

Bouquet de flore

Projet de synthèse sur les bases de données floristiques
et leurs composantes forestières

Sophie GACHET - Jean-Claude BERGONZINI



Sous-bois, 1889, Musée Van Gogh, Amsterdam (Fondation Vincent Van Gogh) - de sur toile, 73 X 92,5 cm

Juin 2003 - ECOFOR

■ Introduction

La connaissance de la flore, de sa répartition, de ses interrelations, des fonctionnalités qu'elle entretient avec l'ensemble du milieu biogéophysique et climatique, des contraintes que lui imposent les différentes formes d'usages et « d'anthropisation » constituent autant de demandes pressantes de la part d'un grand nombre de scientifiques et de gestionnaires préoccupés par le questionnement actuel sur la biodiversité : sa fonctionnalité, sa préservation et son devenir.

De nombreuses initiatives peuvent être recensées qui toutes concourent à une meilleure évaluation de la répartition floristique sur l'ensemble du territoire national et/ou régional. Elles sont à mettre au crédit des scientifiques, des gestionnaires et parfois de simples amateurs avertis. Certaines ont conduit à la réalisation de bases de données d'importances très inégales. Il nous a semblé utile d'entreprendre une réflexion sur la meilleure façon de valoriser ce patrimoine, de l'enrichir ou pour le moins de l'harmoniser.

Ce projet comprend trois parties :

- Présentation des principales problématiques justifiant l'établissement d'un réseau de bases de données (voire d'une méta-base unique et centralisée) floristiques fiable et complet. Mettre en évidence les spécificités de la flore forestière et entreprendre une analyse des principales méthodes et approches d'identification et d'évaluation.
- Recenser et décrire les principales bases de données floristiques (identifier la part relative à la flore forestière), avec dans un premier temps une focalisation sur les régions méditerranéenne, de l'est et du sud-ouest. Ce travail d'inventaire doit s'accompagner d'un travail d'évaluation des possibilités de valorisation de la base.
- Synthèse permettant de dégager des politiques de consolidation et d'harmonisation des principales bases.

Cette synthèse doit permettre de dégager des priorités lors de l'atelier de travail du 12 juin 2003 à Paris, en présence des gestionnaires des bases de données recensées.

Partie 1

Présentation des principales problématiques justifiant l'établissement d'un réseau de bases de données (voire d'une méta-base unique et centralisée) floristiques fiable et complet. Mettre en évidence les spécificités de la flore forestière et entreprendre une analyse des principales méthodes et approches d'identification et d'évaluation.

D'une façon générale il s'agit de cerner les limites et les utilités de l'approche floristique pour répondre aux grandes questions que se posent actuellement les scientifiques et les gestionnaires.

Projet de synthèse sur les bases de données floristiques et leurs composantes forestières

Introduction

Depuis une vingtaine d'années la conservation de la diversité biologique (ou biodiversité*) est devenue un élément clé des politiques et des plans forestiers. Dès les années 80, bien avant la conférence sur la diversité biologique de Rio (en 1992), le constat avait été fait de l'état préoccupant des forêts européennes, que ce soit au plan écologique, économique ou socioculturel. Ceci a abouti à la première (en 1990 à Strasbourg) puis à la seconde conférence ministérielle pour la protection des forêts en Europe (en 1993 à Helsinki) qui ont mis en avant la nécessité d'assurer une gestion durable* des systèmes forestiers, associée à la conservation de leur biodiversité (Barthod & Touzet, 1994 ; MCPFE, 2002). Un objectif qui reste cependant imprécis et donc délicat à matérialiser. Blandin (1995) dénonce à ce propos l'ambiguïté conceptuelle entourant la notion de « durabilité » (impliquant de ne pas hypothéquer le legs fait aux générations futures), causée par les divergences de vue des différents acteurs (écologues, économistes...) et qui explique la difficulté d'arriver à un compromis entre les parties intéressées par la gestion et l'étude des écosystèmes* forestiers. D'autant plus que tous sont prompts à oublier qu'il ne s'agit là que de choix faits par la société actuelle et non pas d'une véritable problématique scientifique.

La conférence de Rio a fait de la diversité biologique un enjeu planétaire (Wilson, 2000) et l'application de ses directives aux écosystèmes forestiers a permis d'établir que la biodiversité ne peut s'y comprendre qu'en considérant ses différents niveaux d'organisation, le tout formant un « éco-complexe* » (sensu Blandin & Lamotte, 1984). La gestion durable a alors pour objectif la durabilité des processus fonctionnels, la conservation de leurs potentialités maximales d'évolution et de leurs aptitude à la multifonctionnalité (voir plus loin), et la survie des espèces qui la composent (Blandin, 1995). Dans ce contexte, comment s'inscrit la gestion de la diversité biologique ?

On peut considérer qu'il existe un semblant de consensus avançant que, de la même façon qu'il n'est pas souhaitable de limiter la biodiversité dans un écosystème, il n'est pas non plus souhaitable de limiter la diversité des écosystèmes eux-mêmes. On remarquera que dans cet esprit la diversité des sylvicultures est également une garantie de la durabilité des forêts, et l'ONF a publié dans ce sens un guide pour la prise en compte de la diversité biologique dans la gestion forestière (ONF, 1993). Cet organisme qui gère 12 millions d'hectares de forêts françaises (dont 5 en métropole) affiche clairement ses missions : protection et production (ONF, 1993). Il est responsable de 35% des forêts à haute valeur pour la biodiversité classées en ZNIEFF (Vallauri & Poncet, 2002) et a adopté des mesures spéciales pour la conservation de certaines espèces ou pour le maintien de conditions favorables à l'expression de la

Bouquet de flore

biodiversité, à l'exemple de la conservation d'arbres morts servant de refuges. Dans le même temps, l'Inventaire Forestier National a réagi à la demande croissante en matière d'environnement et a intégré des relevés phyto-écologiques* dans ses cycles d'inventaires. Les forestiers privés ne sont pas en reste puisque dès 1989 s'est créée une union de forestiers (PRO SILVA) soucieux d'appliquer une sylviculture « proche de la nature ». Aujourd'hui, au plan international, de très nombreux organismes gouvernementaux ou non ont pour mission au moins partielle de mesurer et gérer la diversité biologique forestière, ainsi que de réfléchir à ce concept (IUFRO*, EFERN*, FAO*, WWF*...). On distingue donc chez les gestionnaires une double démarche : l'une de gestion (ONF*, PRO SILVA...), l'autre de suivi et de caractérisation des milieux (IFN*, ZNIEFF*...).

Car comment gérer sans connaître ? Les lois nationales et internationales (Natura 2000, Réseau Européen...) ne s'y sont pas trompé qui exigent des inventaires* fiables : répartition des espèces protégées, définition et réglementation des habitats... Et tous s'accordent à dire que ces inventaires doivent obéir à des stratégies de recherche bien réfléchies, pour ne pas être à terme qu'une accumulation stérile d'information. Cependant, et malgré toutes les actions précitées, il n'existe pas de base nationale rassemblant l'information sur les territoires forestiers, et pas ou peu de bases de données spécifiquement forestières. Même en terme de protection des forêts françaises (Vallauri & Poncet, 2002), on ne trouve pas de base de données spécifique, à moins de croiser les informations apportées par les bases de données respectives du MHNH*, de l'IFN et de l'IFEN*. De ces constatations est née la présente étude.

De nombreuses initiatives peuvent toutefois être recensées qui toutes concourent à une meilleure évaluation de la répartition floristique sur l'ensemble du territoire national et/ou régional. Leur réalisation est à mettre au crédit des scientifiques, des gestionnaires et parfois de simples amateurs avertis (voir la diversité des initiatives qui sont à l'origine des bases de données* recensées dans cette étude). Certaines ont conduit à la réalisation de bases de données d'importances très inégales. Il nous a semblé utile d'entreprendre une réflexion sur la meilleure façon de valoriser ce patrimoine, de l'enrichir ou pour le moins de l'harmoniser.

I. Spécificité de l'écosystème forestier (flore forestière et exploitation sylvicole)

En forêt, la végétation herbacée constitue la part la plus importante de la biodiversité : par exemple, dans les neuf placettes des Alpes du réseau RENECOFOR*, on trouve au total 14 espèces dans la strate* arborescente, mais 323 espèces dans la strate herbacée (Dobremez *et al.*, 1997). Les espèces du sous-bois sont donc une composante essentielle de la biodiversité forestière.

La flore rencontrée dans un peuplement forestier est issue de multiples migrations floristiques, induites en partie par les changements climatiques et par l'action anthropique. Plusieurs autres facteurs abiotiques* agissent également sur la présence et l'abondance de telle ou telle espèce : la nature de la roche-mère, le type de sol mais également l'histoire de la parcelle (l'utilisation du sol au cours du temps, l'âge de la forêt...), le mode de sylviculture (plantation, régénération* naturelle...), la localisa-

Partie 1

tion géographique (altitude, exposition, proximité d'autres écosystèmes...), la superficie voire même la forme du peuplement*, et bien évidemment les caractéristiques des milieux qui bordent la forêt.

Dans ces conditions, on peut trouver dans une forêt des espèces typiquement forestières (arbres y compris) ou non, qu'elles soient ubiquistes* (comme le pâturin *Poa annua*) ou qu'elles soient héritées de l'écosystème qui a précédé à l'installation de la forêt (Gachet, 2002) et qui se maintiennent plus ou moins au gré de différents facteurs dont la sylviculture n'est pas le moindre (une éclaircie peut par exemple contribuer à diminuer la diversité totale en favorisant la dominance d'une ou plusieurs espèces du sous-bois : Alaback & Herman, 1988).

Malgré l'existence d'une relative abondance de travaux concernant les aspects dynamiques, il subsiste de fortes lacunes sur le fonctionnement écologique des formations forestières qui occupent une place de plus en plus grande dans les paysages français. Cette méconnaissance peut alors poser des problèmes dans le contexte actuel par rapport aux interrogations et aux prises de décision en matière de gestion. A titre d'exemple, d'importants moyens sont déployés actuellement pour entretenir ou même pour créer des milieux ouverts au regard de leur rôle dans le maintien d'une certaine diversité biologique (Guende *et al.*, 1997; Tatoni *et al.*, 1998; Véla *et al.*, 1998). En effet, les milieux ouverts sont d'un intérêt évident pour la biodiversité, autant en raison de leur spécificité que des relations qu'ils entretiennent avec les formations forestières (les milieux « fermés »). De plus, il faut souligner l'intérêt écologique des zones d'interpénétration de ces deux types de milieux (zones d'accrus* et écotones*).

Cependant, l'interaction entre ces deux types de milieux est mal connue et mal maîtrisée. D'autant plus que l'opposition entre milieu « ouvert » et milieu « fermé » recouvre des notions floues, ambiguës et des situations variées et mal définies. En région méditerranéenne, en particulier, on n'a que très rarement eu l'opportunité de travailler sur de véritables systèmes forestiers, c'est à dire riches d'une évolution dépassant 150 ans de maturation : les forêts y sont en pleine dynamique et comportent un sous-bois directement hérité des écosystèmes non forestiers (milieux « ouverts ») qui pouvaient préexister à ces boisements (Gachet, 2002). C'est pourquoi il paraît désormais indispensable de développer des programmes de recherches visant à comprendre le fonctionnement écologique des telles forêts et d'évaluer leur place dans la structuration générale de la biodiversité. Pour cela, il est nécessaire de travailler de concert, en s'appuyant sur l'expérience de zones véritablement forestières, d'où l'importance de la notion d'échelle pour ce genre d'études, et l'intérêt de mettre en réseau les bases de données, c'est-à-dire les expériences de chacun.

II. La biodiversité dans l'écosystème forestier

La biodiversité est une notion importante en écologie ; son étude s'inscrit en général dans une démarche de connaissance, de conservation et de protection des milieux (tout en tenant compte des potentialités de mise en valeur des ressources). Elle consiste en trois éléments, suivant un ordre hiérarchique : 1) la diversité spécifique, qui est la plus classiquement étudiée, 2) la diversité génétique, qui confère l'adaptabilité et la capacité d'évolution aux espèces (Ehrlich, 1990), et 3) la diversité écosystémique (paysages et habitats inclus).

Bouquet de flore

Selon l'Institut pour les Ressources Mondiales (1992), les principaux facteurs qui causent la perte ou la diminution de la diversité biologique aux échelles locales, régionales, nationales et mondiales peuvent être groupés dans les catégories suivantes :

- perte d'habitat* et fragmentation* : la gestion non durable, la surexploitation des milieux et les constructions humaines ont fragmenté de nombreux écosystèmes naturels, ce qui a pu avoir pour conséquence la diminution de leur diversité biologique (faune et flore) ;
- pollution du sol, de l'eau et de l'air : certains polluants peuvent entraîner une réduction voire une élimination des espèces ;
- espèces introduites : une nouvelle espèce, qui n'a pas fait l'objet d'une co-évolution avec d'autres éléments de l'écosystème qui la reçoit, peut menacer les espèces indigènes soit comme concurrent actif, soit comme nouveau prédateur, soit encore comme agent pathogène.
- changement climatique global : les hausses de températures observées depuis quelques décennies peuvent être à l'origine du déplacement de l'aire de distribution optimale des espèces terrestres vers le nord ou en altitude, auquel beaucoup d'espèces ne pourraient pas s'adapter assez vite et finir par disparaître.
- agriculture et foresterie industrielles : les nouvelles variétés animales et végétales qui sont sélectionnées pour quelques caractéristiques souhaitables ont une base génétique étroite, ce qui les rend vulnérables aux maladies et aux ravageurs, d'où l'urgence de prendre des mesures adéquates de conservation parallèlement à l'amélioration génétique et à l'utilisation de variétés améliorées.

Face à ces facteurs qui travaillent à la régression de la biodiversité, les facteurs qui, aux mêmes échelles spatio-temporelles, favorisent son accroissement sont sans doute associés à la variété potentielle des formes de gestion.

Pourquoi vouloir préserver la biodiversité en forêt ?

La notion de biodiversité tient une place essentielle dans la majorité des approches de gestion durable, car pour beaucoup de forestiers les deux notions sont liées (Burton *et al.*, 1992). Pour ceux-ci, la préservation de la diversité biologique a donc pour but d'assurer que les écosystèmes forestiers conservent leur intégrité et continuent à demeurer productifs et aptes à s'adapter aux conditions changeantes. Ainsi, la nécessité de suivre l'évolution de la diversité des communautés végétales et animales est très généralement admise.

Cependant, si beaucoup de travaux ont porté sur la dynamique forestière (le plus souvent de manière descriptive) peu ont abordé les mécanismes de son fonctionnement écologique (Bergès *et al.*, 2002 ; Gachet, 2002). C'est donc avec beaucoup de présupposés que, pour certains, l'obtention d'une richesse spécifique* élevée doit être le but principal de la gestion des ressources (Attiwill, 1994). Dans ces conditions, c'est essentiellement dans un objectif de prévention que les gestionnaires agissent, car conserver la biodiversité c'est stocker des fonctions et des usages potentiels.

L'objectif est d'autant plus difficile que le nombre d'espèces rencontrées en forêt est important : Rameau *et al.* (1989) estiment que 65% de la flore française est susceptible de se trouver en milieu forestier — *sensu lato*. De plus, les forêts

Partie 1

d'un département sur trois, en France, présentent un enjeu de conservation (Vallauri & Poncet, 2002). Enfin, certains taxons* sont strictement inféodés aux milieux forestiers (certaines espèces sciaphiles*, comme le sapin *Abies alba* par exemple) ; de nombreuses espèces animales — dont certaines protégées — ne se rencontrent également qu'en forêt (tel le geai *Garrulus glandarius*).

Dépassant la stricte comptabilité des espèces et s'attardant sur les conditions qui favorisent leur maintien, d'autres études insistent sur le fait qu'il faut avant tout préserver les différents habitats* que propose la forêt, voire les multiplier ; un cas typique est la préservation de la biodiversité animale et végétale (certains champignons, insectes et oiseaux) par la préservation de leur habitat que sont les troncs et branchages au sol (Vallauri *et al.*, 2002). En outre, Burel (1989) souligne également que disposer à l'échelle du paysage d'une diversité d'écosystèmes garantit une diversité d'espèces suffisantes pour s'assurer de la bonne capacité d'adaptation de la forêt en cas de perturbation majeure (comme les changements climatiques par exemple).

Qu'est-ce qui influe sur la biodiversité en forêt ?

Les écosystèmes forestiers sont façonnés par des processus dynamiques. L'assemblage de populations, d'espèces, de types forestiers et de classes d'âge qui caractérisent les forêts sont le résultat d'une longue évolution ponctuée de perturbations et de renouvellements. Divers facteurs biotiques et abiotiques sont susceptibles d'influer sur la biodiversité dans un peuplement donné :

- la nature du sol, compartiment complexe façonné à la fois par les facteurs géologiques et par la végétation qu'il porte ;
- le climat, voire même le microclimat créé en sous-bois par la canopée ;
- l'action anthropique*, qui en de nombreux endroits marque depuis longtemps le paysage et les écosystèmes.

La diversité floristique et faunistique d'une station forestière témoigne donc du passé (c'est-à-dire de l'occupation des sols au cours du temps) comme de l'environnement actuel (également au travers des espèces présentes à proximité du peuplement). Pour être en mesure de conserver la diversité biologique, il faut examiner les écosystèmes à de nombreux niveaux d'organisation, à divers moments et en divers endroits. Il faut également que les décisions concernant l'utilisation des terres et la gestion des ressources prennent en compte les besoins liés à la diversité biologique : par exemple, promouvoir la création de zones protégées, gérer l'exploitation des espèces forestières végétales et animales, prévenir l'introduction d'insectes et d'agents pathogènes exotiques et protéger les habitats des espèces sauvages en pratiquant des activités d'aménagement forestier bien planifiées (IUFRO, 1997). En milieu forestier, la superficie, le degré de fragmentation, son histoire (perturbations par exemple), le type de sylviculture ou le voisinage d'une forêt influencent beaucoup sa composition et sa dynamique (FAO, 2001).

Gestion et biodiversité

En foresterie, la connaissance de l'impact des interventions sylvicoles sur la biodiversité et du rôle central de cette dernière dans la pérennité et dans l'équilibre des

Bouquet de flore

formations est une préoccupation majeure, délicate et difficile, pour les décideurs et les acteurs de la gestion forestière (Burton *et al.*, 1992 ; Deconchat, 1999).

Dans la littérature, plusieurs travaux portent sur les effets de l'exploitation forestière sur la biodiversité, en particulier dans les forêts tropicales qui à elles seules abriteraient 50 % de tous les vertébrés connus et 60 % des essences végétales (Burley, 2002). Il en ressort qu'en terme de biodiversité du sous-bois, deux facteurs sont susceptibles d'agir : i) l'impact direct du prélèvement, qui a des effets à court terme et modifie le milieu à une échelle fine (branchages au sol, ornières) (Halpern & Spies, 1995) et ii) les conséquences qui en résultent à cause de l'ouverture du milieu et de la mise en lumière qui en découle (Deconchat, 1998).

Sur des pas de temps plus longs, l'exploitation peut induire une modification du milieu à large échelle, influant sur la structure du peuplement (Halpern & Spies, 1995). En recouvrement et en biomasse*, le sous-bois augmente souvent, et notablement, avec l'ouverture du milieu (Klinka *et al.*, 1996). Gilliam *et al.* (1995) constatent pour leur part que la diversité végétale peut s'accroître à la faveur d'une hétérogénéité dans la canopée* (trouée ou différence de hauteur entre individus par exemple). De fait, plusieurs auteurs ont montré l'importance de l'hétérogénéité verticale du peuplement pour la luminosité du sous bois (Naumburg & DeWald, 1999 ; Van Pelt & Franklin, 2000 ; Jenkins & Chambers, 1989). Small & McCarthy (2002) soulignent que les trouées créent un environnement lumineux hétérogène qui est souvent corrélé avec la croissance et la diversité des espèces herbacées du sous-bois. Au niveau du paysage, la richesse spécifique peut diminuer après une coupe à cause de la perte de taxons sensibles à l'exploitation (Noss, 1990), mais localement on peut atteindre un maximum de diversité grâce à l'invasion par des espèces opportunistes ou de milieu ouvert (Barkham, 1992).

Notons que certains pensent que la non-gestion garantit à l'écosystème forestier une évolution « naturelle » ; or cela s'avère faux si l'on considère que la plupart de nos forêts sont anthropisées depuis longtemps : la non-gestion ne serait de mise qu'à la condition qu'on ait au préalable réhabilité la « naturalité » de ces milieux.

Enfin, soulignons que la forêt constitue un écosystème complexe dont le patrimoine et le fonctionnement procurent à la société de nombreux services, traditionnellement regroupés en trois ensembles (Europarl, 1997) :

- écologique : en plus d'être un « réservoir » de biodiversité (cf. supra), la forêt remplit des fonctions de régulation du climat (température, humidité), de préservation de la qualité de l'air et de l'eau (épuration, fixation de polluants...), de régulation du régime des eaux (réduction du ruissellement, réserves d'eau...) ou encore de maintien des sols (protection contre l'impact des pluies, stabilisation des sols, diminution du ruissellement...)
- économique : production de bois (bois d'oeuvre, bois à usage industriel ou domestique) mais aussi d'autres matières premières comme l'écorce, les résines, les molécules utilisées en pharmacie, ou encore le gibier ou les végétaux à vocation décorative ;
- sociale : la forêt est une ressource paysagère (aménagement du territoire, structuration spatiale), un milieu d'accueil et de sustentation pour la faune sauvage, une réserve de terres, pour la chasse et les loisirs (tourisme) et joue un rôle pédagogique et culturel (des liens forts existent entre forêt et société à travers les âges).

Partie 1

Economie et biodiversité

La préservation de la diversité biologique, ou biodiversité, est devenue une priorité publique pour les états membres de l'ONU. Les recherches ont pour objectif d'identifier les bénéfices et les coûts de ces programmes en établissant la relation entre le niveau de biodiversité et la valeur sociale du flux de services rendus par ce niveau, mais le cadre dont disposent les économistes pour procéder à une telle évaluation n'est cependant pas suffisant (Gautier, 1998). Flint (1991) a mis au point une typologie de valeurs pour la diversité biologique comprenant les valeurs d'utilisation (produits forestiers divers, tourisme...) et les valeurs de non-utilisation (liées aux processus écologiques comme les cycles de l'eau ou du carbone par exemple). Il est très difficile d'attribuer des valeurs économiques à la biodiversité, bien que du point de vue moral sa valeur est probablement indiscutable ; toutefois, au plan politique il est important d'estimer cette valeur afin de créer des zones et des programmes de conservation propres à assurer la survie future et la gestion durable de ces milieux (Burley, 2002).

III. Comment appréhende-t-on la biodiversité dans un peuplement ?

De nombreux scientifiques et gestionnaires pensent que, pour un type de peuplement, l'observation simple et rapide d'un petit nombre d'espèces -végétales ou animales- permettrait de caractériser la « qualité biologique » et le fonctionnement de l'écosystème (ONF, 1993) étant donné les exigences propres de chaque taxon (c'est-à-dire de leur niche écologique*). Dans cet esprit, la faculté d'intégration de plusieurs paramètres au travers de leur simple présence conférerait ainsi aux espèces vivant en sous-bois un rôle de témoins, d'indices de changements ou de transition d'un état forestier à un autre, et d'indicateurs des conditions environnementales (fertilité des sols, microclimat, etc.) : la présence et l'abondance des espèces sont ainsi utilisées pour l'établissement des typologies* de stations forestières.

Comparées à un agrosystème classique, les forêts sont souvent considérées comme relevant d'une plus grande complexité structurelle et fonctionnelle, et comme plus « naturelles » en raison d'interventions humaines moindres (Whitehead, 1982). C'est cette complexité qui explique le besoin qu'ont les gestionnaires d'utiliser des outils de diagnostic variés pour établir l'état de leurs forêts. En plus de la structure, de l'âge et de la composition du peuplement (souvent déterminés directement par les choix préalables des gestionnaires), la mise au point de bio-indicateurs* est donc devenue un objectif de recherche. Il faut toutefois souligner que la notion d'indicateurs est à utiliser avec précaution du fait même de son caractère simplificateur, et que les bio-indicateurs sont souvent plus les témoins d'une gestion passée que les éléments d'une aide à la décision concernant la gestion à venir. Ceci d'autant plus qu'ils n'ont bien souvent pas la même signification selon les échelles spatiales et temporelles auxquelles on se place : la présence ou la disparition d'une espèce est à considérer différemment selon qu'elle se produit sur une parcelle ou sur tout un massif par exemple (l'ampleur du phénomène et donc de ses conséquences sera toute différente dans un cas ou l'autre).

Bouquet de flore

Soulignons ici que les liens entre le peuplement arboré et les espèces en sous-bois sont importants à comprendre à la fois par l'écologue et par le forestier, comme le notent Palik & Engstrom (2000) ; ces mêmes auteurs affirment que le sous-bois a une grande influence sur la pérennité du peuplement, malgré la dominance physique de ceux-ci, car il contribue à la richesse et l'abondance à travers la régulation de fonctions-clés (régénération, composition de la litière...) et l'apport de ressources capitales. La flore forestière -autre que le peuplement- constitue ainsi un compartiment qui entre en compétition avec celui des arbres du peuplement (Pagès *et al.*, 2001). Elle interagit aussi, positivement ou négativement (compétition, allélopathie...) avec les autres espèces présentes (végétales ou animales comme les insectes ou la microfaune du sol). Les résultats de Saunders & Puettmann (1999) suggèrent aussi que l'accroissement de la compétition entre la canopée et le sous-étage réduit la croissance et la survie des semis d'arbres. Enfin, plus que par l'encombrement racinaire qu'elles représentent, les espèces végétales du sous-bois peuvent constituer une menace pour la *régénération* du peuplement par l'utilisation des ressources hydriques et minérales du sol, par l'occupation du sol et les micro-climats qu'elles induisent (comme par exemple l'ombre qu'elles créent au sol).

L'observation de la composante floristique dans un peuplement passe nécessairement par des inventaires plus ou moins fins. Classiquement, les données recueillies sur le terrain consistent en des relevés floristiques effectués sur des placettes de 400 m² : cette surface est fréquemment utilisée en écologie forestière car cette résolution de mesure est en parfaite adéquation avec la perception des phénomènes dans ce type d'écosystème (Daget & Godron, 1982 ; Austin, 1999 ; Deconchat, 1999 ; Rameau, 1993). Une placette fait ainsi l'objet d'un recensement de tous les végétaux qui s'y trouvent, auxquels on attribue souvent un « coefficient » d'abondance (inspiré de Braun-Blanquet, 1932) :

- + : espèce rare
- 1 : individus pouvant être nombreux mais de recouvrement faible (les orchidées par exemple)
- 2 : recouvrement de 5 à 25%
- 3 : de 25 à 50%
- 4 : de 50 à 75%
- 5 : supérieur à 75%

Dans l'idéal, des inventaires floristiques *exhaustifs* doivent également être réalisés sur l'ensemble du site pour s'assurer de la représentativité de ceux effectués sur les placettes de 400m².

De plus, à chaque relevé floristique sont associées des variables stationnelles rendant compte des conditions topographiques sensu lato (altitude, pente, exposition, coordonnées géographiques...), de l'état de surface du sol (taux de recouvrement en rochers, blocs, cailloux, terre nue, ou litière) et de la structuration verticale de la formation (taux de recouvrement des principales strates de végétation : strate arborescente, arbustive ou herbacée).

Partie 1

IV. Généralités sur la systématique

La donnée brute principalement recueillie sur le terrain étant ainsi des listes de plantes, on comprend aisément que la systématique* soit au cœur de toutes ces études. Née au 16^{ème} siècle, cette science définit, discrimine, nomme et classe les organismes vivants actuels et fossiles en différents groupes (c'est la taxonomie) mais également cherche à reconstituer l'histoire des relations évolutives entre les différents groupes (c'est l'étude des lignées, ou phylogénie) considérant que les espèces sont des ensembles de populations qui échangent leurs gènes (Mayr, 1940) . Très dynamique et en perpétuel mouvement, elle fait de plus en plus appel aux résultats obtenus dans d'autres disciplines (cytologie, biométrie, biochimie, physiologie, écologie, phytosociologie, phytogéographie)..

En revanche, le concept même d'espèce est toujours fondé sur une définition donnée au 18^{ème} siècle par Buffon, basée sur l'interfécondité. Il existe cependant plusieurs controverses, plus ou moins récentes ; toutes sont satisfaisantes d'un point de vue théorique mais soulèvent de nombreuses difficultés dans la pratique ; Amman (1999) constate qu'une bonne espèce est en fait ce qu'un bon taxonomiste juge comme étant une espèce ...

De même, la façon de décrire les espèces et de former leur nom latin n'a pas changé depuis Linné (naturaliste suédois, 1707-1778) qui a fait franchir une étape décisive à la systématique avec la parution en 1735 du *Systema naturae* et en 1753 de *Species plantarum*. Dans ses ouvrages, Linné introduisit la nomenclature* binomiale des espèces qui consiste à désigner les végétaux et les animaux par un nom scientifique double au moyen de deux noms dérivés de racines grecques ou latines, le premier indiquant le genre et le deuxième l'espèce (et pour éviter toute confusion, une même épithète ne peut être utilisée qu'une seule fois pour un genre donné). Par exemple, le thym est identifié par le binôme *Thymus vulgaris*.

Actuellement, la définition de noms scientifiques suit les règles du Code International de Nomenclature Botanique, établi en 1952 et révisé périodiquement (il faut savoir qu'environ 15 000 nouvelles espèces sont décrites chaque année). Le nom de chaque taxon est attaché à un « type nomenclatural » qui est généralement un échantillon d'herbier (appelé « type porte-nom »).

Cependant, et mises à part les erreurs d'identification, un même binôme peut parfois être utilisé pour désigner des espèces différentes. Par exemple, il arrive souvent que certains taxons cités dans des flores un peu anciennes dans un sens très large aient été mieux définis à la suite d'études plus récentes. De plus, chaque année, des espèces sont signalées comme nouvelles dans notre flore nationale ; ce sont des taxons existant dans d'autres pays et découverts sur notre territoire, ou bien décrits à des rangs taxonomiques inférieurs et dont l'élévation au rang spécifique apparaît justifiée, ou encore des espèces nouvelles pour la science. Voilà pourquoi selon les publications et les ouvrages (y compris les flores), une même plante porte parfois des noms différents : il existe ainsi de nombreux synonymes.

De cette complexité résultent des difficultés à gérer les noms des espèces dans les bases de données floristiques, spécialement lorsqu'il s'agit de récupérer des don-

Bouquet de flore

nées anciennes ou bien de mettre ensemble des données provenant de sources diverses. A l'INRA, Kerguelen (1993, 1994, 1997) a ainsi mis au point un index synonymique de la flore française, en collectant l'information dans les flores usuelles de France et à partir d'une bibliographie importante (révisions monographiques, etc.), mais cette nomenclature n'est pas utilisée par tous les floristes, ne serait-ce que parce qu'au niveau européen la référence communément admise est *Flora Europaea* (Tutin *et al.*, 1964-1993). De son côté, le MNHN* est responsable du projet REFTAX, dont le but est de fixer l'usage des noms et d'être une source fiable d'information scientifique : en effet, la mise en œuvre de la Convention sur la Diversité Biologique engage chaque pays à affiner l'inventaire et la caractérisation de leur patrimoine naturel, notamment spécifique et place la nécessité de tels inventaires dans une perspective globale, avec des liens importants avec l'agriculture, la sylviculture, la santé publique, l'écologie, la génétique et le comportement biologique ; nécessairement, tous les acteurs et gestionnaires de la biodiversité, scientifiques, politiques ou autres sont tenus de désigner les mêmes espèces par les mêmes noms.

Le MNHN fait remarquer au sujet de REFTAX qu'un référentiel taxonomique ne peut se concevoir isolément mais bien en relation avec les autres bases de données systématiques et bibliographiques existant déjà : il doit donc pouvoir échanger des informations avec elles. C'est dans cet esprit qu'a pris forme le présent projet.

V. Le projet

La connaissance de la flore, de sa répartition, de ses interrelations, des fonctionnalités qu'elle entretient avec l'ensemble du milieu biogéophysique et climatique, les contraintes que lui imposent les différentes formes d'usages et « d'anthropisation » constituent autant de demandes pressantes de la part d'un grand nombre de scientifiques et de gestionnaires préoccupés par le questionnement actuel sur la biodiversité : son histoire, sa fonctionnalité, sa préservation et son devenir. Sans vouloir établir de hiérarchie, il est clair que la connaissance de la composition et de la répartition de la flore, mise en rapport avec les conditions de milieu, constitue une première étape indispensable à l'étude des fonctionnalités et de la gestion de la biodiversité.

Depuis quelques années, un engouement pour les bases de données s'est produit dans beaucoup de disciplines. En écologie, cet intérêt provient essentiellement : i) de l'énorme accumulation de données et d'information (générées pour partie par de nouvelles techniques), requérant des méthodes efficaces de stockage et de gestion ; et ii) du déclin paradoxal mais constaté du nombre des naturalistes. Ces deux phénomènes conjugués expliquent la nécessité grandissante de mettre à disposition de la communauté des informations synthétiques et facilement accessibles, y compris provenant d'études passées (ce qui ne résout en rien le manque d'experts...).

Parallèlement, l'intérêt grandissant pour les attributs vitaux* s'est confirmé depuis Schulze & Mooney (1993) (Box, 1996 ; Bugmann, 1996 ; Lavorel *et al.*, 1997 ; Médail *et al.*, 1998) et a conduit à l'apparition de nombreuses bases de données dévolues à ce sujet, permettant la classification des plantes en groupes fonctionnels* (par exemple Fitter & Peat, 1994 ou Kleyer, 1995). Dans un contexte de conservation ou de gestion, une base de données floristique devient aussi une aide utile à la décision. Un tel outil peut bien sûr être appliqué à différentes échelles, par exemple pour évaluer la dynamique des populations (Jäger, 2000).

Partie 1

Les bases de données floristiques ont pour but de gérer des données sur la diversité biologique d'un territoire donné (échelle variable selon l'ampleur du projet) pour aider à la gestion d'un territoire, d'un peuplement ou d'une espèce particulière. Au plan technique, l'apport considérable des bases de données réside en ce que l'information y est agencée de façon à être manipulée de façon efficace et ordonnée. Cependant, avant de créer une base de données, il faut déterminer :

- le but pour lequel la base de données est constituée et les besoins de ses utilisateurs potentiels ;
- les données (nature, type) qui doivent y être stockées ;
- la façon selon laquelle on veut que les données soient agencées (présentation et organisation) pour prendre des décisions ou avoir accès à l'information (via une requête : question posée par l'utilisateur à laquelle on peut répondre par une série d'opérations logiques sur la base de données).

Une base de données renferme des informations sur une collection d'objets d'un type défini, dans notre cas des données floristiques. Pour que l'information soit manipulable, on subdivise l'information relative à un objet en champs (type d'information défini logiquement qui existe pour l'ensemble des objets de la base de données; propriétés de l'objet). Une base de données est donc constituée d'une série de fiches, une pour chaque objet inventorié, chacune comportant une série de champs renfermant les informations particulières relatives à l'objet. Cela correspondrait aux lignes (objets) et aux colonnes (champs) d'un tableau. Pour qu'une base de données fonctionne de façon efficace selon le modèle relationnel, il faut déterminer avec soin la structure de la base de données (façon selon laquelle les champs d'une base de données sont divisés en ensembles et selon laquelle les différents ensembles sont liés entre eux par des relations).

Mais la force d'une base de données réside certainement dans sa potentialité d'échange et de communicabilité avec d'autres bases de données, qu'elles concernent le même type d'information ou des données connexes. Des données climatiques ou pédologiques viendront par exemple relativiser la présence de telle ou telle espèce dans un peuplement. Ainsi, une base de données forestière nourrira et sera nourrie en retour et avec profit de données non forestières, qui permettront des éclairages nouveaux.

Partie 2

Recenser et décrire les principales bases de données floristiques (identifier la part relative à la flore forestière), avec dans un premier temps une focalisation sur les régions méditerranéenne, de l'est et du sud-ouest. Ce travail d'inventaire doit s'accompagner d'un travail d'évaluation des possibilités de valorisation de la base.

Identification du gestionnaire. Objectifs de la base. Caractérisation des informations recueillies. Evaluation de la quantité et de la qualité de l'information. Structure informatique. Utilisation, exemple. Possibilités de développement.

Partie 2

Une première investigation nous a permis d'identifier les bases de données qui sont présentées dans ce rapport, toutes dévolues à la floristique. Certaines ne concernent la flore forestière que pour partie, d'autres s'y consacrent intégralement. Toutes apportent leur lot d'originalité par leurs objectifs aussi bien que par la zone géographique prospectée ou par les données connexes accumulées (attributs vitaux, mesures abiotiques, ressource bibliographique...). Ces différentes bases de données sont complémentaires dans le type d'information qu'elles recèlent (inventaires floristiques, données dendrométriques, édaphiques, attributs vitaux, etc.) mais aussi dans le territoire qu'elles recouvrent (nord est, sud est, France entière par place...). Toutefois, elles ne couvrent, même dans leur perspectives propres, qu'une part incomplète des besoins qui sont ceux de la recherche et de la gestion.

D'autre part, ces bases ne sont pas toutes au même point d'avancement, et l'on a demandé à chaque gestionnaire d'émettre des souhaits quant à l'amélioration et/ou la valorisation de la base de données dont il a la charge. Pour certaines il s'agit de valider les données, pour d'autres de moderniser le support informatique ou de compléter les données (localisation GPS par exemple). Ces diverses tâches, à effectuer sous la houlette des gestionnaires respectifs, sont importantes à la fois pour chaque base de données, mais également dans une perspective éventuelle de leur « mise en réseau » de ces bases. En effet, les utilisations qui seraient rendues possibles par leur harmonisation sont vastes et prometteuses en terme de connaissance de la biodiversité sur notre territoire. C'est la première étape vers la constitution d'un outil de référence répondant aux besoins de base des chercheurs et des gestionnaires.

Pour mener à bien les différentes tâches « d'amélioration » de chaque base de données, mais aussi pour réfléchir concrètement et collectivement à leur mise en réseau, il est nécessaire de disposer de personnel compétent à la fois au niveau technique (pour la saisie de données nouvelles par exemple) et au niveau ingénieur (pour la modernisation informatique ou la recherche de données complémentaires, mais également pour la coordination de la mise en réseau).

Dans la suite de ce document, chacune des bases recensées sera présentée (le plus souvent au moyen d'une publication scientifique existante), agrémentée d'une fiche récapitulative ; il s'agit des bases de données suivantes :

1- base de données de l'IFN (Inventaire Forestier National) : commencée en 1981, la couverture totale de la France est prévue pour 2005 ; les données phytoécologiques recueillies sont complétées de données dendrométriques.

2- base de données du réseau RENECOFOR (ONF) : mis en place en 1992, ce réseau a pour but la surveillance des forêts françaises afin de détecter d'éventuels changements à long terme dans le fonctionnement d'une grande variété d'écosystèmes forestiers et de mieux comprendre les raisons de ces changements ; les relevés floristiques sont effectués tous les 5 ans sur une centaine de placettes permanentes en France.

Bouquet de flore

3- ECOPLANTE (ENGREF, Nancy) : des relevés floristiques et écologiques ont été effectués sur un grand nombre de placettes localisées dans l'espace et dans le temps (dans toute la France), complétées par des analyses de sol effectuées en laboratoire, et de variables issues de données météorologiques ou mésoclimatiques spatialisées. On retiendra que ce réseau n'est pas représentatif de la forêt française puisque la forêt privée n'y est pas représentée.

4- FLORA-SYS (ENSAIA, Nancy) : ce logiciel permet la gestion et le traitement de relevés floristiques à des fins de diagnostic agronomique et écologique ; il intègre une base de données d'environ 3000 relevés floristiques effectués en milieu prairial.

5- SOPHY (AIAB, Strasbourg) : cette banque de données phytosociologique a pour objectif d'étalonner les plantes par rapport aux variables environnementales ou aux plantes elles-mêmes, afin de caractériser le milieu dans lequel elles poussent ; initiée en 1975, elle comprend 148 000 relevés de toute la France à ce jour.

6- BASECO (IMEP, Marseille) : créée en 1996, cette base de données phytoécologique méditerranéenne a un triple objectif : gérer les relevés de terrain, lister les attributs vitaux des taxons rencontrés, et analyser les traits les uns par rapport aux autres ou en les comparant avec les paramètres environnementaux

7- bases de données du CEMAGREF Aix-en-Provence : elles ont été constituées à l'occasion de typologies de stations forestières, d'études autécologiques et de l'étude des potentialités forestières de la Provence calcaire, entre 1994 et 2002 et comprennent des données floristiques et dendrométriques.

8- base de données de l'INRA : une base de données a été mise au point concernant la caractérisation écologique des placettes françaises du réseau européen de suivi des dommages forestiers, mais il existe aussi (non constitués en base) plusieurs milliers de relevés floristiques effectués essentiellement dans le nord-est de la France et complétés par des mesures dendrométriques.

9- bases de données des Conservatoires Botaniques Nationaux : près de 10 millions de données concernant la flore (environ 60% de données de terrain et 40% provenant de la bibliographie et des herbiers) dont l'harmonisation nationale est en cours (homogénéisation des référentiels taxonomiques, des stratégies d'inventaires, etc.) devant déboucher sur la constitution d'une base de données flore unique pour tous les CBN.

Partie 2

■ La base de données écologiques de l'IFN

La présentation suivante est issue de l'article de Catherine CLUZEAU & Jacques DRAPIER (2001) « La base de données écologiques de l'IFN. Une approche factorielle et synthétique des écosystèmes forestiers. » Actes des 40 ans de l'IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. Revue Forestière Française, 3-4, p391-396

La prise de données phytoécologiques par l'IFN, dans le cadre des inventaires forestiers départementaux, a commencé en 1981 à l'échelon de Montpellier (inventaire floristique seulement) et en 1985 à l'échelon de Nancy. Elle a été généralisée à l'ensemble de la France à partir de 1992. Cet ensemble considérable de données (prévision d'environ 140 000 placettes pour une couverture complète de la France en 2005) est géré au sein de la base de données de l'IFN en liaison avec les données dendrométriques.

L'IFN a pour souci de valoriser au mieux ces données en leur donnant une large publicité et en participant à des études scientifiques en collaboration avec d'autres organismes (INRA, ONF, ENGREF, CEMAGREF, AFOCEL, ...).

Il s'agit ici de rappeler la méthodologie de l'inventaire phytoécologique de l'IFN.

Caractéristiques de l'échantillonnage IFN

L'inventaire des formations boisées françaises est réalisé département par département avec une périodicité de 10 à 12 ans entre chaque passage. De 7 à 8 départements sont inventoriés par an. La principale caractéristique de l'échantillonnage de l'IFN est de prendre en compte tous les types de peuplement forestier quel que soit leur type de propriété, à l'exception des forêts peu ou pas exploitées.

Les placettes de levers sont tirées au sort au sein de strates définies par :

- la région forestière, délimitée selon des critères géologiques et climatiques (il existe 309 régions forestières IFN en France)
- le type de propriété (domanial, communal, privé)
- le type de peuplement (structure et composition), déterminé par photo-interprétation et contrôlé sur le terrain

Le taux de sondage moyen est de 1 point pour 130 ha de surface boisée, ce qui représente 700 à 1500 placettes par département. Tous les points "forêt" (placettes) échantillonnés font l'objet de mesures dendrométriques et, de façon systématique depuis 1992, d'un relevé phytoécologique.

Données recueillies sur le terrain

Les observations et mesures sont effectuées en toute saison, par 5 ou 6 équipes de 3 personnes par département. Chaque point échantillonné est localisé précisément sur le terrain. Le dispositif de mesure mis en place se compose de plusieurs placettes concentriques (Fig. 1). La plus grande a un rayon de 25 m, soit une surface de 20 ares environ, utilisée pour la description générale du peuplement. Les mesures dendrométriques sont réalisées dans les placettes de 6, 9 et 15 m de rayon .

Bouquet de flore

Les données phytoécologiques suivantes sont relevées en complément des données dendrométriques classiques (structure du peuplement, mesures de croissance et de qualité des arbres...) :

– **topographiques** : altitude, exposition, pente, position topographique, pente opposée

– **pédologiques** : roche-mère, affleurement rocheux, charge en cailloux, texture, profondeur d'apparition de l'hydromorphie, de la carbonatation, type d'humus, type de sol

– **floristiques** : espèces ligneuses et herbacées présentes et leur recouvrement codé en abondance-dominance de 1 à 5

1	présence mais recouvrement < 5% de la surface
2	5 - 25 % de la surface
3	25 - 50 % de la surface
4	50 - 75 % de la surface
5	> 75 % de la surface

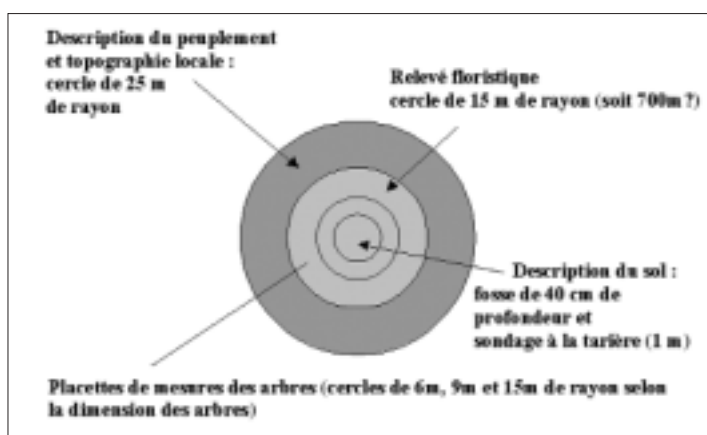


Figure 1.
Schéma d'une placette de mesure de l'IFN.

Les caractéristiques topographiques sont appréciées sur le plus grand cercle (25 m de rayon) et en considérant aussi l'environnement de la placette. Le relevé floristique et la description pédologique sont réalisés dans le cercle de 15 m de rayon, ce qui représente une surface de 700 m².

Calcul d'indices écologiques et caractérisation du type de station ou du type d'habitat

Dans le souci de faciliter l'utilisation de ces données, l'IFN calcule des indices synthétiques caractérisant plus clairement les différents écosystèmes échantillonnés (Fig. 2). La définition d'indices pédologiques (types de sol, types d'humus et réserve utile en eau) est d'ores et déjà opérationnelle. Le calcul des indices trophique et hydrique de la station à partir de la flore est déjà bien engagé dans sa conception (Bruno et Bartoli, 2001 dans ce volume ; Rameau *et al.*, 1989 et 1993).

La définition d'indices topographiques et bioclimatiques à partir de modèle numérique de terrain, de données météorologiques et de la cartographie des types de

Partie 2

peuplement est à l'état de projet, et pourrait être conduite avec la collaboration de l'équipe Ecosystèmes Forestiers et Dynamique du Paysage de l'ENGREF.

Notre objectif est aussi de définir un type de station (Delpech *et al.*, 1985) et un type d'habitat (au sens de la Directive européenne "habitats, faune, flore") pour chaque placette, à partir de combinaisons de ces différents indices. Une correspondance sera ensuite établie, dans la mesure du possible, entre les types de station ainsi définis et ceux des catalogues.

Pour les habitats, nous nous référons à la typologie établie par Rameau J.C., Gauberville C. et Drapier N. (2000) (Rameau, 2001 dans ce volume).

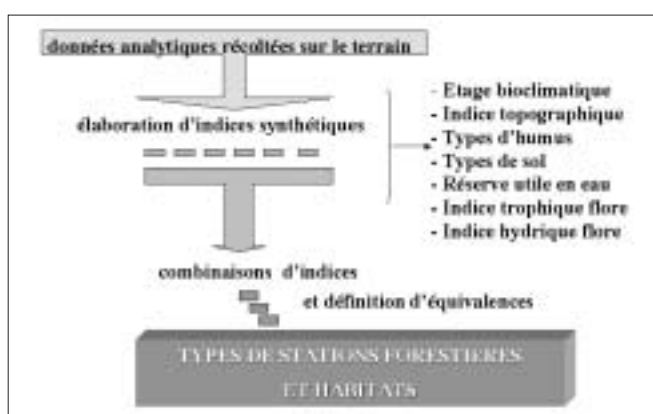


Figure 2. Indices écologiques calculés à partir des données recueillies sur le terrain par l'IFN lors des inventaires départementaux.

Etat d'avancement de la base de données écologiques

Créée en 1992, la base de données écologiques de l'IFN contient actuellement 63 000 relevés écologiques pour 50 départements (Fig. 3). L'ensemble du territoire métropolitain sera couvert en 2005. A cette date, deux cycles d'inventaire seront disponibles pour une dizaine de départements.

Disponibilité des données et utilisations possibles

Diffusion standard

Les principaux résultats statistiques, par région forestière ou par département, sont disponibles sur demande sous forme de tableaux et de graphiques. Une synthèse départementale et par région forestière est présentée dans les publications départementales de l'IFN. Ces tableaux de résultats seront bientôt disponibles sur le site Internet de l'IFN (www.ifn.fr) grâce à la nouvelle base de données dasométrique (Wolsack, 2001 dans ce volume). Le droit d'usage des données peut être acquis auprès de l'IFN. L'IFN peut également réaliser sur demande des représentations cartographiques de ces données : carte de répartition d'une espèce ou d'une caractéristique écologique (Fig. 4).

Etudes spécialisées

Les relevés phytoécologiques ont été intégrés aux inventaires dendrométriques de l'IFN dans le but de caractériser le type de **station** forestière associé au peuplement décrit.

Les données recueillies par les échelons de Montpellier et de Nancy avant 1992 ont été utilisées pour des études de typologies forestières (Auvray, 1987a et b ;

Bouquet de flore

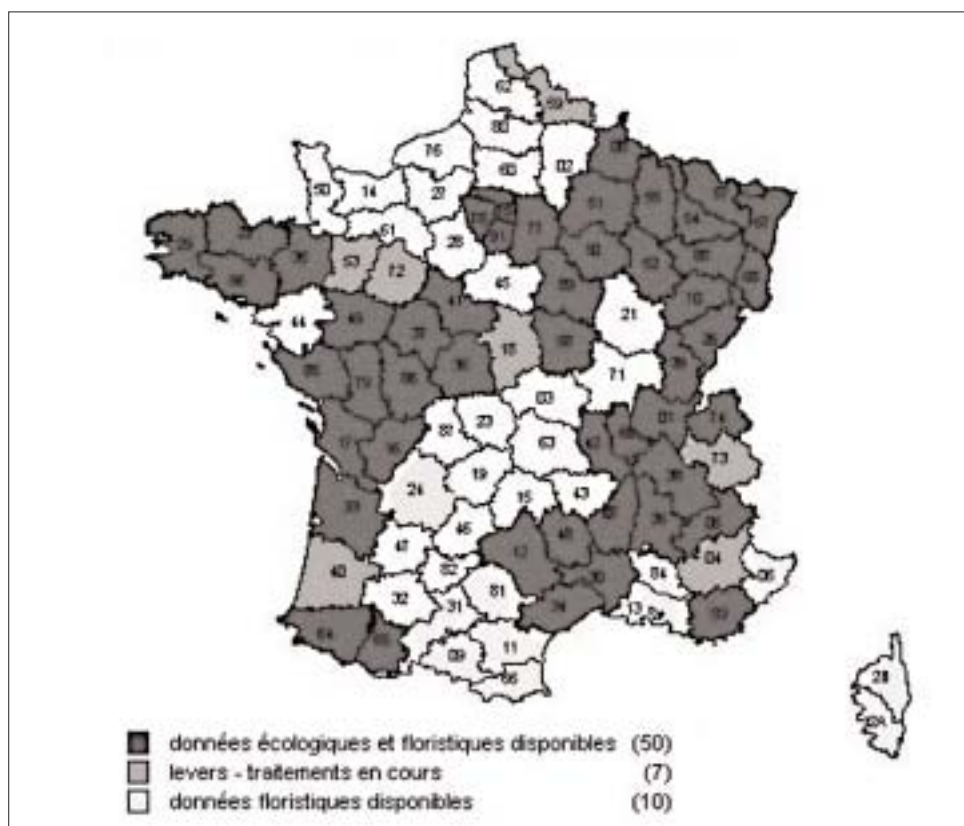


Figure 3. Etat d'avancement des inventaires forestiers départementaux avec relevés phytologiques.

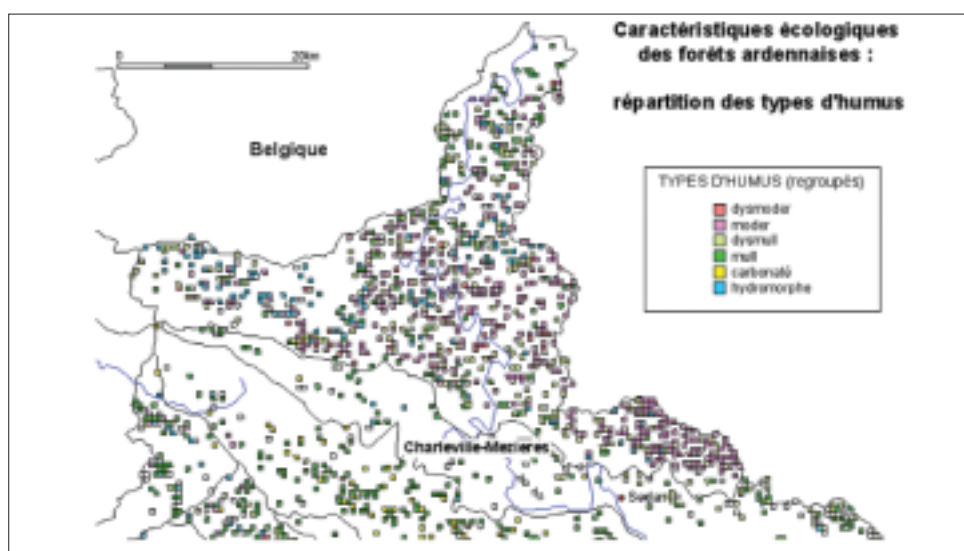


Figure 4. Répartition des types d'humus forestier dans le nord du département des Ardennes (1 point correspond à 1 placette IFN).

Partie 2

Auvray et Jappiot, 1990 ; Darracq, 1988 ; d' Epenoux, 1988 ; IFN, 1984 ; Krebs, 1987 ; Lepart *et al.*, 1981), la réalisation de catalogues de station (Drapier, 1989) et des études de potentialité forestière (Drapier, 1987 et 1991).

Un projet d'interprétation des données phytoécologiques de l'IFN en terme de types de station et de types d'habitat est en cours, en collaboration avec l'ONF (département Aménagement - Sylvicultures - Espaces naturels) et l'ENGREF-Nancy (Equipe Ecosystèmes forestiers et dynamique du paysage). Ce projet comprend l'adaptation du logiciel de diagnostic automatique ECOFLORE (Bruno et Bartoli, 2001 dans ce volume) à l'ensemble des régions bioclimatiques du territoire et la mise en correspondance des niveaux trophiques et hydriques avec la typologie des stations et des habitats. Les résultats de ce travail permettront de mieux connaître la répartition et la fréquence des types de station et des types d'habitat en France et d'étendre les études de station-production aux régions non décrites par des catalogues.

D'autres domaines de valorisation des données phytoécologiques de l'IFN sont apparus avec les problématiques de gestion durable et notamment de biodiversité, de changements climatiques et de santé des forêts. Plusieurs études sont en cours ou en projet, à la demande d'organismes forestiers de recherche, de gestion ou de développement.

Une étude des changements à long terme de la végétation forestière utilisant les données de l'IFN, et plus particulièrement les relevés phytoécologiques disponibles sur deux cycles d'inventaire, a débuté fin 1999 en collaboration avec l'INRA-Nancy (Cluzeau *et al.* , 2001 dans ce volume).

Dans le cadre d'un programme européen "Life" sur "l'évaluation et le suivi d'une sélection d'indicateurs de gestion forestière durable", l'IFN participe à la sélection d'indicateurs et fournit des données permettant de calculer ces indicateurs pour 4 sites pilotes en France et sera probablement sollicité dans les démarches d'écocertification.

Quelques travaux ont été réalisés en commun avec le Département de la Santé des Forêts (Ministère de l'Agriculture) et des perspectives de collaboration sont envisagées.

Conclusion

L'intérêt des données phytoécologiques de l'IFN réside principalement dans leur disponibilité au niveau national, leur suivi dans le temps (un inventaire tous les 10-12 ans), et dans leur couplage possible avec des données de structure et de production des peuplements forestiers. De plus, l'application d'un protocole de mesures identique pour l'ensemble des départements garantit l'homogénéité des données sur tout le territoire.

La base de données phytoécologiques de l'IFN constitue donc une source d'informations unique dans le domaine de l'écologie forestière, intéressant la recherche : études de productivité, modélisation de la croissance intégrant des données écologiques, autécologie des essences et des espèces, adéquation essence/station, ... et les responsables de l'aménagement et de la gestion des forêts : meilleure connaissance de la répartition géographique des stations et des types d'habitat en relation avec les types de peuplement forestier.

Bouquet de flore

Cette base sera utilisée dans le cadre de l'analyse de la stabilité des peuplements forestiers suite aux tempêtes de décembre 1999, pour étudier de façon détaillée les relations entre l'intensité des dégâts subis par les peuplements forestiers et leurs caractéristiques stationnelles en complément des données dendrométriques. Cependant, l'IFN doit se donner les moyens de fournir plus d'informations aux utilisateurs sur la qualité de ses données pour mieux les valoriser, notamment en ce qui concerne l'effet de la saison sur les relevés floristiques, le pourcentage d'erreurs d'identification, ... Des études de contrôle-qualité sont à envisager afin de quantifier la fiabilité des données et de mieux définir les limites de leur utilisation.

Bibliographie

- Auvray F., 1987a. Typologie forestière des Aspres, IFN-Montpellier.
- Auvray F., 1987b. Typologie forestière des Fenouillèdes, IFN-Montpellier, 219 p. + annexes.
- Auvray F. et Jappiot M., 1990. Typologie forestière du Conflent, IFN-Montpellier, 252 p. + annexes.
- Darracq S., 1988. Typologie forestière du Sommail-Espinouse, IFN-Montpellier, 209 p. + annexes + carte des types de peuplement.
- Delpech R., Dumé G., Galmiche P., 1985. Typologie des stations forestières - Vocabulaire. Ministère de l'Agriculture, Institut pour le Développement Forestier, Paris, 243 p.
- Drapier J., 1987. Etude de la potentialité forestière des stations par l'IFN : les plateaux calcaires de Haute-Marne. *Revue Forestière Française*, XXXIX (5), pp 425-435.
- Drapier J., 1989 - Catalogue des stations forestières de l'Ardenne primaire, IFN Nancy, 156 p.
- Drapier J., 1991 - Etude de la potentialité des stations forestières des Vosges alsaciennes, IFN Nancy, 75 p. + annexes.
- d'Epenoux F., 1988. Typologie forestière des Basses-Cévennes à Pin Maritime, IFN-Montpellier, 223 p. + annexes.
- Inventaire Forestier National, 1984. Une approche de la typologie des stations forestières à l'aide des relevés de l'inventaire forestier national en Ardèche, IFN-Montpellier et CEPE L. Emberger, 52 p. + annexes.
- Krebs M., 1987. Typologie forestière des Albères, IFN-Montpellier, 144 p. + annexes.
- Lepart J., Naudet J. P., Romane F., 1981. Essai d'analyse phyto-écologique des observations récoltées par les services de l'Inventaire Forestier National en Lozère, Ministère de l'Agriculture et Ministère de la Recherche et de la Technologie, 27 p. + annexes.
- Rameau J.C., Mansion D., Dumé G., 1989. Flore forestière française (tome 1) "Plaines et collines", IDF, DERE, ENGREF eds, 1783 p.
- Rameau J.C., Mansion D., Dumé G., 1993. Flore forestière française (tome 2) "Montagnes", IDF, DERE, ENGREF eds, 2421 p.
- Rameau J.C., Gauberville C., Drapier N., 2000. Guide des habitats et espèces -Tome 2 : domaine atlantique français et Tome 3 : domaine continental français, IDF.

Partie 2

Nom	BD floristique de l'IFN
Contact	Jacques Drapier / Eric Bruno
Date de mise en place	1996
Financement	Aucun
Objectifs	Inventaire national de la flore en forêt, caractérisation de l'écologie des placettes : types de station, types d'habitats...
Nature de l'info	<p>La base contient des données floristiques (espèces + abondance) relevés sur chaque placette forestière IFN en association avec le relevé dendrométrique et le relevé écologique</p> <p>En cours : création d'une note qualité par relevé et d'une note de fiabilité espèces (variable suivant la saison, le notateur, les espèces...)</p> <p>Quelques essais de contrôle d'un petit % des relevés sur le terrain sont tentés actuellement. Des procédures de détection automatique d'anomalies sont en cours de réalisation. La saisie des données est contrôlée (double saisie).</p>
Quantité d'info	1 385 000 espèces pour 79 000 relevés (voir tableau ci-dessous pour les relevés après 1992). 1905 taxons
Part forestière	100%
Protocole d'échantillonnage	<p>L'inventaire est réalisé par département avec environ 1000 à 1400 placettes réparties selon un échantillonnage stratifié selon les types de peuplements, la propriété et la région forestière.</p> <p>Le relevé est effectué sur une placette de 15 m de rayon depuis 1992 (sur une placette de 9m de rayon entre 1981 et 1992 dans le sud de la France) (le temps de réalisation du relevé est compris entre 15 et 30 minutes, les relevés sont effectués dans chaque département par 6 équipes, encadré par un écologue ce qui fait au niveau national 30 notateurs différents). Toutes les espèces présentes (ligneuses et herbacées) sont notées ainsi que leur coefficient d'abondance (voir exemple de fiche de relevé ci-joint)</p> <p>Seuls quelques espèces de mousses sont notées.</p>
Echelle	France
Structure informatique	Base de données sur Access ou SQL server, table flore (identifiant, code espèces et abondance) associée aux tables cartographiques de localisation (département, cycle, coordonnées Lambert), table de nomenclature espèces (nom flore Fournier, nom Flora Europea) et autres tables écologiques ou de description de placettes.
Mise à jour	Permanente
Accès aux données	Données vendues
Exemple d'application	Calcul de niveau trophique hydrique, suivi de l'évolution de la végétation d'un cycle à l'autre, cartogramme de répartition des espèces, modélisation et cartographie de l'aire climatique

Bouquet de flore

potentielle des grandes essences forestières française, autécologie des espèces, indicateur de gestion durable (biodiversité, types de stations et habitats)

Publications

BRUNO E. & BARTOLI M. 2001 Premiers enseignements de l'utilisation du logiciel ECOFLORE pour traiter les relevés botaniques de l'IFN . Les 40 ans de l'IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. RFF, 3-4, p391-396

CLUZEAU C. & DRAPIER J. 2001 La base de données écologiques de l'IFN. Une approche factorielle et synthétique des écosystèmes forestiers. Les 40 ans de l'IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. RFF, 3-4, p391-396

CLUZEAU C. & DUPOUEY JL & DRAPIER J. & VIRION R, 2001 Etude des modifications à long terme de la végétation forestière à partir des données de l'IFN. Les 40 ans de l'IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. RFF, 3-4, p365-370

Perspectives de développement & valorisation

- Notation des espèces ligneuses présentes dans chaque strate (actuellement arbres, arbustes et semis sont confondus)
- Développement des procédures d'estimation de la qualité des données
- Valorisation : ouverture de la base ???

Demande particulière

Bouquet de flore

F 83 4		GPH		14 - 18.16		18 - 18.16		18 - 18.16		18 - 18.16		18 - 18.16		18 - 18.16		18 - 18.16		18 - 18.16	
18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16	18 - 18.16
8001	8002	8003	8004	8005	8006	8007	8008	8009	8010	8011	8012	8013	8014	8015	8016	8017	8018	8019	8020
8021	8022	8023	8024	8025	8026	8027	8028	8029	8030	8031	8032	8033	8034	8035	8036	8037	8038	8039	8040
8041	8042	8043	8044	8045	8046	8047	8048	8049	8050	8051	8052	8053	8054	8055	8056	8057	8058	8059	8060
8061	8062	8063	8064	8065	8066	8067	8068	8069	8070	8071	8072	8073	8074	8075	8076	8077	8078	8079	8080
8081	8082	8083	8084	8085	8086	8087	8088	8089	8090	8091	8092	8093	8094	8095	8096	8097	8098	8099	8100
8101	8102	8103	8104	8105	8106	8107	8108	8109	8110	8111	8112	8113	8114	8115	8116	8117	8118	8119	8120
8121	8122	8123	8124	8125	8126	8127	8128	8129	8130	8131	8132	8133	8134	8135	8136	8137	8138	8139	8140
8141	8142	8143	8144	8145	8146	8147	8148	8149	8150	8151	8152	8153	8154	8155	8156	8157	8158	8159	8160
8161	8162	8163	8164	8165	8166	8167	8168	8169	8170	8171	8172	8173	8174	8175	8176	8177	8178	8179	8180
8181	8182	8183	8184	8185	8186	8187	8188	8189	8190	8191	8192	8193	8194	8195	8196	8197	8198	8199	8200
8201	8202	8203	8204	8205	8206	8207	8208	8209	8210	8211	8212	8213	8214	8215	8216	8217	8218	8219	8220
8221	8222	8223	8224	8225	8226	8227	8228	8229	8230	8231	8232	8233	8234	8235	8236	8237	8238	8239	8240
8241	8242	8243	8244	8245	8246	8247	8248	8249	8250	8251	8252	8253	8254	8255	8256	8257	8258	8259	8260
8261	8262	8263	8264	8265	8266	8267	8268	8269	8270	8271	8272	8273	8274	8275	8276	8277	8278	8279	8280
8281	8282	8283	8284	8285	8286	8287	8288	8289	8290	8291	8292	8293	8294	8295	8296	8297	8298	8299	8300
8301	8302	8303	8304	8305	8306	8307	8308	8309	8310	8311	8312	8313	8314	8315	8316	8317	8318	8319	8320
8321	8322	8323	8324	8325	8326	8327	8328	8329	8330	8331	8332	8333	8334	8335	8336	8337	8338	8339	8340
8341	8342	8343	8344	8345	8346	8347	8348	8349	8350	8351	8352	8353	8354	8355	8356	8357	8358	8359	8360
8361	8362	8363	8364	8365	8366	8367	8368	8369	8370	8371	8372	8373	8374	8375	8376	8377	8378	8379	8380
8381	8382	8383	8384	8385	8386	8387	8388	8389	8390	8391	8392	8393	8394	8395	8396	8397	8398	8399	8400
8401	8402	8403	8404	8405	8406	8407	8408	8409	8410	8411	8412	8413	8414	8415	8416	8417	8418	8419	8420
8421	8422	8423	8424	8425	8426	8427	8428	8429	8430	8431	8432	8433	8434	8435	8436	8437	8438	8439	8440
8441	8442	8443	8444	8445	8446	8447	8448	8449	8450	8451	8452	8453	8454	8455	8456	8457	8458	8459	8460
8461	8462	8463	8464	8465	8466	8467	8468	8469	8470	8471	8472	8473	8474	8475	8476	8477	8478	8479	8480
8481	8482	8483	8484	8485	8486	8487	8488	8489	8490	8491	8492	8493	8494	8495	8496	8497	8498	8499	8500
8501	8502	8503	8504	8505	8506	8507	8508	8509	8510	8511	8512	8513	8514	8515	8516	8517	8518	8519	8520
8521	8522	8523	8524	8525	8526	8527	8528	8529	8530	8531	8532	8533	8534	8535	8536	8537	8538	8539	8540
8541	8542	8543	8544	8545	8546	8547	8548	8549	8550	8551	8552	8553	8554	8555	8556	8557	8558	8559	8560
8561	8562	8563	8564	8565	8566	8567	8568	8569	8570	8571	8572	8573	8574	8575	8576	8577	8578	8579	8580
8581	8582	8583	8584	8585	8586	8587	8588	8589	8590	8591	8592	8593	8594	8595	8596	8597	8598	8599	8600
8601	8602	8603	8604	8605	8606	8607	8608	8609	8610	8611	8612	8613	8614	8615	8616	8617	8618	8619	8620
8621	8622	8623	8624	8625	8626	8627	8628	8629	8630	8631	8632	8633	8634	8635	8636	8637	8638	8639	8640
8641	8642	8643	8644	8645	8646	8647	8648	8649	8650	8651	8652	8653	8654	8655	8656	8657	8658	8659	8660
8661	8662	8663	8664	8665	8666	8667	8668	8669	8670	8671	8672	8673	8674	8675	8676	8677	8678	8679	8680
8681	8682	8683	8684	8685	8686	8687	8688	8689	8690	8691	8692	8693	8694	8695	8696	8697	8698	8699	8700
8701	8702	8703	8704	8705	8706	8707	8708	8709	8710	8711	8712	8713	8714	8715	8716	8717	8718	8719	8720
8721	8722	8723	8724	8725	8726	8727	8728	8729	8730	8731	8732	8733	8734	8735	8736	8737	8738	8739	8740
8741	8742	8743	8744	8745	8746	8747	8748	8749	8750	8751	8752	8753	8754	8755	8756	8757	8758	8759	8760
8761	8762	8763	8764	8765	8766	8767	8768	8769	8770	8771	8772	8773	8774	8775	8776	8777	8778	8779	8780
8781	8782	8783	8784	8785	8786	8787	8788	8789	8790	8791	8792	8793	8794	8795	8796	8797	8798	8799	8800
8801	8802	8803	8804	8805	8806	8807	8808	8809	8810	8811	8812	8813	8814	8815	8816	8817	8818	8819	8820
8821	8822	8823	8824	8825	8826	8827	8828	8829	8830	8831	8832	8833	8834	8835	8836	8837	8838	8839	8840
8841	8842	8843	8844	8845	8846	8847	8848	8849	8850	8851	8852	8853	8854	8855	8856	8857	8858	8859	8860
8861	8862	8863	8864	8865	8866	8867	8868	8869	8870	8871	8872	8873	8874	8875	8876	8877	8878	8879	8880
8881	8882	8883	8884	8885	8886	8887	8888	8889	8890	8891	8892	8893	8894	8895	8896	8897	8898	8899	8900
8901	8902	8903	8904	8905	8906	8907	8908	8909	8910	8911	8912	8913	8914	8915	8916	8917	8918	8919	8920
8921	8922	8923	8924	8925	8926	8927	8928	8929	8930	8931	8932	8933	8934	8935	8936	8937	8938	8939	8940
8941	8942	8943	8944	8945	8946	8947	8948	8949	8950	8951	8952	8953	8954	8955	8956	8957	8958	8959	8960
8961	8962	8963	8964	8965	8966	8967	8968	8969	8970	8971	8972	8973	8974	8975	8976	8977	8978	8979	8980
8981	8982	8983	8984	8985	8986	8987	8988	8989	8990	8991	8992	8993	8994	8995	8996	8997	8998	8999	9000

Partie 2

■ La banque de données phytoécologiques ECOPLANTE

Personnes impliquées : Jean-Claude Gégout, Gilles Bailly, Christophe Coudun, Caroline Dossier, Bernard Jabiol, Stéphanie Lebaube, Sylvie Lehmann, Christian Piédallu, Jean-Paul Party, Nicolas Muller, Evelyne Boura, Claire Gégout, Manuel Maucotel, Yvonnick Lesaux.

Laboratoire d'Etude des Ressources Forêt-Bois

UMR INRA-ENGREF 1092

Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts

14, Rue Girardet

54042 Nancy Cedex

E-mail : gegout@engref.fr

La base de données phytoécologiques **Ecoplante** créée par l'ENGREF à Nancy est destinée à structurer, gérer et permettre l'utilisation des informations contenues dans les relevés phytoécologiques réalisés dans le cadre des typologies de stations forestières, de thèses ou issues de réseaux de placettes forestières (réseau européen, Renecofor). Les données de ces différentes sources et notamment des catalogues de stations forestières contiennent des informations écologiques, pédologiques et floristiques qui étaient difficilement exploitables à une vaste échelle car dispersées dans des dizaines de documents papier ou de fichiers informatiques. La création d'**Ecoplante** est également justifiée par l'absence d'une telle banque dans ce domaine alors qu'il existe des banques de données purement floristiques (Sophy) ou uniquement pédologiques (Donesol).

La base se compose de relevés floristiques et écologiques complets effectués sur un grand nombre de placettes localisées dans l'espace (coordonnées des placettes, précision de localisation) et dans le temps (dates de réalisation des relevés floristiques et pédologiques). Les variables écologiques de terrain, insuffisantes pour expliquer complètement la distribution des espèces végétales, sont complétées, pour la partie édaphique et dans la plupart des cas, par des analyses de sol effectuées en laboratoire. L'un des atouts d'**Ecoplante** est de pouvoir disposer des principales variables qui influent directement sur la vie des végétaux : nutrition minérale (Ca, Mg, K, Na échangeables), azotée (C/N, NH₄, NO₃) ou phosphorée (P₂O₅) ; toxicité (Al et H échangeables) ; réserve utile et hydromorphie du sol, etc. Pour la partie climatique, des variables issues de données météorologiques ou mésoclimatiques spatialisées (températures, précipitations, rayonnement) sont traitées à l'ENGREF à l'aide d'un système d'information géographique et ces dernières, non accessibles sur le terrain constituent un apport original et nouveau par rapport aux données acquises par les auteurs des placettes.

Pour obtenir une forte compatibilité avec les bases de données Donesol, Sophy, Renecofor et réseau européen, de nombreux champs et modalités ont été repris directement de l'un ou l'autre de ces travaux, notamment à propos des différentes méthodes de mesure des variables analysées en laboratoire. La définition des

Bouquet de flore

champs d'**Ecoplante** a donc été facilitée par le travail de réflexion préalable effectué par les auteurs de ces quatre bases de données.

Les informations contenues dans les relevés phytoécologiques sont stockées dans une base de données relationnelles créée sous le logiciel 4D. La structure de cette base, schématisée dans la Figure 1, est conçue pour stocker des données collectées sur un même site à des périodes différentes.

L'élaboration d'**Ecoplante** a fait l'objet d'une méthodologie rigoureuse qui s'est traduite par la réalisation d'un dictionnaire des données et d'un protocole de saisie, de vérification et d'harmonisation des informations. La vérification systématique des relevés a permis de quantifier un taux d'erreur global de saisie (0,7 % de données erronées) ainsi qu'un taux d'erreur associé à des compartiments particuliers de l'écosystème comme la flore (0,2 % d'erreur) et les analyses de sol (0,5 % d'erreur). La quantité de données intégrées dans **Ecoplante** est synthétisée, selon le type de document source, dans le Tableau 1 suivant.

	Relevés floristiques	Descriptions pédologiques	Analyses de sol	Localisation (toute précision)	Localisation (préc.<50 m)
Catalogues de stations forestières	4161 (67)	3468 (64)	2241 (55)	4040 (73)	2118 (65)
Thèses et travaux phytoécologiques	1363 (23)	1326 (24)	1210 (30)	848 (15)	486 (15)
Données de réseau (Renecofor, européen)	643 (10)	642 (12)	642 (16)	642 (12)	642 (20)
Total	6167 (100)	5436 (100)	4093 (100)	5530 (100)	3246 (100)

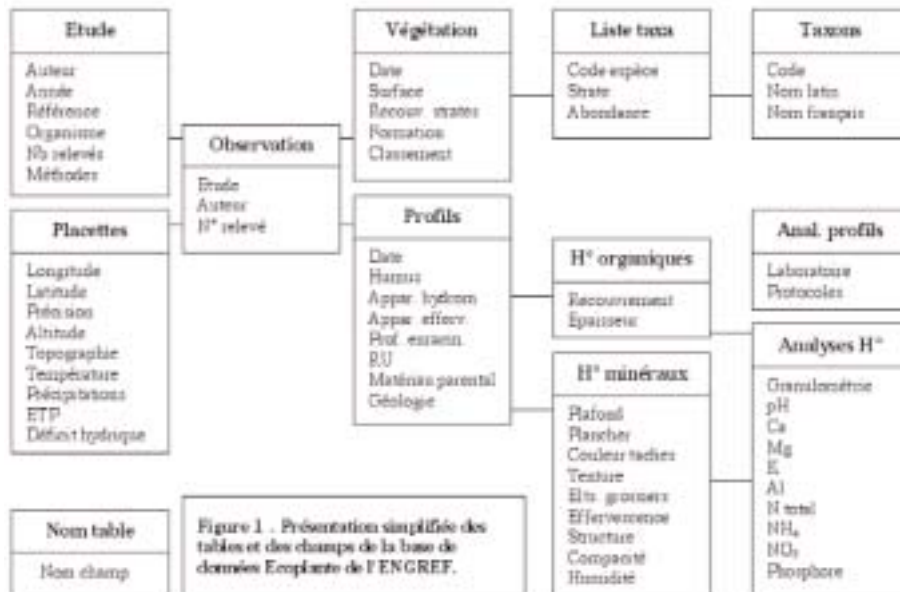
Les nombres présentés entre parenthèses sont exprimés en pour cent par rapport au total de la colonne correspondante.

Tableau Erreur! Argument de commutateur inconnu.. Composition des données de la base **Ecoplante** en termes de relevés floristiques, de descriptions pédologiques et d'analyses de sol, selon le type de document source (juillet 2002).

Outre son intérêt pour étudier différents compartiments des écosystèmes forestiers terrestres, **Ecoplante** est utilisée actuellement pour analyser de façon quantitative l'écologie des espèces de la flore forestière française.

*La constitution de la banque de données phytoécologiques **Ecoplante** est financée par l'ENGREF, le ministère de l'agriculture (DERF) dans le cadre de la mise en banque de données des exemples types des catalogues de stations forestières et l'ADEME dans le cadre de l'étude de l'écologie des espèces de la flore forestière française.*

Partie 2



Bouquet de flore

Nom	Ecoplante
Contact	JC Gégout, S. Lehmann, C Coudun
Date de mise en place	2002
Financement	ENGREF, DERF, ADEME
Objectifs	Structurer, gérer et permettre l'utilisation des informations contenues dans les relevés réalisés dans le cadre des typologies forestières (catalogues de stations), de thèses ou issues de réseau de placettes forestières (réseau européen & RENECOFOR) pour étudier l'écologie des espèces et des communautés végétales vis-à-vis du sol et du climat.
Nature de l'info	Relevés géoréférencés, inventaires floristiques, données climatiques et données pédologiques complétés par des analyses de sol. Les données ont été relevées sur le terrain essentiellement durant les décades 1980-90. La cohérence entre les 3 sources de données a été préservée par un travail de réflexion lors de la structuration d'Ecoplante et la définition de ses champs.
Quantité d'info	6000 relevés floristiques 5400 relevés pédologiques, 4000 analyses de sol
Part forestière	Environ 95%
Protocole d'échantillonnage	Essentiellement par transect et systématique.
Echelle	France
Structure informatique	4D sous MacIntosh (conception rigoureuse, avec établissement d'un dictionnaire des données et de protocoles de vérification) + utilisation d'un SIG pour traiter les données climatiques
Mise à jour	Permanente
Accès aux données	Non précisée actuellement
Exemple d'application	Analyse quantitative de l'écologie des espèces de la flore forestière française
Publications	Gégout J.C., 2001. Création d'une base de données phytécologiques pour déterminer l'autécologie des espèces de la flore forestière de France. Rev. For. Fr., 53, 3-4, pp 397-403. Gégout J.C., Hervé J.C., Houllier F., Pierrat J.C., 2003. Prediction of forest soil nutrient status using vegetation. Journal of Vegetation Science, 14, pp 55-62.
Perspectives de développement & valorisation	Ajouter des données en provenance de régions mal représentées dans Ecoplante (zone méditerranéenne et haute montagne par exemple) ou de données de milieux ouverts (prairies, pelouses, landes) dans le cadre d'échanges par exemple.
Demande particulière	Compléter les données (saisie + vérification) d'études nouvelles ou non prises en compte.

Partie 2

■ La base de données floristiques méditerranéenne BASECO

La présentation suivante est issue de l'article de Sophie GACHET, Errol VELA & Thierry TATONI (2003) « BASECO: a floristic and ecological database of Mediterranean French flora » - soumis.

La base de données BASECO a été créée en 1996 au sein de l'IMEP autour d'un groupe de travail issu de l'équipe « Écologie du Paysage et Biologie de la Conservation ». Elle répondait aux besoins des membres de l'équipe qui étaient de gérer leurs relevés de terrain, mais surtout elle s'est construite à partir de la réflexion que l'équipe a menée sur les attributs vitaux et les groupes fonctionnels. Le rôle de cette base de données est donc triple : stocker et gérer les relevés de terrain, lister les attributs vitaux de chaque taxon rencontré, et analyser les traits les uns par rapport aux autres ou en les comparant avec les paramètres environnementaux.

Par conséquent, en plus de l'information qui peut être obtenue à partir des données brutes (par exemple le nombre d'espèces dans un secteur donné, le type de dispersion des graines d'un taxon donné...), il est possible de construire des requêtes plus complexes, permettant de répondre à des questions telles que « quel est le nombre d'espèces annuelles et entomogames ? Y a-t-il un changement significatif du nombre d'anémochores entre telle pelouse et telle forêt ? ». Naturellement, la variété des questions possibles se développera avec le nombre et la variété des sites échantillonnés, mais également avec le nombre de taxons figurant dans la base. Au fur et à mesure que la gamme d'information disponible dans la base de données augmentera, la validité statistique des corrélations entre traits ou entre traits et caractéristiques environnementales augmentera d'autant.

Une structure relationnelle

La base de données a été développée sous Microsoft Access 7, qui est un système de gestion de base de données relationnelle. L'avantage de ce type de système est que lorsqu'une information doit être mise à jour, seule la table contenant cette information est concernée ; les autres tables ou bien les liens (relations) entre les tables n'ont pas à être modifiés. La gestion de la base de données est ainsi plus facile, plus flexible et surtout plus sûre.

BASECO se compose de cinq tables (figure 1). Les colonnes de chaque table sont définies selon la nature et la taille des données stockées. La duplication d'information est évitée dans la mesure du possible, afin de réduire le plus possible la redondance (source d'ambiguïté de l'information). Pour cela, on utilise des codes, reliant les informations de tables séparées. Par exemple, dans la table « Traits de vie des plantes » (« Plant traits table »), chaque espèce est décrite par son nom latin et par plusieurs attributs vitaux ; elle est identifiée de manière unique grâce à un code de six lettres (IDE pour IDentifiant d'Espèce). Ce code permet d'accéder à cette espèce sans ambiguïté : on l'appelle la « clé primaire » ; ce code seul est utilisé dans les autres tables pour se rapporter à la description de la plante.

Bouquet de flore

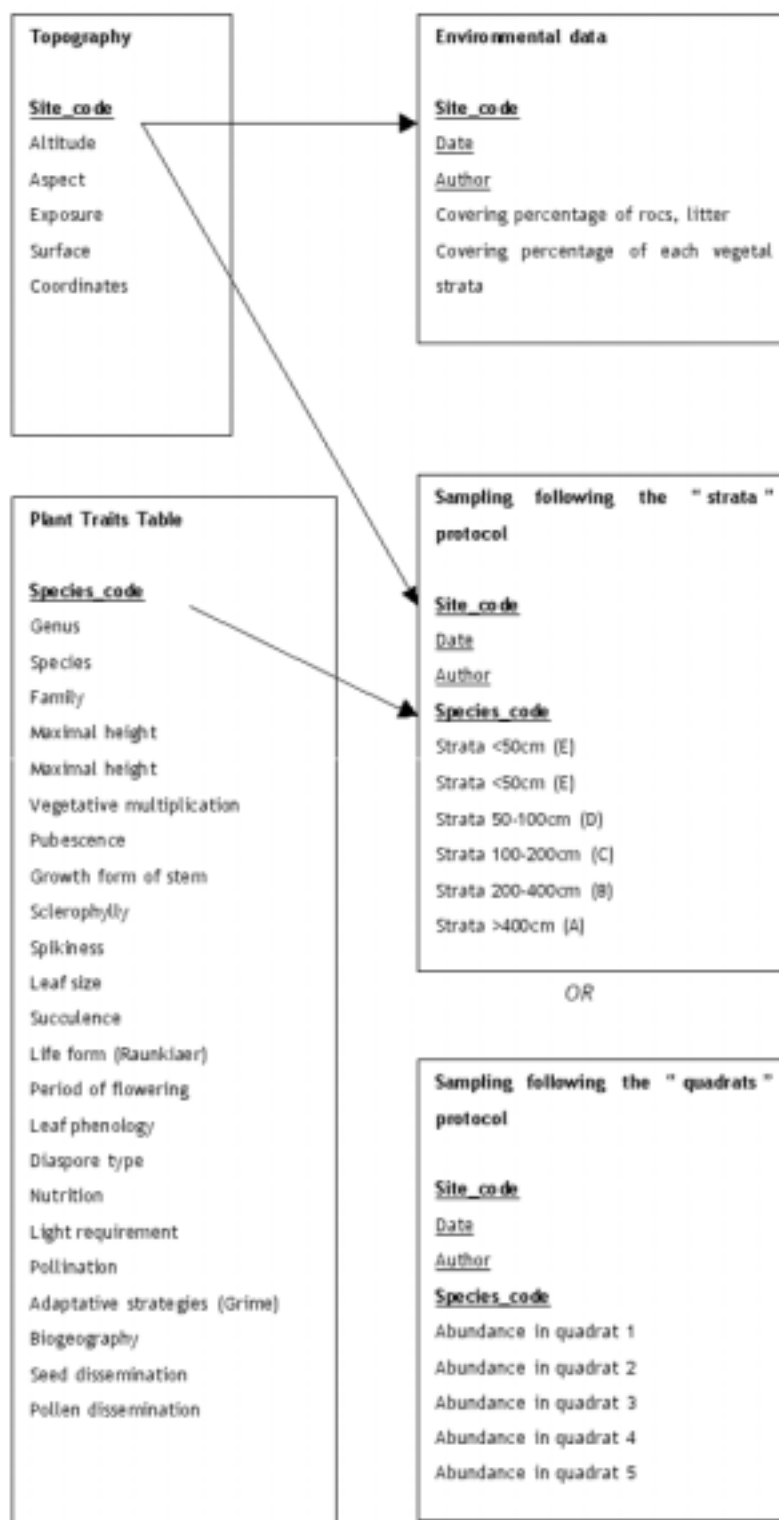


Figure 1. Tables et relations de BASECO.

Partie 2

Dans la table « Traits de vie des plantes », chaque espèce peut avoir une et une seule valeur pour un trait donné, bien qu'il existe des champs composites (par exemple une plante peut être anémogame, entomogame, ou anémogame / entomogame). Une description détaillée de ces données figure en annexe.

Les relevés sont saisis dans la base via des formulaires simples et faciles à utiliser, qui permettent de plus une saisie de données rapide et sûre avec des choix multiples pré-sélectionnés, la vérification dynamique du type de données entré, et beaucoup de « garde-fous », aidant à maintenir l'intégrité de l'information (par exemple, le logiciel vérifie que la modalité tapée appartient bien à la liste pré-définie des modalités pouvant être prises par un trait donné).

Les attributs vitaux : une question de choix

1) *Le choix des traits*

Actuellement, la base de données comprend 1 800 taxons de France méditerranéenne, c'est-à-dire approximativement la moitié de la flore de Provence. Cela représente 136 familles et 576 genres de la végétation vasculaire terrestre. Les plus représentés sont les familles Asteraceae, Fabaceae et Poaceae, et les genres *Galium*, *Trifolium*, *Carex*, et *Euphorbia*, ce qui est une bonne représentation de la flore de Provence. La nomenclature suivie est celle de Kerguelen (1994), qui était la référence taxonomique de la flore française la plus récente au moment de la création de la base de données en 1996. L'option d'une nomenclature fixe a été décidée afin de limiter les problèmes de synonymie entre échantillons récents et anciens. Bien que cela soit encore incomplet, les traits de la majorité des espèces de la base ont été renseignés à ce jour.

Le choix des traits à inclure dans la base de données a été délicat, car il dicte la fiabilité des interprétations ultérieures. Ce choix dépendant des objectifs d'étude, il en résulte que la relation entre trait et fonction peut changer selon l'échelle spatio-temporelle considérée (Solbrig, 1993). Les caractéristiques sélectionnées par le groupe de travail sont celles jugées importantes pour l'étude des fonctions des végétaux et de leur rôle dans l'écosystème méditerranéen. La majorité de paramètres sont qualitatifs : cela constitue un avantage car l'information est souvent disponible dans les flores, et permet ainsi de renseigner rapidement un grand nombre d'espèces. BASECO est donc fondée sur les traits « soft » plutôt que « hard », i.e. quantitatifs (Weiher *et al.*, 1999, parlent des traits « hard - difficiles à mesurer » *versus* les traits « soft - faciles à mesurer »).

Les traits choisis décrivent des plantes matures et couvrent la morphologie (taille, type de feuille, présence d'épines...), la phénologie (période de la floraison, cycle de vie...) et la reproduction (pollinisation, dispersion des graines, mode de multiplication végétative...). Les types biologiques *sensu* Raunkiaer sont également pris en compte, ainsi que les stratégies adaptatives de Grime (tableau 1), qui intègrent d'autres phénomènes (Romane, 1987). Les stratégies adaptatives ont été élaborées par Grime (1977) pour l'Angleterre ; Véla (2002) a adapté ce concept à la région méditerranéenne : c'est la clef qu'il a construite qui a été utilisée pour renseigner BASECO. Enfin, dans une perspective d'études de biologie de la conservation, la répartition biogéographique de chaque espèce est incluse pour son intérêt historique et phylogénique.

Bouquet de flore

Tableau 1. Stratégies adaptatives sensu Grime

	Stress	
Perturbation	Faible	Élevé
Faible	C	S
Élevée	R	Non viable

2) Le choix des modalités de traits

Chaque trait inclut plusieurs classes (appelées modalités) prédéfinies et détaillées dans un « Guide de l'utilisateur » (cf. annexe). Le choix des modalités résulte là encore de discussions du groupe de travail. Pour n'importe quel trait particulier, la liste de valeurs possibles sera un des types suivants :

- plusieurs valeurs particulières, qui peuvent également être combinées (par exemple, le trait « type biologique sensu Raunkiaer » peut avoir la valeur Thérophyte, Géophyte, Chaméphyte, Hémicryptophyte, Phanérophyte, ou toute combinaison de ces modalités) ;
- plusieurs choix exclusifs simples (par exemple, une espèce vis-à-vis de la lumière doit être Héliophile, Sciaphile ou Tolérante) ;
- plusieurs intervalles de valeurs (par exemple, la taille moyenne de la plante mature peut être <10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm, 50-100 cm, etc.).

3) Le choix des sources bibliographiques

Le choix des sources bibliographiques servant à renseigner les traits s'est fait en plusieurs étapes. La difficulté était de trouver dans les flores des descriptions pertinentes et fiables de la flore méditerranéenne, puisqu'il n'y a pas, actuellement, de flore méditerranéenne française complète. Les discussions du groupe de travail ont abouti à la définition d'une liste de plusieurs ouvrages de référence (cf. annexe) choisis parmi les flores d'autres pays du bassin méditerranéen.

Pour un trait donné, une à deux sources bibliographiques ont été choisies, contrairement à beaucoup de bases de données où on s'appuie sur diverses références selon l'espèce considérée. Ce choix est à respecter pour toute nouvelle donnée entrée dans la table « Traits de vie des plantes ».

Quelques traits ne sont cependant pas ou mal décrits dans ces flores : par exemple, les modes de pollinisation sont souvent absents. Dans ce cas, la source prédéfinie est abandonnée, et l'information est obtenue à partir des monographies ou « à dire d'expert » du groupe de travail. Cette dernière solution n'est bien sûr pas idéale en raison de sa nature subjective et peut être remise en cause. Le « Guide de l'utilisateur » contient la liste de ressources admises pour chaque trait, ainsi qu'une explication des modalités.

Un outil en perpétuelle évolution, pour la compréhension du biome méditerranéen

Le biome méditerranéen est une composante importante des écosystèmes du monde ; les impacts humains et leurs effets ont augmenté rapidement (Médail & Quézel, 1997). Dans le monde, ce biome se trouve dans cinq zones de biodiversité remarquables, dont la région circum-méditerranéenne. Ce secteur comprend

Partie 2

un grand nombre d'espèces (25 000) et d'endémiques (13 000) ; il fait partie des « hot-spots » de la conservation selon Myers *et al.* (2000). La région méditerranéenne est une des plus riches de France, avec 3 200 espèces dont 3,7 % d'endémiques (Quézel, 1985). Du fait de la richesse et la complexité du biome méditerranéen, l'approche synthétique via les traits de vie permet une simplification évitant l'utilisation de longues listes taxonomiques, et rendant possible la comparaison entre différents écosystèmes. Le choix des traits influence l'interprétation, toutefois ce choix est basé sur l'expérience de recherche en zone méditerranéenne de l'IMEP.

Comme toute base de données, BASECO est un outil en perpétuelle évolution. Une fois admis que les données concernant les traits, les modalités et les sources bibliographiques sont issues d'une succession de choix, nous obtenons finalement un outil objectif pour caractériser les espèces, et au-delà les données de terrain. Il est facile avec BASECO d'employer les attributs vitaux et d'établir des spectres biologiques, lissant les différences taxonomiques fortes. De plus, cette approche peut s'étendre à d'autres régions autour du bassin méditerranéen, dans le cadre de programmes internationaux. La nature dynamique de la base de données permet d'envisager des collaborations externes à un niveau européen ou méditerranéen.

Enfin, la modularité de la base de données lui permet d'être appliquée à d'autres thématiques : par exemple, nous avons développé une version spécialisée appelée BASECO-SEEDS, pour gérer les caractéristiques des graines (poids, forme, viabilité).

Un autre projet est de coupler BASECO avec d'autres bases de données existantes : un tel travail est rendu possible grâce à la souplesse de la structure de base de données. Par exemple, il serait très intéressant de la relier avec la base de données SOPHY (de Ruffray *et al.*, 1998), également développée à l'IMEP, qui contient des relevés phytosociologiques enregistrés depuis vingt ans en France. Le but est donc de développer une base de données puissante et flexible, semblable à celles précédemment établies en paléoécologie par exemple (base de données pollinique africaine, base de données pollinique européenne : Cheddadi *et al.*, 1990). Ceci fournira un excellent outil pour comprendre et modéliser l'écologie des communautés des écosystèmes.

Exemple d'application

En guise d'exemple, une étude « virtuelle » et caricaturale est présentée ici, afin de souligner l'intérêt de l'approche par attributs vitaux, par rapport à une approche plus « classique ». Il s'agit là de comparer la biodiversité dans deux sites très différents du sud-est de la France : des forêts de pin et des garrigues. La première situation est localisée dans le Mont Ventoux, où les forêts étudiées se composent essentiellement de pins noirs d'Autriche plantés il y a une cinquantaine d'années afin de lutter contre l'érosion des sols, à des altitudes variant de 1200 à 1400m. La seconde situation, près du massif du Luberon, est constituée de milieux de garrigues, à une altitude de 400 m environ, fréquemment perturbées par le pâturage. Dans les deux cas, l'échantillonnage de la flore a été fait sur des parcelles de 400 m² (38 dans le Luberon, 47 dans le Ventoux). Les plantes de ces inventaires ont toutes été caractérisées par certains attributs vitaux issus de BASECO : formes de vie (sensu Raunkiaer, 1934), modes de dissémination du

Bouquet de flore

pollen et des graines, stratégies adaptatives (sensu Grime, 1977 modifié par Véla, 2002), type de multiplication végétative et exigence en lumière.

195 taxons ont été identifiés dans les garrigues du Luberon, 157 dans les forêts du Ventoux ; seules 44 d'entre elles étaient communes aux deux sites. Une Analyse Factorielle des Correspondances est utilisée sur la liste des taxons, montrant clairement la différence entre les deux sites (figure 2 en haut). Puis BASECO a été employée pour fabriquer les tableaux croisant les modalités de chaque trait avec le nombre de taxons trouvés dans chaque parcelle. Une autre AFC montre que les différences sont moins marquées dans ce cas (figure 2 en bas). De plus, il est maintenant possible de construire des « groupes fonctionnels » en prenant en compte les modalités qui sont proches les unes des autres ; par exemple, on note que les chaméphytes (Ch) sont situées près des espèces tolérantes au stress (S) : ce « groupe » représente en fait les plantes basses ligneuses typiques des garrigues méditerranéennes (comme le thym. Quelque soit le trait, les garrigues du Luberon et les forêts du Ventoux sont désormais comparables, sauf pour quelques modalités : il y a significativement moins de chaméphytes, de thérophytes et d'anémochores projetantes dans les forêts que dans les garrigues, dans lesquelles on ne trouve en revanche aucune sciaphile et très peu d'espèces compétitrices.

La similarité entre les deux sites peut être expliquée par la forte influence de l'antécédent cultural (des cultures probablement) ; cependant, les quelques différences montrent qu'une ambiance « véritablement » forestière est en train de se mettre en place. Ainsi, a priori très différents par leur géographie, leur climat, leur degré d'ouverture, leur altitude et leur flore, ces deux sites s'avèrent fonctionnellement similaires.

Partie 2

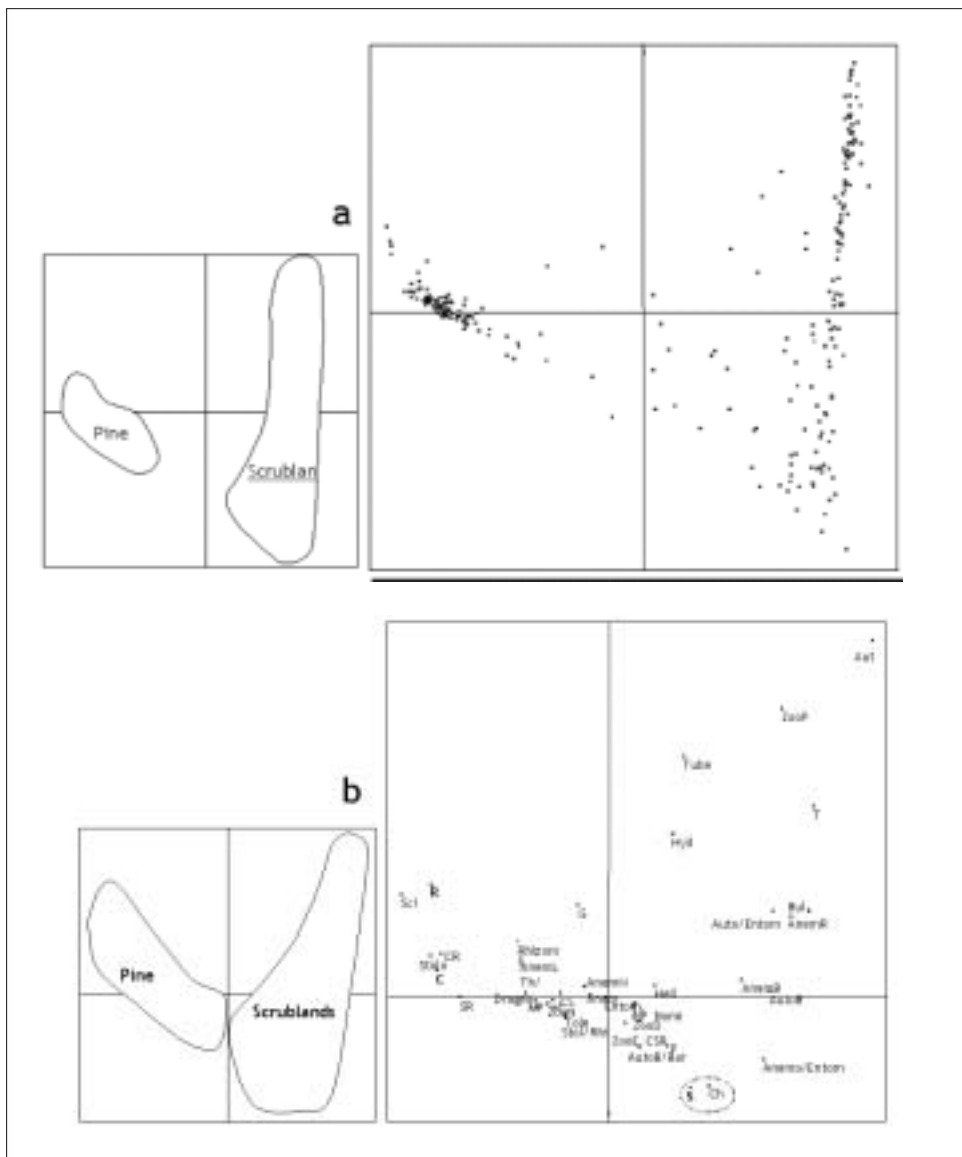


Figure 2.

Bouquet de flore

Nom	Baseco
Contact	Sophie Gachet (sophie_gachet@yahoo.fr)
Date de mise en place	1996
Financement	Aucun
Objectifs	Gérer les données de terrain (relevés floristiques : placette d'étude, données topographiques, mésologiques, espèces végétales inventoriées, strates occupées, présence - absence ou abondance...) Croiser ces données de terrain avec les informations de référence que sont les caractéristiques écologiques et botaniques des plantes (attributs vitaux) : exigence nutritionnelle, mode de dissémination des graines, du pollen, type biologique <i>sensu</i> Raunkiaer, stratégies adaptatives <i>sensu</i> Grime, type de feuilles...
Nature de l'info	Inventaires floristiques + Attributs vitaux de végétaux supérieurs méditerranéens
Quantité d'info	Environ 1800 taxons, caractérisés par une vingtaine d'attributs vitaux (traits "soft")
Part forestière	Environ 15%
Protocole d'échantillonnage	Inventaires exhaustifs sur des placettes de 100 ou 400 m ²
Echelle	Région méditerranéenne française
Structure informatique	Access 7 pour Windows
Mise à jour	Permanente
Accès aux données	Uniquement dans le cadre d'une collaboration scientifique
Exemple d'application	Spectres biologiques, groupes fonctionnels, indices de diversité Autre : cf. article ci-dessous
Publications	Gachet S., Vela E., Tatoni T. (soumis à la Terre et la Vie) BASECO: a floristic and ecological database of Mediterranean French. Médail F., Roche P., Tatoni T., 1998. Functional groups in phytoécologie : an application to the study of isolated plant communities in Mediterranean France. Acta Oecologica, Vol. 19 (3), pp. 263-274.
Perspectives de développement et valorisation	Vérification de tous les champs Incorporation de traits "hard" Etablissement de groupes fonctionnels « absolus » sur toute la Provence
Demande particulière	

Partie 2

■ La banque de données phytoécologique SOPHY

*La présentation suivante est issue du site web de SOPHY :
<http://jupiter.u-3mrs.fr/~msc41www/SOMMAIRE.htm>*

Les traitements utilisés dans la banque de données "SOPHY" sont une adaptation de la méthode écologique à la caractérisation des plantes et des relevés en phytosociologie par la fidélité des plantes aux plantes indicatrices et la fidélité moyenne des plantes indicatrices aux relevés. En 1980, ont lieu les premiers traitements socio-écologique des relevés phytosociologiques et des plantes correspondantes. La synthèse des relevés en groupements socio-écologiques et des plantes en éléments socio-écologiques est faite. En 1994 a lieu l'étalonnage socio-écologique des plantes et ses applications : plantes socio-écologiquement les plus similaires, plantes discriminantes, flore potentielle (ou probable, ou possible), gradients socio-écologiques, valeur indicatrice des plantes, etc. Depuis 1998, la banque de données est installée sur Internet. En 20 ans, près de 1700 publications ont été enregistrées informatiquement. La recherche de la documentation phytosociologique se poursuit. Le rapport entre les publications informatisées et les publications rassemblées se maintient à 2/3.

1) Pourquoi avoir recours à un traitement numérique lorsque l'on a effectué des observations phytosociologiques sur le terrain ?

C'est à la fois pour des raisons techniques et pour des raisons scientifiques :

a- Les données sont généralement nombreuses (100 relevés de 20 plantes = 2000 observations) ; les données sont introduites sur support informatique une fois et une seule. On peut alors les contrôler et les corriger et leur appliquer ensuite, de façon répétitive, différents traitements.

b- Son but scientifique est de cerner du mieux possible l'écologie de chaque plante. Les plantes et les groupements végétaux ignorent les frontières administratives. C'est pourquoi la banque "SOPHY" rassemble tous les relevés disponibles effectués dans tous les milieux inventoriés par les phytosociologues. Augmenter les gradients écologiques est une nécessité dans une banque de données phytosociologiques pour différencier des comportements de plantes qui pourraient apparaître similaires dans une région alors qu'à l'échelle du pays ils se montreraient distincts. Mais la raison scientifique majeure est de pouvoir appliquer aux données une démarche de type écologique.

2) Qu'entend-on par démarche de type écologique ?

L'écologie comporte deux aspects principaux, l'un descriptif, l'autre explicatif :

- l'inventaire des êtres vivants dans leur milieu incluant l'identification, la quantification et la description de tout ce qui est nécessaire à la compréhension ;
- la mesure de la relation entre les êtres vivants et le milieu qui les héberge.

Contrairement à ce que l'on pourrait attendre, la plupart des études écologiques relèvent de l'inventaire des êtres vivants et de leur milieu.

Le rassemblement de ces observations est une étape nécessaire mais non suffisante car la juxtaposition des variables du milieu et de la liste des êtres vivants qui s'y trouvent n'est pas une mesure du lien entre les deux termes de l'écologie.

3) Qu'entend-on par relation (ou lien) entre plantes et milieux ?

L'étude des relations entre plantes et milieux implique que l'on donne la priorité aux plantes. On va donc chercher à utiliser les plantes comme instruments de mesure écologiques et, pour cette raison, on parlera d'étalonnage écologique des plantes (d'autres parlent de "calibration"). Il faut donc commencer par déterminer le comportement écologique des plantes.

3.1) Qu'elle est donc cette notion de lien écologique ?

Le lien écologique est la probabilité de trouver un milieu lorsque, dans une station, on est en présence d'une plante. Cette probabilité se mesure à partir du tableau des présences des plantes dans les relevés. Elle varie de 0 à 1. La probabilité (PRO) qu'une plante (P) indique un milieu (M) est la fréquence de la plante en présence du milieu (FRPM), divisée par la fréquence totale de la plante (FRTP). $PRO(P,M) = FRPM * 100. / FRTP$

Alors que la présence d'une plante dans une station est une notion concrète, la probabilité est au contraire une notion abstraite qui mesure la possibilité de trouver ou non le milieu favorable à une plante, que la plante soit présente ou non dans la station. A l'inverse, cette probabilité peut montrer, si elle est nulle, le caractère accidentel de la présence d'une plante dans une station.

Si la plante se trouve toujours dans le même milieu, et seulement dans celui-ci, c'est qu'elle lui est fidèle : sa probabilité avoisinera 1 (c'est exactement la notion de fidélité de Braun-Blanquet, 1932). Trouver la plante P impliquera de trouver le milieu correspondant. Si la plante se trouve une fois sur deux dans un milieu donné et une fois sur deux dans des milieux différents, elle aura une probabilité de 0,5 d'indiquer le 1^{er} milieu. Si la plante ne se trouve jamais dans un milieu, sa probabilité d'indiquer le milieu sera nulle.

3.2) Qu'entend-on par milieu en phytosociologie ?

C'est l'ensemble des conditions qui président à l'installation et au développement des plantes en un lieu : la station. Ces conditions sont de type climatique, édaphique, etc. Mais qu'elle qu'en soit la liste détaillée, on ne dispose pratiquement jamais, en phytosociologie, de ces informations dans chaque relevé. La seule chose que l'on connaisse concernant le milieu d'un relevé est la liste des plantes qui y sont recensées, le milieu étant aussi homogène que possible. Les plantes de ce relevé sont toutes témoin dudit milieu. De quel milieu ? on ne le sait pas. On peut seulement dire qu'elles en sont des « indices de variables » (IV).

4) Comment procède-t-on pratiquement pour introduire l'écologie dans un traitement numérique en phytosociologie ?

On réalise successivement deux démarches : une première démarche technique, la constitution d'une banque de données des observations phytosociologiques ; une seconde démarche d'ordre scientifique, l'introduction de l'écologie dans la banque.

4.1) Elaboration de la banque de données phytosociologiques

Elle comporte quatre aspects principaux :

- réalisation d'un code floristique afin de régler une fois pour toutes les problèmes nomenclaturaux ;
- une bibliographie pour connaître la source des observations ;

Partie 2

- le codage des observations phytosociologiques en notant les abondances-dominances des plantes et les taxons ;
- la localisation des relevés afin de permettre l'expression géographique des résultats.

L'outil technique de cette banque est un tableau rectangulaire de 120 000 relevés x 7000 plantes. Les 7000 plantes de la banque sont réparties en deux lots. Le 1^{er} correspond aux 4250 taxons présents qu'elle que soit leur abondance. Le second correspond aux 2800 "plantes à seuil d'abondance" (PASA). Chaque PASA est le sous-ensemble des stations dans lesquelles un taxon donné dépasse un certain seuil d'abondance. La création des PASA a pour but de mettre en exergue le rôle particulier de l'abondance : un taxon, lorsqu'il est abondant, est plus indicateur d'un milieu que lorsqu'il est présent avec une abondance quelconque.

4.2) La seconde démarche, scientifique cette fois, consiste à introduire explicitement l'écologie dans la banque.

C'est à ce stade que l'on donne la priorité aux plantes. Pour chacune d'entre elles, on va mesurer sa probabilité d'indiquer le milieu convenant à chaque plante de la banque.

4.2.1. Détermination du comportement écologique des plantes

Pour chaque plante de la banque (A), on mesure sa fidélité (FID) à l'égard de chacune des mêmes 7000 plantes de la banque, considérées ici, comme des indices de variables (B). On a seulement besoin pour cela de déterminer la fréquence de la plante en présence de chaque autre plante de la banque [FR(A,B)], puisque la fréquence totale des plantes (FRTP) est déjà connue.

$$FID(A,B) = FR(A,B) * 100. / FRTP$$

Ainsi, le tableau rectangulaire initial des observations génère un autre tableau, carré cette fois, de 7000 x 7000 valeurs de fidélités. Le comportement écologique d'une plante est constitué par la série des 7000 fidélités de la plante à l'égard des 7000 indices de variables.

Dans ce calcul, ce sont les plantes elles-mêmes qui servent à caractériser l'écologie des plantes. Le tableau des fidélités des plantes aux plantes permet d'obtenir dans un 1^{er} temps deux résultats écologiques concernant la majeure partie de la flore tout en ayant une signification à l'échelle du pays :

- la liste des (30) plantes écologiquement les plus similaires à une plante donnée, parmi les 7000 plantes de la banque ;
- la liste des indices de variables les plus importants, pour une plante donnée, appelés aussi plantes discriminantes. En effet si, pour une plante donnée, *Helichrysum staechas* est discriminant, cela revient à dire que, pour la plante considérée, le milieu lumineux, sablonneux, méditerranéo-atlantique lui convient, tout au moins en partie, puisque chaque plante possède de 10 à 30 autres plantes discriminantes.

Le même tableau des fidélités des plantes aux plantes sert dans un second temps à la caractérisation numérique des milieux des relevés.

4.2.2. Caractérisation du milieu écologique des relevés

Puisque chaque plante d'un relevé est témoin de son milieu, il est logique de situer le milieu du relevé au centre de gravité des comportements des plantes qui s'y trouvent, qui est la moyenne arithmétique des comportements des plantes du relevé. Ainsi, plantes et relevés sont situés dans un même espace écologique à 7000 dimensions. La particularité de cette caractérisation est que le milieu n'est plus défini par la flore du relevé. Les milieux pourront être comparés deux à deux, même si les relevés correspondants n'ont aucune espèce en commun.

C'est du tableau sus cité que provient la flore probable qui est la probabilité de trouver une plante ou plutôt, son milieu probable, dans un relevé.

4.2.3. Nécessité de procéder à des synthèses

Devant cet afflux de résultats, 7000 comportements écologiques de plantes et 120 000 milieux, il est nécessaire de procéder à des synthèses, évidemment numériques. Elles sont réalisées toutes deux par une classification hiérarchique ascendante (CAH). La CAH définit des groupes de comportements écologiques, hiérarchisés à plusieurs niveaux de synthèse. Cela aboutit à au moins trois résultats :

- la composition floristique de chaque élément ;
- la cartographie des éléments qui montre leurs gradients écologiques comportant notamment, le centre de l'élément, là où il est le mieux représenté, et des marges, là où il est progressivement remplacé par d'autres éléments ;
- les plantes discriminantes de l'élément résumant son comportement écologique. Elles sont généralement présentées en tableaux comparatifs plus compacts montrant à la fois les oppositions et les similitudes écologiques entre groupes jumeaux. La CAH appliquée aux milieux définit cette fois des territoires écologiques, hiérarchisés à plusieurs niveaux. Leur gestion aboutit aux trois mêmes types de résultats, liste des plantes des territoires, leur localisation géographique et les plantes qui en résumant l'écologie.

4.2.4. Contrôle floristique des relevés

Un sous-produit non négligeable, mais tout aussi inattendu que la flore probable, est la possibilité qui se présente de contrôler la pertinence floristique des relevés. En effet, depuis le terrain jusque dans l'ordinateur, les occasions d'introduire des données erronées sont multiples. Pour les détecter, on peut comparer le comportement écologique des plantes d'un relevé à son milieu. Pour cela on mesure l'écart écologique à 7000 dimensions entre le relevé et chacune des plantes qui s'y trouve. Les écarts trop importants permettront de signaler des anomalies floristiques.

5) Conclusion

Une seule notion élémentaire, la fidélité suffit pour apporter des renseignements écologiques sur toute la flore de France et sur les milieux qui la supporte. Après avoir donné une signification explicitement écologique à la notion de fidélité, nous avons rassemblé la véritable mine d'or constituée par la centaine de milliers de relevés publiés. L'application de la notion de fidélité aux données ainsi rassemblées a apporté de nombreux résultats, la plupart nouveaux voire inattendus. Les principaux résultats, mis à jour aussi fréquemment que possible, sont installés sur un site internet à la disposition de la communauté scientifique.

Partie 2

Exemples d'applications

Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon, n° 5-2001, p. 102-121

ÉTUDE SYNCHRONIQUE DE L'INFLUENCE DU PÂTURAGE OVIN ET DE LA MISE EN DÉFENS SUR LA VÉGÉTATION DES PELOUSES CALCAIRES DU LUBERON (PROVENCE, FRANCE)

Errol VÉLA^{*}, Thierry TATONI^{*} et Henry BRISSE^{*}

RÉSUMÉ

Les auteurs étudient les effets sur la végétation de la mise en défens contre le pâturage ovin, sur une série de petits enclos grillagés, en deux sites du Parc naturel régional du Luberon (Provence, SE-France). Les deux sites présentent des problématiques légèrement différentes : dans le Petit Luberon, les enclos ont été posés lors de la reprise des activités pastorales qui avaient été interrompues ; dans le Grand Luberon, ils ont été posés alors que le pâturage n'a jamais cessé d'être pratiqué. Une approche synchronique a consisté à comparer l'intérieur de l'enclos avec l'extérieur, considérant que le milieu était homogène au moment de la pose. La comparaison est effectuée à plusieurs niveaux : la dérive physiognomique, la dérive floristique et la dérive écologique. Pour cela deux méthodes complémentaires de traitement numérique sont utilisées. Un aspect patrimonial est également abordé sous l'angle de la biogéographie.

ABSTRACT

Synchronic study of the influence of ovine grazing and installation of protective fencing on the vegetation of the Luberon calcareous grassy areas (Provence, France).

The authors study the effects on vegetation caused by protective fencing against ovine grazing, on a series of small wire-fenced enclosures located on two sites of the Luberon regional nature Park (Provence, South-East France). The two sites present slightly different sets of problems: in the Petit Luberon massif, enclosures were put in place during the resumption of grazing activities, that were interrupted in the past; in the Grand Luberon massif they were put in place on spots where grazing had never stopped being practised. A synchronic approach consisted in comparing the inside of the enclosure with the outside, taking into account that the environment was homogeneous at the time of the setting up. The comparison is made at several levels: physiognomic drift, floristic drift and ecological drift. In order to do so, two complementary numerical data processing methods are used. A patrimonial aspect is also dealt with.

^{*} Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie, UMR CNRS n° 4114, FST St-Jérôme case 461, 13397 Marseille Cedex 20.

I. CONTEXTE

Après des contraintes anthropiques pluri-séculaires (Le Houérou, 1981, Barbero *et al.*, 1990), qui ont motivé l'intégration par les écologues des relations homme/milieu, notamment en écologie du paysage (Navéh & Liebermann, 1984), l'Europe se trouve désormais dans un contexte global de déprise agricole, pastorale et même sylviculturale. Le relâchement de la pression anthropozotique (humaine et animale) entraîne une reprise nette de la dynamique végétale et par conséquent une revégétalisation des terres abandonnées, puis une fermeture des paysages ouverts (Barbero & Quézel, 1990).

Ce phénomène d'accrus forestiers (Tatoni *et al.*, 1999) a volontiers été interprété par certains comme une « remontée biologique », mais qu'en est-il du devenir de ces milieux que l'on dit « ouverts » ? La régression des pelouses sèches et autres milieux ouverts en France médio-européenne et atlantique (Dutoit *et al.*, 1994), mais aussi méditerranéenne, a conduit les scientifiques et les gestionnaires à s'interroger sur le devenir de ces formations soumises au retour de la dynamique naturelle. Si en région méditerranéenne, la dynamique est généralement plus faible et plus lente que dans d'autres régions de France et d'Europe, l'explosion récente de grandes surfaces uniformément boisées a d'abord inquiété les services de lutte contre l'incendie, puis les gestionnaires « garants » de la biodiversité. Il s'en est suivi une multiplication des opérations de gestion et de réhabilitation, par exemple des essais de pastoralisme contrôlé, dont il fallait alors étudier l'impact sur les habitats, la faune et la flore.

En région méditerranéenne française, des indicateurs comme les grands rapaces (par exemple l'Aigle de Bonelli), chasseurs de proies liées aux formations ouvertes (Perdrix rouge, Lapin de garenne, etc.), sont apparus en grand déclin, entre autres à cause d'une régression de leur ressource alimentaire. Des projets de réintroduction du pâturage ovin, et de diverses activités liées au pastoralisme, ont vu le jour un peu partout, parfois même associé à des objectifs de Défense forestière contre l'incendie (DFCI). La majorité de ces opérations avaient pour objectif premier la gestion efficace des paysages ouverts, leur conservation, voire leur reconquête. À ces objectifs, d'abord paysagers et sociologiques (l'abandon des activités rurales traditionnelles

est assez mal ressenti par la population), les scientifiques sont venus ajouter des objectifs de conservation. En effet, à l'horizon des années 2000, contrairement aux années 1850-1900, ce sont essentiellement des espèces liées aux milieux ouverts et/ou pâturés qui tendent à régresser ou disparaître, alors que les espèces forestières autrefois en régression et menacées, connaissent une progression sans précédent (Barbero & Quézel, 1990).

C'est dans le cadre d'opérations de gestion intégrée (sous l'aspect de mesures agri-environnementales), que le Parc du Luberon a confié à diverses institutions un suivi scientifique pluridisciplinaire, dont l'IMEP s'est chargé notamment d'assurer le volet floristique. Pour analyser l'évolution de la végétation liée à des changements dans les pratiques gestionnaires, nous disposions de deux solutions potentielles :

- une comparaison diachronique (à deux dates) de deux lots de relevés effectués sur un même lot de placettes ;

- une analyse synchronique (à une seule date) de deux lots de placettes dont les caractéristiques traduisent un changement important de gestion durant un pas de temps connu.

Pour des raisons de délais et de faisabilité, nous nous sommes retrouvés limités en termes de dispositifs expérimentaux. Pour combler ce manque, nous nous sommes appuyés sur un dispositif déjà installé pour avoir un recul de plusieurs années.

2. SITE

Le Parc naturel régional du Luberon s'étend sur un territoire de plus de 1 500 km², à une altitude variant de 50 à 1 256 m. Il est recouvert d'une mosaïque d'habitats allant de la plaine alluviale (vallée de la Durance) aux crêtes du Grand Luberon et du sommet de Lagarde, en passant par les vallées et collines du piémont (pays d'Aigues, d'Apt, de Manosque et de Forcalquier). La végétation associée est également très hétérogène, constituée de milieux forestiers (plaine, vallées, collines, et versants des massifs), de pelouses semi-naturelles (crêtes des massifs, plateaux des « Craux »), de milieux agricoles cultivés ou en friche (plaine, vallées et piémonts) et de milieux urbanisés (plaine, vallées et collines).

Partie 2

Les parcs naturels régionaux, volontiers considérés comme des « territoires d'excellence » sur le plan socio-environnemental, peuvent aussi être des sites expérimentaux sur lesquels les gestionnaires possèdent des préoccupations de suivi scientifique de leurs actions.

Historique de l'occupation humaine dans le Luberon

Depuis au moins 300 000 ans, les hommes occupent intensément cette partie de la Provence. Aux chasseurs-cueilleurs du Paléolithique moyen, et aux artistes-chasseurs du Paléolithique supérieur, succèdent, à la fin de la glaciation würmienne (il y a environ 10 000 ans), les derniers chasseurs du mésolithique.

Vers 6 000 ans avant J.-C., l'arrivée des producteurs du Néolithique marque l'avènement des premières sociétés villageoises sédentarisées puis l'apparition de l'agriculture et de l'élevage, deux modes de production nouveaux. Agriculteurs et éleveurs accomplis, les populations cultivent différentes espèces de céréales et de légumineuses, et élèvent le mouton, le bœuf et le porc qui est désormais bien différencié de la forme sauvage (sanglier). Mais le passage à une économie de production de la nourriture par les éleveurs néolithiques n'a cependant pas totalement éliminé les activités de prédation. L'emprise humaine sur le milieu est donc bien entamée, vers 2 000 ans avant J.-C., les populations néolithiques cèdent la place aux populations protohistoriques de l'âge du bronze puis de l'âge du fer (Buisson-Catil, 1997).

Avec la naissance de l'écriture et de l'urbanisation, une nouvelle période, l'Histoire, favorise la formation de puissants empires colonisateurs, dont celui des Romains marqua définitivement de son empreinte le territoire du Luberon comme de l'ensemble de la Provence.

Pendant des siècles, et jusqu'à nos jours, l'élevage caprin et surtout ovin, est une activité essentielle du monde rural. Une part plus ou moins grande du territoire sera exploitée selon les périodes d'accroissement ou de décroissance démographique. La dernière phase d'accroissement en milieu rural en Provence eut lieu aux ^{XVII}^e et ^{XVIII}^e siècles, pour cesser puis se renverser avec l'exode rural et la déprise agricole au début du ^{XX}^e siècle. Si les versants à potentialités forestières fortes ont été

tout à tour pâturés ou délaissés, les crêtes enherbées furent probablement une zone de parcours constamment exploitée.

Au ^{XIX}^e siècle, lors du maximum démographique rural, les cadastres napoléoniens (1810-1851) montraient sur la crête du Grand Luberon une bande continue de parcelles qualifiées de landes. Sur les cadastres actuels (1980-1985), la majorité de ces mêmes parcelles est devenue des bois ou des taillis. Les documents d'époque (archives communales notamment), attestent d'un contexte généralisé de forte pression anthropique sur les milieux. Il est question du pâturage des troupeaux (ovins) sur la majeure partie des territoires communaux, de quelques hectares de terres labourables au sommet des montagnes, et d'une pression extrêmement forte sur le buis (*Buxus sempervirens*), utilisé principalement comme amendement : on fabriquait un engrais avec du buis que l'on mêlait à du fumier provenant de la paille et des fientes de bestiaux. Cette cueillette y était sévèrement réglementée (Trivelly *et al.*, 2000).

Mais face aux dégâts provoqués par l'érosion des sols, l'administration même durant tout le ^{XIX}^e siècle, une politique de reboisement. Tout d'abord, des glands de chênes blancs (*Quercus pubescens*) sont semés, mais ces actions de reboisement se heurtent aux délits de pâturage. Finalement, c'est de pins noirs (*Pinus nigra*) dont il sera question. Aujourd'hui, l'abandon des multiples pratiques de cueillette (notamment du buis) implique, malgré la restauration d'une pression de pâturage à vocation écologique (préservation des pelouses sèches), une régression spontanée des milieux ouverts. Ainsi libérées d'une partie de leur vocation agricole et pastorale, ces terres deviennent des espaces de loisir, et sont garantes d'une biodiversité remise en question (Trivelly *et al.*, 2000). Dans un souci de conservation et de gestion durable, le Parc naturel régional du Luberon a déterminé un zonage des secteurs de valeur biologique majeure (Guende *et al.*, 1999), dont font partie les pelouses sèches du Luberon.

Les milieux ouverts du Parc naturel régional du Luberon

Outre les milieux agricoles de plaine et de piémont, et les formations herbacées du lit de la Durance, les milieux ouverts se rencontrent aujourd'hui dans les divers massifs de collines du territoire du Parc (massif

de Pertuis-Mirabeau, Petit Luberon, Grand Luberon, Saint-Michel-l'Observatoire). Suite à des tentatives précoces de réintroduction du pâturage dans le massif de Pertuis-Mirabeau qui ont rapidement avorté, les efforts se sont alors portés sur le Petit et le Grand Luberon ainsi que Saint-Michel-l'Observatoire, secteurs qui avaient tous été reconnus comme « d'intérêt biologique majeur ». Les « craux » (vastes plateaux caillouteux traditionnellement voués au pastoralisme extensif) de Saint-Michel-l'Observatoire, ne seront pas étudiées dans ce travail, car aucun enclos mis en défens n'y avait été posé par le passé.

Les craux et crêtes occidentales du Petit Luberon, possèdent trois types d'enclos grillagés mis en défens :

- Trois enclos posés par l'Office national des forêts (ONF) en 1992, à la suite des premières opérations de débroussaillages accompagnées d'un pastoralisme en garrigue à des fins DFCL. Ils seront nommés par la suite « ONF1 », « ONF2 » et « ONF3 ».

- Deux enclos posés par l'ONF sur demande de la Société française d'orchidophilie (SFO) en 1996, afin de ne pas risquer un effet néfaste imprévu sur des populations d'orchidées protégées (*Opibrys bertolonii* s.l.) lors de la réintroduction du pâturage à des fins de gestion des pelouses. Ils seront nommés « SFO1 » et « SFO2 ».

- Un dernier enclos, posé par l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) dans les années 1980, pour empêcher l'accès à une station météorologique expérimentale. Il sera nommé « INRA ».

La crête principale du Grand Luberon possédait huit enclos (dont cinq ont pu être retrouvés) : tous ont été posés par le Centre d'études et de réalisations pastorales Alpes-Méditerranée (CERPAM) en 1982 (Garde, 1982), dans le but de suivre à moyen terme l'évolution de la végétation en l'absence de pâturage, pratique alors séculaire et ininterrompue sur ces pelouses sommitales. Ils sont désignés par leurs noms d'origine « C », « E », « F », « G » et « H ».

3. MÉTHODES

L'objectif commun aux deux traitements numériques présentés ci-après, est d'évaluer l'impact du pâturage à travers un dispositif synchronique. Dans les deux cas, ces méthodes permettent d'appréhender les changements floristiques.

Un postulat est à la base de la méthodologie com-

parative : au moment de la pose des enclos, on considère que la végétation était similaire à l'intérieur et à l'extérieur. L'observation ultérieure des enclos a confirmé l'homogénéité stationnelle des habitats concernés.

À l'intérieur de chaque enclos, un relevé floristique exhaustif a été réalisé avec attribution d'un coefficient d'abondance-dominance (Braun-Blanquet, 1932) à chaque espèce. Parallèlement, un autre relevé de surface équivalente a été réalisé immédiatement autour de l'enclos (Fig. 1).

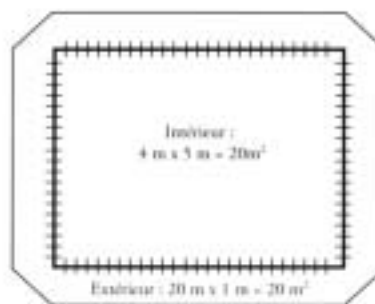


Fig. 1. Délimitation du relevé à l'intérieur et à l'extérieur de l'enclos grillagé.

La végétation de la partie interne de l'enclos mis en défens, est donc le résultat de plusieurs années de dynamique spontanée sans pâturage, et la végétation de la partie à l'extérieur de l'enclos le résultat de plusieurs années de pâturage.

- Dans le cas du Petit Luberon (hormis pour l'enclos posé par l'INRA), la pose de l'enclos coïncide avec la reprise du pâturage. L'intérieur de l'enclos mis en défens, donnera ainsi une image témoin de la végétation telle qu'elle était avant le pâturage, ou du moins ce vers quoi elle aurait dû continuer à évoluer sans la reprise de celui-ci.

- Dans le cas du Grand Luberon, la pose de l'enclos s'est effectuée pendant une période ininterrompue de pâturage ancestral. L'intérieur de l'enclos mis en défens est donc sujet à une nouvelle dynamique naturelle, dont la végétation environnante est privée par les activités persistantes de pâturage.

Partie 2

3.1. L'analyse floristique multivariée

Depuis plus d'un quart de siècle, les analyses multivariées sont largement utilisées dans le traitement des données écologiques, notamment pour l'étude des communautés végétales (Bonin & Taton, 1990). Les analyses multivariées sont avant tout des méthodes d'ordination qui permettent de souligner et de hiérarchiser des tendances (ou facteurs d'organisation) cachées au sein de matrices complexes (Roche, 1994). Le principe général consiste à positionner des points les uns par rapport aux autres, dans un espace à n dimensions, en fonction de leur degré de similarité ou de dissemblance. L'analyse factorielle des correspondances (AFC) (Benzécri, 1973) est une des méthodes d'analyse multivariée les plus courantes en phytocécologie.

Dans le cadre de notre étude, nos 22 (2x11) relevés floristiques ont fait l'objet d'une AFC afin d'obtenir les coordonnées factorielles des points-relevés, à partir desquelles a été réalisée une classification ascendante hiérarchique (CAH). En fait, l'AFC a permis d'obtenir dans un premier temps une matrice de distance entre les relevés (coordonnées factorielles), puis de construire un dendrogramme à l'aide de la CAH.

3.2. La synthèse socio-écologique

Il convient tout d'abord de définir ce que nous appelons la méthode « socio-écologique ».

D'une façon générale, la différence entre les flores de deux relevés a une signification écologique précise, si elle donne à la différence entre deux espèces un poids d'autant plus grand que ces deux espèces ont habituellement des comportements différents. Un tel calcul doit commencer par étalonner les comportements des espèces (dans l'idéal sur l'ensemble de leur aire!), de façon à comparer les relevés non pas directement d'après le nom des plantes, mais d'après leurs comportements.

La notion de plante « témoin » ou « indice du milieu »

De même que l'écologie (notamment l'auto-écologie) à l'égard des variables environnementales mesure le lien entre la plante et la variable, la socio-écologie mesure le lien entre une même plante et les autres plantes du relevé considérées comme indice du milieu. Elle ne se

réfère à aucune caractérisation explicite des facteurs du milieu, mais s'inspire de l'écologie et transpose sa démarche statistique à des données purement floristiques qui sont standardisées à l'échelle des relevés. Ainsi, elle considère les plantes accompagnant la plante étudiée comme autant d'indicateurs indirects d'un ensemble de facteurs du milieu (ensemble non clairement défini).

Caractérisation du comportement écologique des plantes : du critère de fidélité à la similitude écologique

La socio-écologie caractérise le comportement d'une plante A par ses dépendances envers les indices du milieu que représente l'ensemble des autres plantes B.

La dépendance apparente de A envers B n'est autre que la fidélité de A à B, autrement dit la probabilité lorsqu'on est en présence de A de trouver le milieu correspondant à la plante B. Concrètement, l'ensemble des fidélités d'une plante envers chacune des autres plantes (c'est-à-dire le comportement socio-écologique de la plante), traduira l'amplitude écologique de cette plante envers les facteurs implicites du milieu. Deux plantes qui ont deux à deux des fidélités similaires ont donc des écologies similaires. On quantifie ainsi, à partir de données purement floristiques, les différences écologiques globales entre les plantes.

On appelle mesure socio-écologique une différence ainsi calculée. La fidélité d'une plante à une autre est indépendante d'une classification pré-établie des communautés en groupements (comme dans la phytosociologie classique) et elle permet justement de fonder cette classification sur une base écologique précise (Brisse *et al.*, 1984, 1995).

Remarquons que ce critère réintroduit dans la définition d'un groupement le critère de fidélité initialement reconnu comme fondamental. La fidélité d'une plante à un groupement exprime son degré de spécialisation écologique. Elle est à la base de la systématique classique des groupements (« syntaxonomie ») (Braun-Blanquet, 1932). Cette fidélité a été transposée d'abord à l'écologie, sous la forme de la fidélité d'une plante à un caractère écologique binaire ou à la classe d'une variable écologique quantitative (Grandjouan, 1982). Elle fait ici retour à l'écologie, sous la forme de la fidélité d'une plante à une autre plante (cf. Annexe 1).

**L'espace des fidélités,
image d'un espace écologique**

La représentation de l'écologie d'une plante consiste à la placer dans un ensemble des fidélités des plantes aux plantes. Cet ensemble définit un espace multi-variables dans lequel un axe mesure la fidélité à une « plante indice du milieu » (variable explicative) et un point représente le comportement d'une « plante effet du milieu » (individu observé). La distance entre deux plantes représente la différence de leur comportement écologique (Fig. 2). Cette différence permet de classer en groupes socio-écologiques un ensemble de plantes ayant des comportements écologiques similaires.

Caractérisation du milieu d'un relevé

Dans cet espace, le relevé est représenté au centre de gravité des plantes qu'il contient. Les coordonnées d'un relevé sont la moyenne des fidélités de ses plantes. La fidélité moyenne d'un relevé à une plante n'est autre que la probabilité de trouver cette plante dans le relevé, d'après l'ensemble des observations floristiques connues (celles qui constituent l'information de la banque de données). Ces fidélités moyennes indiquent la flore probable du relevé, d'après sa flore observée et d'après l'ensemble des relations entre cette flore et celles de tous les autres relevés de la banque. La distance entre deux relevés représente la différence de leurs caractéristiques écologiques (ou encore de leur « milieu »).

De ce fait, deux relevés seront comparés d'après leur milieu, ce qui permet même de comparer des relevés

qui n'ont aucune espèce en commun. De tels relevés, peuvent être ainsi très proches ou très éloignés écologiquement, indépendamment de leur distance floristique.

Les plantes à seuil d'abondance

Les taxons de la banque sont répartis en deux lots. Le premier correspond aux 4 250 taxons présents quelle que soit leur abondance. Le second correspond aux 2 800 « plantes à seuil d'abondance » (PASA). Chaque PASA, pour un taxon qui présente des variations d'abondance suffisantes, concerne un sous-ensemble de stations dans lesquelles ce taxon dépasse un certain seuil d'abondance.

Un même taxon, par exemple *Brachypodium retusum*, appartient au premier lot quelle que soit son abondance (coefficient allant de 1 à 6), noté *B. retusum* 1-6, et peut appartenir au second lot lorsqu'il est abondant (au-delà du coefficient 2) noté *B. retusum* 3-6.

La création des PASA a pour but de mettre en évidence le rôle particulier de l'abondance: un taxon, lorsqu'il est abondant, est plus indicateur d'un milieu que lorsqu'il est présent avec une abondance faible.

3.3. Complémentarité des deux méthodes

Dans les AFC réalisées à partir des relevés floristiques, l'abondance-dominance constitue une information relativement peu importante par rapport à la présence-absence (Guinocet, 1973; Bonin & Taton, 1990). De même, le fait que certaines espèces ne soient

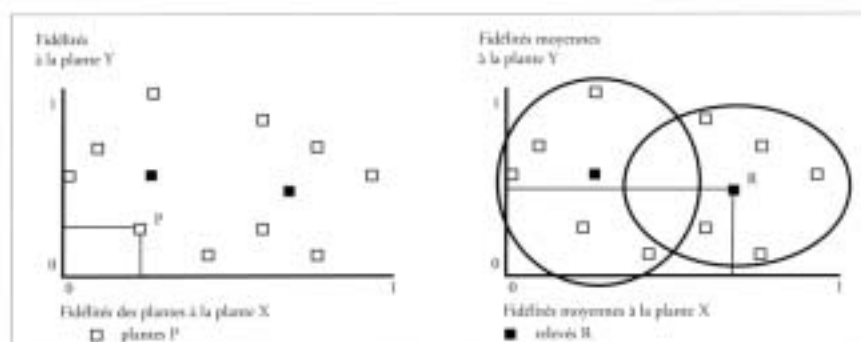


Fig. 2: schéma de l'espace des fidélités.

Partie 2

présentes que dans un ou quelques relevés, ne permet pas d'obtenir de bons résultats sur la classification des espèces. Le faible nombre de relevés pris en compte et leur absence d'étalement avec d'autres relevés extérieurs à la matrice étudiée ne permettent d'avoir des résultats comparables que par une étude bien cadrée avec une méthodologie uniforme (notamment des relevés de surface constante). L'interprétation écologique de ces classements comprend des artefacts dont il est possible de limiter les effets par une série de précautions dans la codification des plantes, le traitement et l'interprétation des données. C'est pourquoi nous n'avons utilisé cette méthodologie qu'à des fins de comparaison purement floristique des relevés, sans vouloir interpréter des changements de manière écologique.

Ensuite, la méthode socio-écologique est appliquée au même lot de relevés, mais dont les espèces ont été pourvues de leur coefficient d'abondance-dominance. Cette fois-ci, les espèces sont associées à une matrice des fidélités vis-à-vis de l'ensemble de la flore de France, et peuvent ainsi être classées en fonction de leur « socio-écologie », qu'elles soient fréquentes, rares ou même absentes dans les relevés de l'étude. Cette matrice des fidélités donne ainsi une dimension écologique quantifiable à chaque espèce, ce qui permet de traiter les relevés en fonction de leurs affinités écologiques traduites par les espèces rencontrées. Le classement sera donc ici écologique ou plus exactement socio-écologique (puisque on se base sur la sociabilité moyenne des plantes en tant que variable indicatrice, pour caractériser le milieu). Tout comme les espèces seront comparées sans artefact lié à leur rareté dans les relevés étudiés, ces derniers le seront sans artefact liés au hasard de leur composition floristique observable, mais bien sûr la signification écologique de celle-ci.

La principale différence réside dans le fait que l'on donne un sens écologique à la composante floristique, et donc à une dérive floristique éventuelle, grâce à l'étalement des plantes au sein d'une banque de données de relevés à l'échelle d'un territoire bien plus grand. En effet, les relevés ne sont plus caractérisés par leur flore mais par leur milieu.

Ainsi, notre approche comporte des étapes, depuis une perception d'abord extérieure vers une compréhension de plus en plus en profondeur du fonctionnement des enclos étudiés.

De premier abord, l'estimation visuelle du recouvrement total de la végétation phanérogamique (cryptogames non pris en compte) a permis d'appréhender les effets du pâturage ou du non-pâturage sur la densité végétale et sa biomasse aérienne. Mais une densification ou un éclaircissement de la biomasse aérienne n'implique pas forcément une modification de la flore qui est présente, c'est pourquoi un inventaire exhaustif s'impose.

Dans un second temps, le traitement statistique des données floristiques, a donné un poids relatif aux différences observées. Ainsi, nous pouvons évaluer si celles entre l'enclos mis en défens et son pourtour pâturé, sont plus importantes ou plus faibles que les différences stationnelles entre les enclos.

Ensuite, nous avons essayé d'appréhender la signification écologique de ces différences floristiques. Si les changements floristiques précédemment mesurés sont importants, ces changements se compensent-ils ou sont-ils aussi la signature d'une modification de l'écosystème? Et si les changements mesurés sont faibles, sont-ils insignifiants et dus au hasard, ou bien, néanmoins déjà suffisamment significatifs, préfigurent-ils alors une modification du fonctionnement écologique du milieu concerné?

Seule une combinaison de ces deux méthodologies permet d'attribuer aux observations leur signification réelle, car :

- un changement floristique ne traduit pas toujours un changement écologique, mais peut être le simple fait d'un renouvellement naturel aléatoire des espèces (turn-over) ;

- un changement floristique, même non significatif lors de l'analyse de sa composition, peut être déjà perceptible au niveau socio-écologique s'il est « signé » par des espèces à forte caractérisation écologique, et traduire de ce fait un changement dans le fonctionnement de l'écosystème ;

- une stabilité écologique ne permet pas de savoir s'il y a eu ou non renouvellement partiel de la composition floristique (turn-over), car ce phénomène peut être caché par la même appartenance écologique des espèces qui se remplacent l'une l'autre.

Enfin, les changements observés sur le plan floristique et/ou écologique ont été analysés en termes de richesse spécifique, de valeur patrimoniale, d'attributs vitaux et de groupes fonctionnels.

Bouquet de flore

4. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

L'ensemble des enclos a été visité à deux reprises au printemps 1998 (mars et juin).

La nomenclature botanique utilisée est celle de Brisse & Kerguelen (1994).

La série de relevés effectués à l'intérieur des enclos et celle de relevés effectués autour de ce même enclos, seront considérées comme appariées d'un point de vue statistique. En effet, le postulat étant posé de l'identité de la végétation avant la mise en place de l'enclos, la comparaison de chaque relevé deux à deux devient mathématiquement possible.

4.1. Dérive physionomique et approche taxonomique

Il est possible à partir de l'analyse directe des inventaires effectués, de comparer la structure de la végétation à l'intérieur de l'enclos mis en défens (aussi appelé « enclos »), par rapport à son pourtour régulièrement pâturé. La densité de la végétation est appréhendée par le recouvrement global de la végétation phanérogamique (toutes strates confondues). La richesse spécifique (nombre d'espèces) est également figurée sur le tableau 2.

Désignation	Localisation	Âge de pose	Altitude	Surface
ONF1	Petit Luberon	6 ans	360 m	100 m ²
ONF2	Petit Luberon	6 ans	360 m	100 m ²
ONF3	Petit Luberon	6 ans	360 m	100 m ²
SFO1	Petit Luberon	2 ans	560 m	100 m ²
SFO2	Petit Luberon	2 ans	650 m	100 m ²
INRA	Petit Luberon	> 10 ans	665 m	400 m ²
« C »	Grand Luberon	16 ans	1080 m	10 m ²
« F »	Grand Luberon	16 ans	1030 m	20 m ²
« E »	Grand Luberon	16 ans	1060 m	20 m ²
« G »	Grand Luberon	16 ans	1055 m	20 m ²
« H »	Grand Luberon	16 ans	1010 m	20 m ²

Tableau 1 : caractéristiques physiques des enclos (âge, altitude, surface)

	Désignation	Recouvrement de la végétation		Richesse spécifique	
		Intérieur	Pourtour	Intérieur	Pourtour
Sous-série Petit Luberon PROBLÉMATIQUE : « Reprise du pâturage »	ONF1	90 %	50 %	45	47
	ONF2	95 %	70 %	41	37
	ONF3	80 %	50 %	51	45
	SFO1	70 %	60 %	61	63
	SFO2	60 %	60 %	68	69
	INRA	95 %	80 %	56	78
Sous-série Grand Luberon PROBLÉMATIQUE : « Arrêt du pâturage »	« C »	60 %	40 %	24	30
	« F »	95 %	60 %	26	27
	« E »	80 %	70 %	26	39
	« G »	100 %	95 %	38	55
	« H »	95 %	80 %	38	47

Tableau 2 : caractérisation physionomique et taxonomique de la végétation des enclos et de leur pourtour

Partie 2

L'intérêt de l'approche diachronique réside dans le fait que la végétation initiale (c'est-à-dire au moment de la pose des grillages excluant le pâturage) était similaire à l'intérieur et à l'extérieur des enclos, nous avons considéré que les 2 séries de 11 relevés étaient appariées. Nous avons alors réalisé des tests de Wilcoxon (appelés aussi tests des rangs signés) qui consistent à comparer les relevés deux à deux, afin de juger de la validité statistique des différences observées entre l'intérieur et l'extérieur des enclos pour les variables mesurées.

Si l'on considère l'ensemble des relevés (11 x 2), les changements dans les recouvrements et la richesse sont significatifs (avec des probabilités¹ (p) respectives de 0,1 % et 2,7 %).

Par contre, en ne comparant que les séries du Petit Luberon (5 x 2), les différences ne sont plus significatives (p = 6,2 % pour les recouvrements et p = 12,5 % pour la richesse).

Enfin, les séries du Grand Luberon (5 x 2) montrent des évolutions significatives à la fois en terme de recouvrements (p = 3,1 %) et de richesse (p = 3,1 %).

Densité végétale

L'intérieur des enclos offre 83,6 % contre 65 % de recouvrement en moyenne alentour: la végétation est donc nettement plus dense dans les enclos (environ + 20 %). La différence de fermeture du couvert végétal est généralement bien sensible, sauf pour les enclos les plus récents (2 ans).

En fait, la dérive physionomique affecte les deux types d'enclos: ceux marquant une mise en défens expérimentale en secteur traditionnellement pâturé (Grand Luberon), et ceux servant de témoin par rapport à une remise en pâture (Petit Luberon), où plus de deux années sont cependant nécessaires à une évolution nette.

Le phénomène est donc bidirectionnel: ouverture du milieu en cas de mise en pâture, et fermeture en cas d'arrêt du pâturage.

Richesse spécifique

L'intérieur des enclos renferme 43,1 espèces contre 48,2 en moyenne alentour: il y a donc globalement une richesse moins importante dans les enclos (- 10 %).

En fait, cette différence de richesse n'est pas sensible de la même façon suivant les enclos. Elle est peu sensible et aléatoire dans les enclos témoins d'une remise en pâture (Petit Luberon), elle est par contre très marquée et assez constante dans les enclos de mise en défens expérimentale (Grand Luberon).

Le phénomène n'est pas donc pas équivalent dans les deux situations:

- la réintroduction du pâturage a des effets peu probants sur la richesse spécifique, du moins à court terme (< 10 ans);

- l'arrêt du pâturage a des effets très nets d'appauvrissement spécifique, du moins à moyen terme (> 10 ans).

4.2. Dérive floristique et approche patrimoniale

La saisie des relevés en présence/absence, a permis l'analyse statistique multivariée des données, afin de comparer deux à deux l'intérieur de l'enclos et son pourtour, parmi l'ensemble des relevés.

Sur les données factorielles issues de l'analyse des correspondances, une classification hiérarchique (du moment d'ordre 2) effectuée à partir des 4 premiers axes de l'analyse (totalisant 40 % de l'inertie), a permis le découpage en classe de l'ensemble des relevés (Fig. 3).

¹ Les probabilités affichées indiquent en fait le pourcentage de chances que la différence observée soit due au hasard et ne corresponde donc pas à un cas général avéré (c'est en fait le risque que l'on prend en rejetant l'hypothèse de la similarité des séries observées); dans la pratique, si ce risque est inférieur à 5%, on dit que la différence est significative, et plus ce risque baisse, plus la significativité augmente.

Bouquet de flore

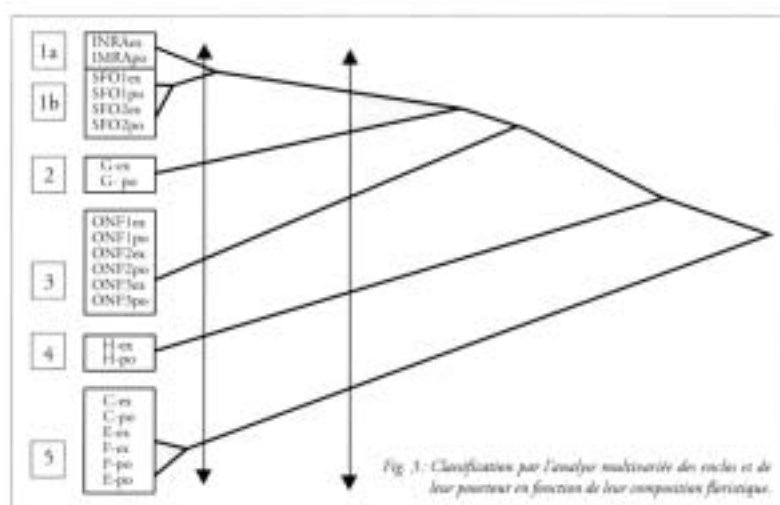


Fig. 3. Classification par l'analyse multivariée des enclos et de leur pourtour en fonction de leur composition floristique.

Il en ressort que chaque enclos est apparié à son pourtour, les 11 paires se regroupant en 5 ou 7 groupes floristiques (selon le niveau de troncature) en fonction de leur écologie :

- 1 : pelouses à chaméphytes des crêtes de basse altitude (charnière méso-/supraméditerranéen) ;
 - 1a : lapiaz sommital de l'étage supraméditerranéen inférieur ;
 - 1b : crêtes exposées de l'étage mésoméditerranéen supérieur ;
- 2 : pelouses sèches d'altitude à Brome érigé (supraméditerranéen) ;
- 3 : pelouses sèches mésoméditerranéennes en mosaïque de garrigue (basse altitude) ;
- 4 : pelouses embroussaillées de l'étage supraméditerranéen (versant nord d'altitude) ;
- 5 : pelouses à chaméphytes des crêtes élevées (supraméditerranéen à caractère oroméditerranéen) ;
 - 5a : pelouses pauvres en annuelles ;
 - 5b : pelouses assez riches en annuelles.

Parmi ces dernières, on observe toutefois un léger réarrangement. Il concerne l'isolement relatif du pourtour « E », alors que l'enclos correspondant est proche de l'enclos « C » et son pourtour. Cet isolement intervient toutefois assez tardivement dans le dendrogramme, et est donc de faible importance floristique.

Bilan biogéographique

Les spectres botaniques établissent la proportion des types de plantes en fonction du nombre total d'espèces.

Lorsqu'on travaille sur un lot de relevés à comparer, il est possible de raisonner à plusieurs niveaux hiérarchiques :

- Chaque relevé a un spectre pondéré par l'abondance des plantes (d'après l'indice d'abondance-dominance transformé en valeur moyenne de recouvrement), et la somme des spectres d'un même lot de relevés traduit bien le caractère dominant la végétation, à travers son aspect physionomique.

- Chaque relevé a un **spectre brut** qui recense son cortège spécifique (qui considère chaque plante avec un poids égal). La somme des spectres d'un même lot de relevés donne un spectre pondéré par la fréquence de chaque plante et traduit bien son potentiel fonctionnel, à travers un lot d'espèces susceptible de s'exprimer.

- Mais les relevés peuvent receler des flores complémentaires, l'absence aléatoire d'une espèce dans un relevé étant compensée par sa présence aléatoire dans un autre. Le spectre brut global établi sur l'ensemble des taxons rencontrés dans au moins un relevé, traduit bien la valeur patrimoniale d'un ensemble de relevé (un type

Partie 2

d'habitat dans un massif donné, une mosaïque d'habitat dans un éco-complexe, etc.), à travers sa capacité d'hébergement de taxons de nature variée.

Si le spectre pondéré par l'abondance, appelé aussi « spectre réel » (Quézel & Rioux, 1950) est utilisé de longue date, tout comme le spectre brut (pondéré ou non par la fréquence), l'utilisation des trois par la méthode de l'analyse successive permet d'approfondir le diagnostic et de le sécuriser (Véla, 1996).

Analysons tout d'abord le cortège floristique rencontré dans l'ensemble des enclos et de leur pourtour (Petit et Grand Luberon), quelle que soit leur problématique (réintroduction ou arrêt du pâturage).

Cortège global: On rencontre autour des enclos un peu plus de taxons paléo-arctiques, un peu plus de sub-méditerranéens et un peu moins de méditerranéens stricts qu'à l'intérieur.

Fréquence: On rencontre autour des enclos une plus grande fréquence des pluri-régionaux et des paléo-arctiques, également des sub-méditerranéens, mais par contre le déficit en nombre de méditerranéens stricts du cortège global n'est pas confirmé ici en fréquence.

Abondance: Autour des enclos, la supériorité en fréquence des taxons pluri-régionaux est plus sensible encore en recouvrement, mais celle des taxons paléo-arctiques n'est pas confirmée par l'abondance, tandis que ce déficit se manifeste aussi chez les taxons late-européens. Une petite supériorité en recouvrement des taxons orophytes se fait sentir. En abondance, les sub-méditerranéens ne se différencient pas, quant au déficit global en taxons méditerranéens, non sensible en fréquence, il devient par contre très marqué en abondance. On remarque enfin un meilleur recouvrement des sub-endémiques, qui ne sont pourtant pas plus fréquents ni plus nombreux.

Afin de préciser encore le diagnostic, et de mieux interpréter les résultats, il est possible de comparer les deux problématiques: les 5 sites du Petit Luberon où l'enclos protège la végétation d'une réintroduction récente du pâturage, et les 5 sites du Grand Luberon où l'enclos permet à la végétation d'échapper à un pâturage ancestral. Le site de la station métré de l'INRA a été exclu de cette comparaison.

Taxons à large répartition: Les supériorités constatées globalement pour le pourtour des enclos, outre celle en fréquence et abondance des taxons pluri-régionaux (supériorité en nombre et fréquence des taxons paléo-arctiques déficitaires en abondance comme les taxons late-européens), sont le fait des exclos du Grand Luberon, ceux du Petit Luberon étant nettement constants.

Taxons orophytes: La supériorité globale en abondance des taxons orophytes (constant en nombre et fréquence) autour des enclos, est en fait très marquée pour ceux du Grand Luberon, et s'oppose à un déficit pour ceux du Petit Luberon.

Taxons méditerranéens: Les taxons sub-méditerranéens, globalement supérieurs en nombre et fréquence, ne le sont pas en abondance car un déficit de celle-ci autour des enclos du Petit Luberon vient gommer une supériorité bien réelle autour des enclos du Grand Luberon. Le déficit global des taxons méditerranéens vrais, surtout sensible en abondance autour des enclos, est bien marqué autant pour le Petit que pour le Grand Luberon.

Taxons à répartition réduite: La légère supériorité globale des taxons subendémiques en abondance (mais pas en nombre ni en fréquence) autour des enclos, est bien nette pour ceux du Grand Luberon, alors qu'au contraire il semble y avoir un léger déficit autour des enclos du Petit Luberon. Les enclos du Grand Luberon montrent de plus, sur leur pourtour, une supériorité des taxons méditerranéens nord occidentaux en fréquence.

Intérêt patrimonial

Pour les espèces à forte valeur patrimoniale, c'est-à-dire à degré d'endémicité élevé (endémique stricts + subendémiques, NW-méditerranéens), le cortège global est inchangé en nombre et en fréquence. On observe cependant dans le Grand Luberon, une diminution de l'abondance des endémiques et subendémiques lors de l'arrêt du pâturage. Le danger de raréfaction de ces espèces lié à une éventuelle disparition du pâturage et une densification des pelouses est donc relatif, et sur un pas de temps de 16 ans il n'est qu'apparent: les espèces sont encore présentes et toujours aussi fréquentes, mais offrent un recouvrement moins important.

Bouquet de flore

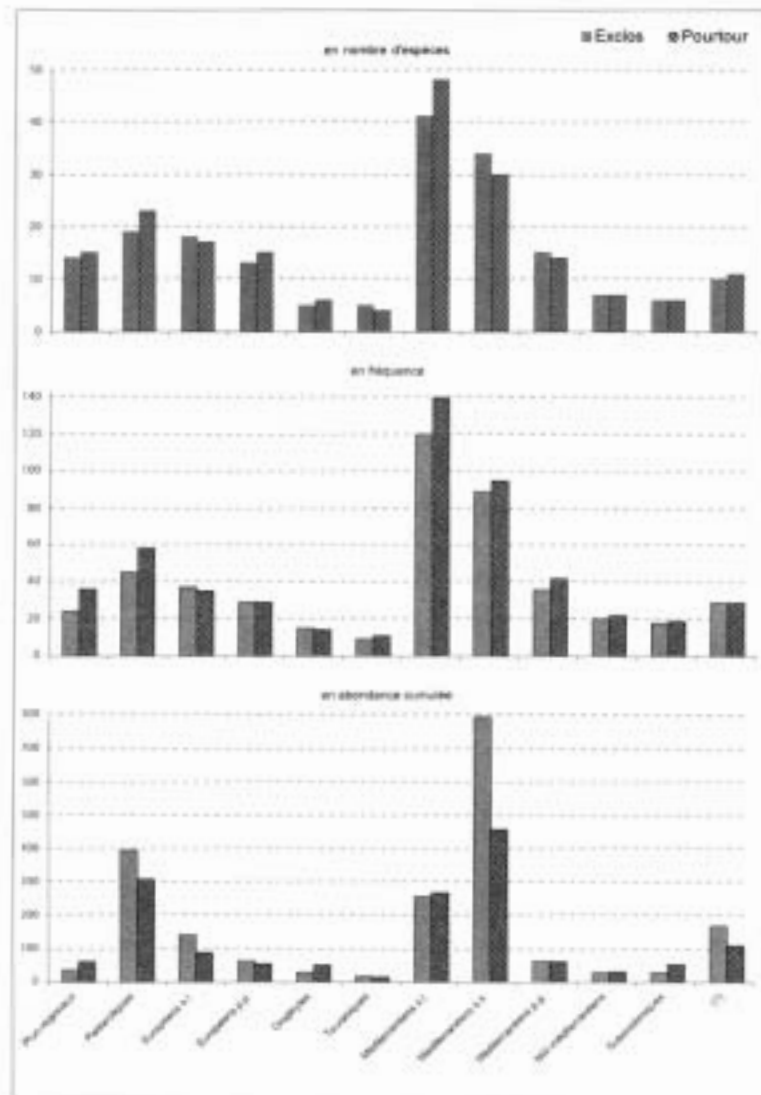


Fig. 4: comparaison des spectres floristiques des exclis et de leur pourtour sur l'ensemble des 11 sites (cf. détail dans tableau en annexe 2).

Partie 2

Pour le reste du cortège biogéographique, on observe les tendances suivantes :

- Les taxons méditerranéens au sens large (sténo- à eury-méditerranéens) persistent en nombre et en fréquence dans le Petit Luberon, mais diminuent en abondance avec le retour du pâturage. Ce sont eux qui traduisent le mieux la diminution de biomasse par la consommation animale.

- Les taxons pluri-régionaux (circumboréaux à cosmopolites) sont plus nombreux, plus fréquents et plus abondants dans les pourtours pâturés que dans les enclos non pâturés, ceci de manière réciproque : augmentation en cas de remise en pâturage, et baisse en cas de mise en défens. Le danger d'une banalisation de la flore est donc à surveiller, notamment en cas de sur-pâturage prolongé.

4.3. Dérive écologique

Les mêmes relevés affectés d'un coefficient d'abondance-dominance à chaque espèce (Braun-Blanquet, 1932), sont utilisés pour faire un traitement socio-écologique.

La classification ascendante hiérarchique (CAH) définit des groupes de comportements écologiques, hiérarchisés à plusieurs niveaux de synthèse, encore appelés « éléments écologiques » (Fig. 5). La gestion de ces éléments aboutit à plusieurs types de résultats dont un nous intéresse tout particulièrement ici : les plantes discriminantes de l'élément résumant son comportement écologique. Elles sont généralement présentées en tableaux comparatifs plus compacts montrant à la fois les oppositions et les similitudes écologiques entre groupes jumeaux (Tableau 3).

Le remplacement de l'enclos « E » isolément de son pourtour, déjà pressenti par la méthode floristique, est confirmé par la méthode socio-écologique. Mais la réaction atypique d'un seul site sur les cinq répondant à la même problématique de mise en défens expérimentale sur la crête du Grand Luberon, ne permet pas une interprétation satisfaisante.

Par contre les sites de réintroduction du pâturage dans le Petit Luberon, au moins ceux âgés de 6 ans, présentent un cas différent. En effet on observe une redistribution de certains enclos et pourtours de la série « ONF », entre les groupements « n° 14 » et « n° 15 ».

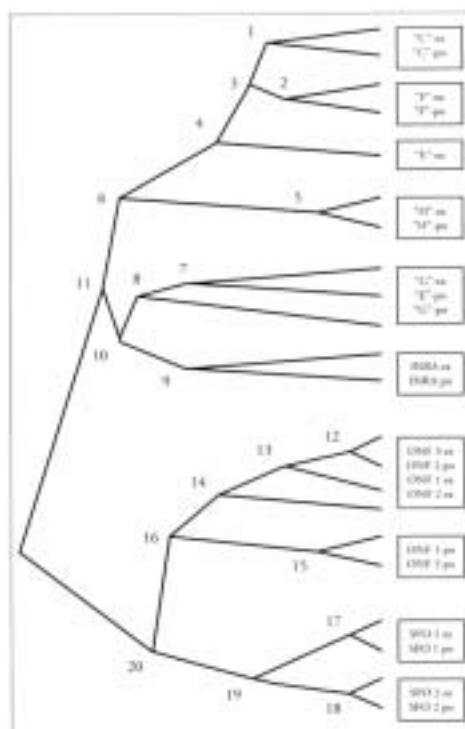


Fig. 5: définition par une CAH, de groupes de comportements écologiques pour les 22 relevés.

Les plantes les plus discriminantes à l'égard du groupement « n° 14 » sont des plantes vivaces des garrigues calcaires.

Les plantes les plus discriminantes à l'égard du groupement « n° 15 » sont toutes des annuelles de pelouses sèches.

Il y a donc, pour deux des trois sites concernés (ONF1 et ONF3) une dérive écologique déjà sensible, depuis un habitat de mosaïques « garrigues + pelouses sèches vivaces », vers un habitat de pelouses sèches à annuelles.

Bouquet de flore

Code	Plantes à seuil	Abondance	PDR n°14	PDR n°15
2581	<i>Thymus vulgaris</i>	1-6	23	13
4299	<i>Rubia perigrina</i>	1-6	20	6
5806	<i>Dacrydium glomerata</i>	1-6	19	10
5726	<i>Brachypodium ortuense</i>	1-6	18	14
2143	<i>Quercus ilex</i>	1-6	12	5
3139	<i>Oxalis strictissima</i>	1-5	11	7
5687	<i>Arenaria brenonensis</i>	1-4	11	3
1630	<i>Sedum sedifernae</i>	1-4	8	5
6691	<i>Pinus halepensis</i>	1-6	8	3
6377	<i>Aphanopus acutifolius</i>	1-6	8	3
5720	<i>Brachypodium pinnatum phoenicoides</i>	1-6	7	1
5725	<i>Brachypodium ortuense</i>	3-6	7	6
742	<i>Cisto albida</i>	1-6	7	3
6375	<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	1-6	7	0
3894	<i>Rhamnus alaternus</i>	1-5	6	2
2948	<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	1-6	6	0
3345	<i>Pistacia lentiscus</i>	1-6	6	2
6666	<i>Jasione incanata</i>	1-6	5	2
2479	<i>Rosmarinus officinalis</i>	1-6	5	3
1245	<i>Helichrysum stoechas</i>	1-6	5	4
293	<i>Lavatera implexa</i>	1-4	5	2
3176	<i>Bituminaria bituminosa</i>	1-5	5	3
6631	<i>Sonchus aspera</i>	1-6	5	1
4272	<i>Galium obliquum</i>	1-4	5	3
3723	<i>Clematis flammula</i>	1-5	5	2
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
373	<i>Cerastium pumilum</i>	1-5	1	5
3267	<i>Trifolium scabrum</i>	1-6	2	5
1824	<i>Euphasia serena</i>	1-6	1	6
3207	<i>Trifolium catapactae</i>	1-5	1	6
2254	<i>Erodium cicutarium</i>	1-5	1	6
6092	<i>Poa bulbosa</i>	1-5	1	6
6142	<i>Catapodium rigidum</i>	1-4	2	7
3099	<i>Melivaga minima</i>	1-6	2	8
336	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	1-6	4	14

Tableau 3. Caractérisation socio-écologique des groupements 14 et 15 (plantes discriminantes).
La liste présente les indices de variables les plus importantes pour une « plante à seuil ». L'abondance est donnée, après avoir éliminé les plantes discriminantes. (PDR = Plantes discriminantes à l'égard des relevés).

Partie 2

Dans cette ambiance méditerranéenne, la thérophytisation sensible due au pâturage tend à faire évoluer les garrigues vers des parcours sub-stéppiques méditerranéens riches en annuelles (ordre des Thero-Brachypodietalia). La gestion conservatoire de ces milieux par le pâturage, préoccupation principale de la Directive européenne « Habitats », semble donc bien appropriée.

5. CONCLUSION

Après arrêt du pâturage, ou au contraire retour du pâturage, l'évolution de la densité du couvert végétal herbacé est rapide (dès 2 ans) : densification dans un cas et éclaircissement dans l'autre. Par contre, si en cas d'abandon du pâturage un appauvrissement en nombre d'espèces est très net au bout de 15 ans, dans le cas inverse de la réintroduction du pâturage, il n'y a pas encore d'enrichissement sensible en 2 à 6 ans, ce qui est peut-être lié à l'âge trop faible des enclos.

Plus en détail, la composition floristique des enclos et de leur pourtour n'évolue pas de manière significativement différente dans les deux cas. Mais aussi faibles que soient les différences observables, elles caractérisent déjà, dans le cas de la réintroduction du pâturage (Petit Luberon), une dérive écologique sensible dans le sens de la mosaïque garrigue/pelouse vivace vers la pelouse à annuelles typique des parcours méditerranéens, dans un pas de temps de 6 ans seulement. Par contre, l'abandon du pâturage (Grand Luberon) n'entraîne pas toujours de dérive sensible en 15 ans. Il faut y voir une forte inertie des systèmes ancestralement pâturés, et au contraire une rapidité d'adaptation des systèmes soumis à un retour du pâturage.

D'un point de vue patrimonial, l'effet du pâturage sur la composante endémique n'est pas négatif (ce qui est déjà un bon résultat), mais son rôle positif n'est qu'apparent et doit être relativisé (il ne joue qu'en termes d'abondance).

En conclusion, on peut déjà percevoir la modification partielle du milieu (préférable à une modification trop brutale), mais un pas de temps plus long sera nécessaire pour tirer un bilan plus solide, notamment concernant la gestion durable des espèces à valeur patrimoniale de ces pelouses. Par exemple, une thérophytisation réussie grâce au pâturage sera un enrichissement

de l'écosystème en nombre d'espèces. Il conviendra cependant de contrôler son devenir et de veiller à ce que les conditions de conservation des parcours ne soient pas altérées par le surpâturage.

Ces résultats viennent confirmer une tendance générale liée au pâturage, et bien connue partout en Méditerranée (Quézel, 2000; Jauffret & Vêla, 2000; Jauffret, 2001):

- Le recouvrement des espèces ligneuses (phanérophytes et chaméphytes) est un indicateur de la pression pastorale. En cas de diminution de leur fréquence voire de leur nombre elles signent un phénomène de surpâturage.

- Les annuelles (thérophytes) sont aussi un bon marqueur de l'activité pastorale. Ils se diversifient et abondent dans les parcours, et en cas de surpâturage le compartiment thérophytique tend à se banaliser (espèces rudérales).

Bouquet de flore

BIBLIOGRAPHIE

- BARBERO M., BONIN G., LOISEL R. & QUÉZEL P., 1990. Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin, *Vegetatio*, n° 87, p. 151-173.
- BARBERO M. & QUÉZEL P., 1990. La déprise rurale et ses effets sur les superficies forestières dans la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur, *Bulletin de la Société française de Provence*, n° 41, p. 77-88.
- BENZECRI J.-P., 1973. L'analyse des données. T. II, l'analyse des correspondances, Dunod Ed., 619 p.
- BONIN G. & TATONI T., 1990. Reflexions sur l'apport de l'analyse factorielle des correspondances dans l'étude des communautés végétales et de leur environnement, *Ecologia Mediterranea*, T. XVI, p. 403-414.
- BRAUN-BLANQUET J., 1932. *Plant sociology. The study of plant communities* [Authorized translation of « Pflanzen-soziologie » (1928)], edited by FULLER G.D. & CONARD H.S., University of Chicago II (USA), 438 p.
- BRISSE H., GRANDJOUAN G., HOFF M. & DE RUFFRAY P., 1984. Utilisation d'un critère statistique de l'écologie en phytosociologie: Exemple des forêts alluviales en Alsace, in « La végétation des forêts alluviales », 9e colloque de l'Association Amicale internationale de phytosociologie, Strasbourg, 1980, Ed. Cramers, p. 543-590.
- BRISSE H., DE RUFFRAY P., GRANDJOUAN G. & HOFF M., 1995. European vegetation survey: La banque de données phytosociologique « SOPHY », *Annales de botanique*, Vol. 53, p. 191-223.
- BRISSE H. & KERQUELEN M., 1994. Code informatisé de la flore de France, *Bulletin de l'Association d'informatique appliquée à la botanique*, n° 1, p. I-V + 1-128.
- BUISSON-CATIL J. (coll. CRÉGUET E., GUILBERT R., RENAULT S., SAUZADE G., TALLAGRAND F. & TEXIER P.), 1997. *Le Luberon des origines - Des chasseurs-cueilleurs moustériens aux premiers paysans: 100 000 ans de peuplement pré-historique dans le Parc naturel régional du Luberon*, Ed. A. Barthélemy, Avignon, 63 p.
- DUTOIT T., CAPPELAERE M. & ALARD D., 1994. Pratiques agropastorales anciennes et évolution des paysages en Haute-Normandie: l'exemple des pelouses calcaïques, *Actes du Muséum de Rouen*, 1994 (2), p. 10-39.
- JALIFFRET S., 2001. Validation et comparaison de divers indicateurs de changement à long terme dans les écosystèmes méditerranéens arides. Application au suivi de la désertification dans le Sud tunisien, Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille III, 305 p. + annexes.
- JALIFFRET S. & VELA E., 2000. Passé, présent et devenir des paysages pastoraux au sud et au nord de la Méditerranée. L'exemple du Sud tunisien et du Sud-Est français, *Actes du Séminaire international Mepopop 2000: Population rurale et environnement en contexte bioclimatique méditerranéen*, 25 au 25 octobre 2000, Jerba, Tunisie.
- GARDE L., 1982. Productivité des formations végétales des crêtes du Grand Luberon, DEA, Université d'Aix-Marseille III, 46 p.
- GUINOCHE M., 1973. Phytosociologie, Collection d'écologie, n° 1, Paris, Masson & Cie, 227 p.
- GRANDJOUAN G., 1982. Une méthode de comparaison statistique entre les relations des plantes et des climats, Thèse d'état, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 316 p.
- LE HOUÉROU H.-N., 1981. L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne, *Forêt Méditerranéenne*, T. 2, n° 1, p. 31-34.

Partie 2

NAVEH Z. & LIEBERMAN A.S., 1984, *Landscape Ecology: theory and application*, Springer-Verlag, New York, 376 p.

QUÉZEL P. & RIOUX J., 1950, La notion de spectre en phytosociologie (spectre zonal réel), *Lejeunia*, n° 14, p. 19-26.

QUÉZEL P., 2000, *Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen*, Bas Press, Paris, 117 p.

TATON T., BARBERO M. & GACHET S., 1999, Dynamique des boisements naturels en Provence, Algéviennes, Hors série, p. 49-58.

TRIVELY E., DU TOIT T. & DAUGAUX J., 2000, Transformation des paysages de pelouses sèches des crêtes du Grand Luberon, Éléments historiques pour une aide à la décision de gestion, *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon*, n° 4, p. 38-56.

VÉLA E., 1996, Biodiversité et perturbations en région méditerranéenne. Impact du pâturage et du débroussaillage sur la richesse et l'organisation de la végétation dans le Petit Luberon (Vaucluse, France). DEA, Université d'Aix-Marseille III, 37 p. + XXXV.

ANNEXE 1

Calcul des distances socio-écologiques, des fidélités et des pouvoirs discriminants:

$DEPA, B) = 5 (FID(A, X) - FID(B, X))^2$ pour $X = 1 \text{ à } NPB$

$DER(R1, R2) = 5 (FIM(R1, X) - FIM(R2, X))^2$ pour $X = 1 \text{ à } NPB$

$FID(A, B) = FCO(A, B) / FRQ(A)$

$FIM(R, A) = (1/NPB(R)) \times 5 FID(X, A)$ pour X appartenant au relevé

$PDP(X, A) = (FID(E, X) - FID(A, X)) / DEPE, A)$

$PDR(X, R) = (FIM(E, X) - FIM(R, X)) / DER(E, R)$

A, B: numéros de plantes

DEPA, B): distance socio-écologique, au carré, entre les plantes A et B

DER(R1, R2): distance socio-écologique, au carré, entre les relevés R1 et R2

E: ensemble des observations de la banque

FCO(A, B): fréquence commune des plantes A et B

FID(A, B): fidélité de la plante A à la plante B

FIM(R, A): fidélité moyenne du relevé R à l'égard de la plante A

FRQ(A): fréquence de la plante A

NPB: nombre de plantes dans la banque

NPR(R): nombre de plantes dans le relevé R

PDP(X, A) pouvoir discriminant d'une plante X à l'égard du couplement de la plante A

PDR(X, R): pouvoir discriminant d'une plante X à l'égard du relevé R

R, R1, R2: numéros de relevés

X: numéro courant des plantes d'un ensemble

Bouquet de flore

ANNEXE 2						
Répartition des types biogéographiques sur les sites étudiés						
a) Ensemble	NOMBRE D'ESPÈCES		FRÉQUENCE CUMULÉE		SOMME DES COEFFICIENTS	
	Exclus	Pourtour	Exclus	Pourtour	Exclus	Pourtour
Type biogéographique						
Pluri-régionaux	14	15	24	36	37	62
Paléarctique	19	23	45	58	394,5	308,5
Européens <i>sens lato</i>	18	17	37	35	141,5	89
Européens <i>pro parte</i>	13	13	29	29	64	55,5
Orophytes	5	6	15	14	30	51
Touraniques	5	4	9	11	17	15,5
Méditerranéens <i>sens lato</i>	41	48	120	140	256	268
Méditerranéens <i>sens stricto</i>	34	30	89	95	293,5	457
Méditerranéens <i>pro parte</i>	15	14	36	42	65	61
NW-Méditerranéens	7	7	20	22	29,5	31
Subméditerranéens	6	6	18	19	29	53,5
(1)	10	11	29	29	169	109,5

a) Grand Luberon	NOMBRE D'ESPÈCES		SOMME DES FRÉQUENCES		SOMME TOTAL	
	Exclus	Pourtour	Exclus	Pourtour	Exclus	Pourtour
Type biogéographique						
Pluri-régionaux	6	7	7	11	6	15
Paléarctique	14	19	22	35	296	227,5
Européens <i>sens lato</i>	8	10	14	13	97,5	43,5
Européens <i>pro parte</i>	8	8	17	18	31	28,5
Orophytes	4	5	9	10	17	41,5
Touraniques	0	1	0	1	0	0,5
Méditerranéens <i>sens lato</i>	15	26	28	42	66	112
Méditerranéens <i>sens stricto</i>	8	8	15	18	170,5	105
Méditerranéens <i>pro parte</i>	7	8	17	21	31	55,5
NW-Méditerranéens	2	3	2	5	1	2,5
Subméditerranéens	4	4	10	12	20	47,5
(1)	6	6	11	11	99	61,5

a) Petit Luberon	NOMBRE D'ESPÈCES		SOMME DES FRÉQUENCES		SOMME TOTAL	
	Exclus	Pourtour	Exclus	Pourtour	Exclus	Pourtour
Type biogéographique						
Pluri-régionaux	8	10	16	20	30,6	57,5
Paléarctique	10	9	19	16	32	28
Européens <i>sens lato</i>	11	8	17	13	31	53,5
Européens <i>pro parte</i>	4	3	6	5	5,5	1,3
Orophytes	2	2	5	5	10	6,5
Touraniques	5	3	8	7	14	11
Méditerranéens <i>sens lato</i>	33	34	79	78	173,5	126
Méditerranéens <i>sens stricto</i>	28	26	66	68	585	328
Méditerranéens <i>pro parte</i>	8	8	12	14	23,5	17
NW-Méditerranéens	5	4	15	13	24,5	24
Subméditerranéens	4	3	7	6	8,5	5,5
(1)	8	8	14	14	63	41

Partie 2

Signification des regroupements de catégories :

- Pluri-régionaux = euroasiatiques, subeuroasiatiques, circumboréaux.
- Paléarctiques = euro-méditerranéens, paléotempérés.
- Européens *s.l.* = médio-européens, européens, euro-pélo-cassiens.
- Européens *p.p.* = sud-européens, ouest-européens, subméditerranéen-urbataniques, sud-est-européens, etc.
- Omphyles = alpines, pyrénéo-alpines, orophytes centro-européens, orophytes européennes, orophytes eurasiatiques, etc.
- Touraniques = subméditerranéo-ouraliennes, euryméditerranéo-ouraliennes, sud-européens sud-ibériques, etc.
- Méditerranéen *s.l.* = euryméditerranéens, subméditerranéens.
- Méditerranéen *s.s.* = circum-méditerranéen, stémoméditerranéen.
- Méditerranéen *p.p.* = ouest-méditerranéen, centro-méditerranéen, sud-méditerranéen, méditerranéo-montagnards.
- NW-méditerranéens = stémoméditerranéens ou euryméditerranéens des Baléares ou de Catalogne à la Ligurie ou la Toscane.
- Subendémiques = endémiques provençaux stricts, endémiques occitans, endémiques liguro-provençaux, endémiques sud-pénéins, etc.
- (?): Plante indéterminée ou origine biogéographique inconnue.

Bouquet de flore



Photo: Calabrese Apenn.



Partie 2

Publications

- BRISSE (H.), GRANDJOUAN (G.), HOFF (M.) et de RUFFRAY (P.), 1985 .- Exploitation d'une banque de données phytosociologiques. *In* "Phytosociologie et foresterie", 14^{ème} Colloque de Phytosociologie, Nancy 1985, 11-41.
- de RUFFRAY (P.), BRISSE (H.), GRANDJOUAN (G.) et HOFF (M.), 1989 .- "SOPHY", une banque de données phytosociologiques ; son intérêt pour la Conservation de la nature. Actes du colloque "Plantes sauvages et menacées de France : bilan et protection". Brest, 8-10 octobre 1987, BRG, Paris, 129-150.
- GRANDJOUAN (G.), COUR (P.) et GROS (R.), 1993 .- Climatic calibration of 80 aeropollinic taxa along a European transect. *Vegetatio*, 109, 107-124.
- GRANDJOUAN (G.), 1998 .- Expression probabiliste des relations écologiques en milieu naturel. *Oceanis*, vol. 24, n03, 175-197.
- GRANDJOUAN (G.), COUR (P.) et GROS (R.), 2000 .- A probabilist model of the relations between pollen and climate and its application to 80 European annual spectra. *Plant Ecology*, 147, 147-163.
- BRISSE (H.), de RUFFRAY (P.), GRANDJOUAN (G.) et HOFF (M.), 1996 .- La banque de données phytosociologiques "SOPHY". I. Etalonnage des plantes indicatrices. II. Classification socio-écologique des relevés. *Proceedings of the 4th International workshop "European vegetation survey"*. *Ann. di Bot.*, Vol. LIII, 1995, Roma (Italy), 177-223, with english version.
- GRANDJOUAN (G.), COUR (P.) et GROS (R.), 1996 .- A probabilist calibration and classification of pollen taxa along a climatic gradient. *Ecoscience*, Vol. 3 (1) : 112-124.

Bouquet de flore

Nom	SOPHY
Contact	Patrice De Ruffray Patrice.Deruffray@ibmp-ulp.u-strasbg.fr
Date de mise en place	1978
Financement	Aucun
Objectifs	<p><i>Buts</i> : (i) Déterminer le comportement écologique des plantes. Concrètement, cela revient à étalonner les plantes par rapport aux variables environnementales ou aux indices de variables (c'est-à-dire les plantes elles-mêmes). (ii) Les comportements sont utilisés ensuite pour caractériser le milieu des relevés.</p> <p><i>Moyens</i> : Informatiser l'ensemble des relevés de végétation (tous les milieux et toutes les plantes) existant sur l'ensemble du territoire national. A chaque plante d'un relevé est associée son abondance dominante. Les relevés phytosociologiques sont considérés comme des échantillons de milieu.</p>
Nature de l'info	Inventaires phytosociologiques
Quantité d'info	La banque de données rassemble 148 000 relevés (dont 127 000 stations localisées) et 3 100 000 observations. Sur les 2 650 sources documentaires référencées, 1 685 sont actuellement informatisées. 4.400 taxons sont présents plus de 10 fois.
Part forestière	Indéterminée
Protocole d'échantillonnage	Varié (données compilées de la littérature (thèses, études, etc.)
Echelle	France (de l'échelle du pays à celle du département)
Structure informatique	Application sous DOS (langages FORTRAN et C)
Mise à jour	Permanente
Accès aux données	Le site présente essentiellement des résultats, en accès libre. Les données « sources » ne sont pas accessibles. Néanmoins, une extraction partielle peut en être obtenue dans un cadre scientifique, sur demande.
Exemples d'utilisation	Synthèse des milieux des relevés et des comportements des plantes utilisant soit des variables environnementales (climat, sol), soit les indices de variables (les plantes elles-mêmes).
Publications	BRISSE H., GRANDJOUAN G., HOFF M., DE RUFFRAY P., 1984. Utilisation d'un critère statistique de l'écologie en phytosociologie. Exemple des forêts alluviales en Alsace. Dans : « La végétation des forêts alluviales », 9 ^{ème} colloque de l'association amicale internationale de phytosociologie, Strasbourg 1980, Ed. Cramers, pp. 543-590.

Partie 2

Publications

BRISSE H., DE RUFFRAY P., GRANDJOUAN G., HOFF M., 1996. La banque de données phytosociologiques « SOPHY ». I. Etalonnage des plantes indicatrices.

II. Classification socio-écologique des relevés. Proceedings of the 4th international workshop « European vegetation survey ». Ann. di Bot., Vol. LIII, 1995, Roma (Italy), 177-223, with english version.

Perspectives de développement & valorisation

Datation des relevés (information à récupérer auprès des ouvrages d'origine)

Demande particulière

Réfléchir à l'élaboration de projets de recherche fondés sur de nouveaux types d'analyse des données contenues dans SOPHY (Henry Brisse accorde en effet prioritairement son soutien au développement d'utilisations pertinentes de sa base, plutôt qu'à sa refonte en BDD relationnelle, qui semble en outre déjà initiée par Tela Botanica).

■ Le système informatique FLORA-sys

La présentation suivante est issue de la publication de Sylvain PLANTUREUX (1996) « FLORA-sys : système informatique de gestion et d'aide à l'interprétation des relevés floristiques » Acta Bot. Gallica 143(4/5) :403-410.

FLORA-sys est un logiciel de gestion et d'aide à l'interprétation des relevés floristiques. Il permet de saisir les relevés et de calculer des indices écologiques stationnels ; pour cela, le logiciel utilise une base de connaissance relative aux caractéristiques botaniques, agronomiques et écologiques d'environ 1300 espèces prairiales (la nomenclature suit Kerguelen 1993, mais il existe aussi une table synonymique intégrée à Flora-sys).

Ce logiciel gère deux bases de données : l'une consacrée aux espèces, l'autre aux relevés. La base de données « espèces » contient les caractéristiques botaniques, écologiques et agronomiques de 1300 taxons. La base « relevés » contient des informations saisies sur le terrain (inventaires floristiques avec mention de l'abondance, lieu, date, auteur...) mais également des données calculées (indices écologiques). En outre, une aide à l'interprétation écologique et agronomique du relevé peut être générée par le logiciel. Il est enfin possible de construire des tableaux floristiques ou des tableaux mixtes comportant des informations sur la végétation, des indices écologiques et des données d'enquête. Ces tableaux peuvent ainsi faire l'objet de traitement statistiques, de tris, de partitions et de représentations graphiques, le tout étant exportable vers d'autres logiciels (pour des analyses multivariées par exemple).

L'utilité de Flora-sys peut ainsi être envisagée à deux niveaux : il permet d'abord de gérer des relevés floristiques, mais aussi des informations qui leur sont liées ; il permet ensuite d'aider à interpréter du point de vue écologique et agronomique un ou plusieurs relevés. En ce sens il constitue un outil intéressant pour les chercheurs et gestionnaires du domaine de la phytoécologie et de l'agronomie des prairies permanentes.

Pour notre projet, cette base reste intéressante malgré ses 0% de part forestière, car elle caractérise plusieurs centaines de taxons (à la façon de Baseco) par plusieurs attributs et indices (Ellenberg, Landolt...)

Partie 2

Acta bot. Gallica, 1996, 143 (4/5), 403-410.

FLORA-sys : système informatique de gestion et d'aide à l'interprétation des relevés floristiques

par Sylvain Plantureux

*Laboratoire Agronomie et Environnement, ENSAIA-INRA,
2 avenue de la Forêt-de-Haye, F-54505 Vandœuvre Cedex*

Résumé. - FLORA-sys est un logiciel de gestion et d'aide à l'interprétation des relevés floristiques développé pour les ordinateurs compatibles PC. Il permet de saisir et d'éditer les relevés et de calculer des indices écologiques stationnels. Le programme utilise pour ces calculs une base de connaissances relative aux caractéristiques botaniques, agronomiques et écologiques d'environ 1300 espèces prairiales. FLORA-sys permet enfin de créer des tableaux floristiques, qui peuvent être complétés par les indices écologiques calculés et des données d'enquête. Ces tableaux sont facilement exportables pour permettre leur traitement par des logiciels de traitement statistique (AFC, ACP ...).

Summary. - FLORA-sys is a PC-software designed for the data management and the interpretation of botanical composition of permanent pastures. Data can be encoded, printed (screen, printer or file), and ecological indexes are calculated. For these calculations, the software uses a data base describing the botanical, agronomical and ecological characteristics of about 1300 species. Floristic tables can be set and completed with calculated ecological indexes and survey data. These tables can be easily exported to other softwares in order to perform statistical analysis (e.g. Principal Component Analysis).

Key words : FLORA-sys - software - permanent grassland - botanical composition.

INTRODUCTION

Les objectifs de l'étude des prairies permanentes peuvent être variés : description des types de végétation et établissement de typologies, compréhension de l'effet des facteurs écologiques, mise au point d'outils de gestion de la production fourragère, etc. Les

études mises en oeuvre pour atteindre ces objectifs impliquent généralement de recueillir et de traiter un grand nombre de données. En effet, ces informations de nature très variable (listes floristiques, estimation de l'abondance des espèces, caractéristiques du milieu et des pratiques agricoles, etc.) sont souvent observées sur un

grand nombre de stations. De plus, l'interprétation écologique ou agronomique des informations requiert de faire appel à un référentiel de connaissances sur les caractéristiques écologiques ou botaniques des espèces, ou de comparer les données acquises à la description de la végétation de peuplements prairiaux antérieurement étudiés. L'informatique constitue dans cette optique un outil précieux pour le chercheur.

C'est dans cette optique que le logiciel FLORA-sys a été développé, afin de faciliter la gestion de ces données, en complémentarité des outils informatiques usuels que sont les tableurs ou les logiciels de traitement statistique. La structure du logiciel a été conçue en privilégiant le traitement des opérations spécifiques à la gestion des relevés floristiques : saisie des relevés de terrain, calcul d'indices écologiques, etc. Pour toutes les opérations moins spécifiques telles que la manipulation de tableaux ou l'analyse factorielle des correspondances, le choix a été fait de permettre un transfert des informations de FLORA-sys vers d'autres logiciels spécialisés.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE FLORA-sys

Le logiciel FLORA-sys gère principalement deux bases de données : l'une consacrée aux espèces, et l'autre aux relevés.

La base de données « espèces » contient l'information relative à l'identification et aux caractéristiques botaniques, écologiques et agronomiques de 1300 espèces.

La base de données « relevés » contient deux types d'information, saisies et calculées. Les informations saisies correspondent aux relevés de terrain (liste floristique, abondance des espèces) et à l'identification du relevé (codage, lieu, date, auteur, informations diverses ...). Les données calculées sont soit des statistiques sur les caractéristiques de la végétation, soit des indices écologiques stationnels. Ces derniers sont calculés à partir des informations sai-

sies et des données relatives aux espèces contenues dans la base de données « espèces ». En outre, un texte d'aide à l'interprétation écologique et agronomique du relevé floristique peut être généré par le logiciel.

L'ensemble de ces bases de données peuvent être modifiées et éditées par l'utilisateur (sortie à l'écran, sur papier ou sur un fichier). Afin de protéger l'intégrité des bases de données, un système de protection par mot de passe permet d'autoriser un utilisateur donné soit à lire seulement les informations, soit également à les corriger.

Il est enfin possible de construire des tableaux floristiques ou des tableaux mixtes comportant des informations sur la végétation, des indices écologiques stationnels et des données d'enquête. Ces tableaux peuvent faire l'objet de traitements statistiques élémentaires, de tris, de partitions et de représentations graphiques.

Ils sont exportables vers d'autres logiciels, par exemple pour réaliser une analyse factorielle des correspondances.

GESTION DES ESPÈCES

La base de données espèces comporte en version de base (non modifiée par l'utilisateur) de 1311 espèces dont 178 graminées, 149 légumineuses et 984 espèces appartenant à d'autres familles botaniques (153 composées, 84 cypéracées, 61 scrophulariacées ...). Ces espèces appartiennent aux milieux prairiaux de l'Europe occidentale, à l'exception de la flore littorale, palustre et des flores des étages plus élevés que l'étage montagnard. L'utilisateur peut introduire à sa convenance de nouvelles espèces dans la base de données, et corriger les informations les concernant.

La fiche correspondant à chaque espèce comporte une partie d'identification de l'espèce et une partie de description de leurs caractéristiques botaniques, écologiques et agronomiques (Fig. 1). Le nom scientifique (latin) officiel de l'espèce a été attribué en

Partie 2

S. PLANTUREUX

405

Fichier Options		GESTION DES ESPECES	
Code			
S0001	Nom Scientifique	: Alopecurus pratensis L.	
G0001	Famille botanique	: Gramineae (=Poaceae)	Abrev : Apr
G0002	Nom Vernaculaire	: Vulpin des prés	
G0003	Nom Anglais	: Meadow Fox-Tail	
G0004	Nom Allemand	: Wiesen-Fuchschwanz	
G0005			
G0006	Valeur fourragère	: 7	Catégorie : Bonne graminée
G0007			
G0008	Etat hydrique	: 6	Adaptat. aux inondations courtes : Non
G0009	Etat calcique	: 6	Adaptat. aux contrastes hydriques : Non
G0010	Régime thermique	: 0	Résistance au piétinement : 4
G0011	Fertilité azotée	: 7	Résistance aux coupes fréquentes : 8
G0012	Fertilité phosphatée	:	Mode de reproduction : SV
G0013	Fertilité potassique	:	Cycle de développement : P
G0014	Type d'enracinement	: R	Profondeur d'enracinement : 8
G0015	Espèce ligneuse	: Non	Port des parties aériennes : CS
G0016	Espèce vulnérante	: Non	Espèce à organe de réserve : Oui
FLORA-sys Dimanche 13 Mars 1960 162936 C: 4796672 16:45:42			

Fig. 1.- Ecran de présentation de la fiche descriptive d'une espèce
Fig. 1.- Presentation screen of species characteristics

référence à l'index synonymique de la flore de France (Kerguelen, 1993). Les anciens noms latins attribués à l'espèce sont consignés dans une base de synonymes. De même, chaque espèce est identifiée par son appellation principale en français (nom vernaculaire), en allemand et en anglais, ainsi que par ses principaux synonymes. En tenant compte des différentes langues et des synonymes, la base de données « espèces » rassemble plus de 10000 noms. La recherche des espèces peut être réalisée indifféremment sur les noms principaux ou les synonymes.

Les caractéristiques agronomiques et écologiques de l'espèce concernent la valeur fourragère de l'espèce, ainsi que son comportement vis-à-vis des principaux facteurs du milieu (fertilité azotée, phosphatée et potassique, régime hydrique, température, état calcique, piétinement animal, fréquence des coupes). Les espèces sont notées de 0 à 10 pour les différents facteurs écologiques selon une méthode employée par de nombreux auteurs (Ellenberg, 1979 ; Klapp, 1965) : 0 pour une espèce indifférente, classement de 1 à 10 selon la préférence de l'espèce vis-à-vis du facteur. Les valeurs introduites par défaut correspondent

à une synthèse de données bibliographiques allemandes, belges et néerlandaises (De Vries, 1949 ; Ellenberg, 1979 ; Klapp, 1965 ; Lambert, 1963), complétée par nos propres observations dans le nord-est de la France (Plantureux *et al.*, 1993). Ces valeurs, qui permettent le calcul des indices écologiques stationnels, peuvent être modifiés par l'utilisateur en fonction de ses propres observations sur le comportement écologique et la valeur des espèces.

Les caractéristiques botaniques de l'espèce sont relatives au type d'enracinement, au port des parties aériennes, à la durée de vie des espèces, à leur mode de reproduction, à la présence ou l'absence d'organes de réserve, et à leur caractère ligneux et/ou vulnérant. Le détail de ces caractéristiques est présenté dans l'exemple de fiche relevé (chapitre gestion des relevés floristiques ci-dessous).

GESTION DES RELEVÉS FLORISTIQUES

A partir des informations saisies sur le terrain, l'utilisateur peut enregistrer un relevé floristique, c'est-à-dire l'identification de la station, et les informations sur la

végétation. En ce qui concerne ces dernières, plusieurs possibilités sont offertes : i) ne saisir que la seule liste des espèces présentes, ii) saisir en plus de la liste des espèces présentes, soit les fréquences et dominances, soit les contributions spécifiques. La saisie se fait en choisissant, dans une liste, l'espèce à introduire (en latin, français, allemand ou anglais). Cette procédure permet d'éviter les erreurs de saisie dans le nom de l'espèce, et ne nécessite pas de mémoriser le code des espèces. Dans le cas d'une prairie qui a été semée, il est possible d'indiquer les espèces introduites, ce qui permet le calcul du degré de salissement et de dégradation de la prairie.

Les informations saisies sont alors utilisées pour le calcul d'indices écologiques stationnels, de statistiques sur la végétation, la production de graphiques et d'un texte d'aide à l'interprétation du relevé. L'ensemble des données saisies et calculées peuvent être imprimées selon le modèle ci-après.

Le texte d'aide à l'interprétation est « calculé » et généré automatiquement en se basant sur la valeur d'indices écologiques stationnels. Les conditions hydriques favorables qualifient ainsi les prairies dont l'indice écologique stationnel de régime hydrique est compris entre 5,6 et 6,1. Lorsque le nombre d'espèces entrant dans le calcul de l'indice est trop faible, le logiciel n'effectue pas ce calcul par mesure de précaution. L'ensemble des critères de test est décrit dans la documentation livrée avec le logiciel.

Une partie des informations, comme le diagramme fourrager, peut également être représentée sous forme de graphiques (Fig. 2).

TABLEAUX FLORISTIQUES ET ENQUÊTES

FLORA-sys permet de créer simplement des tableaux de différentes natures : l'utilisateur sélectionne les relevés floristiques (plusieurs sites, ou plusieurs relevés effectués à des dates différentes sur un même site) qui constitueront les lignes du tableaux. Les colonnes peuvent correspondre, au choix, à tout ou partie des informations suivantes :

- présence/absence des espèces (0 ou 1)
- fréquence de présence des espèces (F%)
- abondance-dominance des espèces (B%)
- contribution spécifique des espèces (Cs%)
- indices écologiques
- valeur pastorale et diagramme fourrager

En outre, il est possible d'ajouter des colonnes afin de consigner les résultats d'une enquête sur le milieu (analyses de sol, climat ...) ou sur la gestion de la prairie (mode d'utilisation, fertilisation ...). Les intitulés des colonnes sont, pour les espèces, soit le code alphanumérique attribué à chaque espèce, soit l'abréviation à trois caractères utile pour des représentations dans des plans d'analyse factorielle.

Ces tableaux peuvent être utilisés de deux manières différentes :



Fig. 2.- Représentation graphique de la structure floristique

Fig. 2.- Graphical representation of the floristic structure

Partie 2

S. PLANTUREUX

407

- au sein de FLORA-sys : tri des colonnes, partition du tableau pour créer un nouveau tableau avec un nombre réduit d'espèces et/ou de relevés, représentation graphique en nuage de points entre deux colonnes quelconques du tableau (Fig. 3), comparaison graphique des diagrammes fourragers, calcul de statistiques élémentaires (moyenne, minimum, maximum, écart-type), détermination graphique de la valeur pastorale optimale selon la méthode préconisée par Daget et Poissonet (1971)

- par d'autres logiciels (tableurs, logiciels de statistiques) après exportation des tableaux de FLORA-sys, partitionés ou non, au format texte ou dbase 3.

CONCLUSION

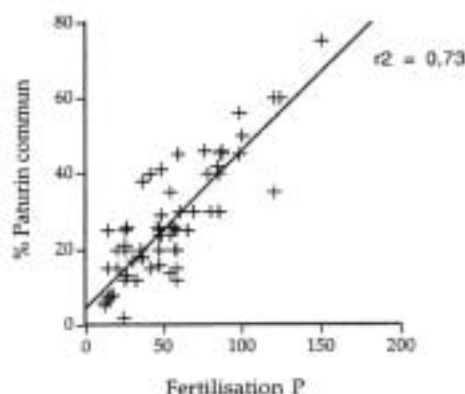
L'utilité de FLORA-sys peut être envisagée à deux niveaux : il permet d'abord de saisir, de corriger et de conserver simplement non seulement des relevés floristiques, mais également des informations qui leur sont liées (mode d'utilisation, caractérisation du milieu). Le logiciel permet ensuite d'aider à interpréter du point de vue écologique et agronomique des relevés. Cette

interprétation peut concerner soit un relevé isolé, par l'étude des indices écologiques, soit un ensemble de relevés par le traitement des tableaux. En ce sens, il constitue un outil intéressant pour les chercheurs et techniciens du domaine de la phytosociologie et de l'agronomie des prairies permanentes. Toutes les sorties de type texte ou graphique de FLORA-sys peuvent être récupérées dans des logiciels de bureautique, facilitant ainsi la rédaction de rapports. Il s'avère également un bon support pour la réalisation de formations initiales ou continues.

ASPECTS TECHNIQUES

FLORA-sys est un logiciel PC fonctionnant sous MS-DOS et nécessitant 580 Koctets de mémoire vive, et environ 10 Moctets d'espace disque (y compris la place occupée par les bases de données). L'utilisateur se déplace dans les écrans (en couleur ou monochrome) par un système de boîtes de dialogue. Une documentation complète comprenant une partie informatique et scientifique (références bibliographiques, principe des règles d'interprétation, exemples d'utilisation) est livrée avec le logiciel (1).

Fig. 3.- Représentation graphique de la liaison entre deux variables à partir d'un tableau de FLORA-sys.
Fig. 3.- Graphical representation of relation between two variables extracted from a FLORA-sys table.



(1) La commercialisation et la maintenance de FLORA-sys sont assurées par la société LOGAVIV, Le Bourg, 63840 VIVEROLS, Tél : (33) 0473953476, Fax : (33) 0473953477.

Bouquet de flore

408

ACTA BOTANICA GALLICA

RELEVÉ FLORISTIQUE PLO01

Commune : Marainville (88130)
 Agriculteur : Dupont Jean
 Parcelle : Le Parc 7
 Élément : Station 1
 Auteur(s) : Plantureux-Deraedt

Date : 18/05/82

1

1. RELEVÉ FLORISTIQUE

	B%	F%
Sol nu :	4.0	24
Graminées :	81.4	
Houlique lanusee	39.3	100
Vulpin des prés	28.0	100
Panicum commun	10.0	96
Ray-grass anglais	2.7	56
Flouve odorante	0.7	24
Pivote des prés	0.7	16
Brome dressé	+	4
Féruque rouge	-	4
Agrostis stolonifère	+	+
Fétuque des prés	+	+
Crételle des prés	+	+
Légumineuses :	6.7	
Trèfle blanc	6.0	76
Trèfle des prés	0.7	4
Trèfle des champs	+	+
Espèces diverses :	8.0	
Renoncule âcre	5.3	100
Renoncule rampante	2.7	64
Cérisse commun	-	16
Liseron des champs	+	8
Pissenit	+	4
Centauree jacob	+	4
Vernique à fil de serpolet	+	4
Cardamine des prés	+	4
Grande oseille	+	+
Achillée millefeuille	-	-
Persil sauvage	-	-
Fâquerette	+	+
Lychède fleur-de-crocou	-	-
Grande marquerite	-	-
Cumin des prés	-	+
Muscovata des marais	+	+

2. SYNTHÈSE

Valeur pastorale : 55.10 / 100

B% du sol nu et des espèces non fourragères : 12.00 %

Origine de la prairie : Prairie permanente (pas de semis depuis 15 ans)

Diagramme fourager

	Nombre	B %
Très bonnes graminées	3	3.4 %
Bonnes graminées	3	28.0 %
Assez bonnes graminées	3	39.3 %
Graminées médiocres	2	0.7 %
Graminées non fourragères	0	0.0 %
Graminées	11	81.4 %
Très bonnes légumineuses	2	6.7 %
Bonnes légumineuses	0	0.0 %
Assez bonnes légumineuses	1	0.0 %
Légumineuses médiocres	0	0.0 %
Légumineuses non fourragères	0	0.0 %
Légumineuses	3	6.7 %
Diverses fourragères	4	0.0 %
Diverses médiocres	8	0.0 %
Diverses non fourragères	4	8.0 %
Diverses	16	8.0 %
Sol nu	4.0	4.0 %

3. INDICES ÉCOLOGIQUES

	Calcul sur Espèces présentes	Calcul sur Espèces dominantes
Indicateurs des conditions de milieu		
Indice d'état hydrique / 10	5.41	6.12
Espèces adaptées aux contrastes hydriques	5 esp.	2.7 %
Espèces adaptées aux inondations courtes	0 esp.	0.0 %
Indice de régime thermique / 10	4.64	5.00

Partie 2

S. PLANTUREUX

409

Indicateurs du niveau de la fertilité du sol		
Indice d'état calcique / 10	6.33	5.98
Indice de fertilité azotée / 10	5.81	7.13
Indice de fertilité phosphatée / 10	0.00	0.00
Indice de fertilité potassique / 10	0.00	0.00
Indicateurs des conditions d'exploitation		
Indice de résist. aux coupes fréquentes / 10	7.29	7.04
Indice de résist. au piétinement / 10	6.86	6.15
Indice de profondeur d'enracinement / 10	5.24	5.85

4. CARACTERISTIQUES BOTANIQUES

Mode de reproduction		
Exclusivement par semis	1 esp.	0.00 %
Principalement par semis	10 esp.	33.30 %
Principalement par voie végétative	11 esp.	19.40 %
Exclusivement par voie végétative	0 esp.	0.00 %
Durée de vie des espèces		
Espèces pérennes	25 esp.	68.10 %
Espèces bisannuelles	1 esp.	0.00 %
Espèces annuelles	2 esp.	0.00 %
Type d'enracinement		
Système racinaire fasciculé	8 esp.	86.00 %
Système racinaire pivotant	6 esp.	6.00 %
Rhizome	8 esp.	0.70 %
Bulbe	0 esp.	0.00 %
Tubercules	0 esp.	0.00 %
Port des parties aériennes		
Espèces traçantes à rhizome	3 esp.	0.00 %
Espèces traçantes à stolons	3 esp.	16.00 %
Espèces exclusivement à rosette	1 esp.	0.00 %
Espèces à rosette basale et tige dressée	0 esp.	0.00 %
Espèces caespituses	8 esp.	71.40 %
Espèces à tige dressée	9 esp.	6.00 %
Espèces à tige couchée	0 esp.	0.00 %
Espèces à tige grimpante	0 esp.	0.00 %
Espèces disposant d'organes de réserve	13 esp.	40.70 %
Espèces ligneuses	0 esp.	0.00 %
Espèces vulnérantes	0 esp.	0.00 %

5. AIDE A L'INTERPRETATION

Prairie permanente d'assez bonne qualité. Conditions hydriques : situation favorable à la production fourragère. Il n'y a pas d'obstacle à l'intensification. Conditions hydriques par ailleurs peu contrastées. Sol acide, mais cet état n'affecte pas directement ou indirectement la productivité actuelle. L'état calcique reste néanmoins à surveiller. Tendance à l'acidification du sol en surface. Sol riche à très riche en azote. Amélioration très nette de la fertilité azotée grâce aux effets de la fertilisation organique ou minérale intensive des années précédentes. Nombre d'espèces indicatrices insuffisant pour juger la fertilité phosphatée du sol. Nombre d'espèces indicatrices insuffisant pour juger la fertilité potassique du sol.

Bouquet de flore

410

ACTA BOTANICA GALLICA

BIBLIOGRAPHIE

- Daget Ph. & J. Poissonet, 1971.- Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Ann. Agron.*, **22**, 5-41.
- De Vries, 1949.- Botanical composition and ecological factors. *Proceedings of the Vth International Grassland Congress*, Noordwijk, The Netherlands, Plenary paper, section 3, 7p.
- Ellenberg H., 1979.- Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica*, vol. **9**, 2ème ed.
- Kerguelen M., 1993.- Index synonymique de la flore de France. *Collection Patrimoine Naturels*, Vol. 8, Série Patrimoine Scientifique. Mus. nat. Hist. nat. (Ed.). 196p.
- Klapp E., 1965.- Grünland Vegetation und Standort nach Beispielen aus West-, Mittel-, und Süddeutschland, Paul Parey (Ed), Hambourg.
- Lambert J., 1963.- Recherches phytosociologiques sur les prairies de la moyenne Ardenne, *Agriculture*, **10**, n° 2, 3, 4.
- Plantureux S., R. Bonischot & A. Guckert, 1993.- Classification, vegetation dynamics and forage production of permanent pastures in Lorraine. *Eur. J. Agron.*, **2** (1), 11-17.

Partie 2

Nom	Flora-Sys
Contact	Sylvain Plantureux & Roland Bonischot (INPL(ENSAIA)- INRA Vandoeuvre les Nancy) sylvain.plantureux@ensaia.inpl-nancy.fr
Date de mise en place	1992
Financement	Autofinancement + DGER Ministère Agriculture
Objectifs	Gestion et traitement de relevés floristiques Diagnostic agronomique et écologique
Nature de l'info	Inventaires floristiques Caractéristiques agronomiques, écologiques et botaniques d'espèces prairiales
Quantité d'info	3000 relevés floristiques – 1500 espèces prairiales
Part forestière	0% (ou presque...)
Protocole d'échantillonnage	Inventaires floristiques abondance-dominance (B%, méthode des poignées) Fréquences de présence (F%) Contributions spécifiques (Cs%)
Echelle	France
Structure informatique	Dbase compilé (Nantucket) sous DOS
Mise à jour	Permanente (espèces et relevés) Dernière mise à jour logiciel en 1992
Accès aux données	Dans le cadre de collaborations de recherche
Exemple d'application	Formation initiale et continue au diagnostic agronomique
Publications	Plantureux (1996) Acta Bot. Gallica, 143 (4/5):339-348
Perspectives de développement & valorisation	Développement sous windows + amélioration des fonction- nalités + enrichissement de la caractérisation des espèces (traits de vie, ...)
Demande particulière	

■ Les données de l'INRA-Champenoux

Concernant les données floristiques, il n'existe pas à l'INRA de base de données organisée mais des données sous fichiers Excel dispersés et disparates.

⇒ ils sont demandeurs d'aide à l'informatisation de ces données sous forme d'une base de données.

Cependant, il y a un gestionnaire de ces données : Vincent Badeau (?).

Il y a environ 6000 relevés de type floristique, dont 400 ont été faits à deux dates différentes.

Pour partie, le protocole de récolte des données se fait selon un réseau maillé carré, et les sites sont géoréférencés.

Plusieurs milliers de données de type dendroécologiques existent également : le couplage avec les données floristiques serait intéressant à développer.

Enfin, l'INRA appartient à différents réseaux et dispose donc des données de la base niveau II du réseau européen (qui est l'équivalent de RENECOFOR pour la France) : 700 relevés (flore, sol, climat) ; ils projettent de récupérer les données du niveau I (état des houpiers : 500 relevés en France, plusieurs milliers en Europe).

JLD insiste sur l'importance pour ce projet d'appuyer et d'aider à la VALORISATION SCIENTIFIQUE DES BASES DE DONNEES EN GENERAL (demande à bien séparer du reste).

« Nous avons bien, au labo, plusieurs milliers de relevés floristiques qui couvrent essentiellement la Lorraine, mais aussi, le Jura, les Alpes, les Pyrénées, etc ... Une particularité de ces relevés, c'est qu'ils sont pour l'essentiel complétés par des données de croissance radiale (en général une dizaine d'arbres par relevés), tous nos relevés étant strictement forestiers. Cependant, cet ensemble de donnée n'est absolument pas structuré en base. Nous avons commencé de faire le bilan des études. Il faudra ensuite retrouver et regrouper les données, bref, beaucoup de travail ... La seule base structurée que j'ai en machine concerne les 600 points du Réseau Européen de Suivi des Dommages Forestiers. C'est une base que j'ai réalisée quand je travaillais pour le Département Santé des Forêts. »

Texte de Vincent Badeau à venir

Partie 2

Nom de la base	Base Réseau Européen
Contact	V. Badeau (badeau@nancy.inra.fr) - J.P. Renaud - L.M. Nageleisen
Date de mise en place	1995
Financement	DSF - UNION EUROPEENNE
Objectifs	Caractérisation écologique des placettes françaises du réseau européen de suivi des dommages forestiers (pla- cette de niveau 1)
Nature de l'info	Flore - Sol - Etat sanitaire
Quantité d'info	600 pts de relevés
Part forestière	100%
Protocole d'échantillonnage	cf. Rapport BADEAU
Echelle	France
Structure informatique	Tables texte
Mise à jour	?
Accès aux données	?
Exemple d'application	?
Publications	Rapport + divers articles dans le bulletin Santé des Forêts
Perspectives de développement & valorisation	Probablement rééchantillonnage des points
Demande particulière	?

■ La base de données RENECOFOR

*La présentation suivante est issue du site web de RENECOFOR :
<http://www.onf.fr/pro/Renecofor/index.HTM>*

Le réseau RENECOFOR (Réseau National de suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers : 1992 - 2022) a été créé par l'Office National des Forêts (ONF) en 1992 afin de compléter le système de surveillance sanitaire des forêts françaises. Il constitue la partie française d'un ensemble de placettes permanentes de suivi des écosystèmes forestiers, installées dans 34 pays européens. Il répond aux exigences de la résolution S1 de la Conférence Ministérielle sur la Protection des Forêts en Europe, qui s'est tenue en 1990 à Strasbourg et aux règlements communautaires publiés depuis. Des 3 réseaux français de surveillance, qui ont été établis de manière cohérente, RENECOFOR est celui qui collecte le plus grand nombre d'observations.

L'objectif principal du réseau RENECOFOR est de détecter d'éventuels changements à long terme dans le fonctionnement d'une grande variété d'écosystèmes et de déterminer les raisons de ces changements. Ces écosystèmes ont été sélectionnés pour être représentatifs de la région dans laquelle ils se trouvent. RENECOFOR est financé par l'Union Européenne, l'ONF, le Ministère de l'Agriculture de l'Alimentation de la Pêche des Affaires Rurales et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). Le réseau est constitué de 102 placettes permanentes qui seront suivies pendant au moins 30 ans. Chaque placette a une surface de 2 hectares, dont la partie centrale de 0,5 hectare est clôturée.

Le réseau est coordonné par une équipe basée à Fontainebleau, au sein du Département Recherche et Développement de l'ONF et au niveau régional par des équipes de techniciens et d'ingénieurs spécialisées (R&D des 10 Directions Territoriales de l'ONF). Les travaux locaux réguliers sont réalisés par les 188 responsables locaux travaillant à temps partiel pour le réseau. Pour des opérations très spécialisées, l'ONF collabore avec plusieurs partenaires : l'INRA, le CNRS, les universités, des bureaux d'études privés, des associations et des partenaires dans d'autres pays européens.

L'ensemble des activités est supervisé par un groupe français d'experts associés et au niveau européen par un comité scientifique. Ce dernier a été créé par l'Union Européenne afin d'assurer la qualité des données qui seront réunies et interprétées au niveau européen. Un nombre croissant de projets scientifiques est réalisé en plus des activités de base, les scientifiques pouvant profiter d'informations nombreuses réunies par le réseau.

RENECOFOR couvre les domaines et opérations suivants :

- inventaires dendrométriques complets (circonférence et espèce) tous les 5 ans sur le demi-hectare central, et avant et après chaque éclaircie ;
- mesures plus spécifiques tous les 5 ans sur 36 arbres marqués pour des raisons d'observation et 16 arbres marqués pour l'échantillonnage : hauteur totale, longueur du houppier, circonférence ;

Partie 2

- étude dendrochronologique basée sur l'analyse des carottes prélevées sur 30 arbres, afin de reconstituer l'histoire des forêts avant la mise en place du réseau (ce projet a été réalisé par l'INRA-Nancy) ;
- observations entomologiques, pathologiques, de la défoliation et de la coloration anormale annuelles sur les arbres marqués, réalisées par les spécialistes du Département de la Santé des Forêts du Ministère de l'Agriculture de l'alimentation de la Pêche des Affaires Rurales;
- analyses foliaires tous les 2 ans sur un échantillon moyen pondéré par placette, basé sur les échantillons individuels de 8 arbres par placette ;
- estimation de la production annuelle de nécromasse avec 10 collecteurs par placette (0,5 m² de surface par collecteur) ;
- description de deux profils de sol par placette ;
- détermination de la fertilité des sols tous les 10-12 ans par une méthode d'échantillonnage intensive. Par horizon 5 échantillons moyens pondérés sont analysés, dont chacun a été constitué à partir de 5 petites fosses. La profondeur d'échantillonnage est fixe : 0-10, 10-20 et 20-40 cm ;
- inventaire phytoécologique sur 8 surfaces de 50x2 mètres, dont 4 se trouvent à l'intérieur et 4 à l'extérieur du grillage ; ces inventaires sont réalisés tous les 5 ;
- mesures météorologiques automatiques hors forêt, à proximité de la placette (moins de 2 km) ; actuellement 26 stations sont opérationnelles ;
- observations phénologiques dans la plupart des placettes ;
- dans le sous-réseau CATAENAT (Charge Acide Totale sur les Ecosystèmes Naturels Terrestres) mesure des dépôts atmosphériques en plein champ et en forêt dans 27 placettes depuis 1993 et des solutions de sol à 20 et 70 cm de profondeur dans 17 placettes ;
- depuis 2000 nous mesurons sur 27 placettes pendant la saison de végétation les concentrations en ozone dans l'air et depuis 2002 l'ammoniaque dans l'air.

L'ensemble des données, observations et analyses est stocké dans une base de données centrale. Fin 2001, environ 33 millions de données brutes s'y trouvent. Les résultats ont été publiés dans la série « RENECOFOR ». Ils représentent l'état actuel des connaissances lors de la phase de démarrage du réseau et sont la base pour les analyses futures de l'évolution des écosystèmes surveillés. Un résumé de chaque rapport peut-être consulté dans la rubrique « Publications » des pages Web du réseau. Actuellement des études pluridisciplinaires sont en cours afin de comprendre les interactions entre plusieurs variables.

Exemple d'application

Inventaire et interprétation de la composition floristique des 102 peuplements du réseau - 1997 - 513p – disponible auprès de l'ONF DTRD Documentation Technique Boulevard de Constance 77 300 FONTAINEBLEAU

Résumé de l'ouvrage

Depuis 1991, l'Office National des Forêts a mis progressivement en place le Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers (RENECOFOR). Parmi toutes les investigations prévues l'inventaire floristique des placettes

Bouquet de flore

a pour but de déceler, sur le long terme, les modifications éventuelles dues aux facteurs environnementaux globaux (changement climatique, modification des apports atmosphériques, changements dans les cycles nutritifs...) ou locaux (chablis, éclaircies...).

Les 101 placettes inventoriées du réseau (excepté HET 03 en raison d'éclaircie) sont situées dans toutes les régions administratives françaises et elles sont constituées par 10 essences dominantes distinctes (*Quercus petraea*, *Q. robur*, *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Picea abies*, *Pseudotsuga menziesii*, *Larix decidua*, *Pinus sylvestris*, *P. pinaster*, *P. nigra laricio corsicana*). L'observation de la composition floristique des placettes a été réalisée par 11 équipes de botanistes en 1994 et 1995. Dans chaque placette, on a délimité 8 bandes de 50 m x 2 m. Quatre sont à l'intérieur d'un espace d'environ 0,5 ha protégé par un grillage, quatre autres sont à l'extérieur du grillage.

Des relevés phytosociologiques utilisant les coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet ont été faits dans chaque bande au printemps, en été et à l'automne. On a différencié 5 strates : arborescente (> 7 m), arbustive haute (2 m à 7 m), arbustive basse (ligneux compris entre 0,3 m et 2 m), herbacée (y compris les ligneux < 0,3 m) et muscinale (comportant les mousses et lichens terricoles). L'ensemble des données des relevés floristiques a été formaté puis envoyé au centre de coordination, vérifié puis traité par une des équipes d'observateurs.

Les résultats de l'inventaire floristique sont présentés sur des fiches individuelles de placette qui rassemblent : (i) les éléments de l'identité de la placette (essence, appellation, code, localisation, zone biogéographique, rattachement phytosociologique, topographie), (ii) l'environnement de la placette (humus, sol, roche-mère, valeurs indicatrices d'Ellenberg, indices liés à la composition floristique), (iii) le relevé synthétique des trois relevés saisonniers et enfin (iv), le cas échéant un commentaire particulier. Au total, on a recensé dans les 101 placettes, 649 espèces différentes (854 en différenciant les strates) pour 6326 occurrences, soit 35 arbres, 60 arbustes hauts, 127 arbustes bas, 561 herbacées et 71 mousses ce qui donne une richesse moyenne par placette de 63 espèces. Deux cents échantillons de 86 genres n'ont pu être déterminés. La placette la plus riche comporte 150 espèces, et la plus pauvre 10 espèces seulement.

Par essence forestière dominante, le mélèze vient en tête pour la diversité floristique et le pin maritime vient en dernier. La zone biogéographique "montagne" comporte 508 espèces différentes et les placettes les plus riches ; la zone biogéographique atlantique en héberge 477 et la zone subcontinentale 256 seulement. Douze placettes ont fait l'objet d'un contrôle par une autre équipe d'observateurs. La plupart des différences sont faibles. Elles sont liées : (i) à des divergences dans l'estimation des indices d'abondance-dominance, (ii) à des rattachements à des strates différentes, (iii) à des oublis ou à des confusions taxonomiques, mais ceci ne concerne que des espèces à faible recouvrement. Dans l'ensemble, on peut affirmer que les relevés ont été bien faits et qu'ils sont pertinents.

Un grand nombre d'indices (n=44) permettent de donner une image précise des placettes du réseau et permettra par la suite de déceler les changements éven-

Partie 2

tuels. En annexe sont reportées (i) les listes des placettes et leurs caractéristiques, (ii) les fiches individuelles de placettes classées par ordre alphabétique et (iii) les listes des espèces rencontrées, déterminées et indéterminées.

Cette première campagne d'observations a permis de fixer les connaissances à un instant $t = 0$. Elle n'a de sens que dans la durée et par les observations ultérieures, bien que de nombreuses données et que de nombreux indicateurs aient été définis et calculés.

Des investigations menées depuis cette première campagne ont montré de fortes variations interannuelles. Le rythme des observations doit être dans l'avenir assez fréquent pour que les tendances à long terme ne soient pas masquées par le bruit de fond annuel.

La carte suivante montre, par placette, d'une part le nombre total d'espèces trouvées en 1994/95 sur chaque placette, toutes strates confondues, d'autre part le nombre d'espèces uniquement herbacées. Ce nombre est le résultat de trois observations (printemps, été et automne). La campagne 1994/95 a été la première d'une série d'observations à intervalle de 5 ans. La deuxième campagne a été faite en 2000 et les données sont en cours d'évaluation. La campagne 1994/95 est en quelque sorte le point de départ pour les observations futures d'éventuelles évolutions de la composition floristique, suite aux changements environnementaux.

Selon la richesse du milieu, le nombre de plantes varie beaucoup. La placette avec le plus faible nombre (HET 09) ne dispose que de 8 espèces et la placette la plus riche (SP 05) de 117 espèces.

Bouquet de flore



Nombre total d'espèces et nombre d'espèces herbacées,
observées dans chaque placette du réseau



© IGN 1986 Données Géographiques à jour au 15/04/97

Partie 2

Nom	Base de données RENECOFOR
Contact	Erwin Ulrich (Fontainebleau)
Date de mise en place	1992, 1994 pour les premiers relevés floristiques
Financement	Union européenne, ONF...
Objectifs	Surveillance des forêts françaises (détecter d'éventuels changements à long terme dans le fonctionnement d'une grande variété d'écosystèmes forestiers et mieux comprendre les raisons de ces changements)
Nature de l'info	Inventaires floristiques exhaustifs (vérification de l'effet observateur)
Quantité d'info	
Part forestière	100%
Protocole d'échantillonnage	102 placettes permanentes inventoriées tous les 5 ans (à ce jour : 2 campagnes de terrain)
Echelle	France
Structure informatique	Paradox pour Windows
Mise à jour	??
Accès aux données	Libre sous réserve de mentionner les auteurs
Exemple d'application	
Publications	Manuel en train d'être rédigé Rapport sur la comparaison entre les deux dates d'inventaire : à paraître fin janvier 2003
Perspectives de développement & valorisation	
Demande particulière	Localiser et dater les relevés anciens Analyse de données

■ Les bases de données du réseau TELA BOTANICA

*La présentation suivante est issue du site web de TELA BOTANICA :
<http://www.tela-botanica.org/>*

Pourquoi le réseau Tela Botanica ?

La botanique n'est pas qu'un loisir qui consiste à admirer les nombreuses plantes que nous offre la nature. En effet, la botanique c'est aussi et surtout une science fondamentale nécessaire à de nombreuses autres disciplines, parmi lesquelles on peut citer l'agriculture, l'agro-alimentaire, la pharmacologie, les biotechnologies, l'écologie, etc.

Or, en France, l'abandon de la Botanique fondamentale ou de terrain (celle qui étudie la flore, la végétation, la phytoécologie, la systématique, etc.) est maintenant un constat général à tous les niveaux de l'enseignement et de la recherche ainsi que dans les instances administratives. A l'opposé, certains pays ont pris conscience depuis quelques années de l'importance de la botanique. De fait, ils dominent actuellement cette science de base qu'ils utilisent à leur profit dans le développement des technologies agro-alimentaires, pharmaceutiques et environnementales à l'échelle mondiale et dans l'économie de la biodiversité, enjeu majeur de l'avenir.

Redynamiser la Botanique

La Botanique, en France, pour survivre et se développer, doit donc être reprise en mains par les botanistes eux-mêmes, aujourd'hui encore trop dispersés. La mise en place de projets collectifs ne peut être menée à bien que si tous ceux qui s'intéressent à la Botanique se regroupent, unissant leurs connaissances et leurs efforts. Par ailleurs, le retard de la France en matière de contenu sur Internet en langue française, notamment dans le domaine des sciences de la nature, constitue un handicap pour la diffusion de nos connaissances et pour notre impact au niveau international. Comblar ce retard dans le champ scientifique et éducatif de la botanique constitue une priorité pour laquelle nous pouvons et devons agir. C'est dans ce contexte que le Réseau TELA BOTANICA a été créé, afin de jouer un rôle actif au service de la botanique et de la langue française.

Encourager et accompagner la création de projets botaniques

Tela Botanica propose des compétences, des moyens logistiques et un accompagnement à toute personne, équipe ou structure désireuse de réaliser un projet dans le domaine de la botanique.

Les porteurs de projets pourront utiliser, en tant que de besoin, les ressources et les compétences de la structure du Réseau en matière informatique, en création de site Internet et de CD-Rom, en édition de documents, en montage de projets, en création de bases de données, etc.

Les équipes chargées de la réalisation de ces projets s'engageront à respecter la charte du Réseau et bénéficieront des moyens de communication, d'information et de diffusion de celui-ci.

Créer une plate-forme informatique au service de la botanique

Partie 2

Disposant de compétences humaines et de moyens matériels et logiciels adaptés à la réalisation de projets collectifs. Cette plate-forme disposera notamment des services suivants :

- serveur Web pour la création et l'accueil de sites Internet en relation avec la botanique,
- serveur de messagerie (création de boîtes aux lettres électroniques),
- serveur de forums et de listes de discussions (échanges et discussions thématiques),
- espaces coopératifs (pour l'échange de données),
- serveur de bases de données (pour le partage de données).

Cette plate-forme pourra accueillir les sites Web de toutes les associations botaniques ou naturalistes souhaitant profiter de l'environnement technique et logistique du Réseau TELA BOTANICA.

Réaliser un site Web pour la mise en commun d'informations

Sur ce site on trouvera par exemple : des annuaires d'associations, des index de revues, une revue bibliographique, et d'autres données liées à la botanique. Ce site permettra d'ouvrir des forums et des listes de discussions sur tous les sujets intéressant les membres du Réseau.

Editer des Cédéroms contenant toutes données utiles aux botanistes

Véritables boîtes à outil au service des botanistes, ces cédéroms seront réalisés en collaboration avec les structures botaniques francophones qui souhaitent publier leurs données.

Bouquet de flore

Nom de la base	Eflore
Contact	Jean-Pascal MILCENT (jpm@tela-botanica.org) Daniel MATHIEU (dmathieu@tela-botanica.org)
Date de mise en place	Novembre 2002
Financement	MEDD, MNHN et autofinancement
Objectifs	Disposer d'un référentiel synonymique et taxonomique pour la flore de France métropolitaine . Extension à terme aux DOM-TOM
Nature de l'info	<ul style="list-style-type: none">• nom des taxons cités dans la littérature• source et date des citations.• synonymie (indication du nom de retenu pour les différents synonymes taxonomique ou nomenclaturaux) - base de données sur les noms des auteurs <i>Nota</i> : ces données sont issues de l'index synonymique de Michel Kerguelen, relu et corrigé dans le cadre du réseau Tela Botanica sous la direction de Benoit BOCK et la base des auteurs de Kew.
Quantité d'info	82 062 noms de plantes représentant 21 409 taxons différents. 80 217 noms d'auteurs
Part forestière	Dans le rapport de la part forestière de la flore de France métropolitaine
Protocole d'échantillonnage	Aucun, données issues de la littérature
Echelle	Sans objet
Structure informatique	Base de données SQL selon les formats internationaux du TDWG et de l'IOPI
Mise à jour	Annuelle (version actuelle juin 2002)
Accès aux données	Via Internet (http://www.tela-botanica.org/donnees) ou sur cédérom
Exemple d'application	
Publications	Aucune en dehors d'Internet
Perspectives de développement & valorisation	Utilisation comme référentiel pour les publications et les bases de données sur la flore de France. Extension en cours dans les DOM-TOM (Réunion, Guyane, Antilles...)
Demande particulière	Aucune

Partie 2

Nom de la base	Noms vernaculaires
Contact	Jean-Pascal MILCENT (jpm@tela-botanica.org) Daniel MATHIEU (dmathieu@tela-botanica.org)
Date de mise en place	Novembre 2002
Financement	Autofinancement
Objectifs	Disposer d'un dictionnaire des noms vernaculaires en plusieurs langues européennes pour la flore de France métropolitaine Extension à terme aux DOM-TOM
Nature de l'info	<ul style="list-style-type: none">• Nom scientifique des taxons retenus (valides)• Noms en langues vernaculaires correspondant pour les langues suivantes : français, espagnol, catalan, italien, anglais, allemand, néerlandais.
Quantité d'info	45 000 dénominations dans 7 langues
Part forestière	Dans le rapport de la part forestière de la flore de France métropolitaine
Protocole d'échantillonnage	Aucun, données issues de la littérature
Echelle	Sans objet
Structure informatique	Base de données SQL
Mise à jour	Permanente
Accès aux données	Via Internet (http://www.tela-botanica.org/donnees) ou sur cédérom
Exemple d'application	
Publications	Aucune en dehors d'Internet
Perspectives de développement & valorisation	Base de données intégrée au projet eflora des noms scientifiques des plantes
Demande particulière	Aucune

Bouquet de flore

Nom de la base	Chorologie départementale
Contact	Jean-Pascal MILCENT (jpm@tela-botanica.org) Daniel MATHIEU (dmathieu@tela-botanica.org)
Date de mise en place	Courant 2003
Financement	Autofinancement
Objectifs	Disposer de la répartition cartographique des plantes de France métropolitaine à l'échelle du département
Nature de l'info	<ul style="list-style-type: none">• Nom scientifique des taxons retenus (valides)• Statut de chaque taxon dans chaque département (présent, absent, disparu, douteux...)
Quantité d'info	95 départements x 8 000 taxons = 760 000 données 33 départements couverts le 25/01/03
Part forestière	Dans le rapport de la part forestière de la flore de France métropolitaine
Protocole d'échantillonnage	Aucun, données issues de la littérature
Echelle	Département
Structure informatique	Base de données SQL
Mise à jour	Permanente
Accès aux données	Via Internet (http://www.tela-botanica.org/donnees) ou sur cédérom
Exemple d'application	
Publications	Aucune en dehors d'Internet
Perspectives de développement & valorisation	Base de données intégrée au projet eflora des noms scientifiques des plantes. Affichage sous forme cartographique.
Demande particulière	Nous recherchons des données permettant de compléter et de valider la base.

Partie 2

Nom de la base	Bibliographie botanique
Contact	Tamara LE BOURG (tamara@tela-botanica.org) Daniel MATHIEU (dmathieu@tela-botanica.org)
Date de mise en place	Janvier 2002
Financement	Autofinancement
Objectifs	Constituer le répertoire d'index de tous les articles publiés dans les revues botaniques francophones depuis 1850
Nature de l'info	- auteurs - titre de l'article - référence de la publication - date de publication - résumé et/ou mots clés - auteur de la saisie
Quantité d'info	20 000 articles fin janvier 2003 15 revues dépouillées (Monde des Plantes, revues de la SBF, etc.)
Part forestière	Dans le rapport de la part forestière de la flore de France métropolitaine
Protocole d'échantillonnage	Aucun, données issues de la littérature
Echelle	Néant
Structure informatique	Base de données SQL
Mise à jour	Permanente
Accès aux données	Via Internet (http://www.tela-botanica.org/donnees) ou sur cédérom
Exemple d'application	???
Publications	Aucune en dehors d'Internet
Perspectives de développement & valorisation	Le travail de dépouillement se poursuit grâce aux bénévoles du réseau Tela Botanica
Demande particulière	Nous recherchons des données bibliographiques sur les revues non encore indexées. Possibilité d'intégrer les articles de revues forestières, s'il en existe.

■ Les bases de données du Cemagref Aix-en-Provence

Les bases de données du Cemagref d'Aix-en-Provence ont été constituées à l'occasion de typologies de stations forestières, d'études autécologiques et de l'étude des potentialités forestières de la Provence calcaire, entre 1994 et 2002.

Ces bases contiennent les données relatives à des placettes installées dans des milieux presque exclusivement forestiers. Ces placettes ont pour point commun et déterminant la recherche d'une très grande homogénéité dans les facteurs physiques (abiotiques), afin d'approcher la notion de station forestière. Cette recherche d'homogénéité qui est nécessaire pour nos objets d'études prime sur la forme et la surface de la placette. Les placettes ont une surface moyenne proche de 400 m², mais sont de forme irrégulière : parfois allongée en fond de vallon et en crête, souvent rondes dans les milieux homogènes, de forme quelconque quand il s'agit de coller à une station particulière (affleurement rocheux, doline, ...).

Pour chacune des placettes, sont relevés :

- **Pour la végétation**

- la flore, de façon exhaustive en abondance-dominance,
- la structure du peuplement, en % de recouvrement de 6 strates prédéfinies par tranches de hauteurs,
- l'abondance dominance des principales espèces arborées par strates,
- sur certaines placettes des mesures dendrométriques : âge (par sondage au cœur à la tarière de Pressler), circonférence, hauteur. Sur près de 150 placettes, les carottes de sondage sur pin d'Alep ont été conservées (3 carottes par arbres sur 5 arbres dominants).

- **Pour le milieu physique**

- la situation administrative, la localisation (sur carte IGN 1/25000, coordonnées Lambert, position GPS sur les dernières, plan d'accès sur certaines),
- les variables climatiques, géographiques, topographiques, géologiques, pédologiques,
- les facteurs anthropiques.

Ces bases ont été constituées par la même équipe du Cemagref et sont donc très homogènes sur le plan du protocole d'observation et de mesure, à des petites nuances près. Les 4 premières sont exceptionnelles en zone méditerranéenne par la richesse et la précision des données, notamment sur la description physique du milieu. La 5^{ème} (cèdre) est un peu moins précise pour la description du sol et du substrat, tout en étant assez complète.

La base Provence calcaire a servi à la mise au point d'un modèle de bilan hydrique qui a de multiples applications.

Partie 2

Dans ses usages actuels :

- détermination de la productivité locale des principales espèces de la forêt méditerranéenne,
- cartographie automatique du bilan hydrique à l'échelle régionale et aussi à l'échelle opérationnelle de la gestion forestière,
- aide à la conception de plans d'échantillonnage stratifiés.

Dans ses usages potentiels :

- évaluation et simulation de l'impact du changement climatique sur la végétation méditerranéenne, notamment les changements de composition floristiques et de productivité, le déplacement de limites bioclimatiques.
- détermination de la flore potentielle et suivi de la dynamique de milieux perturbés,
- comparaison objective des milieux calcaires et acides sur le plan du bilan hydrique et mise en relation des flores des deux ensembles,
- suivi à long terme de l'évolution des milieux (composition, structure), de la biodiversité, ...

Le modèle de bilan hydrique et les applications potentielles sont développés dans des projets partagés de recherche qui sont présentés à différents appels d'offres (GICC, IFB, ORE, ...) en partenariat avec de nombreux laboratoires adhérents à l'IFR "Pôle Méditerranéen des Sciences de l'Environnement" ou à la zone atelier "Arrière Pays Méditerranéens".

Dans tous ces projets, la pérennisation du réseau de placettes qui sous-tend ces bases de données apparaît indispensable. **De façon générale, l'impossibilité de retourner précisément sur des placettes anciennes est un des handicaps les plus flagrants de la recherche à long terme en écologie**, pour étudier la dynamique des milieux et l'impact des perturbations, changements d'environnement ou action directe de l'homme.

C'est pourquoi nous souhaitons pouvoir pérenniser une partie de notre réseau de placettes, en les repérant de façon très précise au GPS. L'expérience a montré que l'on arrivait à retrouver 70 à 80% de nos placettes lorsque les personnes ayant réalisé les études sont encore disponibles, ce qui est le cas pour nos bases Pin d'Alep + Provence calcaire et Provence cristalline. Le repérage GPS s'avère précis à quelques mètres près, dans de bonnes conditions d'usage.

Nous sommes donc à la recherche d'un financement pour réaliser le repérage précis et définitif des placettes de ces deux bases : positionnement GPS, plan détaillé d'accès, marquage sur le terrain. Pour compléter la base dendroécologique, nous souhaiterions aussi prendre des carottes à la tarière sur les arbres d'un échantillon de placettes où ces carottes n'avaient pas été conservées au début d'étude.

Ce projet de repérage représente plusieurs mois de travail, et des frais de fonctionnement : km de véhicules, frais de mission.

Bouquet de flore

Nom de la base	Provence calcaire
Contact	Michel Vennetier, Christian Ripert, Olivier Chandieux michel.vennetier@aix.cemagref.fr
Date de mise en place	1996-2001
Financement	
Objectifs	Typologie de stations forestières
Nature de l'info	Relevés floristiques + dendrométrie
Quantité d'info	550 relevés
Part forestière	~100%
Protocole d'échantillonnage	1 - pour la végétation : flore (exhaustive en abondance-dominance), dendrométrie (âge, hauteur, circonférence), structure (recouvrement en 6 strates) ; 2 - pour le milieu : géographie, topographie, pédologie, géologie.
Echelle	Provence calcaire
Structure informatique	Excel
Mise à jour	Enrichissement régulier par nouveaux relevés
Accès aux données	Disponible avec condition de collaboration et co-signature des publications
Exemple d'application	Typologie de stations forestières
Publications	Rapports internes + VENNETIER M., RIPERT C., CHANDIOUX O. (2003). Etude des potentialités forestières de la Provence calcaire. Evaluation à petite échelle sur de grandes surfaces. 6p. Forêt Méditerranéenne XXIV (1). Perspectives de développement & valorisation
Demande particulière	Localisation GPS

Partie 2

Nom de la base	Provence cristalline
Contact	Michel Vennetier, Christian Ripert, Olivier Chandioux michel.vennetier@aix.cemagref.fr
Date de mise en place	1993-1995
Financement	
Objectifs	Typologie de stations forestières
Nature de l'info	Relevés floristiques + état sanitaire
Quantité d'info	512 relevés
Part forestière	~100% (50% en milieu incendié, 50% en milieu non-incendié)
Protocole d'échantillonnage	1 - pour la végétation : flore (exhaustive en abondance-dominance), structure (recouvrement en 6 strates) ; 2 - pour le milieu : géographie, topographie, pédologie, géologie.
Echelle	Provence cristalline
Structure informatique	Excel + SAS
Mise à jour	
Accès aux données	Disponible avec condition de collaboration et co-signature des publications
Exemple d'application	Typologie de stations forestières
Publications	Rapports internes
Perspectives de développement & valorisation	
Demande particulière	Localisation GPS

Bouquet de flore

Nom de la base	Plateaux et Monts de Vaucluse
Contact	Michel Vennetier, Christian Ripert, Olivier Chandioux michel.vennetier@aix.cemagref.fr
Date de mise en place	1991-1994
Financement	
Objectifs	Typologie de stations forestières
Nature de l'info	Relevés floristiques
Quantité d'info	515 relevés
Part forestière	~100%
Protocole d'échantillonnage	1 - pour la végétation : flore (exhaustive en abondance-dominance), structure (recouvrement en 6 strates) ; 2 - pour le milieu : géographie, topographie, pédologie, géologie.
Echelle	Plateaux et Monts de Vaucluse
Structure informatique	Excel + SAS
Mise à jour	
Accès aux données	Disponible avec condition de collaboration et co-signature des publications
Exemple d'application	Typologie de stations forestières
Publications	Rapports internes
Perspectives de développement & valorisation	
Demande particulière	

Partie 2

Nom de la base	Massif de Sainte-Victoire
Contact	Michel Vennetier, Christian Ripert, Olivier Chandioux michel.vennetier@aix.cemagref.fr
Date de mise en place	1990-1993
Financement	
Objectifs	Typologie de stations forestières
Nature de l'info	Relevés floristiques
Quantité d'info	498 relevés
Part forestière	~100% (50% en milieu incendié, 50% en milieu non-incendié)
Protocole d'échantillonnage	1 - pour la végétation : flore (exhaustive en abondance-dominance), structure (recouvrement en 6 strates) ; 2 - pour le milieu : géographie, topographie, pédologie, géologie.
Echelle	Massif de Sainte-Victoire
Structure informatique	SAS
Mise à jour	
Accès aux données	Disponible avec condition de collaboration et co-signature des publications
Exemple d'application	Typologie de stations forestières
Publications	Rapports internes
Perspectives de développement & valorisation	
Demande particulière	

Bouquet de flore

Nom de la base	Var, Vaucluse, Bouches-du-Rhône
Contact	Michel Vennetier, Christian Ripert, Olivier Chandioux michel.vennetier@aix.cemagref.fr
Date de mise en place	1982-1983
Financement	
Objectifs	Autécologie du Cèdre
Nature de l'info	Relevés floristiques
Quantité d'info	291 relevés
Part forestière	~100%
Protocole d'échantillonnage	1 - pour la végétation : flore (exhaustive en abondance-dominance), structure (recouvrement en 6 strates) ; 2 - pour le milieu : géographie, topographie, géologie.
Echelle	Var, Vaucluse, Bouches-du-Rhône
Structure informatique	Excel + SAS
Mise à jour	
Accès aux données	Disponible avec condition de collaboration et co-signature des publications
Exemple d'application	Typologie de stations forestières
Publications	Rapports internes
Perspectives de développement & valorisation	
Demande particulière	Localisation GPS

Partie 2

Les bases de données des Conservatoires Botaniques Nationaux



La présentation suivante est issue d'une présentation faite par daniel Malengreau (président de la fédération des CBN) et du site web des CBN :

<http://www.mnhn.fr/mnhn/cbnbp/presentation/reseau/droite.htm>

Depuis 1988, le Ministère de l'Environnement a mis en place un réseau d'établissements spécialisés dans la conservation des plantes sauvages menacées de notre territoire national, et qui travaillent en complémentarité géographique selon un cahier des charges commun : les Conservatoires Botaniques Nationaux (CBN). Ce sont des établissements à caractère scientifique qui poursuivent les objectifs suivants :

- Connaissance et préservation de la flore et des habitats naturels et semi-naturels
- Information des administration, des établissements publics sous tutelle du Ministère de l'environnement et du développement durable et des collectivités
- Expertise pour les pouvoirs publics
- Sensibilisation du public

Chaque CBN a sa propre histoire ; certains d'entre eux sont aussi des jardins botaniques, d'autres sont liés à des instituts de recherche ou des parcs nationaux. Leur point commun est d'être agréés par le Ministère de l'Environnement et donc de devoir respecter un cahier des charges strict qui définit avec précision leurs missions. Depuis 1997, ce réseau d'établissements s'est réuni au sein d'une fédération.

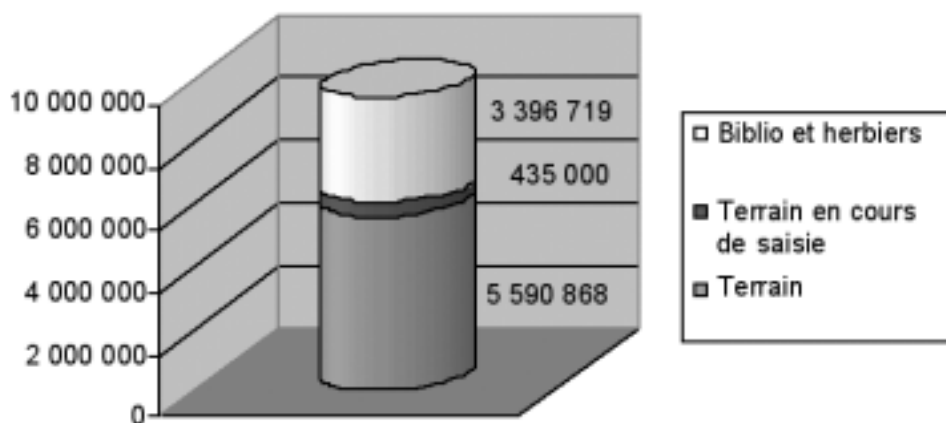
Les données recélées dans les différents CBN sont de deux types : des données de terrain (datées, localisées et vérifiables) et des données issues de la littérature (pas toujours datées ou bien localisées), auxquelles s'ajoutent des données de conservation :



Bouquet de flore

Une harmonisation nationale en cours, qui vise à homogénéiser les stratégies d'inventaire de la flore, à utiliser des référentiels communs (taxonomique, géographique...), à prévoir des formats d'échanges entre les bases de données des différents CBN, et à créer une base de données centralisatrice nationale de la flores des CBN. Cette démarche vise également à conforter une volonté partenariale avec les détenteurs de données flore, avec les établissements publics sous tutelle du Ministère de l'écologie (MNHN, IFEN...) et avec les services de l'Etat et des collectivités territoriales.

Au total, il s'agit de près de 10 millions de données sur la répartition de la flore dans les C.B.N., issues de différentes sources :



Partie 2

Nom de la base	DIGITALE
Contact	DESSE Alexis
Date de mise en place	1994
Financement	Etat et collectivités territoriales
Objectifs	Centraliser toutes les informations sur la flore et la végétation sauvage du nord de la France (Haute-Normandie, Nord/Pas-de-Calais et Picardie)
Nature de l'info	Bibliographique et de terrain
Quantité d'info	2,5 millions d'observations
Part forestière	?
Protocole d'échantillonnage	Systematique en région Nord/Pas-de-Calais (Atlas) Systematique pour la bibliographie
Echelle	1/25000
Structure informatique	SGBD couplé à un SIG (Microsoft Access 97 et ESRI Arc View 3.1)
Mise à jour	Continue
Accès aux données	Poste de consultation ou mise à disposition par convention
Exemple d'application	Liste des plantes d'intérêt patrimonial d'une parcelle forestière Carte de répartition de l'espèce en région (UTM) ou localement
Publications	DIGITALE-Haute-Normandie, DIGITALE-Nord/Pas-de-Calais, DIGITALE - Picardie (CD ROM), liste rouge, liste noire, catalogues floristiques régionaux
Perspectives de développement & valorisation	Diffusion plus large par le net
Demande particulière	

Partie 3

Synthèse permettant de dégager des politiques de consolidation
et d'harmonisation des principales bases.

Cette partie sera finalisée lors de l'atelier de travail du 12 juin 2003.

Synthèse permettant de dégager des politiques de consolidation et d'harmonisation des principales bases

Cette synthèse doit permettre de dégager des priorités qui seront reprises dans un programme de travaux que le GIP Ecofor entend promouvoir dès 2003.

La mise en relation des gestionnaires de bases de données floristiques aura avant tout le mérite pour chacun de pouvoir prendre connaissance des autres bases existantes, ce qui est loin d'être vérifié.. Dans ce sens, même si notre initiative devait se limiter à la constitution d'un « club » de gestionnaire de bases de données floristiques il n'aurait pas été inutile. Mais, de manière plus ambitieuse, nous espérons que ce projet ouvrira la voie vers une consolidation et une harmonisation des entreprises en cours et à terme vers la création d'un système qui répondra aux besoins de l'ensemble des chercheurs et des gestionnaires tout en respectant les attentes particulières qui ont motivées les actions actuellement recensées. La pertinence et l'importance des résultats au niveau stratégique ou politique seront fortement améliorées et c'est certainement le point le plus fort si l'on veut qu'il y ait une politique nationale pour la "gestion de la diversité biologique" et un avancement substantiel des recherches sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers.. Cinq axes de réflexions nous paraissent devoir être explorés pour définir ensuite des priorités

- La nature de l'information de base qui peut constituer un socle commun à l'ensemble des bases (données floristiques et données connexes)
- La structure informatique des bases de données (en privilégiant l'objectif de partage des données)
- Le cadre général et législatif de mise à disposition des données (avec éventuellement la création d'une charte de l'utilisation des bases de données)
- La valorisation et l'approfondissement des initiatives en cours
- Les points d'appui que constituent les programmes de recherche et de gestion de la biodiversité (sur le plan national et européen)

Nous livrons ci-dessous quelques éléments de réflexion sur certains de ces thèmes mais c'est du débat que nous entendons voir s'animer entre les principaux acteurs (gestionnaires de bases de données, chercheurs, gestionnaires d'espaces forestiers) que nous attendons la définition des priorités qui permettront de proposer un programme d'action

I. Données connexes à l'information floristique

Une réflexion générale a été menée avec les gestionnaires contactés pour définir le type de données à récolter *en plus* des données strictement floristiques. Il en res-

Bouquet de flore

sort qu'il serait nécessaire de collecter les informations suivantes (dont certaines sont déjà classiquement prises en compte) :

- des informations méthodologiques : comment ont été faits les relevés et, sur le long terme, comment et si des données de sources diverses peuvent être analysées ensemble ou utilisées pour d'autres utilisations que celles prévues (y compris à d'autres échelles en compilant diverses données) ;
- l'auteur, la date et le lieu de la placette relevés le plus précisément possible (GPS...), pour pouvoir réaliser des études dynamiques ;
- des variables écologiques qui touchent aux différents aspects du fonctionnement physiologique de la plante (attributs vitaux) : i) nutrition : mesure de la quantité d'éléments minéraux du sol ; ii) croissance : mesure de la température ; iii) alimentation hydrique : mesure du stress hydrique ou de l'eau du sol ... Ceci afin de permettre d'analyser le plus directement possible l'effet des facteurs sur les plantes. En effet, si la majorité des facteurs sont mesurés, cela permet d'éviter des phénomènes de biais et d'étudier l'effet sur les plantes de plusieurs facteurs du milieu simultanément. Notons que d'un point de vue analytique, ces variables doivent être prises autant que possible sous une forme quantitative et pas qualitative. Les analyses de données, surtout lorsqu'il y a plusieurs variables explicatives, sont beaucoup plus aisées lorsque les variables sont quantitatives

II. Cadre général de mise à disposition des données

Dans une perspective de mise en réseau des bases de données, ou tout simplement de collaborations scientifiques entre certaines d'entre elles, il est primordial de bien définir les conditions de mise à disposition des données de chacun. Pour cela, un cadre juridique existe (cf. infra) relatif à la propriété intellectuelle, mais chacun peut d'ores et déjà réfléchir aux termes d'une convention multipartite, à l'image de ce qu'a élaboré JC Gégout à l'ENGREF pour les collaborations autour de la base ECOPLANTE, et dont on reproduit ci-dessous les grandes lignes :

1 - L'auteur, le gestionnaire et le financeur de chaque relevé sont mentionnés explicitement dans la base de données. Cette information est stockée sans limite de temps et disponible à tout moment.

2 - Le fournisseur des données définit le libre accès aux données ou indique les restrictions de diffusion qu'il souhaite voir appliquer aux données fournies. Ces restrictions concernent :

- le domaine public ou privé des organismes intéressés par les données
- le caractère commercial ou non de l'utilisation des données
- la thématique de l'étude (floristique, pédologique ...)
- l'obligation ou non pour un demandeur de données d'avoir contribué à l'élaboration de la base de façon significative (au minimum 100 relevés avec analyses de sols).

Le demandeur de données s'engage à :

- préciser de façon détaillée l'utilisation prévue des données (projet de recherche, équipes concernées ...)

Partie 3

- ne pas utiliser les données dans un cadre différent de celui mentionné dans l'acte d'engagement
- ne pas utiliser les données pour un développement qui fera l'objet de, ou contribuera à une vente, une licence, ou un droit d'utilisation (logiciel, publication, ...), le dépôt d'un brevet, la réalisation d'outils ou de supports pédagogiques vendus ou contribuant à une vente sauf accord particulier
- ne pas communiquer les données fournies à un tiers (personne ou organisme)
- indiquer de manière appropriée, l'apport des personnes ayant contribué à l'élaboration de la base de données dans toute publication issue du travail indiqué dans l'acte d'engagement.
- reconnaître que le gestionnaire ne peut être tenue pour responsable de toute erreur ou omission présente dans les données fournies qu'elles soient dues aux auteurs ou aux gestionnaire de la base.
- contribuer à l'augmentation de la banque de données en communiquant au gestionnaire ses propres relevés phytoécologiques avec analyses de sol.

Le gestionnaire se réserve enfin le droit de demander la destruction ou la restitution des données ou produits fournis à la fin du projet.

Paragraphe « Biodiversité et économie » : à venir...

III. Cadre législatif de mise à disposition des données

Le cadre législatif ou réglementaire est fourni par :

- le Code de la Propriété Intellectuelle,
- la directive européenne sur les bases de données (06/9/CE du 11 mars 1996)

La loi du 1^{er} juillet 1998 a inséré dans le Code de la Propriété Intellectuelle (CPI : loi du 1^{er} juillet 1992 n° 92-597) un nouvel alinéa à l'article L. 112-3 qui garantissait une protection aux auteurs d'anthologies. Depuis l'entrée en vigueur (rétroactive au 1^{er} janvier 1998) de cette loi, l'article L. 112-3 al. 2 définit la notion de base de données ainsi :

Art. L. 112-3 al.2: On entend par base de données un recueil d'œuvres, de données ou d'autres éléments indépendants, disposés de manière systématique ou méthodique, et individuellement accessibles par des moyens électroniques ou par tout autre moyen.

Cette définition est suffisamment large pour inclure non seulement les bases de données au sens usuel du terme mais également d'autres créations tel que les sites Web. Les bases de données jouissent d'une double protection : la première est une protection par le droit d'auteur (Livre I du CPI) et concerne la structure même de la base ; la seconde touche au contenu de la base, c'est la protection spécifique des producteurs de bases de données.

L'originalité des bases de données

L'originalité est, comme pour toute œuvre en droit français, une condition *sine qua non* de la protection par le droit d'auteur. Par exemple, si une base contient des photographies, leurs auteurs jouissent toujours de leurs droits exclusifs et le producteur de la base aura préalablement dû obtenir leur consentement. La protection par le droit d'auteur des bases de données est donc d'abord une protection du choix opéré par son auteur. En matière de bases de données, la même prudence s'impose : tous les choix ne sont pas protégeables : *une base revêtant l'aspect d'une simple compilation n'est pas susceptible de protection.*

Lors de l'élaboration d'un logiciel par un employé dans le cadre de son contrat de travail, celui-ci est présumé avoir cédé ses droits à son employeur en vertu de l'article L.113-3 du CPI. Une base de données pourra également être une œuvre de collaboration (art. L.113-3 CPI: les auteurs devront exercer leurs droits d'un commun accord), ou une œuvre collective, ce qui sera plus fréquemment le cas. Dans cette hypothèse, les droits sur l'œuvre collective seront la propriété de la personne physique ou morale sous le nom de laquelle la base de données a été divulguée (art. L.113-2, 3° alinéa et L.113-5 du CPI).

Notons enfin qu'il est parfaitement possible d'envisager le cas d'une base de données qui emprunte des éléments d'une autre œuvre antérieure, et notamment d'une bases de données plus ancienne. Dans ce cas, la nouvelle base de données sera qualifiée d'œuvre collective et les auteurs de celles-ci se comprendront comme les auteurs de la base nouvelle plus les auteurs de la base "empruntée" (art. L.113-4 du CPI).

Nature et durée des droits de l'auteur

Comme tous les droits d'auteur (cf. art. L.111-1 2°CPI), les droits dont dispose l'auteur d'une base de données sont de deux types: patrimoniaux et moraux. Au titre des droits patrimoniaux, il doit consentir à la représentation, à la reproduction, à la traduction, adaptation, transformation et arrangements de la base de données. Rappelons que la mise en ligne d'une base de données par une personne que ne détient pas l'autorisation de son auteur s'apparente à une contrefaçon. Les exceptions prévues à l'article L. 122-5 du Code de la propriété intellectuelle doivent en principe trouver à s'appliquer (voir 3° pour les réserves).

Ces droits bénéficient exclusivement à l'auteur et ses ayant droit tant qu'il ne les ont pas cédés. La durée de protection est de 70 ans à compter de la mort de l'auteur pour les personnes physiques ou de la divulgation de la base pour les personnes morales.

Au titre des droits moraux, l'auteur est titulaire du droit de divulgation, de repentir, de respect à l'intégrité et à la paternité de son œuvre. Ces droits sont perpétuels, inaliénables et imprescriptibles.

Partie 3

Les droits de l'utilisateur

Différents aménagements des droits de l'utilisateur (art. L.122-5 CPI) ont été apportés par la loi du 1er juillet 1999. Ainsi, lorsque l'œuvre a été divulguée, l'auteur ne peut interdire les copies :

Article L. 122-5 2° alinéa: *“Les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinée à une utilisation collective, à l'exception (...) des copies ou des reproductions d'une base de données électronique;”*

A contrario, il faut penser que l'utilisateur d'une base de données non électronique demeure libre de procéder à de telles copies ou reproductions. En outre, l'utilisateur d'une base de données électronique peut faire les actes nécessaires pour accéder au contenu de cette base pour les besoins et dans les limites de l'utilisation prévue par contrat (art. L.122-5 5° CPI). Enfin, il est évident que le fait pour l'utilisateur d'outrepasser les droits qui lui sont accordés par la loi ou par le contrat est punissables des sanctions prévues pour la contrefaçon.

Les réseaux au plan européen

Le réseau Natura 2000

Il a pour objectif de contribuer à préserver la diversité biologique sur le territoire de l'Union européenne. Il assurera le maintien ou le rétablissement dans un état de conservation favorable des habitats naturels et des habitats d'espèces de la flore et de la faune sauvage d'intérêt communautaire. Il est composé de sites désignés spécialement par chacun des Etats membres en application des directives européennes dites "Oiseaux" et "Habitats" de 1979 et 1992. Sa création contribuera en outre à la réalisation des objectifs de la convention sur la diversité biologique adoptée au "Sommet de la Terre" de Rio de Janeiro en juin 1992. Le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement alimente ce service pour rendre accessible au public les informations sur la contribution française à la constitution du réseau Natura 2000. **Les informations sur les sites Natura 2000 présentes sur ce service sont un extrait simplifié de celles transmises à la Commission Européenne au 31 mai 2001. Pour de plus amples informations concernant un site particulier, contactez votre DIREN.**

L'Homme dépend de son milieu naturel, de la qualité de l'air et de l'eau comme de l'équilibre et de la bonne santé de la nature, des champs, des forêts et des mers. Il se nourrit de cette diversité biologique qu'il a façonnée au fil du temps. En retour, il doit respecter et protéger ce patrimoine naturel au profit des générations futures. En Europe, les climats, les sols, les paysages et les espaces cultivés sont extrêmement variés ce qui implique un grand nombre d'espèces animales et végétales. Le maintien de cette "biodiversité" est un facteur clé pour un développement durable et maîtrisé, particulièrement dans les zones rurales.

Les **habitats** de la faune et de la flore doivent donc être préservés ainsi que les espaces qui relient ces milieux entre eux. La diversité biologique forme en effet un ensemble de lieux et d'espèces dépendant les uns des autres et constituant ainsi un tout. Les oiseaux migrateurs qui, chaque année, traversent l'Europe pour l'Afrique sont en danger si l'un des milieux qui conditionnent le déroulement de leur migration vient à disparaître. Et si l'espèce disparaît, la diversité biologique des milieux qu'elle occupe est diminuée.

Ce constat a amené l'Union européenne à adopter deux directives, l'une en 1979, l'autre en 1992 pour donner aux Etats membres un cadre commun d'intervention en faveur de la préservation des milieux naturels.

La directive du 2 avril 1979 dite directive "Oiseaux" prévoit la protection des habitats nécessaires à la reproduction et à la survie d'espèces d'oiseaux considérées comme rares ou menacées à l'échelle de l'Europe. Dans chaque pays de l'Union européenne seront classés en Zone de Protection Spéciale (ZPS) les sites les plus adaptés à la conservation des habitats de ces espèces en tenant compte de leur nombre et de leur superficie.

La directive du 21 mai 1992 dite directive "Habitats" promeut la conservation des habitats naturels de la faune et de la flore sauvage. Elle prévoit la création d'un réseau écologique européen de Zones Spéciales de Conservation (ZSC). La France recèle de nombreux milieux naturels et espèces cités par la directive : habitats côtiers et végétation des milieux salés, dunes maritimes et continentales, habitats d'eau douce, landes et fourrés tempérés, maquis, formations herbacées, tourbières, habitats rocheux et grottes... Avec leurs plantes et leurs habitants : mammifères, repti-

Partie 3

les, amphibiens, poissons, arthropodes, insectes, et autres mollusques... Ces "habitats" et ces espèces ont fait l'objet d'un recensement mené par le Muséum National d'Histoire Naturelle.

Sur la base des observations scientifiques, la directive prévoit la création d'un réseau "**Natura 2000**". Cette appellation générique regroupe l'ensemble des espaces désignés en application des directives "Oiseaux" et "Habitats". Ce réseau est en cours de constitution. Il doit permettre de réaliser les objectifs fixés par la convention sur la diversité biologique, adoptée lors du "Sommet de la Terre" de Rio de Janeiro en 1992 et ratifiée par la France en 1996. Natura 2000 a pour objectif de maintenir la diversité biologique des milieux en tenant compte des exigences économiques, sociales, culturelles et régionales qui s'y attachent. Voilà pourquoi le réseau va donner lieu à l'élaboration de contrats.

L'expérience INTERREG

Née dans les années 90, fait la promotion de projets de coopération entre zones frontalières intérieures à l'Europe. En vue d'un élargissement progressif de l'Europe, chaque programmation INTERREG soutient la coopération et le développement des zones frontalières avec une vision « transnationale ». Dans ce cadre, le programme opérationnel MEDOC (MEDiterranée OCcidentale) appuie et promeut les échanges d'expériences entre partenaires transfrontaliers. Au delà des problématiques variées, liées à un territoire géographiquement et économiquement hétérogène, les objectifs généraux du programme privilégient quelques thèmes d'intérêt commun pour la zone du bassin méditerranéen : transport, développement durable du territoire et valorisation du patrimoine culturel et naturel. L'initiative communautaire INTERREG constitue une partie fondamentale du budget des Fonds Structurels Européens. La démarche du programme INTERREG IIC « biodiversité » s'inscrit également dans les objectifs fondamentaux du Schéma de Développement de l'Espace Communautaire. En effet la mise en commun des connaissances, à la base des méthodes de gestion de la biodiversité, est une étape clef pour les régions d'étude dans le cadre d'un aménagement durable de leur territoire. Ce mode de développement, basé sur le respect des particularités régionales et la valorisation des terroirs, est un facteur de stabilité socio-économique et environnementale à long terme. La mise en place de référentiels communs pour communiquer vers les différents partenaires nationaux et internationaux, ainsi que les échanges de savoirs et de savoir-faire oeuvre pour la valorisation et le développement durable de l'ensemble de ces territoires. Elle permettra d'harmoniser la connaissance en maîtrisant les changements d'échelle au niveau de l'arc alpin et de l'espace méditerranéen.

Le programme INTERREG II C est un programme pilote pour les régions méditerranéennes et alpines de l'Europe. Divers partenaires européens se sont attaqués avec un regard nouveau aux problématiques complexes liées à la biodiversité afin que les thématiques de protection et de valorisation du patrimoine naturel soient prises en compte dans les démarches de planification territoriales, en appui au développement durable. Les démarches méthodologiques se sont alors constituées autour d'un fil conducteur commun : élaborer, à partir d'inventaires territoriaux réalisés à des échelles variées, des outils d'aide à la décision pour les gestionnaires, permettant une maîtrise des changements d'échelle. Les investissements en moyens et en personnel entre équipes françaises et italiennes ont été disproportionnés : les partenaires italiens se sont, pour leur part, appuyés sur un système universitaire très dynamique. Les Conservatoires Botaniques Nationaux (CBN) ont quant à eux réalisé

Bouquet de flore

la majeure partie du travail technique pour la partie française, assurant ainsi la sauvegarde de données cartographiques universitaires historiques.

Les démarches initiées ont alors été en partie différentes :

Les partenaires italiens ont eu dans l'ensemble une approche territoriale globale d'évaluation de la biodiversité, intégrant aussi bien des éléments biotiques (faune, flore et végétation) que des éléments abiotiques (géologie, géomorphologie, pédologie, ...) au sein de bases de données. La qualité de la biodiversité a alors été appréhendée par une démarche quali - quantitative, basée sur l'attribution d'une valeur à chacun des éléments la composant, valeurs synthétisées sous la forme d'un indice (indice de Storie - Villa). Cette méthode présuppose la réalisation de bases de données adaptées qui recueillent et organisent les informations sur les espèces et les attributs qui les caractérisent.

Les partenaires français ont pour leur part accentué leur travaux sur l'étude des habitats, considérés comme « bioindicateurs », milieux de vie des espèces faunistiques et floristiques. Les cartographies et typologies des groupements végétaux ont de ce fait été précises et détaillées. De plus une réflexion a été menée sur les notions d'évolution et de devenir des végétation actuelles.

Les résultats du programme INTERREG II C se sont révélés riches en propositions, chacune adaptée à des problématiques et des contextes différents. Ces propositions s'appuient sur une démarche méthodologique commune, basée sur les savoir-faire de chacun, construite et alimentée par les concertations et les échanges techniques entre équipes. Ces échanges d'expériences ont amené les chercheurs à progresser dans leurs réflexions et leurs concepts. En outre, le programme INTERREG II C a permis d'établir des liens étroits de travail entre le monde de la recherche et celui des administrations régionales.

L'approche cartographique est apparue à tous comme le meilleur outil de communication et de vulgarisation auprès des décideurs. Elle permet en effet des synthèses d'informations essentielles pour l'aménagement du territoire et surtout une référence géographique indispensable pour mettre en place les mesures de gestion. Les informations cartographiques sont associées à un « degré de connaissance » qui aide à évaluer à la fois leur qualité et leur précision.

Coordinateur projet transnational et coordinateur scientifique

Jean-Pierre DALMAS - Conservatoire Botanique National Alpin

European Forest Ecosystem Research Network (EFERN)

In the scope of *EFERN* a network of institutions and representatives, being active to advance the objectives of Strasbourg Resolution 6, has taken shape.

The working team of the former Concerted Action *EFERN S6* comprised 43 representatives, national co-ordinators and advisory experts from 24 European countries (all EU-member-countries, associated countries and several countries in transition). All participants having co-operated in this network are actively involved in forest ecosystem research. Their scientific specialisation and geographic origin ensured a wide range of expertise in forest ecology in Europe.

EFERN will remain as a network. It is also an IUFRO working group (Unit 8.01.07). The database on institutions, scientists and project is still valid and provides a most useful review on "what is going on in European forest ecosystem research".

The homepage of *EFERN* is also the home of ENFORS (COST E 25) and will continue serving as a communication platform on forest ecosystem and landscape research activities in Europe.

Partie 3

Euro+Med PlantBase Secretariat

(The information resource for euro-mediterranean plant diversity)

Centre for Plant Diversity and Systematics,

School of Plant Sciences, The University of Reading, RG6 6AS, UK.

Email: euromed.plantbase@reading.ac.uk

Telephone: +44 (0)118 931 6052 Fax: +44 (0)118 975 3676

Sponsored by

The European Union 5th Framework Programme for Research: Energy, Environment

and Sustainable Development Programme (EESD) , The Linnean Society of London

, Organization for the Phyto-Taxonomic Investigation of the Mediterranean Area ,

Atlas Florae Europaeae , The Botanical Society of the British Isles.

Annexe 1 - Bibliographie

Références bibliographiques citées

- Alaback PB. & Herman FJ (1988) Long-term response of understory vegetation to stand density in *Picea - Tsuga* forests. *Can J. For. Res.* 18:1522-1530.
- Amman K. (1999) Les ogm, entre mensonges et hystérie. *La Recherche* N°325.
- Attiwill PM (1994) Ecological disturbance and the conservative management of eucalypt forests in Australia. *Forest Ecology and Management* 63: 301-346.
- Austin MP (1999) The potential contribution of vegetation ecology to biodiversity research. *Ecography* 22:465-484.
- Barkham JP (1992) The effect of coppicing and neglect on the performance on the perennial ground flora. Buckley GP (ed.) *Ecology and management of coppice woodlands*. Chapman & Hall, London, UK, 115-146.
- Barthod C & Touzet G (1994) De Strasbourg à Helsinki, les deux premières conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe. *Rev. For. Fr.* 46(4) :319 -334.
- Bergès et al (2002)
- Blandin P (1995) Les forêts : développement ou conservation durable ? *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA* n°25.
- Blandin P & Lamotte M (1984) Ecologie des systèmes et aménagement : fondements théoriques et principes méthodologiques. In : Lamotte M : *Fondements rationnels de l'aménagement d'un territoire*. Masson, Paris, 139-162.
- Braun-Blanquet (1932) *Plant sociology. The study of plant communities*. First Ed. McGraw-Hill Book Company, New-York & London.
- Box EO (1996) Plant functional types and climate at the global scale. *Journal of Vegetation Science* 7:309 -320.
- Bugmann H (1996) Functional types of trees in temperate and boreal forests : classification and testing. *Journal of Vegetation Science* 7: 359-370.
- Burel, F. 1989. Landscape structure effects on carabid beetles spatial patterns in western France. *Landscape Ecology* 2(4), 215-226.
- Burley J (2002) La diversité biologique forestière : un tour d'horizon. *Unasylva* 53(209) : 3-9.
- Burton PJ, Balisky AC, Coward LP, Cumming SG & Kneeshaw DD (1992) The value of managing for biodiversity. *Forest Chronicle*. 68 : 225-237.
- Deconchat M (1999) *Exploitation forestière et biodiversité : exemple dans les forêts fragmentées des côtes de Gascogne*. Thèse de doctorat. Université Paul Sabatier, Toulouse. 191p. + annexes.
- Dobremez J.F., Camaret S., Bourjot L., Ulrich E., Brêthes A., Coquillard P., Dumé G., Dupouey J.L., Forgeard F., Gauberville C., Gueugnot J., Picard J.F., Savoie J.M., Schmitt A., Timbal J., Touffet J., Trémolières M., 1997, RENECOFOR - Inventaire et interprétation de la composition floristique de 101 peuplements du réseau (Campagne 1994/95), Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, Fontainebleau, Université de Savoie, 513 p.
- Ehrlich, P.R. (1990) Habitats in crises: Why we should care about the loss of species. *Forest Ecology and Management* 35(1-2):5-11.
- Europarl (1997) http://www.europarl.eu.int/workingpapers/forest/eurfo_en.htm
- FAO (2001). *Situation des forêts du monde 2001*. Rome.
- Fitter AH & Peat HJ (1994) The ecological flora database. *Journal of Ecology*. 82: 415-425.

Bouquet de flore

- Flint M (1991) Biological diversity and developing countries: issues and options, a synthesis paper. Institut de développement outre-mer (ODI), Londres.
- Gachet S. (2002) Organisation de la biodiversité forestière : vers une modélisation de la dynamique du sous-bois en fonction des pratiques sylvicoles. Thèse de l'Université Aix-Marseille III. 200p.
- Gautier C. (1998) Cahiers d'Economie et Sociologie Rurale, n° 46-47 : 5-27.
- Gilliam FS, Turrill NL & Adams MB (1995) Herbaceous layer and overstory species in clear-cut and mature central Appalachian hardwood forests. *Ecological Applications*. 5(4) :947-955.
- Guende G (1979) Massif du Ventoux au 1/250000. Carte de la végétation. Université de Marseille.
- Halpern CB & Spies TA (1995) Plant species diversity in natural and managed forests of the Pacific Northwest. *Ecological Applications* 5: 913-934.
- Institut pour les ressources mondiales, UICN et PNUE. 1992. Global Biodiversity Strategy: Guidelines for Action to Save, Study and Use Earth's Biotic Wealth Sustainably and Equitably (en collaboration avec la FAO et l'Unesco), Washington, D.C., 244 p.
- IUFRO (1997) Perceptions et attitudes de la population envers la forêt et ses prestations sociales : analyse des enquêtes sélectionnées et des articles dans les principales revues forestières de l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse entre 1960 et 1995. IUFRO Occasional Paper No.7; June 1997.
- Jäger EJ (2000) A database on biological traits of the German flora –state of the art and need of investigations of the vegetative structures. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 9(1-2): 53-59.
- Jenkins MW & Chambers JL (1989) Understory light levels in mature hardwood stands after partial overstory removal. *Forest Ecology and Management* 26(4):247-256.
- Kerguelen M (1994) Index synonymique de la flore de France. Museum National d'Histoire Naturelle. Paris. Collection Patrimoines Naturels.
- Kleyer M (1995) Biological traits of vascular plants: a database. Univ. Stuttgart Ed.
- Klinka K, Qian H, Pojar J & Meidinger DV (1996) Classification of natural forest communities of coastal British Columbia. *Vegetatio* 125: 149-168.
- Lavorel S, McIntyre S, Landsberg J & Forbes TDA (1997) Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trends in Ecology and Evolution* 12(12) : 474-478.
- Mayr E (1940) Speciation Phenomena in birds. *American Naturalist* 74,249-278.
- MCPFE (2002) Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Site web : <http://www.minconf-forests.net/>
- Médail F, Roche P & Taton T (1998) Functional groups in phytoecology: an application to the study of isolated plant communities in Mediterranean France. *Acta Oecologica* 19(3) : 263-274.
- Naumburg E & Dewald L (1999) Relationships between *Pinus ponderosa* structure light characteristics and understory graminoid species presence and abundance. *Forest Ecology and Management* 124:205-215.
- Noss RF (1990) Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conserv. Biol.* 4: 355-364.
- ONF (1993) Prise en compte de la diversité biologique dans l'aménagement et la gestion forestière. Office National des Forêts, Paris. 32p.
- Pagès et al 2001 à thesard de Michalet
- Palik B & Engstrom RT (2000) Species composition. In : Hunter Jr ML (Ed.) Maintaining biodiversity in forest ecosystems. Cambridge Ed. p65-90.

Annexe 1 - Bibliographie

- Peat HJ (1998) The Antarctic plant database: a specimen and literature based information system. *Taxon* 47: 85-93.
- Rameau JC, Mansion D & Dumé G (1989) Flore forestière française. Institut du Développement Forestier, Dijon, 2 vol.
- Rameau JC (1993) Dynamique de la végétation : au niveau des paysages, au niveau des milieux forestiers. ENGREF, Paris.
- Raunkiaer C (1934) The life-forms of plants and statistical plant geography. Oxford University Press, Oxford, 632p.
- Saunders MR & Puettmann KJ (1999) Effects of overstory and understory competition and simulated herbivory on growth and survival of white pine seedlings *Canadian-journal-of-forest-research*. 29 (5) : 536-546.
- Schulze ED & Mooney HA (1993) Biodiversity and ecosystem function. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York.
- Small CJ & McCarthy BC (2002) Effects of simulated post-harvest light availability and soil compaction on deciduous forest herbs *Can. J. For. Res./Rev. Can. Rech. For.* 32(10): 1753-1762.
- Tatoni T, Véla E, Dutoit T & Roche P (1998) Pastoralisme et biodiversité : présentation du suivi scientifique et des premiers résultats concernant l'organisation de la végétation dans le Luberon. *Courrier Scientifique du PNR Luberon*, 2, 32-49.
- Tutin TG *et al.* (1964-1993) *Flora Europaea*. Vol 1-5. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Vallauri D & Poncet L (2002) La protection des forêts de France. Indicateurs 2002. Rapport WWF-France, Paris, 100 pages + annexes.
- Van Pelt R & Franklin JF (2000) Influence of canopy structure on the understory environment in tall, old-growth, conifer forests. *Can. J. For. Res.* 30(8):1231-1245.
- Véla E, Guende G & Ellena C (1998) Organisation actuelle de la végétation des craux pâturées de Saint-Michel-l'Observatoire. *Courr. Scient. Parc nat. rég. du Luberon*, n° 2, pages 70-79.
- Whitehead D (1982) Ecological aspects of natural and plantation forests. *For. Abstr.* 43(10) : 73-92.
- Wilson EO (2000) Biodiversity at the Crossroads. *Environmental Science and Technology* 34(5) :123-128.

Annexe 2 - Glossaire

Glossaire

A quelques exceptions près (), les définitions suivantes sont toutes inspirées de celles données dans l'ouvrage de François RAMADE (2002) : « Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement », 2^{ème} ed., Dunod Ed., Paris. 1075p.*

Abiotique : facteur écologique de nature physico-chimique, c'est-à-dire indépendant des êtres vivants.

(*) **Accrus forestiers** : ce sont des boisements spontanés qui constituent des espaces intermédiaires entre les friches issues de l'abandon de terres cultivées ou pastorale, et la forêt proprement dite.

Anthropisation : transformation des conditions environnementale sous l'action de l'homme.

(*) **Attributs vitaux** : caractéristiques biologiques et écologiques d'une plante, décrivant sa morphologie (taille, type de feuille, présence d'épines...), sa phénologie (période de la floraison, cycle de vie...), sa reproduction (pollinisation, dispersion des graines, mode de multiplication végétative...), etc.

(*) **Base de donnée** : On a d'abord longtemps entendu parler de « banque » alors qu'aujourd'hui, ce terme a été supplanté par « base ». L'arrêté relatif à l'enrichissement du vocabulaire de l'informatique (22 décembre 1981) définissait la banque comme un *ensemble* de données ; la proposition de directive européenne de 1992 a parlé de *collection* d'œuvres ; puis en 1995 de *recueil*.

Biodiversité : néologisme apparu au début des années 80, désignant la variété d'espèces vivantes peuplant la biosphère. L'acception courante englobe trois aspects: la diversité génétique, la diversité des espèces et celle des écosystèmes.

Bio-indicateurs : synonyme d'indicateur biologique, ce terme désigne des espèces qui, par suite de leurs exigences écologiques sont les indices précoces de modifications abiotiques ou biotiques de l'environnement.

Biomasse : masse totale de matière vivante présente à un niveau trophique donné dans un écosystème.

Biosphère : région de la planète dans laquelle la vie est possible en permanence, et qui renferme l'ensemble des êtres vivants.

Biotique : qui est propre à la vie.

Canopée : partie supérieure de la couronne des arbres, désignant aussi la limite supérieure de la couverture végétale forestière qui reçoit directement la lumière incidente.

Classification : voir *Taxonomie*.

Ecocomplexe : concept d'écologie du paysage désignant un ensemble d'habitats modifié par l'homme, ayant une dimension spatiale d'ordre kilométrique et présentant une certaine répétitivité.

Ecosystème : un écosystème est constitué par l'association de deux composantes en constante interaction l'une avec l'autre : un environnement abiotique de dimension spatio-temporelle définie (aussi appelé *biotope*), associé à une communauté vivante caractéristique de ce biotope (et dénommée *biocénose*).

Bouquet de flore

Ecotone : zone de transition entre deux écosystèmes, caractérisée par une diversité et une richesse spécifique plus importante que celles de chaque écosystème qu'il sépare, ainsi que des caractéristiques écologiques particulières.

(*) EFERN : European Forest Ecosystem Research Network.

Essence : espèce d'arbre présentant un intérêt sylvicole.

(*) FAO : Food and Agriculture Organization.

(*) Fonction de la forêt : fonctions partiellement ou entièrement remplies par la forêt ou qui pourraient (effets potentiels de la forêt) et qui devraient l'être (exigences de la société) ; ce sont la protection contre les dangers naturels, la production de bois et la fonction sociale (protection de la nature, loisirs) (OFEFP, 1996).

Fragmentation : action par laquelle des phénomènes d'origine naturelle ou anthropique fractionnent les habitats d'un écosystème qui étaient jointifs dans les conditions initiales.

(*) Gestion durable : gestion devant assurer la pérennité de l'ensemble des prestations de la forêt, y compris sa signification comme habitat pour les plantes et les animaux.

Groupes fonctionnels : système écologique constitué en général par un ensemble d'espèces présentant un rôle analogue dans l'écosystème, par exemple en exploitant le même type de ressource.

Habitats : lieu où vit l'espèce et son environnement immédiat, à la fois biotique et abiotique.

(*) IFEN : Institut Français de l'Environnement.

(*) IFN : Inventaire Forestier National.

Inventaire floristique : liste des espèces végétales présentes sur une surface déterminée.

(*) IUFRO : International Union of Forest Research Organizations.

Méta-données : « données sur les données » fournissant une description du but et du contenu de la base de données, une description de sa structure et une définition technique des champs (texte, numérique, date, image, etc. ; la définition du contenu du champs...).

(*) MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle.

Niche écologique : ensemble des paramètres qui caractérisent les exigences écologiques (climat, alimentation, reproduction, etc.) propres à une espèce vivante et qui la différencient des espèces voisines au sein d'un même peuplement.

Nomenclature : système à la base de toute dénomination scientifique des espèces vivantes, normalisé par une Commission Internationale de Nomenclature.

ONF : Office National des Forêts.

Peuplement : ensemble de populations d'espèces appartenant souvent à un même groupe taxonomique et présentant une écologie semblable et occupant un même habitat.

(*) Régénération (de la forêt) : ensemble des phénomènes naturels et des mesures sylvicoles qui permettent l'ensemencement et la croissance des jeunes arbres. Se dit par extension du rajeunissement lui-même.

Relevés phyto-écologiques : voir *Inventaires*.

Annexe 2 - Glossaire

(*) RENECOFOR : REseau National de suivi à long terme des ECOsystèmes FORestiers (ONF).

Richesse spécifique : nombre d'espèces présentes dans un écosystème donné ou dans une aire prédéterminée de ce dernier.

Sciaphiles : espèce végétale qui ne peut se développer qu'à l'ombre de la végétation et, plus généralement, partout où le flux lumineux est atténué.

(*) Stade de développement : classe de peuplement, définie d'après les grandeurs moyennes ou dominantes (diamètre ou hauteur).

Strate : subdivision marquant l'étagement vertical de la végétation ; le nombre de strates est maximal en milieu forestier ; on distingue les strates supérieure (ou dominante), intermédiaire et inférieure (aussi sous-étage).

(*) Surface terrière : surface de la section transversale d'un arbre à 1,3 m de hauteur (emplacement de la mesure du DHP – Diamètre à Hauteur de Poitrine) ; par extension, total des sections transversales de tous les arbres d'un peuplement.

Systématique : voir *Taxonomie*.

(*) Système d'information géographique (SIG) : un SIG se compose de matériel et de programmes informatiques ainsi que de données. C'est un outil pour saisir, stocker, mettre à jour, analyser, modéliser et représenter des informations géoréférencées liées à des variables multiples. Grâce à ses fonctions d'analyse et de représentation, il est utilisé comme aide à la décision pour résoudre des questions d'ordre géographique (selon D.A. Hastings, 1992, *Geographic Information Systems: a tool for geoscience analysis and interpretation*).

Taxon : ensemble des entités de rang varié (espèce, genre, tribu, famille, ordre) qui répondent à des caractéristiques communes ; les taxons de niveau supérieur partagent moins de ressemblances que les taxons inférieurs.

Taxonomie ou taxinomie : discipline dont l'objet est de décrire la diversité biologique et de l'ordonner au travers d'un système analytique appelé « classification ». Ceci permet d'identifier les organismes vivants actuels ou fossiles et de prédire leurs propriétés biologiques. Mais ce n'est pas seulement une science descriptive : elle reconstitue aussi l'histoire de la vie c'est-à-dire l'histoire des relations de parenté et l'histoire des relations évolutives entre les différents groupes.

Typologie : classification des divers types d'écosystèmes fondée sur telle ou telle particularité de leur fonctionnement ou de la structure de leur communauté.

Ubiquistes : désigne tout composant de l'environnement biotique ou abiotique pouvant se rencontrer dans des types de milieux ou des zones géographiques variées.

WWF : World Wide Fund for Nature (ex World Wildlife Fund).

ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique.

Annexe 3 - Adresses

Adresses

Bernard AMIAUD

UMR INPL-ENSAIA-INRA Agronomie
et Environnement Nancy-Colmar
2 avenue de la forêt de Haye
54500 Vandoeuvre-les-Nancy (FRANCE)
Bernard.Amiaud@ensaia.inpl-nancy.fr

Vincent BADEAU

INRA - Ecologie & Ecophysiologie
Forestières
54280 Champenoux
Tél : +33 (0)3 83 39 40 47
Fax : +33 (0)3 83 39 40 22
badeau@nancy.inra.fr
<http://www.nancy.inra.fr>

Raymond BAUDOIN

Muséum National d'Histoire Naturelle
61 Rue Buffon
75231 PARIS CEDEX 05
Tél : 01 40 79 38 36
baudoin@mnhn.fr
<http://www.mnhn.fr>

Jean-Claude BERGONZINI

GIP ECOFOR
6 rue du Général Clergerie
Paris
Tél : 01 53 70 00 01
bergonzini@engref.fr

Eric BRUNO

IFN - Ecologie
Place des Arcades
BP 1001 MAURIN
34972 LATTES
Tél : 04.67.07.80.82
ebruno@montpellier.ifn.fr
<http://www.ifn.fr>

Patrice DE RUFFRAY

patrice.deruffray@ibmp-ulp.u-strasbg.fr

Christophe COUDUN

ENGREF - LERFoB
Equipe Ecosystèmes Forestiers et
Dynamique du Paysage
14, Rue Girardet
54042 Nancy Cedex
Tel : 03 83 39 68 75
Fax : 03 83 39 68 78
coudun@engref.fr

Jacques DRAPIER

IFN - Ecologie
14 rue Girardet, CS4216
54042 Nancy Cedex
Tel : 03.83.30.99.27
jdrapier@nancy.ifn.fr
<http://www.ifn.fr>

Gérard DUMÉ

Inventaire Forestier National
Château des Barres
45290 NOGENT SUR VERNISSON
Tel : 02 38 28 02 24
Fax : 02 38 28 18 28
gdume@ifn.fr
<http://www.ifn.fr>

Jean-Luc DUPOUEY

INRA - Ecologie & Ecophysiologie
Forestières
54280 Champenoux
Tel : 03 83 39 40 49
dupouey@nancy.inra.fr
<http://www.nancy.inra.fr>

Sophie GACHET

Institut Méditerranéen d'Ecologie et de
Paléoécologie
Domaine du Petit Arbois - Bâtiment Villemin
BP 80 (CEREGE)
13545 AIX-EN-PROVENCE Cedex 04
Tel : 04 42 90 84 46
sophie_gachet@yahoo.fr
www.imep-cnrs.fr

Bouquet de flore

Jean-Claude GÉGOUT

ENGREF - LERFoB
Equipe Ecosystèmes Forestiers et
Dynamique du Paysage
14, Rue Girardet
54042 Nancy Cedex
Tel : 03 83 39 68 84
Fax : 03.83.39.68.78
gegout@engref.fr

Michel HOEPFNER

Medias-France
CNES - Bpi 2102
18 avenue Edouard Belin
31401 TOULOUSE Cedex 9
Tel : 05 61 27 42 15
Michel.Hoepfner@medias.cnes.fr
<http://medias.obs-mip.fr/www/>

Daniel MALENGREAU

Conservatoire Botanique National de Brest
52 allée du Bot
29200 BREST
Tél : 02-98-41-88-95
Fax : 02-98-41-57-21
d.malengreau@cbnbrest.com

Daniel MATHIEU

Tela Botanica
Le Réseau des Botanistes Francophones
Association TELA BOTANICA
institut de botanique
163, rue Auguste Broussonnet
34 090 Montpellier
dmathieu@tela-botanica.org
<http://www.tela-botanica.org>

Jean-Pascal MILCENT

Association Tela Botanica
Le Réseau des Botanistes Francophones
Institut de botanique
163, rue Auguste Broussonnet
34 090 Montpellier
jpm@tela-botanica.org

Franck PERVANCHON

UMR INPL-ENSAIA-INRA Agronomie
et Environnement Nancy-Colmar
2 avenue de la forêt de Haye
54500 VANDOEUVRE LES NANCY (FRANCE)
Tel : (33) 3 83 59 58 46
Fax : (33) 3 83 59 57 99
Franck.Pervanchon@ensaia.inpl-nancy.fr
<http://www.ensaia.inpl-nancy.fr/stpv/base.htm>

Sylvain PLANTUREUX

UMR INPL-ENSAIA-INRA Agronomie et
Environnement Nancy-Colmar
2 avenue de la forêt de Haye
54500 VANDOEUVRE LES NANCY (FRANCE)
Tel : (33) 3 83 59 58 46
Fax : (33) 3 83 59 57 99
Sylvain.Plantureux@ensaia.inpl-nancy.fr
<http://www.ensaia.inpl-nancy.fr/stpv/base.htm>

Thierry TATONI

IMEP (UMR CNRS 6116)
Université d'Aix-Marseille 3
FST St Jérôme, 13397 Marseille cedex 20
Tel : 04 91 28 84 26
Fax : 04 91 28 80 51
<http://www.imep-cnrs.com>

Michel VENNETIER

CEMAGREF
BP 31, Le Tholonet
13612 Aix-en-Provence Cedex 1
Tel : 04.42.66.99.22
Fax : 04.42.66.99.71
michel.vennetier@cemagref.fr
<http://www.aix.cemagref.fr>

Erwin ULRICH

Réseau RENECOFOR - Office National des
Forêts
Direction Technique - Département
Recherche et Développement
Boulevard de Constance
F-77300 Fontainebleau
Tel :: +33.1.60.74.92.21
Fax: +33.1.64.22.49.73
erwin.ulrich@onf.fr
<http://www.onf.fr/pro/renecofor/index.htm>