

Un cas d'évaluation physionomique de la biodiversité : options et questions

D. Orth¹, P. Loiseau², A. Loisnel¹,
O. Perrin¹, C. Balay¹

La réalisation d'un outil de diagnostic de la biodiversité prairiale à usage de non-spécialistes pose les questions fondamentales de la définition de la biodiversité, de ses déterminants et de la nature et pertinence d'indicateurs aisément accessibles. La présentation de la démarche effectuée en Auvergne est riche d'enseignements.

RÉSUMÉ

L'outil en cours de réalisation en Auvergne vise à diagnostiquer la biodiversité (richesse et régularité) dans ses composantes taxonomique, fonctionnelle et écologique. Les facteurs de gestion sont écartés au profit des indicateurs physionomiques. La recherche des indicateurs repose sur l'analyse statistique d'une base de données produite par des experts qui permet le calcul de critères de diversité et de physiognomie théoriques de 81 associations prairiales. Les résultats des analyses multivariées de la diversité opposent la richesse à la régularité. Les niveaux de biodiversité diffèrent sensiblement selon le milieu et le mode d'exploitation. Les clés physiognomiques théoriques produites pour chaque classe de pratiques-milieus ne présentent pas une validité suffisante à l'épreuve du terrain. Une approche physiognomique plus quantitative pour décrire les critères de diversité et l'intégration d'indicateurs acquis sur le terrain sont à l'étude pour améliorer l'outil.

MOTS CLÉS

Approche physiognomique, Auvergne, biodiversité, diagnostic, méthode d'estimation, prairie, richesse spécifique.

KEY-WORDS

Auvergne, biodiversity, diagnosis, estimation method, grassland, number of species present, physiognomic approach.

AUTEURS

1 : ENITA de Clermont-Ferrand, F-63370 Lempdes ; orth@enitac.fr

2 : INRA, Unité d'Agronomie, 234 Avenue du Brézat, F- 63039 Clermont-Ferrand Cedex 2

La DIREN (Direction Régionale de l'Environnement) Auvergne souhaite disposer d'un **outil qui permette de diagnostiquer de façon simple la biodiversité floristique et faunistique des prairies de la région**. Il est destiné en particulier aux techniciens agricoles et aux agriculteurs ne disposant pas d'une connaissance précise de la faune et de la flore. L'utilisation de cet outil sur plusieurs années devrait permettre d'appréhender globalement l'évolution de la biodiversité des prairies, sans avoir à mettre en œuvre des suivis lourds.

Le projet, démarré en 2002, n'est pas encore abouti. Le but de cet article, limité au diagnostic de la diversité de la flore, n'est donc pas de présenter les propositions finales d'une clé de diagnostic de la diversité des prairies en Auvergne mais d'**expliquer la démarche utilisée ainsi que les difficultés rencontrées** dans le projet.

Le cahier des charges spécifie que l'outil d'évaluation de la biodiversité floristique et faunistique d'une prairie soit accessible à un non-spécialiste et applicable à l'échelle de l'Auvergne. Il donne en exemple une clé réalisée pour la Suisse par le Service Romand de Vulgarisation Agricole (CHAROLLAIS *et al.*, 1997). Le domaine d'application de la clé englobe les prairies au sens large, c'est-à-dire toute formation herbacée, prairie ou pelouse, à base d'espèces pérennes, exploitée de toute manière (fauche / pâture, intensification variable), et pas forcément les seules prairies les plus originales ou les plus diverses. L'outil est conçu pour un diagnostic à l'échelle parcellaire et donne l'état actuel de la biodiversité. Le diagnostic est hiérarchique dans la mesure où la biodiversité doit être positionnée sur une échelle de valeur. Enfin, l'outil doit lui-même être fourni à brève échéance et reposer sur la synthèse des données régionales disponibles.

Questions et démarche

Trois questions fondamentales sous-tendent la conception du travail à réaliser et déterminent la démarche utilisée.

1. Conception et nature de la biodiversité

La définition de la biodiversité à évaluer est laissée à la discrétion des auteurs de l'outil. Le demandeur conçoit que la biodiversité présente différents aspects, dont aucun n'est refusé ou privilégié, concernant la nature du vivant (animal, végétal), sa position dans la pyramide écologique ou la nature des variables mesurant tel aspect de la biodiversité : nombre, abondance, qualité particulière d'une espèce ou d'un groupe d'espèces. Une telle demande fait confiance aux scientifiques et experts naturalistes pour définir la biodiversité.

■ Le problème de la rareté, seule question tranchée

La rareté d'une espèce particulière n'est pas en soi un critère de biodiversité de la prairie où elle se trouve. En effet, il arrive qu'une

espèce rare soit inféodée à des prairies peu diverses. **La valeur patrimoniale n'a donc pas de relation organique avec la diversité.** La valeur biologique ou écologique d'une prairie se compose donc de sa valeur patrimoniale et de sa biodiversité (ORTH et GIRARD, 1996). La première constitue la composante la mieux connue et donne déjà lieu à des actions de sauvegarde et à des suivis. Elle ne sera pas considérée ici. C'est bien la valeur de la biodiversité qui fait question.

■ Les multiples dimensions de la biodiversité

Les scientifiques identifient aujourd'hui trois types ou domaines de biodiversité (BALENT *et al.*, 1999 ; NOSS, 1990) : **taxonomique, fonctionnelle et écologique.** La diversité taxonomique renvoie à la nature et à l'abondance des espèces. La diversité fonctionnelle concerne les groupes d'espèces végétales qui diffèrent par les stratégies de croissance et de reproduction (types fonctionnels ; GRIME *et al.*, 1997). La diversité écologique fait référence aux groupes d'espèces qui présentent différentes affinités vis-à-vis des facteurs du milieu et de la gestion. De plus, deux formes principales de diversité peuvent être considérées : la **richesse et la régularité**, concernant l'une le nombre d'espèces ou de groupes d'espèces, l'autre leur distribution au sein des communautés, mesurée par exemple par l'indice d'équitabilité (BARBAULT, 1992).

Considérer une seule dimension de la diversité signifierait que tous les critères précédents sont parfaitement corrélés. Nous ne sommes pas en mesure d'avancer une telle affirmation car les relations entre les différentes composantes de la biodiversité sont encore peu étudiées. Seul le nombre d'espèces est unanimement reconnu comme un critère positif de la biodiversité. Or, la diversité taxonomique ne représente qu'une des composantes de la biodiversité. Alors, comment juger les autres composantes de la diversité ? Particulièrement, il n'est pas clair que la régularité doive être considérée comme un signe positif de la diversité (BARBAULT, 1992). De même, aucun jugement de valeur n'est proposé pour l'instant quant à la valeur de biodiversité des groupes écologiques et fonctionnels. Ainsi, nous ne saurions pas juger de la diversité relative de deux communautés qui auraient le même nombre d'espèces, mais un nombre différent de groupes biologiques ou écologiques.

2. Déterminants de la biodiversité

Une deuxième question fondamentale est de savoir si une clé-diagnostic de la biodiversité peut s'envisager indépendamment des facteurs qui la déterminent. Deux grands groupes de facteurs sont concernés, qui sont respectivement facilement et difficilement modifiables : **la gestion annuelle et le milieu permanent.** C'est en partie parce qu'on ignore le déterminisme de la diversité que la clé fait besoin : on aimerait, lors du diagnostic de la biodiversité, peser le poids relatif de ces deux facteurs dans son déterminisme.

■ Facteurs de gestion

La biodiversité peut être modifiée par des facteurs qui relèvent de la gestion de la prairie (HERBEN et HUBER-SANNWALD, 2002 ; JEANGROS, 1993). La clé de diagnostic de la biodiversité n'a cependant pas pour fonction d'établir par elle-même une relation entre les états de biodiversité et la gestion. La démarche dans laquelle sa mise au point s'insère est même inverse : **la clé doit fournir une estimation objective de la diversité, indépendamment de la gestion**. De la confrontation de deux approches indépendantes, le diagnostic de diversité et l'analyse de la gestion parcellaire, le décideur espère détecter les configurations favorables à la diversité, et orienter ainsi les actions de préservation ou de restauration. En conséquence, tout critère devrait être rejeté de la clé, s'il définissait la biodiversité directement à travers des facteurs de gestion, considérés *a priori* comme favorables ou défavorables.

■ Facteurs du milieu non modifiables

Par ailleurs, une large part de la biodiversité d'une prairie doit dépendre de facteurs peu modifiables inféodés à la situation géographique de cette prairie : climat, roche mère, type de sol, cortège biologique à une échelle englobante de la parcelle, histoire ancienne de son utilisation. En d'autres termes, une référence à la **biodiversité potentielle locale** fait besoin, à laquelle on pourrait **comparer la diversité actuelle**. Ainsi, un effort de restauration pourrait être jugé en fonction d'une marge de progrès plausible de la biodiversité compte tenu de la situation locale de la parcelle, plutôt qu'en fonction de la distance qui sépare la valeur actuelle du maximum régional possible. La question étant posée d'une appréciation de la diversité potentielle dans le site de la parcelle étudiée, une partie du diagnostic pourrait donc considérer un ensemble plus large de critères, relatifs au territoire situé autour de la parcelle.

3. Indicateurs de la biodiversité

La question de l'identification d'indicateurs des différentes dimensions de la biodiversité se double ici de la nécessité de proposer des indicateurs **aisément accessibles**. Il s'agit de trouver des critères simples, appréhendables par observation d'éléments présents sur la parcelle ou aux alentours. Quels qu'ils soient, les indicateurs doivent pouvoir être identifiés sans connaissance taxonomique précise, ce qui privilégie **une approche physionomique**.

■ Indicateurs directs et indicateurs indirects de la diversité

Une partie des critères indicateurs de la diversité repose sur ce qu'on peut appréhender **directement** du vivant par une **observation qualitative ou quantitative rapide** sur la parcelle. L'utilisateur est mis en position d'estimer le nombre, l'abondance ou la répartition de

tel ou tel aspect de la flore ou de la faune, à l'exclusion de toute reconnaissance d'espèces. Ces critères doivent être facilement visibles et pas trop fugaces. Tout **critère indirect** reste également bon à prendre dans le cortège des signes qui peuvent révéler la diversité dans la parcelle et autour de la parcelle. Deux catégories d'indicateurs sont susceptibles d'être corrélées à la diversité de la végétation : les indicateurs relatifs aux **éléments structuraux** (structures paysagères et éléments d'hétérogénéité géomorphologique), et ceux **relatifs à la faune**. Les premiers constituent des sources potentielles d'espèces colonisatrices (OLFF et RITCHIE, 1998). La diversité de la faune (lépidoptères, orthoptères, arachnides...) renvoie en partie à la diversité de la végétation prairiale et à la structure du couvert (SCHWAB *et al.*, 2002 ; GUILBOT, 1999 ; OUIN et BUREL, 2002). L'utilisation de la faune pose cependant le problème de la caractérisation des groupes d'animaux par des non-spécialistes.

■ Approche physiologique

Si l'emploi de critères physiologiques séduit par l'affranchissement de la reconnaissance d'espèces, il n'a d'intérêt que si l'on peut établir un lien entre physiologie et biodiversité. Une description transgressant la notion d'espèce est possible depuis l'échelle de l'individu jusqu'à la communauté végétale en intégrant progressivement les différents niveaux d'hétérogénéité du couvert végétal. A l'échelle de la communauté, le polymorphisme d'une espèce selon le milieu et la convergence de forme entre espèces soumises aux mêmes conditions d'exploitation (FLEURY, 1996) laissent entrevoir la possibilité d'une approche physiologique de la diversité qui serait en relation avec les facteurs de gestion et du milieu. Dans les Alpes du Nord, le lien a été fait entre physiologie globale des couverts et valeur agronomique d'une prairie (BORNARD et DUBOST, 1992 ; FLEURY, 1994). GUILLOT-FLEURY (1995) propose une estimation de la diversité botanique à partir d'une typologie physiologique des prairies. Des travaux récents cherchent à établir les liens fonctionnels entre les « traits de vie » des espèces et le fonctionnement de l'écosystème prairial (REICH, 1993), sa réponse à la gestion (BULLOCK *et al.*, 2001 ; DIAZ *et al.*, 2001) ou ses caractéristiques agronomiques (DURU *et al.*, 2001). A l'heure actuelle, on n'est cependant pas en mesure d'affirmer qu'il existe des correspondances entre diversité végétale et physiologie. Dans l'élaboration d'un outil facile d'utilisation et valide au niveau régional on rechercherait plutôt des **critères globaux**, privilégiant des formes de végétation dominante, des couleurs, des structures ou des degrés d'hétérogénéité du couvert dans la limite de leur relative stabilité au cours de la saison.

4. Démarche

La démarche présentée a pour objectif d'élaborer **un outil pour évaluer la diversité au sein d'une communauté végétale**. Si la parcelle comporte plusieurs communautés, le diagnostic sera réalisé sur la communauté dominante ou réitéré pour chacune, et le diagnostic parcellaire prendra en compte l'évaluation de l'ensemble des commu-

nautés. Ce problème d'échelle au niveau parcellaire ne sera plus évoqué dans la suite pour focaliser la discussion sur la diversité d'une communauté.

■ Système expert ou approche scientifique ?

Deux attitudes sont possibles pour la réalisation de la clé. Elles sont relatives à deux groupes de disciplines qui semblent pouvoir se compléter pour répondre à l'objectif.

Par son expérience de la diversité des espèces qui composent les associations végétales, un expert régional est capable de mobiliser l'information qu'il détient pour établir rapidement des liens entre des critères physiologiques de terrain et les valeurs de biodiversité dans une région (GONSETH et MULHAUSER, 1996). Concernant la biodiversité végétale, cet expert est en même temps botaniste et phytosociologue, spécialiste de la description et de la typologie des communautés.

La clé d'Auvergne est à la charge de scientifiques et agronomes. Ces spécialistes de l'écologie des prairies s'interrogent sur la signification fonctionnelle, dynamique et agronomique de la diversité. Ils quantifient les réponses et délais de réponse aux facteurs du milieu et de la gestion, de manière souvent expérimentale, en termes de flux de matière et de composition botanique, et en lien fonctionnel avec les traits de plantes. Cette spécialisation fonctionnelle a pour revers une moins bonne connaissance des variétés microrégionales de la biodiversité.

■ Procédure

La démarche à l'échelle de la communauté végétale a été conçue en **3 étapes** principales (figure 1). La première étape de constitution d'une base de données sur les prairies en Auvergne relève de l'expertise. A partir de la base de données, la seconde étape consiste à définir en quoi consiste la biodiversité des prairies en Auvergne et à imaginer des critères physiologiques pouvant la caractériser. Ils seront calculés grâce à la base de données et mis en relation statistique avec la biodiversité pour constituer une clé théorique de diagnostic. Enfin, la troisième phase consiste dans la validation et dans l'enrichissement de la clé sur le terrain. Ce dernier aspect ne sera pas abordé dans l'exposé des résultats.

Résultats

1. La base de données

La base de données a pour objectif de rassembler les connaissances disponibles sur les prairies d'Auvergne dans le double but de caractériser leur biodiversité et d'en dégager des indicateurs théoriques. On dispose d'une vision assez complète de la flore des prairies auvergnates grâce à la synthèse phytosociologique de F. BILLY (2000) qui décrit l'ensemble des associations prairiales de Basse-Auvergne (Puy-de-Dôme et partie de la Haute-Loire). Cette description, qui est la

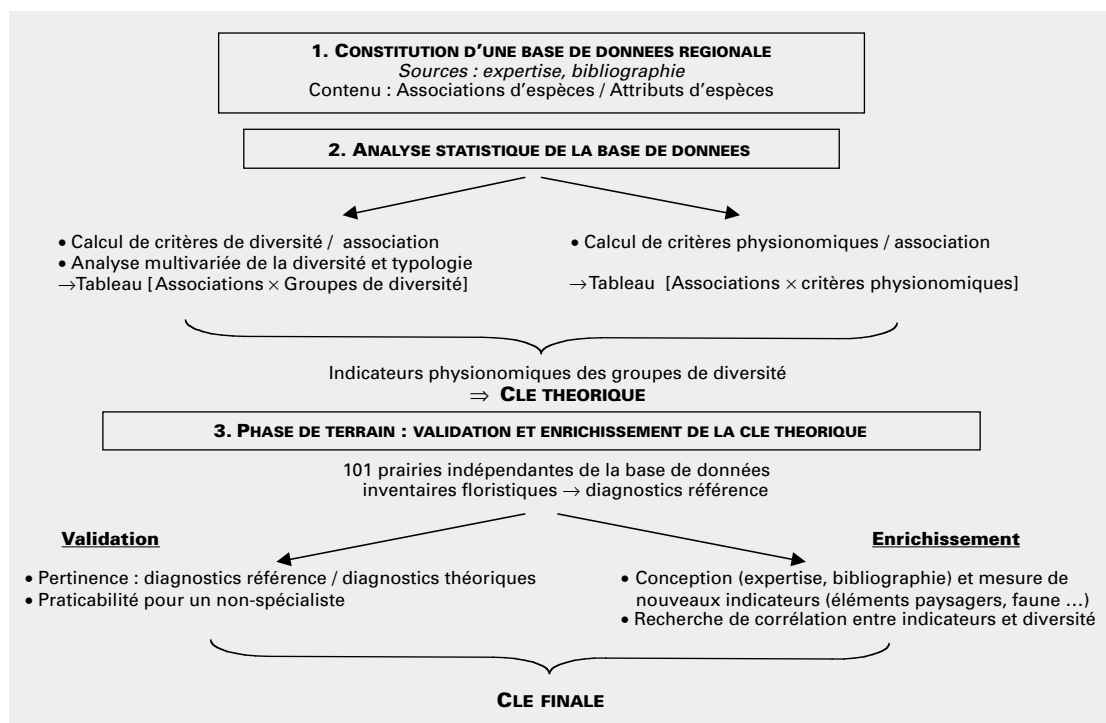


FIGURE 1 : Schéma de la démarche.

FIGURE 1 : Schematic lay-out of the approach.

seule disponible, constitue le support d'une première partie de la base de données, consistant dans le tableau taxonomique des abondances d'espèces pour **81 associations prairiales**. Le tableau a néanmoins été simplifié en ne retenant que les espèces les plus fréquentes de chaque association (présentes dans plus de 40% des relevés définissant l'association) soit 383 espèces. Cette simplification a l'avantage de restituer un nombre d'espèces par association similaire au nombre d'espèces par relevé. Une deuxième partie de la base de données consiste dans **un tableau des attributs d'espèces**, de nature fonctionnelle (biologique) et écologique (tableau 1) :

- **Les attributs fonctionnels** renvoient essentiellement à la pérennisation des espèces. La base de données de JULVE (1998) met à notre disposition pour chaque espèce les modes de reproduction sexuée (6 critères : inflorescence, sexualité, pollinisation, fructification, dissémination, couleur de la fleur), et les formes de vie ou types biologiques de plantes, essentiellement relatifs à la pérennisation végétative. En revanche, la connaissance des traits et des types fonctionnels n'est pas encore disponible pour les 383 espèces.

- **Les attributs écologiques** consistent en deux groupes : d'une part les préférences écologiques «larges» d'ordre phytogéographique (variables habitats optimaux, chorologie des espèces), d'autre part les préférences écologiques stationnelles (5 critères : humidité du sol, lumière, température, pH et richesse minérale), extraites d'une base de données reprenant les indices d'ELLENBERG (1992). Concernant le milieu, nous disposons également des limites altitudinales pour chaque association (BILLY, 2000).

Diversité	Attributs d'espèces		Modalités	
	Synthétiques	Détaillés	Exemples	Total
Taxonomique	Taxo	taxons	...	383
Fonctionnelle	Rsex	inflorescences types sexuels pollinisations fruits disséminations couleurs	Panicule d'épillets, racème d'épis, cyme de glomérules... Hermaphrodite, monoïque, gynodioïque, androdioïque... Anémogame, autogam, entomogame, apogame... Caryopse, akène, capsule, gousse... Barochore, épizoochore, anémochore, myrmécochore... Bleu, rose, blanc, jaune, jaune-rose, noir-marron,...	33 9 8 8 7 11
	Tyb	types biologiques	Chaméphyte <1 m frutescent, géophyte <1 m à rhizome...	32
Écologique	Phy	habitats optimaux chorologies	Prairies européennes hygrophiles, friches annuelles ... Holarctique, atlantique, circumboréal, eurasiatique...	106 30
	Sta	Lumière Température Humidité pH Richesse minérale	Pleine ombre à pleine lumière... Très froid à très chaud... Très sec à mouillé... Très acide à très basique... Infertile à très fertile...	7 8 12 10 10

L'ensemble de ces données relatives aux espèces permet de dresser les différents critères de la diversité taxonomique, fonctionnelle et écologique de chaque association. Les données relatives à la biologie des espèces, pondérées par l'abondance de chacune, permettront également d'appréhender de façon théorique certains éléments de la physiologie globale de chaque association. Enfin, les données relatives à l'écologie stationnelle des espèces permettent un calcul de la valeur écologique moyenne de la communauté pour les cinq facteurs du milieu.

TABLEAU 1 : Catégories d'attributs d'espèces, exemples et nombre total de modalités utilisés.

TABLE 1 : Categories of specific features, examples, and total number of modes utilized.

2. Nature de la biodiversité

Répondre à la question de la nature de la diversité des prairies en Auvergne avant de la juger, c'est savoir **comment les critères objectifs de la diversité covarient** entre les 81 associations, **et à quel nombre limité de natures de diversité on peut les restreindre**. Cette question sera discutée à partir d'un exemple simple de traitement de données synthétiques. La diversité taxonomique (Taxo), calculée pour chaque association, se compose du nombre (N) et de l'équitabilité (E) des espèces. Les autres critères de diversité, transgressant la notion d'espèce, concernent le nombre (N) et l'équitabilité (E) des groupes d'espèces. La diversité fonctionnelle est représentée par la moyenne des 6 critères de la reproduction sexuée (Rsex) et par le critère des formes de vie végétative (Tyb) ; la biodiversité écologique est considérée, sous ses aspects larges par la moyenne de 2 variables phytogéographiques (Phy) et sous ses aspects fins par la moyenne de 5 variables stationnelles (Sta).

■ Composantes de la biodiversité

Le tableau [associations / critères de diversité] a fait l'objet d'une analyse en composantes principales (ACP) (figure 2a). Toutes les diversités par les nombres sont corrélées positivement sur le premier axe de

l'ACP (51% de la variabilité). Une première réponse fondamentale est donc donnée selon laquelle **les richesses taxonomique, fonctionnelle et écologique sont pratiquement réductibles l'une à l'autre**. Dans ce sens, la spécialisation fonctionnelle et écologique des espèces semble bien être de nature à rendre compte de la cohabitation d'un plus grand nombre d'espèces au sein des associations prairiales (BARBAULT, 1992). **Les variables de richesse s'opposent à la régularité** de certains groupes d'espèces : les prairies les plus diversifiées sont caractérisées par une distribution irrégulière des groupes de reproduction sexuée et des groupes écologiques stationnels. Ainsi, les prairies les plus diverses renferment des espèces d'exigences écologiques stationnelles variées, mais restent néanmoins dominées par un faible nombre de groupes écologiques. Ce résultat rejoint d'une certaine façon le concept de niche écologique, dont l'impact sur la diversité n'exige pas nécessairement une égale importance spatiale des niches dans l'écosystème, mais seulement leur stabilité. Enfin, la régularité des formes de vie végétative, des groupes écologiques larges et la régularité taxonomique constituent des composantes secondaires de la diversité (12% et 9% de la variabilité, respectivement sur les axes 2 et 3 de l'ACP).

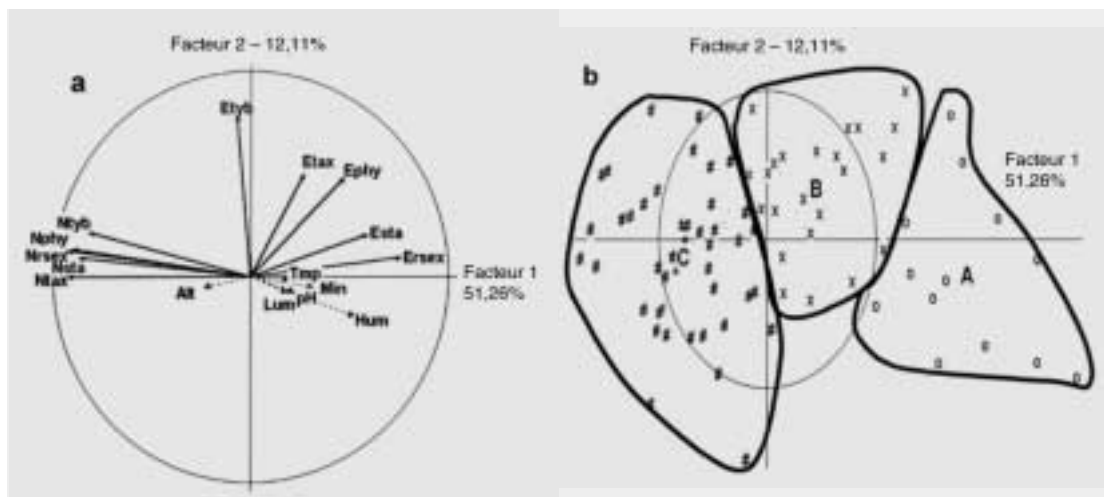
FIGURE 2 : Composantes de la diversité et établissement de 3 groupes de diversité des prairies en Auvergne.

FIGURE 2 : Constituents of diversity and setting-up of 3 groups of pasture diversities in Auvergne.

■ Typologie de la diversité des prairies en Auvergne

Une classification ascendante hiérarchique distingue **trois grands types de diversité** dans les associations prairiales d'Auvergne (figure 2b) :

- Diversité de type A : formations à faible nombre d'espèces et faible nombre de groupes fonctionnels ou écologiques d'espèces, ayant



a : Cercle des corrélations entre variables de diversité. Légende : tableau 1.

Les caractéristiques écologiques stationnelles sont portées en variables supplémentaires : Hum : humidité ; Tmp : température ; Lum : lumière, Min : richesse minérale ; Alt : altitude.

b : Projection des associations sur le plan factoriel et groupes de biodiversité croissante ressortant de la classification ascendante hiérarchique. Ces groupes intègrent les 5 premières composantes de l'ACP.

une répartition régulière des espèces et des groupes d'espèces, excepté une répartition irrégulière des formes de vie.

– Diversité de type B : formations à nombre d'espèces et de groupes fonctionnels d'espèces moyen, avec répartition régulière des groupes d'espèces.

– Diversité de type C : formations à nombre d'espèces et de groupes biologiques ou écologiques d'espèces important, avec répartition irrégulière des espèces et de tous les groupes d'espèces.

■ Hiérarchisation

La première composante, liée positivement aux richesses, mesure incontestablement la biodiversité. Des prairies plus riches de ce point de vue sont aussi plus irrégulières pour plusieurs critères de la biodiversité. Sur la deuxième composante de la diversité, on observe de même que les prairies les plus régulières ne sont pas souvent riches. Notre base de données des prairies en Auvergne sanctionne donc le débat sur la régularité : **plutôt que la régularité, c'est l'irrégularité qui doit être vue comme une valeur de biodiversité.**

■ Interprétation dynamique de la diversité

Partant de ces résultats, une première interprétation dynamique de la diversité de la prairie d'Auvergne face aux «perturbations» de son environnement peut être proposée, supposant que les stades A, B et C de biodiversité, décrits ci-dessus, se succèdent au cours du temps.

Le milieu prairial étant par nature épisodiquement ou continûment affecté par l'exploitation, «perturber» une prairie consiste en fait à modifier son **régime de perturbation**, en nature, fréquence ou intensité. Les résultats peuvent maintenant être confrontés au corps d'hypothèses dynamiques suivant qui ressort de la littérature : 1) à court terme, un changement du régime de perturbation diminue la biodiversité ; 2) à long terme, la biodiversité d'une communauté tend vers une valeur d'équilibre spécifique de son régime de perturbation, en fonction de la durée pendant laquelle elle le subit (VERTÈS *et al.*, 2002). Les résultats issus de la base de données entraînent alors l'interprétation fonctionnelle suivante de la dynamique de la diversité d'une communauté prairiale en **trois stades succédant à un changement initial** du régime de perturbation :

– dans un premier stade (A), le faible nombre et l'irrégularité des formes de vie signalent que très peu de types biologiques (mieux adaptés) dominent le peuplement, probablement faute de compétiteurs (mal adaptés et éliminés) ; le changement du régime de perturbation élimine brutalement les espèces et groupes d'espèces les moins adaptés et favorise un petit nombre d'espèces et de groupes d'espèces les mieux adaptés ;

– dans un deuxième stade (B), la richesse biologique augmente en respectant une répartition uniforme des espèces et des groupes d'espèces. Cette régularité généralisée signale que l'enrichissement de la

diversité se réalise en l'absence de compétition forte entre les espèces et groupes d'espèces ;

- dans un troisième stade (C), la richesse biologique atteint des valeurs très élevées, mais la communauté se structure en entités qui ne sont pas également réparties puisque des espèces ou groupes dominants cohabitent avec d'autres qui sont moins fréquemment représentés. Cette irrégularité générale signale que l'enrichissement de la diversité se réalise en présence de compétitions et de complémentarités entre espèces et groupes d'espèces (TURKINGTON et MEHRHOFF, 1990).

3. Biodiversité selon le milieu et le mode d'exploitation

Face à l'hypothèse dynamique voulant que le niveau de diversité soit déterminé par le régime de perturbation, une deuxième interprétation veut que les groupes de diversité soient déterminés par le milieu ou par les grands types de pratiques. Trouve-t-on les mêmes valeurs de biodiversité (A, B et C) quel que soit le milieu considéré ? De plus, la nature même de la diversité présente-t-elle les mêmes composantes selon les milieux ?

■ Classes de pratiques - milieux

Afin de répondre à ces deux questions, des classes d'associations prairiales différant par le milieu ont été d'abord définies. Elles distinguent notamment les prairies fauchées des prairies uniquement pâturées. En effet, d'une part, les prairies de fauche sont réputées plus diverses que les prairies pâturées, d'autre part, la physiologie, et vraisemblablement les critères physiologiques de la diversité risquent d'être différents selon que la prairie est fauchée ou uniquement pâturée. Une classification hiérarchique incluant l'altitude et les indices écologiques (humidité, lumière, température, pH et richesse minérale) définit **4 classes de «pratiques-milieu»** : les prairies de fauche (33 associations), les pâtures de plaine riches (15), les pâtures de plaine pauvres (18) et les pâtures de montagne (15) (tableau 2).

■ Diversités A, B et C selon les milieux

Les trois groupes de biodiversité se retrouvent **inégalement répartis dans les différents milieux** (tableau 2). Les trois groupes

TABLEAU 2 : Répartition des 81 associations prairiales de l'Auvergne en 3 groupes de biodiversité selon les conditions d'exploitation et de milieu.

TABLE 2 : *Distribution of the 81 grassland associations in Auvergne into 3 groups of biodiversity according to management and environmental conditions.*

Classes Pratiques Milieux	F Fauche Tous	PR Pâture Plaine Riche	PM Pâture Montagne	PP Pâture Plaine Pauvre	Total
Groupe de diversité					
- A	3	10	0	0	13
- B	9	2	6	7	24
- C	21	3	9	11	44
Total	33	15	15	18	81

sont représentés dans les prairies de fauche et les pâturages riches, avec une prédominance des prairies très diverses en fauche (21/33) et des prairies peu diverses dans les pâtures riches de plaine (10/15), conformément à la littérature. En revanche, les pâturages de montagne et les pâturages pauvres ne contiennent que des prairies diverses et très diverses (B et C, dans les mêmes proportions) et pas de prairies peu diverses (A).

En conséquence, une typologie globale de la diversité pour l'ensemble des associations prairiales de l'Auvergne conduirait à un diagnostic de la biodiversité trop fortement déterminé par la classe de «pratiques-milieu» de la prairie. Il semble donc nécessaire de caractériser plus spécifiquement la biodiversité au sein de chacune de ces classes pour proposer un diagnostic plus fin prenant en compte *a priori* le mode d'exploitation et le milieu. **La démarche développée pour identifier non seulement la valeur mais la nature de la biodiversité a donc été réitérée pour les 4 classes de «pratiques-milieu».** Ce faisant, la limite de validité statistique des résultats risque d'être atteinte, compte tenu de la réduction du nombre d'associations dans chacune de ces analyses.

4. Elaboration de clés d'évaluation phytosociologique de la biodiversité

■ Critères phytosociologiques

A un premier stade de la démarche, l'invention de critères phytosociologiques théoriques de la diversité est limitée à ce qu'on peut tirer de la base de données. Trois catégories de critères ont été retenues, critères tous recalculés à partir des attributs et des abondances d'espèces. Ils concernent les **inflorescences** (11 couleurs et 5 formes), la **morphologie des espèces** (6 types biologiques et 2 hauteurs), la **structure du couvert** avec trois composantes (flaque, tapis, touffe et 2 hauteurs) obtenues à partir de l'interprétation des critères morphologiques (FLEURY, 1994) : la flaque est définie à partir de l'abondance des espèces stolonifères et rhizomateuses, le tapis à partir de l'abondance des espèces gazonnantes et la touffe à partir de la présence et de la densité du type biologique cespiteux. Un tableau phytosociologique

TABLEAU 3 : **Catégories et modalités des critères phytosociologiques.**

TABLE 3 : **Categories and modes of phytosociological criteria.**

Catégories de critères	Inflorescences		Morphologies des espèces	Structures du couvert
	Couleurs	Formes simplifiées		
Modalités	Blanc	Coupelle	Ligneux >1 m	Tapis >1 m
	Blanc-jaune	Cyme-grappe lâche	Ligneux <1 m	Tapis <1 m
	Blanc-jaune-rose	Flours solitaires,	Thérophytes bisannuels >1 m	Flaque >1 m
	Blanc-rose	+/-condensées, colorées	Thérophytes bisannuels <1 m	Flaque <1 m
	Bleu	Flours condensées	Rosettes <1 m	Touffe >1 m
	Jaune	(herbacées, pas de couleur)	Rosettes >1 m	Touffe <1 m
	Jaune-rose	Flours en demi-sphère	Géophytes <1 m	
	Noir-marron		Sous arbrisseaux <1 m	
	Rose		Thérophytes parasites <1 m	
	Vert			
	Vert-rose			

théorique des associations est ainsi constitué, composé de l'abondance relative de 26 modalités de physionomie (tableau 3).

■ Production d'indicateurs physionomiques et des clés d'évaluation

Pour chaque classe pratiques-milieus, nous avons tenté d'identifier les éléments physionomiques spécifiques et fidèles à chacun des groupes de biodiversité par la procédure ISA (Indicator Species Analysis, DUFRENE et LEGENDRE, 1997). A l'issue de l'analyse, chaque critère physionomique se voit attribuer pour chaque groupe de biodiversité une **valeur indicatrice** de sa spécificité et de sa fidélité au groupe. Le nombre de critères physionomiques indicateurs significatifs des groupes de biodiversité varie de 11 à 32 selon les classes pratiques-milieus. Chaque critère est composé d'une **qualité** (par exemple fleur «rouge») et d'une **abondance** (par exemple 10 à 20%). Il peut être indicateur ou contre-indicateur d'un groupe donné de biodiversité. Les différents groupes de diversité ne présentent pas forcément le même nombre d'indicateurs. Ainsi, pour les prairies de fauche, le groupe de diversité B a 9 indicateurs et le groupe de diversité C en a 25.

Les critères significatifs de l'ISA constituent les items d'une clé théorique. Chaque fois qu'un critère est caractéristique d'un groupe de biodiversité, une valeur diagnostic est affectée au critère, correspondant à la différence entre la valeur indicatrice du critère pour ce groupe et sa valeur indicatrice moyenne pour les autres groupes. Si l'indicateur n'est pas caractéristique du groupe, sa valeur indicatrice est 0. La somme des notes obtenues pour tous les items présents sur la prairie attribue **un score à chaque groupe de diversité** (tableau 4). La prairie dont on a observé ainsi la physionomie est alors affectée au groupe de biodiversité qui présente le score le plus élevé.

■ Validation sur le terrain des clés physionomiques

La validation sur le terrain a utilisé une centaine de relevés, nouveaux et indépendants de la base, échantillonnés dans des prairies représentatives des 4 classes de pratiques-milieus. Elle a deux buts : d'une part analyser la **praticabilité** de l'outil pour un non-spécialiste, en termes de compréhension et de facilité d'observation du critère ; d'autre part vérifier la **pertinence du diagnostic** de la biodiversité par la clé. Elle consiste à calculer, pour l'ensemble des relevés, la fréquence des cas où le groupe de biodiversité diagnostiqué par la clé correspond au groupe «réel» d'appartenance du relevé, établi sur les mêmes relevés à partir de la méthode «lourde» d'inventaire floristique.

Concernant la praticabilité, l'estimation du recouvrement des couleurs de fleurs peut s'avérer délicate pour les nuances proches et les couleurs peu visibles (couleur noir-marron des fleurs de joncs et carex par exemple). L'observation de l'abondance des couleurs est à réserver à la période de pleine floraison (principalement mai/juin). Par ailleurs, certains critères relatifs à la forme de vie des espèces sont peu

Cocher		Indicateurs		Valeurs indicatrices des groupes		
si présence	Abondance (en %)	Critères	Diversité faible (gr. A)	Diversité moyenne (gr. B)	Diversité forte (gr. C)	
COULEUR						
X	0	Noir, marron	0	- 65	0	
	] 10 à 25]	Noir, marron	0	+ 34	0	
	0	Blanc, jaune	+ 52	0	- 64	
	] 0 à 10]	Blanc, jaune	- 51	0	+ 64	
	] 0 à 10]	blanc, rose	0	0	+ 39	
X	] 0 à 10]	Bleu	0	0	+ 56	
	] 10 à 25]	Bleu	0	0	- 35	
	] 10 à 25]	Jaune	+ 49	0	- 46	
X	] 25 à 50]	Jaune	- 49	0	+ 66	
	] 0 à 10]	Vert	0	+ 46	0	
	] 10 à 25]	Vert	0	0	+ 52	
	] 25 à 50]	Vert	+ 36	0	0	
	0	Vert, rose	+ 41	0	- 29	
	] 0 à 10]	Vert, rose	- 53	0	+ 52	
MORPHOLOGIE DES ESPECES						
	0	Rosettes <1 m	0	0	+ 36	
	] 0 à 10]	Rosettes >1 m	0	0	- 35	
	0	Thero bis >1 m	0	+ 47	- 40	
	] 0 à 10]	Thero bis >1 m	0	0	+ 40	
	0	Thero bis <1 m	0	0	- 47	
X	0	Ligneux <1 m	0	- 25	0	
	] 0 à 10]	Ligneux <1 m	0	+ 25	0	
	] 0 à 10]	Rosettes <1 m	0	+ 47	- 53	
	] 10 à 25]	Rosettes <1 m	- 57	0	+ 70	
	0	Thero par <1 m	+ 55	0	- 45	
	] 0 à 10]	Thero par <1 m	- 54	0	+ 45	
STRUCTURE DU COUVERT						
	0	Flaques >1 m	- 46	0	+ 65	
	] 0 à 10]	Flaques >1 m	0	+ 50	- 47	
X	] 0 à 10]	Tapis >1 m	- 50	0	0	
X	] 0 à 10]	Touffes <1 m	+ 67	0	- 35	
	] 10 à 25]	Touffes <1 m	- 77	0	+ 35	
	] 10 à 25]	Flaques <1 m	0	0	+ 40	
	] 25 à 50]	Flaques <1 m	0	+ 55	- 40	
TOTAL (somme des valeurs indicatrices)			- 32	- 90	87	

TABLEAU 4 : Exemple de clé obtenue pour les prairies de fauche et appliquée à un cas, diagnostiquant une prairie de diversité C.

TABLE 4 : Example of a key for a hay meadow applied to the case of a pasture, giving the diagnosis of a diversity of group C.

accessibles (bisannuelles, parasites ...) ou mériteraient d'être mieux adaptés aux classes pratiques-milieus (hauteurs). Enfin, l'appréciation de la physionomie du couvert en tapis, taches et touffes se révèle délicate dans les prairies de fauche et les pâtures pauvres, révélant la nécessité de clarifier l'échelle d'observation.

En termes de **validité du diagnostic**, le taux de prairies affectées par la clé au bon groupe de biodiversité varie **de 45 à 50% selon la classe** pratiques-milieus. Cette valeur est trop faible bien que significativement supérieure à ce que donnerait le hasard pour trois groupes de diversité (33%). De plus, l'analyse détaillée des matrices de confusion remet quelque peu en cause la spécificité et la fidélité des indicateurs à un groupe de diversité.

Pour les prairies de fauche et les pâtures riches, un diagnostic trop fréquent en faveur du groupe présentant le plus d'indicateurs indique leur moindre spécificité. Pour la pâture de montagne, des confusions entre groupes témoignent d'indicateurs insuffisamment fidèles. Enfin, en pâture pauvre, la clé identifie mal deux groupes de biodiversité du fait d'un nombre trop faible ou d'une praticabilité insuffisante des indicateurs. En effet, la couleur de fleurs et la structure du couvert ont été difficiles à identifier en 2003 à cause d'une floraison

précoce et brève, et de touffes peu vigoureuses se distinguant mal du reste du tapis.

En conclusion, même si la validation des clés montre des résultats supérieurs à ceux que l'on obtiendrait avec un tirage au hasard, **les indicateurs physiologiques dégagés** de l'analyse statistique de la base de données ne s'avèrent **pas suffisamment pertinents et robustes à l'épreuve du terrain** pour diagnostiquer les groupes de biodiversité avec une fiabilité acceptable.

Discussion

Les résultats obtenus lors du test des clés physiologiques rendent compte d'un décalage entre théorie et réalité qui conduit à s'interroger soit sur la qualité de la base de données pour l'usage que nous voulions lui donner, soit sur l'insuffisance de nos critères physiologiques.

1. Limites de la base de données

La base est établie à partir des associations à défaut de disposer d'une base constituée des individus d'association (un millier de relevés). Or, l'association est déjà un concept spécialisé où l'information «relevé» est traitée à partir des fréquences d'espèces dans un ensemble de relevés. La **différence entre association type et individu d'association** pourrait expliquer que les indicateurs physiologiques dégagés à partir de la base soient moins discriminants des groupes de diversité sur le terrain. De plus, nous avons fait l'hypothèse que ce qui est vrai pour l'association l'est aussi pour n'importe quelle communauté végétale choisie dans la nature banale, ce qui soulève la question de la représentativité de la base.

Par ailleurs, la base ne contient pas tous les éléments qui pourraient nous intéresser pour une clé. Elle ne permet pas d'appréhender l'hétérogénéité spatiale de la communauté, une composante majeure de la diversité fonctionnelle qui influe simultanément sur la physiologie. La bibliographie incomplète ne permet pas non plus d'insérer dans la base des attributs d'espèces comme la morphologie des limbes dont le rôle fonctionnel a été récemment démontré.

2. Limites de notre approche physiologique

Signalons tout d'abord que notre qualification physiologique reste limitée aux données disponibles dans la base et n'intègre pas le polymorphisme des espèces selon le milieu et les pratiques. Indépendamment du décalage entre théorie et réalité, la recherche d'indicateurs physiologiques nous apprend que **des prairies de même biodiversité peuvent présenter des physiologies très diffé-**

rentes. C'est dire qu'une part importante de la physionomie d'une prairie, décrite selon nos critères, n'a pas de rapport avec la biodiversité. Dès lors, non seulement les indicateurs dégagés ne permettent pas de valider un clé-diagnostic de la biodiversité, mais ils rendent une clé peu transparente et compréhensible du point de vue de l'appréhension de la diversité par un utilisateur. Telle que nous l'avons abordée, à partir d'une qualification des critères, l'approche physiologique n'est donc pas adaptée à notre objectif.

Est-elle pour autant impossible ? Il nous semble que le recours à **des critères physiologiques plus intégrateurs** des composantes de diversité permettrait un diagnostic plus pertinent et plus pédagogique. Ainsi, le nombre ou la régularité des couleurs de fleurs remplacerait la nature et l'abondance de couleurs *a priori* discriminantes. Une méthode robuste fait donc encore défaut pour estimer avec fiabilité les richesses et surtout la régularité. Enfin, le recours aux espèces indicatrices resterait à étudier, quoique l'introduction dans les clés de familles botaniques (abondance de poacées par exemple) et d'espèces n'ait pas permis d'améliorer significativement la validité du diagnostic.

Conclusion

Notre démarche, à défaut de produire un outil valide, aura permis néanmoins d'avancer des éléments de réponse à notre questionnement initial. Nous avons établi qu'un jugement absolu de la biodiversité n'est pas toujours évident, parce qu'elle présente plusieurs dimensions, opposant la richesse à la régularité. Nous avons vu également qu'on ne peut totalement s'affranchir du milieu et du mode d'exploitation, tant pour caractériser la biodiversité que pour définir des indicateurs physiologiques. Ceux-ci ne permettent pas un diagnostic suffisamment pertinent car il est délicat de discerner la part de physionomie d'une prairie qui révèle sa biodiversité. Nous cernons aussi les limites de notre approche qui tiennent pour partie à la nature de la seule base régionale disponible. Il est sans doute illusoire de vouloir objectiver totalement une méthode de diagnostic de la biodiversité. Compte tenu de ces acquis, les perspectives pour proposer un outil satisfaisant consistent d'une part en l'élaboration d'indicateurs physiologiques traduisant plus directement les critères de diversité et, d'autre part, en l'utilisation simultanée de critères indirects issus d'observations sur le terrain.

Travail présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.
«La biodiversité des prairies. Un patrimoine - un rôle fonctionnel»,
les 23 et 24 mars 2004

Les auteurs remercient la DIREN Auvergne et les membres du Comité de pilotage du projet ainsi que Marie ALLIROL et Coline LE DEUN, stagiaires en charge de la phase de terrain.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALENT G., ALARD D., BLANFORT V., POUDEVIGNE I. (1999) : «Pratiques de gestion, biodiversité floristique et durabilité des prairies», *Fourrages*, 160, 385-402.
- BARBAULT R. (1992) : *Ecologie des peuplements*, Masson, 273 p.
- BILLY F. (2000) : *Prairies et pâturages en Basse Auvergne*, *Bulletin de la Société Botanique du Centre Ouest*, numéro spécial 20, 259 p.
- BORNARD A., DUBOST M. (1992) : «Diagnostic agro-écologique de la végétation des alpages laitiers des Alpes du Nord humides : établissement et utilisation d'une typologie simplifiée», *Agronomie*, 12, 581-599.
- BULLOCK J., FRANKLIN J., STEVENSON M.J. *et al.* (2001) : «A plant traits analysis of responses to grazing in a long term experiment», *J. Appl. Ecology*, 38, 253-267.
- CHAROLLAIS M., PEARSON S., KUCHEN S., SCHIESS C. (1997) : *Qualité écologique. Clé d'appréciation*, Service Romand de Vulgarisation Agricole, 34 p.
- DIAZ S., NOYMETER I., CABIDO M. (2001) : «Can grazing response of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits ?», *J. Appl. Ecology*, 38, 497-508.
- DUFRENE M. LEGENDRE P. (1997) : «Species assemblages and indicator species : the need for a flexible asymmetrical approach», *Ecological Society of America*, 345-366.
- DURU M., HAZARD L., JEANGROS B., MOSIMANN E. (2001) : «Fonctionnement de la prairie pâturée : structure du couvert et biodiversité», *Fourrages*, 166, 165-188.
- ELLENBERG H., WEBER H.E. , DULL R. , WIRTH V. , WERNER W., PAULISSEN D. (1992) : «Zeigerwerte von pflanzen in Mitteleuropa», *Scripta Geobotanica*, 18, 258 p.
- FLEURY P. (1994) : *Le diagnostic agronomique des végétations prairiales et son utilisation dans la gestion des exploitations agricoles. Typologie fondée sur les aptitudes des prairies à remplir des fonctions. Méthodologie et applications dans les Alpes du Nord*, thèse INP Lorraine, 139 p.
- FLEURY P. (1996) : «Les différentes composantes de la biodiversité dans les prairies. Exemple dans les Alpes du Nord françaises», *Acta botanica Gallica*, 143 (4/5), 291-298.
- GONSETH Y., MULHAUSER G. (1996) : «Bioindication et surfaces de compensation écologique», *Cahier de l'environnement*, 261, 135 p.
- GRIME J.P., HODGSON J.G., HUNT R. *et al.* (1997) : *Functional type*, T.M. Smith, H.H. Shugart et F.I Woodward édés, Cambridge, University Press, 122-150.
- GUILBOT R. (1999) : «Les insectes dans la prairie : un maillon essentiel de l'écosystème prairial», *Fourrages*, 160, 403-416.
- GUILLOT-FLEURY P. (1995) : *Aptitude des couverts prairiaux à assurer des fonctions agricoles et environnementales. Recherche méthodologique et application aux prairies de fauche des Alpes du Nord*, thèse INP Lorraine, 87 p.
- HERBEN T., HUBER-SANNWALD E. (2002) : «Effect of management on species richness of grasslands : sward- scale processes lead to large- scale patterns», *Proc. EGF 2002 Multi-function grasslands*, 7, 635-643.
- JEANGROS B. (1993) : «Prairies permanentes en montagne : I. Effets de la fréquence des coupes et de la fertilisation azotée sur la composition botanique», *Revue Suisse d'Agriculture*, 25(6), 346-360.
- JULVE P. (1998) : *Index écologique et chorologique de la flore de France*, <http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm>, Version du 14 mars 2000.

- NOSS R.F. (1990) : «Indicators for monitoring biodiversity : a hierarchical approach», *Conservation biology*, 4, 355-364.
- OLFF H., RICHIE E.M. (1998) : «Effects of herbivores on grassland plant diversity», *Trends in Ecology & Evolution*, 13 (7), 261-265.
- ORTH D., GIRARD C.M. (1996) : «Espèces dominantes et biodiversité : relations avec les conditions édaphiques et les pratiques agricoles pour des prairies des marais du Cotentin», *Ecologie*, 27(3), 171-189.
- QUIN A., BUREL F. (2002) : «Influence of herbaceous elements on butterfly diversity in hedgerow agricultural landscape», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93, 45-53.
- REICH P.B. (1993) : «Reconciling apparent discrepancies among studies relating life span, structure and function of leaves in contrasting plant life forms and climates», *Functional Ecology*, 7, 721-725.
- SCHWAB A., DUBOIS D., FRIED P.M., EDWARDS P.J., (2002) : «Estimating the biodiversity of hay meadows in north-eastern Switzerland on the basis of vegetation structure», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93, 197-209.
- TURKINGTON R., MEHRHOFF L.A. (1990) : «The role of competition in structuring pasture communities», *Perspectives on plant competition*, D. Tilman et J.B. Grace eds., Academic Press, San Diego, 307-340.
- VERTES F., LOISEAU P., SOUSSANA J.F. (2002): «Conduite des prairies et conséquences sur les cycles biogéochimiques et la biodiversité», *Fourrages*, 171, 265-276.

SUMMARY

An instance of the physiognomic evaluation of biodiversity : options and questions

Creating a tool for the diagnosis of grassland biodiversity that can be used by non-specialists raises fundamental questions on the definition of biodiversity, on its determining factors and on the nature and pertinence of easily useable indicators. Such a tool is being now worked out in Auvergne, with the aim of diagnosing the taxonomic, functional and ecological constituents of biodiversity, as regards both the number of species and the regularity of their distribution. This tool will not include indicators of management factors, so as to leave the management of plots for a future evaluation, but only physiognomic indicators. The indicators were selected through a statistical analysis of a data base set up by experts that makes possible the computation of the theoretical criteria of diversity and physiognomy from 81 grassland associations. The results from the multivariate analyses of diversity showed that there was an opposition between the number of species and the regularity of their distribution. There were noteworthy differences among the levels of biodiversity according to the environment and the type of management. The theoretical physiognomic keys set up for each class of practices/environments are not sufficiently valid for an actual application in situ : on the one hand, there is a problem for the characterization of surveys on the basis of data from grassland associations ; on the other hand, grasslands with the same biodiversity may have different physiognomies. A more quantitative physiognomic approach is presently studied for the description of criteria of diversity and for the integration of indicators gathered in situ, so as to improve the tool for the diagnosis of biodiversity.