	53	47	43	42	29	26	38	38	56	37
ASARUM EUROPAEUM L. 1-6 59 DANS 181 PIXELS												
IND	0	0	8	0	0	3	11	0	4	4	23	0
OPT	53	46	51	42	35	37	29	35	38	41	65	28
VINCETOXICUM NIGRUM MOE 1-2 64 DANS 28 PIXELS												
IND	0	0	45	35	27	32	52	30	45	23	1	0
OPT	58	56	89	85	83	88	94	85	88	83	63	24
VINCETOXICUM OFFICINALE 2-6 65 DANS 423 PIXELS												
IND	0	6	15	5	0	0	1	4	1	9	0	0
OPT	47	52	55	59	49	50	55	56	50	54	46	18
VINCETOXICUM OFFICINALE 1-6 66 DANS 1142 PIXELS												
IND	0	6	18	10	0	0	3	2	4	10	2	0
OPT	47	56	58	59	53	55	59	53	56	57	49	23
IMPATIENS NOLI-TANGERE 3-6 67 DANS 116 PIXELS												
IND	0	0	6	0	6	0	7	12	13	17	25	0
OPT	61	59	57	54	47	45	29	26	32	29	76	34
IMPATIENS NOLI-TANGERE 1-6 68 DANS 322 PIXELS												
IND	1	1	10	4	8	1	19	23	24	24	26	1
OPT	58	59	53	54	47	42	26	23	32	29	73	34
IMPATIENS PARVIFLORA DC 1-6 70 DANS 52 PIXELS												
IND	30	0	36	0	34	28	3	0	0	0	13	0
OPT	73	71	70	72	75	69	45	51	50	38	65	33
IMPATIENS ROYLEI WALPER 3-6 71 DANS 54 PIXELS												
IND	34	12	37	38	40	33	4	0	0	7	11	8
OPT	73	66	72	83	81	71	47	41	44	38	63	35
IMPATIENS ROYLEI WALPER 1-6 72 DANS 95 PIXELS												
IND	24	12	43	32	47	42	7	0	7	8	29	23
OPT	73	66	71	79	80	71	50	46	50	38	65	35
BERBERIS VULGARIS L. 2-6 73 DANS 120 PIXELS												
IND	2	0	7	0	21	13	22	0	18	5	7	0
OPT	61	43	53	62	65	61	70	61	69	64	61	27
BERBERIS VULGARIS L. 1-6 74 DANS 395 PIXELS												
IND	0	0	12	9	21	11	16	3	9	7	3	0
OPT	53	40	53	62	63	61	64	56	62	59	59	24

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES TAXONS ETALONNES

SAVI	(1,5)X(C2-C1)/(C2+C1+0,5)											
ACER CAMPESTRE L. 2-6 2 DANS 1125 PIXELS												
IND	7	7	4	3	9	14	7	9	11	5	11	0
OPT	44	45	48	53	58	57	53	52	49	47	44	25
ACER CAMPESTRE L. 1-6 3 DANS 2030 PIXELS												
IND	6	9	7	6	10	11	8	9	10	4	11	4
OPT	46	45	50	53	56	54	53	52	49	49	46	25
ACER MONSPESSULANUM L. 2-5 4 DANS 159 PIXELS												
IND	5	6	14	7	2	4	0	5	0	3	0	4
OPT	48	57	63	53	52	51	53	49	51	58	59	31
ACER MONSPESSULANUM L. 1-5 5 DANS 298 PIXELS												
IND	12	8	17	13	7	10	0	7	0	3	2	6
OPT	48	57	61	47	48	48	53	46	46	56	55	30
ACER NEGUNDO L. 1-5 7 DANS 29 PIXELS												
IND	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	13
OPT	24	28	44	37	44	46	59	40	44	49	28	12
ACER OPALUS MILLER 2-5 8 DANS 220 PIXELS												
IND	5	5	3	16	13	10	0	1	9	11	7	13
OPT	52	40	44	44	50	57	59	58	55	58	53	34
ACER OPALUS MILLER 1-5 9 DANS 440 PIXELS												
IND	9	3	2	16	11	9	4	4	12	16	9	17
OPT	52	38	44	40	50	57	62	60	60	60	53	34
ACER OPAL SUBS ITALUM L 2-4 10 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	0	7	6	0	0	1	0	10	4	0
OPT	46	59	59	31	48	51	62	52	65	74	72	41
ACER OPAL SUBS ITALUM L 1-4 11 DANS 49 PIXELS												
IND	14	0	0	7	3	1	0	2	0	4	0	1
OPT	42	45	46	29	48	54	62	52	60	66	64	40
ACER PLATANOIDES L. 2-5 13 DANS 237 PIXELS												
IND	0	1	5	2	7	17	1	5	10	0	6	1
OPT	46	45	50	51	62	67	62	58	62	54	53	22
ACER PLATANOIDES L. 1-5 14 DANS 571 PIXELS												
IND	0	8	10	10	8	15	11	16	11	0	5	0
OPT	52	40	44	47	62	62	65	66	64	51	55	21
ACER PSEUDOPLATANUS L. 3-6 15 DANS 516 PIXELS												
IND	0	9	15	7	0	3	10	14	6	7	10	5
OPT	46	40	38	42	52	57	65	63	58	42	52	18
ACER PSEUDOPLATANUS L. 1-6 16 DANS 1598 PIXELS												
IND	0	11	12	6	5	6	7	11	6	3	4	0
OPT	52	40	42	44	54	59	62	63	58	47	53	21
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 3-5 17 DANS 123 PIXELS												
IND	0	7	6	0	0	0	4	1	1	0	8	3
OPT	37	42	38	42	40	51	53	55	46	42	44	15
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 1-5 18 DANS 392 PIXELS												
IND	0	3	4	2	0	7	5	10	6	1	13	0
OPT	40	47	44	51	52	54	59	58	53	51	53	34
AMARANTUS ASCENDENS LOI 2-4 25 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	5	0	16	0	0	0	0
OPT	31	40	53	53	64	59	43	22	17	36	19	29
AMARANTUS ASCENDENS LOI 1-4 26 DANS 50 PIXELS												
IND	16	6	0	0	0	0	0	19	19	0	7	0
OPT	27	31	40	51	48	51	40	28	17	33	22	28
AMAR ASC E VAR. OLERACEU 1-4 28 DANS 26 PIXELS												
IND	12	12	3	9	12	16	0	19	35	5	36	0
OPT	20	25	32	40	48	64	47	25	11	22	10	14
AMARANTUS DEFLEXUS L. 2-6 30 DANS 20 PIXELS												
IND	31	0	0	18	25	53	35	26	7	0	6	28
OPT	13	43	40	24	11	5	10	15	21	45	22	9
AMARANTUS DEFLEXUS L. 1-6 31 DANS 39 PIXELS												

IND	18	0	0	8	15	36	20	33	12	0	10	19
OPT	16	43	40	29	19	9	17	13	21	33	24	10
AMARANTUS HYBRIDUS (L.) 1-5 32 DANS 38 PIXELS												
IND	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	23
OPT	33	24	32	37	42	48	40	40	42	38	28	8
AMARANTUS RETROFLEXUS L 1-4 33 DANS 111 PIXELS												
IND	9	3	0	0	5	0	0	0	0	0	12	32
OPT	29	34	44	39	36	43	40	43	37	42	30	9
AMARANTUS SILVESTER (DE 1-2 34 DANS 21 PIXELS												
IND	9	0	2	0	0	0	2	1	0	0	4	25
OPT	20	53	42	49	29	37	22	22	27	42	32	7
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 3-6 35 DANS 57 PIXELS												
IND	5	11	0	20	4	0	0	5	0	0	0	11
OPT	48	34	36	47	48	51	43	55	46	49	37	34
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 1-6 36 DANS 146 PIXELS												
IND	11	15	0	24	7	3	0	0	10	0	1	10
OPT	48	36	44	42	52	51	47	49	53	51	44	31
RHUS CORIARIA L. 1-5 38 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	18	12	0	24	0	4	17	5	0	0
OPT	50	59	67	37	31	26	34	30	15	36	30	17
VINCA MAJOR L.1-3 42 DANS 27 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
OPT	46	55	38	42	40	40	37	28	44	54	24	24
VINCA MINOR L.5-6 43 DANS 66 PIXELS												
IND	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	44	42	44	53	56	59	53	52	42	45	44	22
VINCA MINOR L.1-6 44 DANS 282 PIXELS												
IND	0	3	2	4	0	3	7	6	5	3	12	1
OPT	52	45	53	59	52	51	56	52	46	47	50	21
ILEX AQUIFOLIUM L. 2-6 45 DANS 922 PIXELS												
IND	4	6	3	11	5	0	9	8	0	6	4	9
OPT	50	61	59	61	56	54	56	55	53	60	61	34
ILEX AQUIFOLIUM L. 1-6 46 DANS 1816 PIXELS												
IND	5	8	5	10	6	0	8	5	4	5	6	8
OPT	52	59	59	59	56	54	56	55	55	58	61	33
HEDERA HELIX L. 4-6 47 DANS 1217 PIXELS												
IND	8	6	8	7	7	7	9	8	10	5	12	9
OPT	40	45	48	53	48	46	43	46	44	47	42	21
HEDERA HELIX L. 3-6 48 DANS 2180 PIXELS												
IND	4	7	8	7	6	6	8	7	9	5	10	5
OPT	46	49	50	55	52	48	47	49	46	47	46	23
HEDERA HELIX L. 1-6 49 DANS 3940 PIXELS												
IND	2	5	8	7	7	5	6	6	7	3	8	1
OPT	50	51	53	55	54	51	50	49	49	49	48	26
ARISTOLOCHIA CLEMATITIS 1-4 52 DANS 55 PIXELS												
IND	1	0	6	5	3	0	0	0	0	0	8	13
OPT	29	53	46	31	33	37	47	30	35	54	28	14
ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI 1-3 55 DANS 65 PIXELS												
IND	0	0	9	6	0	10	0	0	0	7	0	0
OPT	44	51	50	37	42	40	47	40	44	56	48	30
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 2-3 56 DANS 26 PIXELS												
IND	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	14
OPT	33	47	50	39	36	37	47	52	35	38	27	12
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 1-3 57 DANS 92 PIXELS												
IND	0	0	2	11	8	5	0	0	1	0	13	22
OPT	29	49	46	37	36	37	43	33	37	45	28	12
ASARUM EUROPAEUM L. 3-6 58 DANS 54 PIXELS												
IND	0	8	0	0	0	0	14	11	0	0	0	5
OPT	66	30	40	44	66	67	73	76	64	42	50	12
ASARUM EUROPAEUM L. 1-6 59 DANS 181 PIXELS												
IND	22	3	11	7	14	19	25	20	10	0	4	0
OPT	68	40	44	49	70	67	73	72	62	54	53	20
VINCETOXICUM NIGRUM MOE 1-2 64 DANS 28 PIXELS												
IND	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
OPT	25	65	55	37	38	40	47	40	39	38	41	14
VINCETOXICUM OFFICINALE 2-6 65 DANS 423 PIXELS												
IND	10	6	1	3	2	9	0	6	10	5	5	6
OPT	50	45	44	42	50	51	50	49	51	49	46	32
VINCETOXICUM OFFICINALE 1-6 66 DANS 1142 PIXELS												
IND	11	7	2	2	6	9	0	3	8	3	6	12
OPT	50	47	46	44	52	51	53	52	51	51	50	31
IMPATIENS NOLI-TANGERE 3-6 67 DANS 116 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	31	18	20	0	13	0
OPT	66	38	44	51	64	59	75	70	70	47	74	21
IMPATIENS NOLI-TANGERE 1-6 68 DANS 322 PIXELS												
IND	0	1	1	0	5	16	33	34	26	0	28	0
OPT	64	42	46	53	66	69	75	74	73	56	77	28
IMPATIENS PARVIFLORA DC 1-6 70 DANS 52 PIXELS												
IND	0	27	20	19	4	0	30	32	0	0	5	38
OPT	33	18	26	25	48	59	80	78	46	27	32	8
IMPATIENS ROYLEI WALPER 3-6 71 DANS 54 PIXELS												
IND	14	43	9	0	13	5	24	26	11	0	22	43
OPT	25	13	28	33	38	57	80	76	49	27	22	7
IMPATIENS ROYLEI WALPER 1-6 72 DANS 95 PIXELS												
IND	19	42	30	13	10	13	28	29	9	3	26	54
OPT	25	15	26	29	42	57	79	74	51	29	24	7
BERBERIS VULGARIS L. 2-6 73 DANS 120 PIXELS												
IND	0	0	40	29	9	7	0	7	10	0	24	7
OPT	42	25	14	16	29	48	53	55	51	49	25	21
BERBERIS VULGARIS L. 1-6 74 DANS 395 PIXELS												
IND	0	12	37	21	2	3	0	9	8	0	15	18
OPT	48	28	20	25	40	54	56	60	55	51	35	21

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES TAXONS ETALONNES

STRESS RELATED (C2x1)/C4												
ACER CAMPESTRE L.	2-6		2 DANS		1125 PIXELS							
IND	0	7	7	6	8	4	6	5	10	4	10	4
OPT	47	50	46	53	57	57	58	57	57	52	44	24
ACER CAMPESTRE L.	1-6		3 DANS		2030 PIXELS							
IND	4	11	8	11	11	6	8	9	10	6	9	4
OPT	47	51	47	53	57	57	57	57	56	52	46	25
ACER MONSPESSULANUM L.	2-5		4 DANS		159 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
OPT	52	49	35	39	49	50	42	40	41	45	53	31
ACER MONSPESSULANUM L.	1-5		5 DANS		298 PIXELS							
IND	8	0	0	0	0	1	5	7	0	2	0	5
OPT	53	49	35	41	45	46	37	39	42	43	54	33
ACER NEGUNDO L.	1-5		7 DANS		29 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
OPT	53	60	50	52	60	54	46	51	62	38	58	38
ACER OPALUS MILLER	2-5		8 DANS		220 PIXELS							
IND	0	0	0	4	0	0	8	3	0	0	0	0
OPT	48	49	39	32	44	42	33	34	35	39	47	36
ACER OPALUS MILLER	1-5		9 DANS		440 PIXELS							
IND	0	0	4	9	4	0	18	7	4	5	0	0
OPT	48	47	41	35	44	41	32	34	36	39	48	34
ACER OPAL SUBS ITALUM L	2-4		10 DANS		22 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	54	33	35	34	52	42	33	48	39	38	30	22
ACER OPAL SUBS ITALUM L	1-4		11 DANS		49 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	1	0	2	5	0	0
OPT	48	47	42	46	53	46	31	46	40	34	37	26
ACER PLATANOIDES L.	2-5		13 DANS		237 PIXELS							
IND	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	18	6
OPT	33	39	35	45	43	45	48	51	42	42	24	15
ACER PLATANOIDES L.	1-5		14 DANS		571 PIXELS							
IND	0	0	10	4	1	0	0	0	1	0	21	9
OPT	33	43	40	48	47	47	49	51	43	50	27	17
ACER PSEUDOPLATANUS L.	3-6		15 DANS		516 PIXELS							
IND	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4	24	13
OPT	37	46	46	56	53	51	48	56	56	57	23	14
ACER PSEUDOPLATANUS L.	1-6		16 DANS		1598 PIXELS							
IND	0	0	2	4	0	0	0	1	0	3	19	17
OPT	38	47	47	54	52	50	48	54	53	54	29	16
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO	3-5		17 DANS		123 PIXELS							
IND	0	0	0	6	0	0	0	0	5	0	0	0
OPT	52	50	48	67	63	57	62	63	70	61	33	17
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO	1-5		18 DANS		392 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0	13	0
OPT	50	47	51	60	55	62	55	63	66	55	30	18
AMARANTUS ASCENDENS LOI	2-4		25 DANS		22 PIXELS							
IND	0	0	17	9	13	0	0	0	0	0	0	8
OPT	32	51	82	67	81	57	65	51	71	55	48	36
AMARANTUS ASCENDENS LOI	1-4		26 DANS		50 PIXELS							
IND	0	0	11	6	10	0	0	0	0	0	0	0
OPT	34	51	74	69	78	57	71	58	72	66	54	27
AMAR ASCE VAR. OLERACEU	1-4		28 DANS		26 PIXELS							
IND	0	1	37	35	20	0	5	0	10	0	0	0
OPT	33	57	90	87	87	73	78	59	79	68	44	27
AMARANTUS DEFLEXUS L.	2-6		30 DANS		20 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0
OPT	55	49	50	34	49	39	40	30	40	29	73	36
AMARANTUS DEFLEXUS L.	1-6		31 DANS		39 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	31
OPT	57	49	57	46	46	37	34	31	37	34	68	44
AMARANTUS HYBRIDUS (L.)	1-5		32 DANS		38 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	39	43	42	53	48	50	47	49	51	55	53	15
AMARANTUS RETROFLEXUS L	1-4		33 DANS		111 PIXELS							
IND	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
OPT	57	54	52	56	53	49	48	42	46	44	63	31
AMARANTUS SILVESTER (DE	1-2		34 DANS		21 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	53	47	43	50	55	48	48	42	45	48	55	26
COTINUS COCCYGIA (BAUHI	3-6		35 DANS		57 PIXELS							
IND	43	0	5	8	0	0	0	0	0	0	17	37
OPT	80	51	42	29	48	33	28	36	30	48	73	44
COTINUS COCCYGIA (BAUHI	1-6		36 DANS		146 PIXELS							
IND	22	0	0	6	0	0	18	0	0	0	0	28
OPT	72	50	38	31	44	33	24	33	28	43	61	42
RHUS CORIARIA L.	1-5		38 DANS		22 PIXELS							
IND	21	14	0	0	0	0	0	0	0	0	39	28
OPT	70	67	41	44	41	45	21	38	55	53	83	44
VINCA MAJOR L.1-3	42 DANS		27 PIXELS									
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	36
OPT	60	51	44	23	44	32	32	28	31	39	71	44
VINCA MINOR L.5-6	43 DANS		66 PIXELS									
IND	0	0	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0
OPT	50	56	51	66	66	66	67	57	61	61	48	20
VINCA MINOR L.1-6	44 DANS		282 PIXELS									
IND	0	6	0	1	6	0	1	0	3	0	0	0
OPT	48	56	51	61	64	63	63	61	63	58	44	22
ILEX AQUIFOLIUM L.	2-6		45 DANS		922 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	4
OPT	47	42	50	38	51	51	58	54	54	53	46	24
ILEX AQUIFOLIUM L.	1-6		46 DANS		1816 PIXELS							
IND	6	5	2	0	0	4	4	3	0	0	0	8
OPT	44	42	47	43	51	52	56	53	52	51	44	24
HEDERA HELIX L.	4-6		47 DANS		1217 PIXELS							

IND	4	6	5	5	9	4	6	0	5	3	4	4
OPT	51	51	54	56	60	54	58	54	56	55	55	27
HEDERA HELIX L. 3-6 48 DANS 2180 PIXELS												
IND	6	7	5	7	10	5	7	5	8	5	5	5
OPT	48	50	51	54	58	55	57	57	56	54	53	26
HEDERA HELIX L. 1-6 49 DANS 3940 PIXELS												
IND	4	6	3	4	5	4	6	5	5	2	4	4
OPT	46	47	48	51	55	54	56	56	54	51	48	26
ARISTOLOCHIA CLEMATITIS 1-4 52 DANS 55 PIXELS												
IND	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	35
OPT	62	55	54	56	51	45	41	40	45	34	61	45
ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI 1-3 55 DANS 65 PIXELS												
IND	9	9	0	0	0	0	11	2	4	0	0	35
OPT	66	66	40	38	43	34	26	33	31	36	54	42
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 2-3 56 DANS 26 PIXELS												
IND	18	16	0	0	0	0	6	4	0	0	19	55
OPT	71	79	49	46	41	44	28	26	37	44	77	48
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 1-3 57 DANS 92 PIXELS												
IND	15	0	0	0	0	0	10	0	0	0	4	50
OPT	69	71	46	40	40	37	26	31	36	34	65	46
ASARUM EUROPAEUM L. 3-6 58 DANS 54 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	27	36	46	48	40	50	43	49	46	53	34	16
ASARUM EUROPAEUM L. 1-6 59 DANS 181 PIXELS												
IND	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
OPT	25	36	43	51	52	53	52	58	52	42	30	17
VINCETOXICUM NIGRUM MOE 1-2 64 DANS 28 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	31	11	0	0	0	11
OPT	51	53	24	22	28	28	14	22	31	29	57	39
VINCETOXICUM OFFICINALE 2-6 65 DANS 423 PIXELS												
IND	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	44	46	44	44	50	52	48	51	49	49	53	29
VINCETOXICUM OFFICINALE 1-6 66 DANS 1142 PIXELS												
IND	0	1	8	11	5	1	6	3	3	6	1	0
OPT	47	47	44	43	49	49	43	46	46	45	51	29
IMPATIENS NOLI-TANGERE 3-6 67 DANS 116 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0
OPT	27	36	33	34	34	37	37	46	35	47	17	15
IMPATIENS NOLI-TANGERE 1-6 68 DANS 322 PIXELS												
IND	9	0	0	2	5	0	0	0	3	0	28	8
OPT	26	32	34	34	32	38	37	48	36	47	20	14
IMPATIENS PARVIFLORA DC 1-6 70 DANS 52 PIXELS												
IND	2	0	0	0	0	0	8	0	0	0	4	0
OPT	19	36	31	54	45	31	25	33	47	50	27	22
IMPATIENS ROYLEI WALPER 3-6 71 DANS 54 PIXELS												
IND	21	0	0	0	0	0	13	0	6	0	0	5
OPT	19	44	36	53	52	41	23	49	54	55	33	18
IMPATIENS ROYLEI WALPER 1-6 72 DANS 95 PIXELS												
IND	10	0	0	4	0	0	18	0	3	0	0	9
OPT	20	49	36	54	48	42	22	45	46	55	31	18
BERBERIS VULGARIS L. 2-6 73 DANS 120 PIXELS												
IND	2	0	3	1	0	0	3	0	1	0	0	0
OPT	19	56	57	49	47	42	28	34	38	44	57	17
BERBERIS VULGARIS L. 1-6 74 DANS 395 PIXELS												
IND	0	0	2	4	5	3	9	4	5	0	0	0
OPT	27	60	54	48	44	40	32	37	41	44	53	22

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES TAXONS ETALONNES

(C1-C5)/(C1+C5)

ACER CAMPESTRE L. 2-6 2 DANS 1125 PIXELS												
IND	0	5	3	2	2	2	1	3	6	0	3	0
OPT	46	43	49	48	48	49	45	47	44	46	49	25
ACER CAMPESTRE L. 1-6 3 DANS 2030 PIXELS												
IND	3	15	10	10	9	8	7	10	11	6	12	3
OPT	46	43	50	48	48	48	45	46	45	47	48	25
ACER MONSPESSULANUM L. 2-5 4 DANS 159 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	39	57	66	57	54	52	59	55	55	60	54	26
ACER MONSPESSULANUM L. 1-5 5 DANS 298 PIXELS												
IND	0	0	3	0	0	1	4	0	0	3	0	0
OPT	39	56	66	53	54	53	62	55	51	61	51	24
ACER NEGUNDO L. 1-5 7 DANS 29 PIXELS												
IND	0	2	0	0	0	0	11	0	0	0	0	12
OPT	34	31	47	42	35	44	61	58	44	65	38	15
ACER OPALUS MILLER 2-5 8 DANS 220 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	4	8	1	3	2	0	0
OPT	39	43	57	54	53	59	64	62	61	61	52	21
ACER OPALUS MILLER 1-5 9 DANS 440 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	2	13	0	5	3	0	0
OPT	40	42	51	51	53	60	65	62	62	61	52	21
ACER OPAL SUBS ITALUM L 2-4 10 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	11	0	0	7	8	0	0
OPT	36	70	62	52	57	65	65	57	68	69	75	33
ACER OPAL SUBS ITALUM L 1-4 11 DANS 49 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4	0	0
OPT	35	44	50	42	51	58	64	56	66	68	68	30
ACER PLATANOIDES L. 2-5 13 DANS 237 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
OPT	59	50	57	51	60	58	54	54	55	52	67	28
ACER PLATANOIDES L. 1-5 14 DANS 571 PIXELS												
IND	0	0	1	0	0	4	0	3	0	0	0	0
OPT	59	45	52	48	57	57	55	57	56	47	64	26
ACER PSEUDOPLATANUS L. 3-6 15 DANS 516 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	54	43	44	39	46	49	53	51	46	37	66	25
ACER PSEUDOPLATANUS L. 1-6 16 DANS 1598 PIXELS												

IND	0	1	5	6	0	0	0	0	0	1	5	0
OPT	53	41	45	41	49	53	52	52	48	42	64	28
ADOXA MOSCHATELLINA (TO 3-5) 17 DANS 123 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	40	42	44	30	36	45	42	42	32	34	60	29
ADOXA MOSCHATELLINA (TO 1-5) 18 DANS 392 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	42	45	44	40	47	43	46	44	39	41	64	34
AMARANTUS ASCENDENS LOI 2-4 25 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	53	36	26	40	40	51	38	29	30	36	35	25
AMARANTUS ASCENDENS LOI 1-4 26 DANS 50 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	48	35	26	36	32	46	30	31	19	30	28	26
AMAR ASCE VAR. OLERACEU 1-4 28 DANS 26 PIXELS												
IND	0	0	22	12	0	0	0	0	0	0	6	0
OPT	45	31	9	22	22	34	25	29	15	24	33	19
AMARANTUS DEFLEXUS L. 2-6 30 DANS 20 PIXELS												
IND	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
OPT	19	45	52	60	31	33	45	53	45	61	29	7
AMARANTUS DEFLEXUS L. 1-6 31 DANS 39 PIXELS												
IND	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
OPT	23	37	40	43	38	38	50	46	48	53	29	8
AMARANTUS HYBRIDUS (L.) 1-5 32 DANS 38 PIXELS												
IND	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0
OPT	49	39	47	41	51	51	47	40	41	47	35	19
AMARANTUS RETROFLEXUS L 1-4 33 DANS 111 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
OPT	37	37	51	43	47	49	50	51	44	52	34	16
AMARANTUS SILVESTER (DE 1-2) 34 DANS 21 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	30	43	60	45	40	49	40	46	42	53	34	22
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 3-6) 35 DANS 57 PIXELS												
IND	12	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	4
OPT	20	36	47	57	53	58	64	58	60	51	30	15
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 1-6) 36 DANS 146 PIXELS												
IND	13	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	9
OPT	25	42	50	56	53	60	63	61	65	58	36	15
RHUS CORIARIA L. 1-5 38 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	16	25
OPT	32	60	65	48	55	45	68	42	40	53	17	9
VINCA MAJOR L. 1-3 42 DANS 27 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	5	7	0	0	0	3	14
OPT	34	43	44	62	49	64	61	52	68	56	27	11
VINCA MINOR L. 5-6 43 DANS 66 PIXELS												
IND	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	46	35	45	38	40	39	41	48	40	37	43	28
VINCA MINOR L. 1-6 44 DANS 282 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	48	42	48	43	40	42	41	43	38	42	50	27
ILEX AQUIFOLIUM L. 2-6 45 DANS 922 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	49	60	53	60	50	50	47	47	50	52	58	34
ILEX AQUIFOLIUM L. 1-6 46 DANS 1816 PIXELS												
IND	2	5	2	3	0	3	5	3	1	3	0	5
OPT	50	58	54	58	51	49	48	48	51	52	58	34
HEDERA HELIX L. 4-6 47 DANS 1217 PIXELS												
IND	0	7	4	4	5	4	5	0	3	1	3	0
OPT	41	43	44	47	44	45	41	43	44	45	41	25
HEDERA HELIX L. 3-6 48 DANS 2180 PIXELS												
IND	7	10	8	7	7	7	8	7	9	6	8	1
OPT	45	47	49	49	46	45	43	45	44	46	45	25
HEDERA HELIX L. 1-6 49 DANS 3940 PIXELS												
IND	0	6	6	5	3	3	5	5	5	2	5	2
OPT	48	50	51	51	49	48	46	45	46	48	48	27
ARISTOLOCHIA CLEMATITIS 1-4 52 DANS 55 PIXELS												
IND	11	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	29
OPT	23	42	47	38	46	51	60	48	50	65	38	8
ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI 1-3 55 DANS 65 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	0	3
OPT	30	44	59	51	55	61	69	56	61	64	47	16
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 2-3 56 DANS 26 PIXELS												
IND	25	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	22
OPT	18	26	47	46	49	54	60	65	52	49	25	6
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 1-3 57 DANS 92 PIXELS												
IND	17	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	32
OPT	19	35	48	44	49	55	66	56	55	56	30	7
ASARUM EUROPÆUM L. 3-6 58 DANS 54 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
OPT	57	44	51	40	63	61	64	67	57	44	59	25
ASARUM EUROPÆUM L. 1-6 59 DANS 181 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	68	46	50	45	59	59	59	57	52	52	62	24
VINCETOXICUM NIGRUM MOE 1-2 64 DANS 28 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	17	0	0	2	0	26
OPT	39	66	73	59	58	62	75	63	67	63	41	9
VINCETOXICUM OFFICINALE 2-6 65 DANS 423 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	47	48	46	48	48	50	52	52	50	50	43	25
VINCETOXICUM OFFICINALE 1-6 66 DANS 1142 PIXELS												
IND	0	0	1	2	4	5	2	2	4	3	0	0
OPT	46	45	49	50	52	53	54	53	54	52	49	24
IMPATIENS NOLI-TANGERE 3-6 67 DANS 116 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	16	0	7	0	5	0
OPT	71	48	58	57	66	60	70	62	67	47	79	30
IMPATIENS NOLI-TANGERE 1-6 68 DANS 322 PIXELS												

IND	0	0	0	0	6	2	14	3	10	0	16	0
OPT	68	53	59	57	70	63	68	63	68	52	79	35
IMPATIENS PARVIFLORA DC 1-6 70 DANS 52 PIXELS												
IND	8	0	0	4	0	6	22	18	0	0	0	0
OPT	70	39	49	34	53	67	79	75	44	42	52	20
IMPATIENS ROYLEI WALPER 3-6 71 DANS 54 PIXELS												
IND	0	8	0	3	0	4	26	13	0	0	0	6
OPT	60	28	52	39	45	60	80	67	46	36	45	19
IMPATIENS ROYLEI WALPER 1-6 72 DANS 95 PIXELS												
IND	0	11	0	3	0	3	23	18	1	0	0	12
OPT	60	27	50	37	51	60	80	68	48	35	46	19
BERBERIS VULGARIS L. 2-6 73 DANS 120 PIXELS												
IND	0	0	4	0	0	0	1	11	0	0	4	0
OPT	60	28	26	31	36	54	63	63	55	55	31	22
BERBERIS VULGARIS L. 1-6 74 DANS 395 PIXELS												
IND	0	6	9	0	0	1	3	9	0	0	0	0
OPT	56	26	31	36	46	60	62	63	56	54	39	22

**PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES TAXONS ETALONNES
(C5-C2)/(C5+C2)**

ACER CAMPESTRE L. 2-6 2 DANS 1125 PIXELS												
IND	0	0	0	0	3	7	7	2	6	1	0	0
OPT	48	50	51	44	37	40	40	43	45	48	56	31
ACER CAMPESTRE L. 1-6 3 DANS 2030 PIXELS												
IND	6	9	3	7	10	9	12	7	11	8	5	0
OPT	48	50	50	43	39	42	41	44	45	48	53	29
ACER MONSPESSULANUM L. 2-5 4 DANS 159 PIXELS												
IND	0	0	0	0	7	4	0	0	3	0	0	0
OPT	41	50	62	65	57	58	61	56	67	56	43	20
ACER MONSPESSULANUM L. 1-5 5 DANS 298 PIXELS												
IND	0	0	2	4	13	14	7	5	12	0	0	0
OPT	40	51	63	64	62	61	67	62	70	59	43	18
ACER NEGUNDO L. 1-5 7 DANS 29 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0
OPT	46	52	58	60	65	56	62	66	57	78	61	22
ACER OPALUS MILLER 2-5 8 DANS 220 PIXELS												
IND	0	0	10	9	5	0	0	0	0	0	0	7
OPT	41	56	68	72	56	54	62	61	57	58	46	10
ACER OPALUS MILLER 1-5 9 DANS 440 PIXELS												
IND	0	0	19	17	9	4	0	0	0	0	0	2
OPT	39	53	67	72	57	53	58	54	52	60	47	12
ACER OPAL SUBS ITALUM L 2-4 10 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	2	8	0	0	2	0	0	0	0	0
OPT	41	53	70	73	55	68	67	53	47	54	53	17
ACER OPAL SUBS ITALUM L 1-4 11 DANS 49 PIXELS												
IND	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	40	51	70	70	55	63	64	52	46	57	52	17
ACER PLATANOIDES L. 2-5 13 DANS 237 PIXELS												
IND	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	10	1
OPT	64	61	67	55	49	42	40	42	43	53	74	37
ACER PLATANOIDES L. 1-5 14 DANS 571 PIXELS												
IND	0	0	6	0	2	0	3	0	2	0	8	0
OPT	59	61	65	56	47	44	37	37	41	51	70	37
ACER PSEUDOPLATANUS L. 3-6 15 DANS 516 PIXELS												
IND	0	0	0	0	1	0	1	4	0	0	24	6
OPT	50	58	58	44	47	47	37	33	36	46	77	40
ACER PSEUDOPLATANUS L. 1-6 16 DANS 1598 PIXELS												
IND	0	0	2	0	4	5	9	12	10	3	18	0
OPT	48	54	56	46	45	45	38	35	37	46	69	37
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 3-5 17 DANS 123 PIXELS												
IND	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5	7
OPT	40	49	54	33	41	46	37	35	35	44	76	42
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 1-5 18 DANS 392 PIXELS												
IND	0	0	0	0	2	0	3	0	6	0	1	0
OPT	45	50	47	37	39	40	36	33	34	42	66	32
AMARANTUS ASCENDENS LOI 2-4 25 DANS 22 PIXELS												
IND	6	0	23	0	0	0	0	13	0	0	0	0
OPT	70	70	13	28	14	36	53	76	67	56	73	16
AMARANTUS ASCENDENS LOI 1-4 26 DANS 50 PIXELS												
IND	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	68	64	24	28	34	37	48	59	63	49	58	25
AMAR ASCE VAR. OLERACEU 1-4 28 DANS 26 PIXELS												
IND	23	4	6	12	17	4	0	0	0	0	25	0
OPT	70	63	11	16	7	17	34	64	61	45	79	36
AMARANTUS DEFLEXUS L. 2-6 30 DANS 20 PIXELS												
IND	0	0	0	0	27	51	44	43	37	30	0	5
OPT	52	63	58	72	84	93	91	88	92	88	43	37
AMARANTUS DEFLEXUS L. 1-6 31 DANS 39 PIXELS												
IND	0	0	0	0	24	33	31	24	35	5	0	0
OPT	50	58	56	69	83	87	87	87	90	76	43	19
AMARANTUS HYBRIDUS (L.) 1-5 32 DANS 38 PIXELS												
IND	0	12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	31
OPT	69	75	76	53	65	59	50	67	62	63	62	46
AMARANTUS RETROFLEXUS L 1-4 33 DANS 111 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
OPT	47	63	55	54	67	69	66	62	65	67	53	29
AMARANTUS SILVESTER (DE 1-2 34 DANS 21 PIXELS												
IND	0	0	0	0	4	14	0	0	24	0	0	0
OPT	55	63	67	65	76	77	68	78	81	71	58	17
COTINUS COCCYIA (BAUHI 3-6 35 DANS 57 PIXELS												
IND	20	0	3	4	2	0	22	8	12	0	0	33
OPT	12	54	65	69	54	61	75	65	77	48	35	5
COTINUS COCCYIA (BAUHI 1-6 36 DANS 146 PIXELS												
IND	12	0	1	12	9	0	17	7	11	0	0	15
OPT	19	56	67	70	60	65	77	67	77	56	41	9
RHUS CORIARIA L. 1-5 38 DANS 22 PIXELS												

IND	0	0	0	10	6	0	21	10	22	12	0	0
OPT	38	36	60	73	80	73	87	77	83	77	37	18
VINCA MAJOR L.1-3	42		DANS		27 PIXELS							
IND	0	0	0	14	0	11	34	14	28	11	0	2
OPT	36	58	68	79	64	77	84	81	87	77	43	11
VINCA MINOR L.5-6	43		DANS		66 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	48	45	45	40	31	36	34	47	39	38	52	35
VINCA MINOR L.1-6	44		DANS		282 PIXELS							
IND	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
OPT	41	42	40	32	31	40	36	39	41	41	55	33
ILEX AQUIFOLIUM L.	2-6		DANS		922 PIXELS							
IND	0	0	0	0	5	0	5	4	0	0	0	0
OPT	47	48	41	48	45	44	38	42	44	37	38	26
ILEX AQUIFOLIUM L.	1-6		DANS		1816 PIXELS							
IND	7	7	4	4	13	6	11	12	9	4	6	0
OPT	46	48	43	48	44	44	39	42	43	41	40	27
HEDERA HELIX L.	4-6		DANS		1217 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	47	48	42	41	43	50	48	51	49	48	44	30
HEDERA HELIX L.	3-6		DANS		2180 PIXELS							
IND	8	6	0	7	4	4	6	3	4	3	2	0
OPT	47	49	45	41	40	47	44	47	47	48	46	29
HEDERA HELIX L.	1-6		DANS		3940 PIXELS							
IND	3	2	0	5	4	3	5	4	3	2	0	1
OPT	47	49	47	43	41	46	46	46	48	49	48	28
ARISTOLOCHIA CLEMATITIS	1-4		DANS		55 PIXELS							
IND	0	0	0	0	13	0	18	11	5	0	0	0
OPT	41	43	62	64	75	71	74	74	74	71	50	15
ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI	1-3		DANS		65 PIXELS							
IND	0	0	0	5	0	16	28	0	27	0	0	0
OPT	32	41	68	74	69	74	83	73	83	64	47	14
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L.	2-3		DANS		26 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	29	12	39	0	0	17
OPT	25	28	56	69	70	73	80	76	86	68	43	9
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L.	1-3		DANS		92 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	10	35	14	33	11	0	0
OPT	31	31	65	70	74	75	83	77	84	76	48	12
ASARUM EUROPAEUM L.	3-6		DANS		54 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
OPT	50	66	64	58	49	45	29	23	32	51	73	42
ASARUM EUROPAEUM L.	1-6		DANS		181 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	3	10	0	0	0	0
OPT	55	58	64	49	29	36	28	24	35	54	70	40
VINCETOXICUM NIGRUM MOE	1-2		DANS		28 PIXELS							
IND	0	0	17	17	12	1	29	45	32	29	0	0
OPT	45	49	78	80	81	82	88	91	86	86	57	20
VINCETOXICUM OFFICINALE	2-6		DANS		423 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	47	50	58	59	45	45	53	54	48	51	44	18
VINCETOXICUM OFFICINALE	1-6		DANS		1142 PIXELS							
IND	0	1	12	3	0	1	0	0	0	4	0	0
OPT	45	50	60	60	50	50	56	54	54	53	45	21
IMPATIENS NOLI-TANGERE	3-6		DANS		116 PIXELS							
IND	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	22	8
OPT	56	66	70	63	53	52	36	35	38	44	82	43
IMPATIENS NOLI-TANGERE	1-6		DANS		322 PIXELS							
IND	0	1	0	3	6	0	0	0	0	0	10	0
OPT	55	66	62	62	52	47	35	30	36	41	75	39
IMPATIENS PARVIFLORA DC	1-6		DANS		52 PIXELS							
IND	14	27	17	0	5	0	0	0	0	0	19	12
OPT	79	82	81	66	56	61	44	46	62	59	79	44
IMPATIENS ROYLEI WALPER	3-6		DANS		54 PIXELS							
IND	37	11	13	0	5	0	0	0	0	0	19	27
OPT	84	77	81	60	60	54	39	31	51	60	81	45
IMPATIENS ROYLEI WALPER	1-6		DANS		95 PIXELS							
IND	29	9	24	0	10	0	0	0	0	0	14	31
OPT	82	75	82	61	61	54	44	33	59	60	79	45
BERBERIS VULGARIS L.	2-6		DANS		120 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	62	42	68	70	65	60	64	56	68	63	57	32
BERBERIS VULGARIS L.	1-6		DANS		395 PIXELS							
IND	0	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
OPT	55	44	64	65	62	56	58	49	55	59	53	28

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES TAXONS ETALONNES

(C4-C2)/(C4+C2)

ACER CAMPESTRE L.	2-6		DANS		1125 PIXELS							
IND	0	0	0	0	2	6	6	3	5	1	0	0
OPT	48	50	51	44	37	40	42	44	45	48	57	31
ACER CAMPESTRE L.	1-6		DANS		2030 PIXELS							
IND	6	10	3	8	10	9	10	7	10	8	5	0
OPT	48	50	51	44	38	43	42	45	45	48	54	29
ACER MONSPESSULANUM L.	2-5		DANS		159 PIXELS							
IND	0	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0
OPT	41	51	62	65	57	57	62	56	67	55	43	20
ACER MONSPESSULANUM L.	1-5		DANS		298 PIXELS							
IND	0	0	5	4	9	10	7	3	10	0	0	0
OPT	40	51	63	64	62	62	68	63	69	58	43	19
ACER NEGUNDO L.	1-5		DANS		29 PIXELS							
IND	0	0	0	0	0	0	8	0	0	11	0	0
OPT	46	52	58	59	64	59	64	69	56	78	60	22
ACER OPALUS MILLER	2-5		DANS		220 PIXELS							
IND	0	0	11	5	0	0	0	0	0	0	0	8
OPT	41	56	67	72	55	54	64	59	56	56	46	10
ACER OPALUS MILLER	1-5		DANS		440 PIXELS							

IND	0	0	18	16	7	1	0	0	0	0	2	
OPT	40	53	66	72	56	52	59	53	52	58	47	12
ACER OPAL SUBS ITALUM	L 2-4		10		DANS		22		PIXELS			
IND	0	0	2	3	0	4	7	0	0	0	0	0
OPT	41	53	72	73	54	67	69	53	47	53	52	17
ACER OPAL SUBS ITALUM	L 1-4		11		DANS		49		PIXELS			
IND	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
OPT	40	52	68	70	54	64	65	51	47	55	52	17
ACER PLATANOIDES L.	2-5		13		DANS		237		PIXELS			
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
OPT	64	62	67	55	49	43	40	42	44	53	74	37
ACER PLATANOIDES L.	1-5		14		DANS		571		PIXELS			
IND	0	0	6	0	2	0	2	0	1	0	8	0
OPT	60	62	66	56	48	43	37	36	42	50	69	37
ACER PSEUDOPLATANUS L.	3-6		15		DANS		516		PIXELS			
IND	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	24	0
OPT	50	58	59	44	47	48	36	33	36	46	77	40
ACER PSEUDOPLATANUS L.	1-6		16		DANS		1598		PIXELS			
IND	0	0	1	0	5	5	10	11	9	3	17	0
OPT	49	55	56	46	45	44	37	35	38	46	69	37
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 3-5	17		DANS		123		PIXELS					
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	14
OPT	42	49	54	35	41	47	38	35	35	45	77	42
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 1-5	18		DANS		392		PIXELS					
IND	0	0	0	0	4	0	2	1	5	0	1	0
OPT	45	49	47	38	39	40	36	34	34	42	67	32
AMARANTUS ASCENDENS LOI 2-4	25		DANS		22		PIXELS					
IND	0	3	21	1	2	0	0	19	0	0	0	0
OPT	70	70	12	27	14	36	51	77	67	58	74	16
AMARANTUS ASCENDENS LOI 1-4	26		DANS		50		PIXELS					
IND	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	69	63	23	27	33	38	48	62	61	48	59	25
AMAR ASCE VAR. OLERACEU 1-4	28		DANS		26		PIXELS					
IND	16	4	11	13	23	5	0	5	0	0	23	0
OPT	70	62	11	15	6	21	34	67	60	48	79	37
AMARANTUS DEFLEXUS L.	2-6		30		DANS		20		PIXELS			
IND	0	1	0	0	13	47	45	42	44	32	0	5
OPT	52	64	58	72	83	94	91	89	92	88	41	37
AMARANTUS DEFLEXUS L.	1-6		31		DANS		39		PIXELS			
IND	0	0	0	2	22	33	42	26	45	5	0	0
OPT	51	59	54	69	83	89	88	87	91	76	42	19
AMARANTUS HYBRIDUS (L.) 1-5	32		DANS		38		PIXELS					
IND	0	12	15	0	0	0	0	0	0	0	0	35
OPT	69	75	77	53	66	62	50	71	64	60	63	46
AMARANTUS RETROFLEXUS L 1-4	33		DANS		111		PIXELS					
IND	0	0	0	0	5	8	6	0	0	0	0	0
OPT	49	62	54	54	67	70	67	62	65	69	55	29
AMARANTUS SILVESTER (DE 1-2	34		DANS		21		PIXELS					
IND	0	0	0	0	0	17	0	0	11	0	0	0
OPT	56	62	66	64	76	77	69	79	82	73	57	17
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 3-6	35		DANS		57		PIXELS					
IND	26	0	3	0	5	0	15	0	13	0	0	31
OPT	12	55	64	69	55	62	78	64	78	47	36	6
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 1-6	36		DANS		146		PIXELS					
IND	13	0	1	7	9	0	21	5	12	0	0	9
OPT	19	55	66	70	59	66	79	65	77	56	42	10
RHUS CORIARIA L.	1-5		38		DANS		22		PIXELS			
IND	0	0	0	3	7	0	0	20	28	12	0	0
OPT	37	37	60	73	79	72	87	80	84	77	36	18
VINCA MAJOR L.1-3	42		DANS		27		PIXELS					
IND	0	0	0	13	8	5	35	19	37	8	0	10
OPT	37	58	66	78	65	75	85	80	88	77	43	12
VINCA MINOR L.5-6	43		DANS		66		PIXELS					
IND	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
OPT	49	44	44	40	31	37	34	49	41	37	52	35
VINCA MINOR L.1-6	44		DANS		282		PIXELS					
IND	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0
OPT	42	42	40	31	31	41	37	40	42	41	56	33
ILEX AQUIFOLIUM L.	2-6		45		DANS		922		PIXELS			
IND	0	0	0	0	4	0	4	4	0	0	0	0
OPT	46	47	40	48	46	44	37	42	43	38	38	26
ILEX AQUIFOLIUM L.	1-6		46		DANS		1816		PIXELS			
IND	7	7	3	3	12	6	11	11	9	4	7	0
OPT	46	47	43	48	44	44	38	42	43	41	40	27
HEDERA HELIX L.	4-6		47		DANS		1217		PIXELS			
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	47	48	43	41	43	51	48	51	49	49	45	30
HEDERA HELIX L.	3-6		48		DANS		2180		PIXELS			
IND	9	6	0	7	4	4	5	3	4	4	2	0
OPT	47	49	45	41	41	47	45	47	48	49	46	29
HEDERA HELIX L.	1-6		49		DANS		3940		PIXELS			
IND	3	2	0	4	4	3	5	4	3	2	0	0
OPT	47	50	47	44	41	47	46	46	48	49	49	28
ARISTOLOCHIA CLEMATITIS 1-4	52		DANS		55		PIXELS					
IND	0	0	0	0	2	3	10	12	4	0	0	0
OPT	41	43	61	64	76	73	73	75	75	72	50	15
ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI 1-3	55		DANS		65		PIXELS					
IND	0	0	0	8	5	18	26	6	22	0	0	0
OPT	33	40	68	74	69	76	82	73	82	63	49	14
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 2-3	56		DANS		26		PIXELS					
IND	0	0	0	0	0	0	31	0	39	0	0	18
OPT	26	28	56	69	70	72	82	74	87	67	42	8
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 1-3	57		DANS		92		PIXELS					
IND	0	0	0	0	9	8	38	11	33	7	0	0
OPT	33	31	64	70	75	77	83	77	84	76	49	13
ASARUM EUROPAEUM L.	3-6		58		DANS		54		PIXELS			

IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	50	66	65	59	49	45	29	24	32	50	73	42
ASARUM EUROPAEUM L. 1-6 59 DANS 181 PIXELS												
IND	0	0	1	0	0	0	0	14	0	0	0	0
OPT	56	59	66	51	29	37	28	25	34	51	70	40
VINCETOXICUM NIGRUM MOE 1-2 64 DANS 28 PIXELS												
IND	0	0	4	16	9	7	34	41	30	33	0	0
OPT	47	48	76	79	81	82	88	91	86	86	58	21
VINCETOXICUM OFFICINALE 2-6 65 DANS 423 PIXELS												
IND	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	47	50	59	59	45	45	54	53	49	51	45	18
VINCETOXICUM OFFICINALE 1-6 66 DANS 1142 PIXELS												
IND	0	1	14	3	0	1	0	0	0	3	0	0
OPT	45	51	60	59	50	50	56	53	53	53	45	21
IMPATIENS NOLI-TANGERE 3-6 67 DANS 116 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	9
OPT	57	66	71	63	54	53	35	35	39	42	82	43
IMPATIENS NOLI-TANGERE 1-6 68 DANS 322 PIXELS												
IND	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	13	0
OPT	55	66	63	62	53	48	34	30	37	39	75	39
IMPATIENS PARVIFLORA DC 1-6 70 DANS 52 PIXELS												
IND	18	28	17	0	8	0	0	0	0	0	13	11
OPT	79	82	82	67	58	61	44	46	64	56	79	44
IMPATIENS ROYLEI WALPER 3-6 71 DANS 54 PIXELS												
IND	32	19	17	0	0	0	0	0	0	0	19	26
OPT	83	78	82	60	60	55	40	31	53	57	81	45
IMPATIENS ROYLEI WALPER 1-6 72 DANS 95 PIXELS												
IND	26	18	23	0	7	0	0	0	0	0	25	30
OPT	81	77	82	62	61	56	47	35	60	58	80	45
BERBERIS VULGARIS L. 2-6 73 DANS 120 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	62	43	68	70	65	59	64	55	69	64	57	32
BERBERIS VULGARIS L. 1-6 74 DANS 395 PIXELS												
IND	0	0	3	3	1	2	0	0	0	0	0	0
OPT	55	44	65	67	62	56	59	48	55	58	53	28

**PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES TAXONS ETALONNES
(C4-C1)/(C4+C1)**

ACER CAMPESTRE L. 2-6 2 DANS 1125 PIXELS												
IND	0	4	2	2	2	1	0	3	5	0	4	0
OPT	45	44	50	48	48	49	45	48	44	46	49	25
ACER CAMPESTRE L. 1-6 3 DANS 2030 PIXELS												
IND	4	14	9	10	8	7	7	10	11	7	11	2
OPT	47	44	50	48	48	47	46	47	45	47	49	25
ACER MONSPESSULANUM L. 2-5 4 DANS 159 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
OPT	40	56	65	57	54	52	60	57	55	60	53	26
ACER MONSPESSULANUM L. 1-5 5 DANS 298 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	8	0	0	3	0	0
OPT	40	56	65	53	54	54	62	55	51	60	51	24
ACER NEGUNDO L. 1-5 7 DANS 29 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	11	0	0	3	0	2
OPT	33	29	47	42	38	47	63	59	42	66	38	15
ACER OPALUS MILLER 2-5 8 DANS 220 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	1	4	0	0	4	0	0
OPT	40	44	56	55	53	59	65	61	61	60	51	21
ACER OPALUS MILLER 1-5 9 DANS 440 PIXELS												
IND	0	0	0	0	1	1	13	0	3	4	0	0
OPT	40	42	52	51	53	60	65	61	62	61	51	22
ACER OPAL SUBS ITALUM L 2-4 10 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	11	0	0	14	7	0	0
OPT	35	69	62	52	58	66	66	57	70	69	74	32
ACER OPAL SUBS ITALUM L 1-4 11 DANS 49 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	2	0	0	12	1	0	0
OPT	35	44	49	42	51	59	64	57	66	67	68	30
ACER PLATANOIDES L. 2-5 13 DANS 237 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	59	49	57	52	60	59	53	54	56	52	68	28
ACER PLATANOIDES L. 1-5 14 DANS 571 PIXELS												
IND	0	0	2	4	0	4	0	2	1	0	0	0
OPT	59	46	53	48	58	57	55	57	57	47	64	26
ACER PSEUDOPLATANUS L. 3-6 15 DANS 516 PIXELS												
IND	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0
OPT	53	43	44	39	46	50	52	50	47	37	67	25
ACER PSEUDOPLATANUS L. 1-6 16 DANS 1598 PIXELS												
IND	0	1	5	5	0	1	0	0	0	1	6	0
OPT	53	42	45	42	49	53	51	51	49	42	63	29
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 3-5 17 DANS 123 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	40	42	43	31	36	45	42	41	33	34	61	29
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 1-5 18 DANS 392 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	42	44	44	40	47	43	46	44	39	41	63	34
AMARANTUS ASCENDENS LOI 2-4 25 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	53	35	25	40	38	53	37	31	29	37	36	24
AMARANTUS ASCENDENS LOI 1-4 26 DANS 50 PIXELS												
IND	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	48	35	25	35	31	44	29	33	18	31	28	27
AMAR ASC E VAR. OLERACEU 1-4 28 DANS 26 PIXELS												
IND	0	0	13	11	0	0	0	0	0	0	6	0
OPT	45	30	8	21	21	36	24	34	15	27	32	20
AMARANTUS DEFLEXUS L. 2-6 30 DANS 20 PIXELS												
IND	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
OPT	19	44	53	60	31	36	45	52	48	62	29	7
AMARANTUS DEFLEXUS L. 1-6 31 DANS 39 PIXELS												

IND	16	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	21
OPT	23	38	39	43	40	36	53	43	48	54	29	8
AMARANTUS HYBRIDUS (L.) 1-5 32 DANS 38 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	50	40	48	41	52	51	48	40	42	48	36	19
AMARANTUS RETROFLEXUS L 1-4 33 DANS 111 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	37	38	51	43	46	50	51	52	43	52	34	15
AMARANTUS SILVESTER (DE 1-2 34 DANS 21 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	30	42	60	45	41	53	42	46	44	53	34	22
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 3-6 35 DANS 57 PIXELS												
IND	12	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	5
OPT	21	37	48	57	53	59	65	58	61	51	30	15
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 1-6 36 DANS 146 PIXELS												
IND	9	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	11
OPT	26	43	49	57	54	61	65	61	65	57	36	15
RHUS CORIARIA L. 1-5 38 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	22	30
OPT	32	61	65	47	55	45	70	44	40	52	18	9
VINCA MAJOR L.1-3 42 DANS 27 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	8	5	0	3	0	2	9
OPT	34	44	44	63	50	66	61	50	69	55	27	11
VINCA MINOR L.5-6 43 DANS 66 PIXELS												
IND	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	45	35	43	38	40	40	40	49	41	39	43	28
VINCA MINOR L.1-6 44 DANS 282 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	47	42	49	43	40	42	40	44	38	42	50	26
ILEX AQUIFOLIUM L. 2-6 45 DANS 922 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	50	60	53	61	50	50	46	47	50	52	58	34
ILEX AQUIFOLIUM L. 1-6 46 DANS 1816 PIXELS												
IND	2	6	1	3	0	3	5	3	1	3	1	4
OPT	51	58	54	58	51	49	48	48	51	52	58	34
HEDERA HELIX L. 4-6 47 DANS 1217 PIXELS												
IND	0	5	4	4	6	5	4	0	4	1	3	0
OPT	41	44	44	46	44	45	41	44	44	45	42	24
HEDERA HELIX L. 3-6 48 DANS 2180 PIXELS												
IND	7	9	8	8	7	7	6	7	10	6	9	0
OPT	45	47	48	49	46	45	44	45	44	46	45	26
HEDERA HELIX L. 1-6 49 DANS 3940 PIXELS												
IND	0	6	6	5	3	3	5	5	5	2	6	2
OPT	47	50	51	51	49	47	45	46	46	47	48	27
ARISTOLOCHIA CLEMATITIS 1-4 52 DANS 55 PIXELS												
IND	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
OPT	23	41	46	38	46	53	60	50	50	64	37	8
ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI 1-3 55 DANS 65 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	2
OPT	31	45	59	51	55	63	70	55	62	64	47	17
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 2-3 56 DANS 26 PIXELS												
IND	27	9	0	0	0	0	0	0	0	0	4	26
OPT	18	26	47	45	50	55	61	63	52	48	24	6
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 1-3 57 DANS 92 PIXELS												
IND	20	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	37
OPT	19	36	48	43	50	56	66	58	55	57	30	7
ASARUM EUROPAEUM L. 3-6 58 DANS 54 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0	0	0
OPT	57	44	52	40	63	62	65	66	58	43	59	25
ASARUM EUROPAEUM L. 1-6 59 DANS 181 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
OPT	69	47	51	45	58	59	59	57	52	52	62	24
VINCETOXICUM NIGRUM MOE 1-2 64 DANS 28 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	12	0	2	0	0	16
OPT	39	66	73	58	59	62	75	61	68	63	41	9
VINCETOXICUM OFFICINALE 2-6 65 DANS 423 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	47	48	47	48	48	51	53	51	51	50	43	25
VINCETOXICUM OFFICINALE 1-6 66 DANS 1142 PIXELS												
IND	0	0	2	3	4	4	3	2	3	3	0	0
OPT	46	46	49	51	51	53	55	53	54	53	49	24
IMPATIENS NOLI-TANGERE 3-6 67 DANS 116 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	10	0	5	0	0	0
OPT	71	49	60	58	66	61	69	61	67	47	79	30
IMPATIENS NOLI-TANGERE 1-6 68 DANS 322 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	2	11	4	10	0	16	0
OPT	67	54	60	58	69	63	68	62	68	52	79	34
IMPATIENS PARVIFLORA DC 1-6 70 DANS 52 PIXELS												
IND	2	0	0	6	0	3	28	25	0	0	0	0
OPT	70	40	50	34	54	66	78	76	45	41	52	20
IMPATIENS ROYLEI WALPER 3-6 71 DANS 54 PIXELS												
IND	0	8	0	0	0	5	27	8	0	0	0	5
OPT	60	28	53	39	45	62	80	67	47	35	44	19
IMPATIENS ROYLEI WALPER 1-6 72 DANS 95 PIXELS												
IND	0	14	0	2	0	2	27	10	0	0	0	0
OPT	59	27	51	36	51	63	80	69	49	34	46	19
BERBERIS VULGARIS L. 2-6 73 DANS 120 PIXELS												
IND	0	0	8	1	0	0	0	7	0	0	1	0
OPT	60	28	27	31	35	53	63	62	55	54	31	22
BERBERIS VULGARIS L. 1-6 74 DANS 395 PIXELS												
IND	0	4	7	0	0	5	3	12	0	0	0	0
OPT	56	26	32	37	46	61	62	63	56	53	39	22

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES TAXONS ETALONNES

(C5-C4)/(C5+C4)

ACER CAMPESTRE L. 2-6 2 DANS 1125 PIXELS

IND	0	4	4	5	0	6	4	4	3	0	7	7
OPT	38	51	59	53	46	56	52	53	58	46	54	25
ACER	CAMPESTRE L. 1-6 3 DANS 2030 PIXELS											
IND	0	5	3	9	3	7	6	7	4	1	9	6
OPT	41	52	56	51	45	52	52	54	55	47	54	26
ACER	MONSPESSULANUM L. 2-5 4 DANS 159 PIXELS											
IND	15	0	2	0	0	0	9	0	0	0	0	0
OPT	67	47	37	53	55	47	68	60	48	42	34	23
ACER	MONSPESSULANUM L. 1-5 5 DANS 298 PIXELS											
IND	19	0	9	0	2	0	17	0	0	0	9	0
OPT	65	49	37	56	55	49	69	54	49	42	32	23
ACER	NEGUNDO L. 1-5 7 DANS 29 PIXELS											
IND	0	0	2	0	6	0	23	0	0	1	0	0
OPT	47	45	45	50	67	73	82	58	58	64	31	15
ACER	OPALUS MILLER 2-5 8 DANS 220 PIXELS											
IND	41	1	3	6	0	2	18	0	0	0	0	12
OPT	69	63	49	59	44	49	70	43	60	42	35	32
ACER	OPALUS MILLER 1-5 9 DANS 440 PIXELS											
IND	38	6	5	13	4	7	25	0	3	2	4	5
OPT	69	67	52	61	43	45	70	42	60	39	35	31
ACER	OPAL SUBS ITALUM L 2-4 10 DANS 22 PIXELS											
IND	19	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
OPT	58	37	33	45	59	49	74	32	47	36	26	12
ACER	OPAL SUBS ITALUM L 1-4 11 DANS 49 PIXELS											
IND	33	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0
OPT	71	62	44	63	52	47	70	41	59	38	25	16
ACER	PLATANOIDES L. 2-5 13 DANS 237 PIXELS											
IND	0	14	11	5	0	1	0	0	0	0	0	7
OPT	41	59	66	59	51	47	46	44	48	44	54	26
ACER	PLATANOIDES L. 1-5 14 DANS 571 PIXELS											
IND	0	12	19	12	0	4	0	0	0	0	1	14
OPT	44	59	69	60	52	46	44	45	53	40	52	26
ACER	PSEUDOPLATANUS L. 3-6 15 DANS 516 PIXELS											
IND	5	1	0	13	7	5	5	4	0	0	5	27
OPT	58	58	69	64	52	52	42	45	58	44	54	29
ACER	PSEUDOPLATANUS L. 1-6 16 DANS 1598 PIXELS											
IND	0	3	2	8	9	7	10	5	0	0	8	21
OPT	49	54	65	59	49	51	41	48	53	42	52	30
ADOXA	MOSCHATELLINA (TO 3-5 17 DANS 123 PIXELS											
IND	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
OPT	58	37	44	60	53	57	53	48	61	51	55	19
ADOXA	MOSCHATELLINA (TO 1-5 18 DANS 392 PIXELS											
IND	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	3	1
OPT	49	39	40	55	46	52	44	51	55	52	47	19
AMARANTUS	ASCENDENS LOI 2-4 25 DANS 22 PIXELS											
IND	11	0	6	0	0	0	0	14	0	2	0	0
OPT	37	27	37	27	33	64	37	80	33	71	43	20
AMARANTUS	ASCENDENS LOI 1-4 26 DANS 50 PIXELS											
IND	3	0	0	0	0	0	0	2	0	32	0	0
OPT	36	27	35	29	32	67	43	74	47	84	43	21
AMAR	ASCE VAR. OLERACEU 1-4 28 DANS 26 PIXELS											
IND	23	29	0	19	9	11	0	24	0	49	13	0
OPT	44	18	29	19	26	75	36	84	34	93	33	47
AMARANTUS	DEFLEXUS L. 2-6 30 DANS 20 PIXELS											
IND	13	0	5	0	0	6	7	0	0	2	0	0
OPT	55	48	46	53	64	78	73	48	51	67	56	15
AMARANTUS	DEFLEXUS L. 1-6 31 DANS 39 PIXELS											
IND	20	0	2	0	0	0	14	0	0	0	0	0
OPT	53	51	48	58	71	74	77	54	44	66	50	15
AMARANTUS	HYBRIDUS (L.) 1-5 32 DANS 38 PIXELS											
IND	0	0	10	17	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	13	54	70	67	70	58	53	56	53	59	56	29
AMARANTUS	RETROFLEXUS L 1-4 33 DANS 111 PIXELS											
IND	0	0	10	0	0	0	4	0	0	0	0	0
OPT	32	49	53	50	58	64	68	53	55	62	52	21
AMARANTUS	SILVESTER (DE 1-2 34 DANS 21 PIXELS											
IND	0	0	0	0	0	0	24	0	0	18	0	0
OPT	44	47	43	56	50	71	77	49	45	78	31	13
COTINUS	COCCYGIA (BAUHI 3-6 35 DANS 57 PIXELS											
IND	39	23	18	0	0	1	28	0	9	0	0	46
OPT	65	73	50	56	59	67	84	24	76	54	48	38
COTINUS	COCCYGIA (BAUHI 1-6 36 DANS 146 PIXELS											
IND	36	18	16	0	0	6	33	0	13	0	0	30
OPT	65	71	47	59	55	66	84	28	75	50	43	38
RHUS	CORIARIA L. 1-5 38 DANS 22 PIXELS											
IND	28	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	22
OPT	70	58	35	53	52	38	78	34	66	31	28	38
VINCA	MAJOR L.1-3 42 DANS 27 PIXELS											
IND	2	0	0	0	1	0	13	0	8	0	0	15
OPT	53	59	44	51	73	66	74	39	74	68	31	35
VINCA	MINOR L.5-6 43 DANS 66 PIXELS											
IND	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
OPT	44	41	58	46	56	61	43	55	58	51	64	29
VINCA	MINOR L.1-6 44 DANS 282 PIXELS											
IND	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	7	9
OPT	38	45	55	50	52	55	42	55	55	49	60	28
ILEX	AQUIFOLIUM L. 2-6 45 DANS 922 PIXELS											
IND	3	1	20	4	0	0	4	0	0	6	0	1
OPT	44	43	32	36	49	40	39	50	44	52	46	20
ILEX	AQUIFOLIUM L. 1-6 46 DANS 1816 PIXELS											
IND	4	4	15	7	1	3	9	3	2	8	0	2
OPT	44	45	37	40	48	43	41	50	45	52	47	23
HEDERA	HELIX L. 4-6 47 DANS 1217 PIXELS											
IND	0	3	3	3	0	2	0	3	2	4	9	2
OPT	44	50	44	48	50	55	48	54	56	57	56	26
HEDERA	HELIX L. 3-6 48 DANS 2180 PIXELS											

IND	2	4	2	5	0	7	5	6	7	3	9	3
OPT	44	48	44	48	49	55	46	53	56	54	55	26
HEDERA HELIX L. 1-6 49 DANS 3940 PIXELS												
IND	1	3	1	4	0	4	4	4	4	3	5	4
OPT	44	47	46	46	47	52	48	54	52	53	52	25
ARISTOLOCHIA CLEMATITIS 1-4 52 DANS 55 PIXELS												
IND	15	0	1	0	0	4	9	0	0	19	0	0
OPT	55	48	44	53	66	76	72	45	45	75	37	14
ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI 1-3 55 DANS 65 PIXELS												
IND	48	0	0	0	5	0	20	0	0	0	0	0
OPT	70	47	38	51	64	68	74	26	63	52	32	23
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 2-3 56 DANS 26 PIXELS												
IND	19	0	0	0	3	2	36	0	0	0	0	8
OPT	72	49	44	65	67	76	86	34	69	55	47	28
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 1-3 57 DANS 92 PIXELS												
IND	45	0	0	8	7	12	28	0	0	0	0	0
OPT	70	58	44	69	67	77	82	33	64	57	43	27
ASARUM EUROPAEUM L. 3-6 58 DANS 54 PIXELS												
IND	0	18	19	0	3	0	0	0	0	0	0	8
OPT	24	69	77	59	35	42	43	45	49	38	60	32
ASARUM EUROPAEUM L. 1-6 59 DANS 181 PIXELS												
IND	0	18	24	0	9	0	0	0	0	0	7	11
OPT	44	65	76	59	31	37	47	53	50	30	64	26
VINCETOXICUM NIGRUM MOE 1-2 64 DANS 28 PIXELS												
IND	30	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0
OPT	71	48	40	66	64	85	64	32	60	60	41	26
VINCETOXICUM OFFICINALE 2-6 65 DANS 423 PIXELS												
IND	0	0	10	6	0	0	0	0	0	0	0	1
OPT	49	54	61	52	42	48	61	48	52	44	47	27
VINCETOXICUM OFFICINALE 1-6 66 DANS 1142 PIXELS												
IND	0	1	10	11	0	4	7	0	6	1	0	3
OPT	49	56	57	52	45	45	60	46	51	44	46	26
IMPATIENS NOLI-TANGERE 3-6 67 DANS 116 PIXELS												
IND	0	21	5	0	6	0	0	0	0	0	0	14
OPT	37	70	68	61	61	47	37	39	53	28	54	26
IMPATIENS NOLI-TANGERE 1-6 68 DANS 322 PIXELS												
IND	0	16	4	0	9	0	0	8	0	6	0	5
OPT	37	65	66	52	58	39	36	34	39	28	47	26
IMPATIENS PARVIFLORA DC 1-6 70 DANS 52 PIXELS												
IND	0	5	9	10	22	0	0	0	9	10	0	17
OPT	37	71	81	66	80	59	44	46	80	15	56	26
IMPATIENS ROYLEI WALPER 3-6 71 DANS 54 PIXELS												
IND	16	22	12	2	23	0	0	0	1	25	9	18
OPT	18	65	75	60	81	69	47	46	78	12	58	26
IMPATIENS ROYLEI WALPER 1-6 72 DANS 95 PIXELS												
IND	3	30	23	1	32	0	0	0	8	10	10	8
OPT	23	67	75	61	81	62	48	46	74	17	60	26
BERBERIS VULGARIS L. 2-6 73 DANS 120 PIXELS												
IND	3	13	23	1	0	0	0	0	0	0	0	7
OPT	55	72	77	67	35	37	61	38	58	40	37	36
BERBERIS VULGARIS L. 1-6 74 DANS 395 PIXELS												
IND	0	24	38	21	0	0	12	0	2	4	0	7
OPT	58	74	79	71	44	41	62	48	58	38	46	32

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES TAXONS ETALONNES

C5/(C1+C4)

ACER CAMPESTRE L. 2-6 2 DANS 1125 PIXELS												
IND	0	10	6	5	3	4	4	5	8	3	9	6
OPT	46	43	48	47	49	48	45	47	45	47	49	25
ACER CAMPESTRE L. 1-6 3 DANS 2030 PIXELS												
IND	2	14	8	10	7	6	6	7	10	5	11	7
OPT	48	43	49	46	49	47	45	46	45	47	49	26
ACER MONSPESSULANUM L. 2-5 4 DANS 159 PIXELS												
IND	0	0	5	0	0	0	8	0	0	2	0	0
OPT	36	54	70	57	55	51	59	53	56	61	56	26
ACER MONSPESSULANUM L. 1-5 5 DANS 298 PIXELS												
IND	5	0	10	0	5	8	12	0	0	9	0	0
OPT	37	55	69	52	54	53	60	55	53	61	53	24
ACER NEGUNDO L. 1-5 7 DANS 29 PIXELS												
IND	0	0	0	5	0	0	2	0	0	0	0	9
OPT	35	32	48	42	36	39	56	50	46	61	39	17
ACER OPALUS MILLER 2-5 8 DANS 220 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	10	9	12	7	4	0	0
OPT	37	43	55	55	54	59	62	63	59	62	56	20
ACER OPALUS MILLER 1-5 9 DANS 440 PIXELS												
IND	0	0	0	6	3	12	12	11	8	10	0	0
OPT	38	42	51	51	54	61	63	62	59	62	53	20
ACER OPAL SUBS ITALUM L 2-4 10 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	12	2	0	6	11	0	0
OPT	36	71	63	52	55	63	64	57	67	70	75	35
ACER OPAL SUBS ITALUM L 1-4 11 DANS 49 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	5	2	0	5	6	0	0
OPT	34	43	50	44	52	60	61	56	64	67	69	32
ACER PLATANOIDES L. 2-5 13 DANS 237 PIXELS												
IND	0	0	3	2	0	2	0	0	1	0	6	0
OPT	58	49	56	51	59	58	54	57	56	53	67	29
ACER PLATANOIDES L. 1-5 14 DANS 571 PIXELS												
IND	0	1	9	7	3	6	0	5	4	0	9	0
OPT	58	44	51	47	56	56	56	59	56	49	64	26
ACER PSEUDOPLATANUS L. 3-6 15 DANS 516 PIXELS												
IND	0	0	3	4	0	0	0	0	0	5	8	0
OPT	54	43	43	38	45	49	54	52	45	37	67	25
ACER PSEUDOPLATANUS L. 1-6 16 DANS 1598 PIXELS												
IND	0	6	7	8	0	0	0	0	0	2	10	0
OPT	53	41	44	40	49	52	53	53	48	43	63	28
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 3-5 17 DANS 123 PIXELS												

IND	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	41	42	42	29	35	44	40	44	33	35	59	31
ADOXA MOSCHATPELLINA (TO 1-5 18 DANS 392 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
OPT	43	47	44	40	46	42	46	46	40	41	64	35
AMARANTUS ASCENDENS LOI 2-4 25 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	52	39	28	38	42	52	42	22	30	34	31	27
AMARANTUS ASCENDENS LOI 1-4 26 DANS 50 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
OPT	48	37	28	38	33	46	31	29	19	28	28	27
AMAR ASCE VAR. OLERACEU 1-4 28 DANS 26 PIXELS												
IND	0	2	27	14	0	0	0	0	5	0	4	0
OPT	47	33	10	23	26	31	28	27	14	18	36	17
AMARANTUS DEFLEXUS L. 2-6 30 DANS 20 PIXELS												
IND	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
OPT	17	49	49	58	31	27	44	50	38	57	29	8
AMARANTUS DEFLEXUS L. 1-6 31 DANS 39 PIXELS												
IND	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
OPT	22	39	43	43	37	33	45	44	49	53	30	9
AMARANTUS HYBRIDUS (L.) 1-5 32 DANS 38 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
OPT	50	38	46	40	47	48	45	41	41	42	33	20
AMARANTUS RETROFLEXUS L 1-4 33 DANS 111 PIXELS												
IND	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	37	37	51	44	46	49	45	51	43	51	33	17
AMARANTUS SILVESTER (DE 1-2 34 DANS 21 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	31	44	59	45	44	44	36	52	40	53	35	23
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 3-6 35 DANS 57 PIXELS												
IND	19	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	4
OPT	20	34	47	56	52	57	61	61	58	51	30	16
COTINUS COCCYGIA (BAUHI 1-6 36 DANS 146 PIXELS												
IND	19	0	0	7	0	3	0	0	5	0	0	16
OPT	25	40	51	55	54	58	58	63	62	59	37	15
RHUS CORIARIA L. 1-5 38 DANS 22 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	20	16
OPT	34	57	67	50	55	50	64	44	40	51	18	10
VINCA MAJOR L. 1-3 42 DANS 27 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9
OPT	34	43	44	64	47	55	52	59	66	55	27	12
VINCA MINOR L. 5-6 43 DANS 66 PIXELS												
IND	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	48	36	46	40	44	40	41	51	38	38	43	30
VINCA MINOR L. 1-6 44 DANS 282 PIXELS												
IND	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
OPT	49	40	50	45	40	41	42	41	38	42	48	27
ILEX AQUIFOLIUM L. 2-6 45 DANS 922 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
OPT	49	62	55	61	51	51	47	48	50	51	58	34
ILEX AQUIFOLIUM L. 1-6 46 DANS 1816 PIXELS												
IND	3	5	1	3	0	2	3	1	0	0	0	9
OPT	50	58	55	59	51	50	50	50	50	51	58	34
HEDERA HELIX L. 4-6 47 DANS 1217 PIXELS												
IND	3	9	8	6	8	9	9	2	8	5	7	2
OPT	42	43	46	46	44	45	42	43	44	45	41	25
HEDERA HELIX L. 3-6 48 DANS 2180 PIXELS												
IND	4	9	9	6	6	7	9	6	9	5	8	4
OPT	45	48	49	50	47	45	44	44	45	46	45	26
HEDERA HELIX L. 1-6 49 DANS 3940 PIXELS												
IND	2	7	7	5	3	4	5	5	5	2	6	4
OPT	48	50	51	51	49	47	46	46	46	48	48	27
ARISTOLOCHIA CLEMATITIS 1-4 52 DANS 55 PIXELS												
IND	14	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	21
OPT	23	44	49	39	44	45	58	46	50	63	38	9
ARISTOLOCHIA PISTOLOCHI 1-3 55 DANS 65 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	7	7	7	2	7	0	11
OPT	28	46	62	51	51	59	66	61	61	64	50	14
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 2-3 56 DANS 26 PIXELS												
IND	30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	22
OPT	16	26	48	46	47	41	54	56	50	49	27	6
ARISTOLOCHIA ROTUNDA L. 1-3 57 DANS 92 PIXELS												
IND	22	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	41
OPT	19	34	50	45	49	51	62	59	54	56	33	7
ASARUM EUROPÆUM L. 3-6 58 DANS 54 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
OPT	59	42	46	40	65	58	62	68	56	47	58	25
ASARUM EUROPÆUM L. 1-6 59 DANS 181 PIXELS												
IND	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPT	67	46	48	45	60	58	58	56	50	53	60	23
VINCETOXICUM NIGRUM MOE 1-2 64 DANS 28 PIXELS												
IND	0	0	1	0	0	5	26	5	0	1	0	30
OPT	36	65	74	59	54	63	73	67	65	63	40	9
VINCETOXICUM OFFICINALE 2-6 65 DANS 423 PIXELS												
IND	0	0	0	0	0	1	0	1	4	0	0	0
OPT	48	48	48	47	49	51	50	51	51	50	44	26
VINCETOXICUM OFFICINALE 1-6 66 DANS 1142 PIXELS												
IND	0	0	4	7	7	7	4	6	7	7	0	0
OPT	46	46	49	50	52	53	54	53	54	53	48	25
IMPATIENS NOLI-TANGERE 3-6 67 DANS 116 PIXELS												
IND	2	0	0	0	0	0	18	0	2	0	9	0
OPT	72	46	57	54	62	61	72	62	67	49	80	30
IMPATIENS NOLI-TANGERE 1-6 68 DANS 322 PIXELS												
IND	6	0	2	0	9	4	20	13	13	0	29	0
OPT	69	49	58	57	69	64	70	64	69	54	80	35
IMPATIENS PARVIFLORA DC 1-6 70 DANS 52 PIXELS												

IND	6	0	0	7	1	0	35	21	0	0	0	8
OPT	69	37	48	34	52	61	78	74	42	44	50	20
IMPATIENS ROYLEI WALPER 3-6 71 DANS 54 PIXELS												
IND	0	20	1	2	0	0	27	7	1	0	0	15
OPT	64	26	49	38	43	55	78	66	43	39	44	20
IMPATIENS ROYLEI WALPER 1-6 72 DANS 95 PIXELS												
IND	0	22	9	8	0	5	28	17	2	0	0	17
OPT	63	26	48	37	46	57	80	69	46	38	46	20
BERBERIS VULGARIS L. 2-6 73 DANS 120 PIXELS												
IND	0	4	15	0	5	0	2	14	0	1	0	0
OPT	61	27	24	31	39	54	64	66	56	55	33	22
BERBERIS VULGARIS L. 1-6 74 DANS 395 PIXELS												
IND	0	13	13	7	5	9	3	15	5	0	0	0
OPT	57	26	29	34	47	62	62	64	56	54	39	22