

L'expérience de léna démontre les avantages de la diversité végétale pour les prairies

M. Fischer^{1,2}, T. Rottstock², E. Marquard³,
C. Middelhoff³, C. Roscher³, V.-M. Temperton^{3,4},
Y. Oelmann⁵, A. Weigelt^{6*}

Certaines études suggèrent qu'il existerait une relation positive entre la productivité et la diversité en espèces d'une communauté végétale. Par ailleurs, la production n'est pas le seul intérêt des surfaces prairiales. L'expérience de léna, à grande échelle et à long terme, a été conçue pour aborder ces questions.

RÉSUMÉ

Dans les parcelles de l'expérimentation de léna le nombre d'espèces varie de 1 à 60. Divers sous-projets traitent des effets de la composition et de la diversité de la communauté prairiale sur la production, la diversité de certains organismes et sur plusieurs processus écologiques. Les résultats des 6 premières années montrent clairement des relations positives entre le nombre des espèces, la présence de légumineuses et/ou la diversité fonctionnelle avec la production, la résistance à l'invasion végétale, aux pathogènes fongiques et les cycles d'éléments nutritifs. Les effets positifs de la diversité sur les processus à l'échelle de l'écosystème sont pertinents pour la production agricole et pour l'impact environnemental général.

* et le consortium de l'expérience de léna

MOTS CLÉS

Biodiversité, composition fonctionnelle, dicotylédone, écologie, expérimentation longue durée, graminée, légumineuse, mauvaise herbe, mélange fourrager, prairie, production fourragère, résistance aux maladies, végétation.

KEY-WORDS

Biodiversity, dicotyledon, ecology, forage mixture, forage production, functional composition, grass, grassland, legume, long-duration experiments, resistance to diseases, vegetation, weed.

AUTEURS

1 : Institut des Sciences Végétales, Université de Berne (Suisse) ;
Markus.Fischer@ips.unibe.ch

2 : Institut de Biochimie et de Biologie, Université de Potsdam (Allemagne)

3 : Institut de Biogéochimie Max Planck, léna (Allemagne)

4 : Institut Phytosphere ICG-3, Forschungszentrum Jülich, Jülich (Allemagne)

5 : Institut de Géographie, Université de Mayence (Allemagne)

6 : Institut d'Ecologie, Université de léna (Allemagne)

1. L'intérêt de la relation entre la diversité biologique et les processus à l'échelle de l'écosystème pour les prairies agricoles

Il est reconnu que la productivité des prairies et le système de culture affectent la composition et la diversité des communautés végétales (ELLENBERG, 1996). Ainsi, même lorsqu'elles sont semées, la composition et la diversité d'espèces des prairies sont considérées comme étant fortement déterminées par l'environnement.

Durant les années précédentes, on a aussi étudié comment, dans un environnement donné, la composition et la diversité d'une prairie affectent les processus à l'échelle de l'écosystème, en particulier la production de biomasse. Effectivement, plusieurs expériences ont démontré **une relation positive entre la productivité et la diversité en espèces** d'une communauté (BALVANERA *et al.*, 2006). Selon HECTOR *et al.* (1999), une diminution de 50% de la diversité en espèces des plantes réduirait la production par unité de surface de 10 à 20%.

Pour de nombreuses raisons, **ces résultats** et leur intérêt pour l'agriculture **sont toujours débattus**. D'une part, on se demande s'ils sont vraiment pertinents parce qu'ils sont basés sur des scénarios d'extinction aléatoires, où les espèces des prairies de plus basse diversité sont un sous-échantillon aléatoire des espèces se retrouvant sur des sites à diversité élevée. En milieu agricole, l'extinction n'est probablement pas aléatoire, car elle affecte d'abord les espèces dominées. D'autre part, même si une augmentation de la diversité en espèces augmente effectivement la productivité, il est toujours possible que cet effet ne soit pas lié à la diversité en espèces elle-même mais plutôt à l'augmentation de la probabilité d'avoir plus de groupes fonctionnels (GRIME, 1997 ; SCHMID *et al.*, 2002 ; BALVANERA *et al.*, 2006). On pourrait alors conclure que le nombre d'espèces à l'intérieur d'un groupe fonctionnel est redondant.

Finalement, alors que **la production est importante, ce n'est pas le seul processus pertinent dans ces écosystèmes**. Il faut également prendre en compte d'autres processus tels que la stabilité des populations, les invasions végétales, les infestations de pathogènes, les interactions avec les pollinisateurs ou le stockage d'azote et de carbone, qui sont affectés par la diversité des espèces et des groupes fonctionnels (DAILY, 1997 ; HOOPER *et al.*, 2005 ; BALVANERA *et al.*, 2006). Pour aborder ces questions, l'expérience de Iéna a été conçue en 2002 : une expérience à grande échelle et à long terme concernant les effets de la diversité des communautés végétales sur la diversité d'autres organismes et sur plusieurs processus écologiques (tableau 1).

Plusieurs questions soulevées dans les paragraphes précédents sont communes à l'expérimentation de Iéna et au programme français ANR DISCOVER, coordonné par J.F. SOUSSANA, l'objectif de ce programme étant aussi d'analyser et de modéliser le rôle fonctionnel de la diversité végétale et ses conséquences sur la dynamique de

| Sous-projet* | Chercheurs principaux | Sujet de recherche |
|--------------|---|--|
| Z | Wolfgang W. Weisser (Université de Iéna) ; Ernst-Detlef Schulze (Institut de Biogéochimie Max Planck, Iéna) | Coordination |
| 1 | Wolfgang W. Weisser, Winfried Voigt (Université de Iéna) | Consommateurs invertébrés |
| 3 | Nina Buchmann (ETH Zurich) ; Ernst-Detlef Schulze, Bernhard Schmid (Université de Zurich) | Traits fonctionnels et plasticité des plantes |
| 4 | Christof Engels (Humboldt Université de Berlin) | Racines |
| 5 | Stefan Scheu (Université de Darmstadt) | Faune du sol |
| 7 | Wolfgang Wilcke (Université de Mayence) | Cycle des nutriments du sol |
| 8 | Gerd Gleixner (Institut de Biogéochimie Max Planck, Iéna) | Stockage de carbone dans le sol |
| 10 | Ernst-Detlef Schulze, Bernhard Schmid, Michael Scherer-Lorenzen (ETH Zurich) | Processus d'assemblage des communautés |
| 11 | François Buscot, Carsten Renker (Université de Leipzig) | Mycorhizes arbusculaires et champignons du sol |
| 12 | Markus Fischer, Volker Kummer (Université de Berne, Université de Potsdam) | Pathogènes fongiques foliaires et variation génétique végétale |
| 13 | Stefan Halle (Université de Iéna) | Petits rongeurs |
| 14 | Teja Tschamtké (Université de Göttingen) | Pollinisateurs et leurs réseaux |
| 15 | Christian Wirth (Institut de Biogéochimie Max Planck, Iéna) | Modélisation des cycles biogéochimiques et dynamique des populations végétales |

* Pour de plus amples informations, voir : <http://www2.uni-jena.de/biologie/ecology/biodiv/>

TABLEAU 1 : **Les sous-projets de l'expérience de Iéna.**

TABLE 1 : *The sub-trials of the Jena experiment.*

l'écosystème prairial. Ces deux unités de recherche sont complémentaires : à Iéna, on fait varier la diversité végétale alors que, dans DISCOVER, on applique divers régimes d'exploitation.

2. L'expérimentation de Iéna

L'expérience de Iéna comprend 4 différentes sous-expériences dont chacune s'intéresse à une question particulière (figure 1). Les détails du dispositif expérimental sont publiés dans ROSCHER *et al.* (2004).

■ Le site expérimental

Le site expérimental est situé sur un fluvisol eutrique dépourvu de pierres, développé à partir de sédiments fluviaux de 2 m d'épaisseur sur la plaine d'inondation de la rivière Saale (altitude 130 m) au nord de la ville de Iéna (Jena-Löbstedt, Thuringe, Allemagne). La température annuelle moyenne de l'air à la station météorologique, située à 3 km au sud du site expérimental, est de 9,3°C (1961-1990) et la moyenne annuelle des précipitations est de 587 mm (KLUGE et MÜLLER-WESTERMEIER, 2000). Le site, anciennement en prairie, a été labouré au début des années 1960 (HUNDT, 1961) et fortement fertilisé durant les dernières décennies pour la production de légumes et de blé (ROSCHER *et al.*, 2004).

■ La communauté végétale expérimentale

La communauté végétale cible de l'expérience est **une prairie mésophile semi-naturelle, riche en espèces** (prairie *Molinio-Arrhenatheretea*, communauté à *Arrhenatherion* ; ELLENBERG, 1996). À l'origine, ces prairies ont été gérées pour la production de foin et



L'expérience principale s'est déroulée sur les grandes parcelles et a été répliquée sur des petites parcelles. De plus, les petites parcelles contiennent des monocultures des 60 espèces utilisées. L'expérience de dominance a aussi été réalisée à petite échelle sur les petites parcelles.

fauchées 2 à 3 fois par an. Soixante espèces ont été sélectionnées pour l'expérience à partir de recensements de communautés semblables en Europe centrale (FRANK et KLOTZ, 1990 ; ELLENBERG *et al.*, 1992), grâce à des études phytosociologiques qui ont eu lieu dans la plaine alluviale de Iéna (HUNDT, 1958 ; SCHWARZE, 1993 ; UTHLEB, 1995), ainsi que des connaissances personnelles de la végétation régionale. Comme ces prairies contiennent typiquement **peu de légumineuses, nous en avons ajouté quelques espèces** (*Medicago x varia*, *Onobrychis viciifolia*, *Trifolium hybridum* et *Trifolium fragiferum*).

Les analyses multivariées ainsi que les techniques de classification, appliquées à toutes les caractéristiques de ces 60 espèces, ont produit les **4 groupes fonctionnels** suivants :

- "Graminées" (16 espèces) : ce groupe comprend les Poacées et *Luzula campestris* (*Juncaceae*). Les traits communs sont un cycle pérenne (à l'exception de *Bromus hordeaceus*), une racine primaire de courte durée, une croissance cespiteuse et des feuilles hivernales vertes.

FIGURE 1 : Vue aérienne de l'expérience de Iéna en 2003.

FIGURE 1 : *The Jena experiment, viewed from the air in 2003.*

- "Légumineuses" (12 espèces) : ce groupe comprend les espèces et cultivars de la famille des légumineuses.

- "Petites dicotylédones herbacées" (12 espèces) : en plus d'une canopée basse, toutes ces espèces ont des feuilles hivernales vertes (sauf *Leontodon hispidus*) et un cycle de vie pérenne.

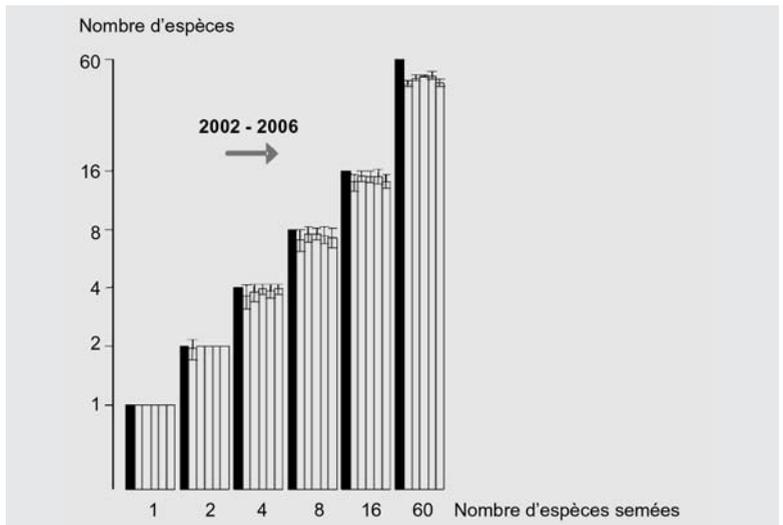
- "Grandes dicotylédones herbacées" (20 espèces), de hauteur moyenne et grande. Selon ELLENBERG et MUELLER-DOMBOIS (1967), leur croissance est pour la plupart "semi-rosulata" (c.a.d. comprenant une rosette et des tiges sans feuilles) ; les autres traits sont plutôt variables d'une espèce à l'autre.

■ Présentation de l'ensemble du dispositif

- **L'expérience principale à grande échelle** : Cette expérience traite les questions principales du projet. Elle consiste en 90 parcelles de 20 m x 20 m comprenant 1, 2, 4, 8, 16 et 60 espèces appartenant à 1, 2, 3 ou 4 groupes fonctionnels par parcelle. Comparée aux expériences précédentes, celle-ci maintient une gamme de fréquence de groupes fonctionnels même lorsque la richesse en espèces est plutôt élevée, soit de 4, 8 et 16 espèces. Ceci permet de séparer l'effet de la richesse en groupes fonctionnels de l'effet de la richesse en espèces. Les espèces ont été semées en 2002 et les espèces ne figurant pas dans l'expérience ont été enlevées des parcelles, permettant une très bonne comparaison entre la richesse en espèces voulue et réalisée (figure 2)

- **Monocultures à petite échelle pour toutes les espèces de l'expérience principale** : Comme seulement 16 espèces existent en monoculture à grande échelle, toutes les 60 espèces sont cultivées en monocultures répliquées, à petite échelle (3,5 m x 3,5 m). Au total, 120 petites parcelles ont servi pour les monocultures (en plus des 16 grandes parcelles faisant partie de l'expérience principale).

FIGURE 2 : Le nombre d'espèces observé de 2002 à 2006 correspond aux nombres d'espèces semées initialement (expérimentation de l'éna).
FIGURE 2 : The number of species observed from 2002 to 2006 corresponds to the number of species initially sown (Jena experiment).



- Répétition identique de l'expérience principale à petite échelle : Pour déterminer la variabilité intercommunautaire et sa dépendance sur la diversité, en plus du mélange de 60 espèces, toutes les communautés de 1 à 16 espèces ont été identiquement répétées sur des petites parcelles (3,5 m x 3,5 m).

- L'expérience de dominance à petite échelle : L'expérience de dominance a été conçue afin de démêler les effets directs de la richesse en espèces des effets de la présence ou de l'absence d'une espèce particulière. Les parcelles (3,5 m x 3,5 m) contiennent 9 espèces qui dominent typiquement dans les communautés à *Arrhenatherion*. Par conséquent, cette expérience sert de témoin à l'expérience principale, en démontrant si les effets de la diversité sont visibles seulement sur les sites où il y a une grande richesse en espèces (incluant des espèces dominées et rares) ou si on observe les mêmes effets sur les parcelles comprenant les 9 espèces dominantes seulement.

■ Mesures et analyses

Jusqu'à la fin 2007, un total de **433 ensembles de données** sur la diversité des groupes, sur l'interaction biologique et sur les pools et flux de nutriments et d'autres éléments a été obtenu, incluant plusieurs variables qui ont été mesurées pour une série d'années et de saisons. Ces variables ont été analysées pour les effets de la présence et absence de légumineuses et graminées dans la communauté. Pour les variables qui ont été mesurées au niveau de l'espèce végétale, telles que la biomasse aérienne par espèce, nous avons calculé si l'effet "biodiversité nette" résulte de la complémentarité entre les espèces ou des effets de la sélection (HECTOR et LOREAU, 2001). Dans ce dernier cas, les effets de la diversité seraient dus principalement à la présence d'un faible nombre d'espèces à hautes performances. Dans le cas des effets dus à la complémentarité, plusieurs espèces auraient de meilleures performances dans les communautés à haute richesse que dans les communautés moins riches en espèces.

3. Les effets de la composition végétale sur la communauté : présence ou absence de légumineuses et graminées

Des 433 variables, 26,8% ont été affectées par la présence ou l'absence de légumineuses et 10,8% par la présence ou l'absence de graminées (tableau 2), démontrant l'importance de la composition végétale des prairies pour les processus écologiques.

| Facteur | Tests* avec P < 0,05 | Tests* avec P < 0,01 |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| Présence des légumineuses | 26,8 % | 24,2 % |
| Présence des graminées | 10,8 % | 2,8 % |
| Richesse en espèces végétales | 18,8 % | 9,4 % |
| Richesse en groupes fonctionnels | 20,6 % | 8,4 % |

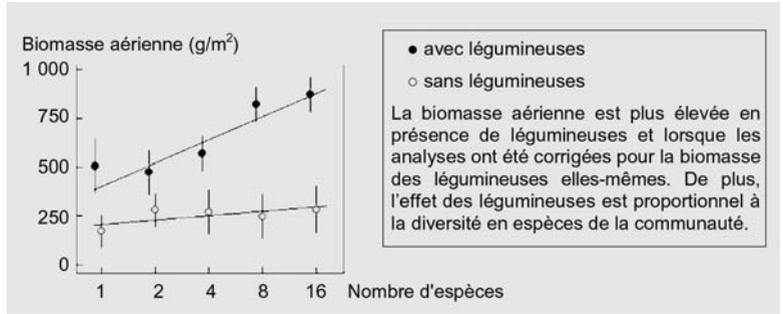
* Proportion de tests significatifs aux niveaux 5% et 1%, corrigés par les tests multiples.

TABLEAU 2 : Résumé des effets de la composition de la communauté et la diversité pour 433 processus variables mesurés dans l'expérience principale de Léna.

TABLE 2 : Summary of the effects of the community's composition and its diversity on 433 variable processes measured in the main Jena trial.

FIGURE 3 : L'effet de la présence des légumineuses (expérimentation de léna).

FIGURE 3 : *Effect of the presence or the absence of legumes (Jena experiment).*



De ces effets de la composition de la communauté, **l'effet le plus important est celui de la présence ou de l'absence de légumineuses**. La présence de légumineuses a augmenté la biomasse totale (figure 3, sous-projets (SP) Z et 10 : voir tableau 1 pour une description des différents sous-projets) et a diminué la biomasse et la densité des racines (SP 4). De plus, elle a augmenté l'invasibilité de la communauté (en termes de nombre d'espèces invasives, de nombre d'individus invasifs et de la biomasse invasive ; SP 3 et 10). La présence de légumineuses sur les parcelles a aussi eu un effet sur les communautés animales et microbiennes, en augmentant la biomasse et la densité de vers de terre, la densité des espèces des genres Chilopoda et Polydesmidae, la biomasse microbienne et le nombre de nématodes s'alimentant de bactéries (SP 5). De plus, la présence des légumineuses a affecté les interactions biologiques : elle a augmenté la consommation de végétaux par les insectes, tout en diminuant le nombre de fourmis et les interactions pucerons - fourmis (SP 1).

Finalement, la présence des légumineuses a bien sûr influencé les relations avec l'azote, menant à une augmentation du taux d'azote fixé, de la séquestration d'azote chez les plantes (SP 3) et des concentrations d'azote dans le sol (SP 7).

Contrairement aux effets des légumineuses, **la présence des graminées** sur les parcelles a augmenté la résistance de la communauté face aux plantes invasives (SP Z, 3, 10) et a augmenté la production de biomasse des racines et la densité des racines (SP 4). De plus, la présence des graminées a augmenté la survie et la fécondité des sauterelles (SP 1), tout en diminuant le nombre de diplopodes, le nombre de nématodes s'alimentant de bactéries, et la biomasse de vers de terre et micro-organismes (SP 5). Finalement, la présence des graminées a augmenté la décomposition de la litière et la respiration microbienne (SP5), mais a diminué le taux d'azote disponible dans le sol (SP 7).

D'un point de vue agricole, la présence de légumineuses et de graminées a eu à la fois des effets désirables et indésirables. Quelques effets étaient contraires pour ces deux groupes d'espèces, soutenant l'opinion que des espèces des deux groupes devraient être plantées en combinaison.

4. Effets de la diversité végétale de la communauté : richesse en espèces et groupes fonctionnels

Des 433 variables, 18,8% ont été affectées par la diversité en espèces et 20,6% par le nombre de groupes fonctionnels présents dans la communauté (tableau 2). Ces proportions suggèrent que les effets de la diversité sont aussi importants que les effets de la composition végétale mentionnée ci-dessus.

La diversité en espèces joue un grand rôle dans les communautés végétales. Celle-ci a augmenté la biomasse aérienne et la productivité totale dans les principales expériences de dominance (figure 4 ; SP Z, 10). Ces effets sont largement dus à la complémentarité entre les espèces, c'est-à-dire à une meilleure performance en culture mixte qu'en monoculture, et non parce que peu d'espèces de bonne performance dominent les parcelles les plus riches (ROSCHE *et al.*, 2005). De plus, une plus grande diversité en espèces a diminué le ratio de la biomasse racinaire/aérienne (SP 4). Une augmentation de la richesse en espèces a augmenté le nombre de plantules d'espèces résidentes émergentes, la densité végétale (SP 3, 10) et le nombre de graines viables dans la couche arable (SP 10). En même temps, elle a diminué le nombre d'espèces invasives, le nombre d'individus invasifs et la biomasse des plantes invasives (SP 5, 10). En récapitulant, les communautés ayant plus d'espèces végétales étaient plus productives, plus denses et plus résistantes à l'invasion.

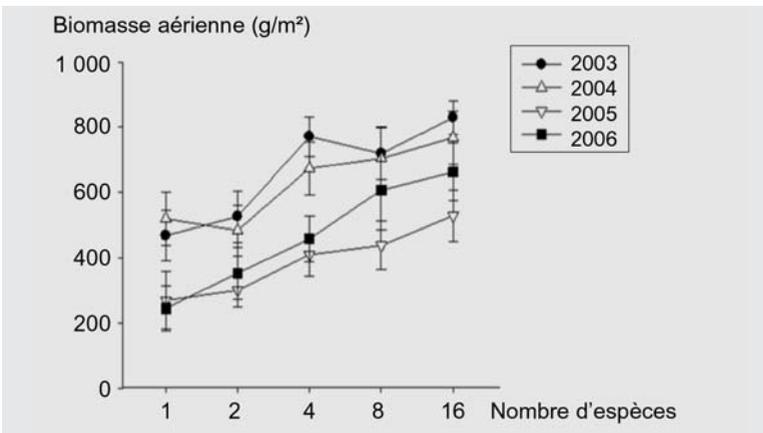


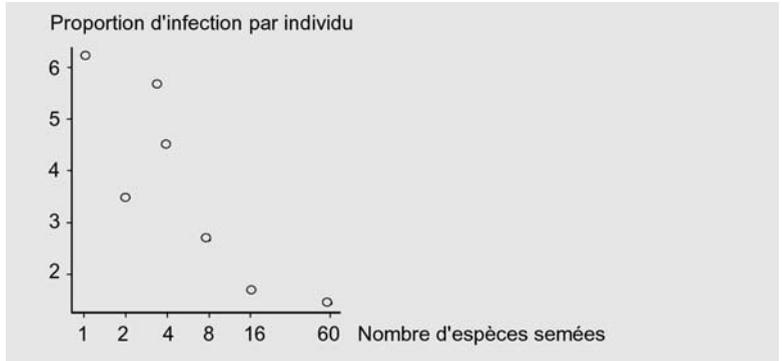
FIGURE 4 : La biomasse aérienne augmente avec la richesse en espèces chacune des années (expérimentation de Jena).

FIGURE 4 : The above-ground bio-mass increases each year with the number of species (Jena experiment).

La diversité en espèces a aussi affecté les animaux, champignons et micro-organismes. Elle a augmenté la diversité des pollinisateurs (SP 14), des insectes (SP 1), des pathogènes fongiques foliaires (SP 12), la biomasse et la densité des vers de terre, la diversité des nématodes, la densité des espèces du genre Chilopoda et la biomasse microbienne (SP 5). Ces effets ont été accompagnés par des effets sur les interactions biologiques. La diversité en espèces a augmenté le contrôle des pucerons par leurs ennemis naturels

FIGURE 5 : La proportion d'infection par des pathogènes fongiques foliaires diminue avec la diversité en espèces (expérimentation de léna).

FIGURE 5 : *The proportion of foliar infections by pathogenic fungi decreases with the floristic diversity (Jena experiment).*

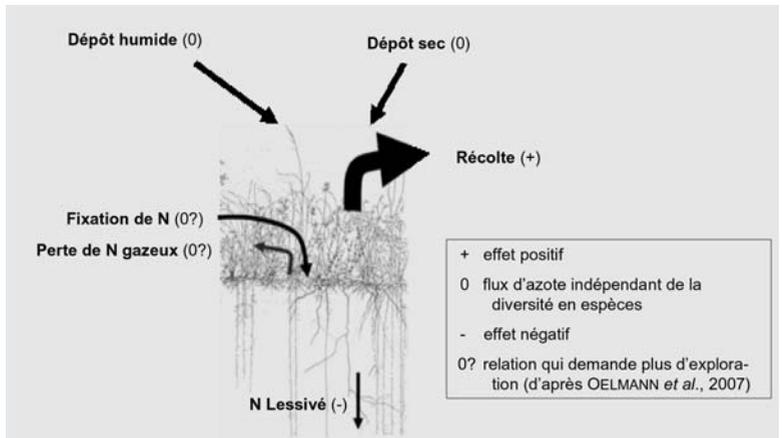


(SP 1) et a diminué le taux d'infestation par des pathogènes fongiques foliaires (figure 5 ; SP 12). Même si le nombre d'espèces de pathogènes fongiques foliaires a augmenté avec le nombre d'espèces végétales, la proportion d'individus affectés a diminué avec la diversité végétale. La diversité en espèces a aussi affecté les pools et flux de nutriments et d'autres éléments (figure 6). Elle a augmenté les flux de CO₂ du sol (SP 3), la respiration microbienne (SP 5) et les taux d'azote dans la biomasse foliaire. Elle a diminué la quantité d'azote inorganique disponible dans le sol et la solution du sol (SP Z, 7), la quantité d'azote organique dans la solution du sol et la disponibilité de P inorganique (SP 7). De plus, elle a augmenté les stocks de carbone et d'azote dans le sol (SP 7, 8) et l'efficacité de l'usage de l'azote par les parties aériennes de la plante (SP 3).

Une plus grande **diversité fonctionnelle**, c'est-à-dire la présence d'un plus grand nombre de différents groupes fonctionnels (graminées, légumineuses, petites dicotylédones herbacées, grandes dicotylédones herbacées), a augmenté la biomasse aérienne (SP Z, 10), la biomasse et la densité de vers de terre, la diversité des espèces appartenant à Chilopoda (SP 5), la diversité des pathogènes fongiques foliaires (SP 12) et la décomposition de la litière (SP 5). En même temps, la diversité fonctionnelle a diminué la performance des plantes invasives, leur diversité (SP 3, 10) et les taux de carbone dissous dans la solution du sol (SP 8).

FIGURE 6 : Résumé des effets de la diversité en espèces sur les flux d'azote.

FIGURE 6 : *Summary of the effects of floristic diversity on the flows of nitrogen.*



Globalement, d'un point de vue agricole, **l'augmentation de la diversité en espèces et en groupes fonctionnels** dans les communautés végétales **a surtout eu des effets positifs** incluant **une augmentation de production, une diminution d'invasibilité, une diminution d'infection par les pathogènes fongiques foliaires et une modification du cycle des nutriments avec une réduction des lessivages et une augmentation de l'azote et du carbone organiques dans le sol.**

Conclusion

Les résultats présentés ci-dessus indiquent clairement que beaucoup de processus qui ont lieu en prairie dépendent non seulement de la présence ou de l'absence des légumineuses ou graminées, mais que la diversité en espèces et en groupes fonctionnels est aussi un facteur très important : la plupart des processus pertinents pour l'agriculture tels que la production de la biomasse, la perte d'azote, le stockage de carbone dans le sol et les effets des pathogènes sur les plantes individuelles ont bénéficié d'une augmentation de la diversité en espèces et en groupes fonctionnels. De plus, il a été récemment noté que chaque espèce contribue individuellement aux processus d'un écosystème (HECTOR et BAGCHI, 2007), suggérant qu'une augmentation de la diversité en espèces joue un rôle aussi en augmentant les bienfaits de plusieurs processus simultanément. Globalement, ces résultats démontrent que toute pratique agricole augmentant le taux d'espèces des prairies devrait être appliquée. Ceci aura des bienfaits pour l'agriculture et réduira aussi l'impact environnemental de ces prairies.

Intervention présentée aux Journées de l'A.F.P.F.,
"Prairies multispécifiques. Valeur agronomique et environnementale",
les 26-27 mars 2008.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALVANERA P., PFISTERER A.B., BUCHMANN N., HE J.S., NAKASHIZUKA T., RAFFAELLI D., SCHMID B. (2006) : "Biodiversity and ecosystem functioning : a meta-analysis of experimental results", *Ecology Letters*, 9, 1146-1156.
- DAILY G.C. (1997) : *Nature's Services : Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press, Washington, D.C.
- ELLENBERG H. (1996) : *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*, Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG H., MUELLER-DOMBOIS D. (1967) : "A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions", *Ber. Geobot. Inst. Eidg. Tech. Hochschule*, Stift. Rübel, Zürich, 37, 56-73.
- ELLENBERG H., WEBER H.E., DÜLL R., WIRTH V., WERNER W., PAULIBEN D. (1992) : "Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa", 2nd ed., *Scr. Geobot.*, 18, Göttingen.
- FRANK D., KLOTZ S. (1990) : "Biologisch-ökologische Daten zur Flora der DDR", 2nd ed., *Wissenschaftliche Beiträge 1990/32 (P41)*, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

- GRIME J.P. (1997) : "Biodiversity and ecosystem function : the debate deepens", *Science* 277, 1260-1261.
- HECTOR A., LOREAU M. (2001) : "Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments", *Nature*, 412, 72-76.
- HECTOR A., BAGCHI R. (2007) : "Biodiversity and ecosystem multifunctionality", *Nature*, 448, 188-190.
- HECTOR A., SCHMID B., BEIERKÜHNLEIN C., CALDEIRA M.C., DIEMER M., DIMITRAKOPOULOS P.G., FINN J.A., FREITAS H., GILLER P.S., GOOD J., HARRIS R., HÖGBERG P., HUSS-DANEL K., JOSHI J., JUMPPONEN A., KÖRNER C., LEADLEY P.W., LOREAU M., MINNS A., MULDER C.P.H., O'DONOVAN G., OTWAY S.J., PEREIRA J.S., PRINZ A., REAS D.J., SCHERER-LORENZEN M., SCHULZE E.-D., SIAMANTZIOURAS A.-S.D., SPEHN E.M., TERRY A.C., TROUMBIS A.Y., WOODWARD F.I., YACHI S., LAWTON J.H. (1999) : "Plant diversity and productivity experiments in European grasslands", *Science*, 286, 1123-1127.
- HOOPER D.U., EWEL J.J., HECTOR A., INCHAUSTI P., LAVOREL S., LAWTON J.H., LODGE D., LOREAU M., NAEEM S., SCHMID B., SETÄLÄ H., SYMSTAD A.J., VANDERMEER J., WARDLE D.A. (2005) : "Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge and needs for future research", *Ecological Monographs*, 75, 3-36.
- HUNDT R. (1958) : "Beiträge zur Wiesenvegetation Mitteleuropas. I. Die Auenwiesen an der Elbe, Saale und Mulde", *Nova Acta Leopoldina N.F.*, 135.
- HUNDT R. (1961) : "Die Auswirkungen der Saaletalsperren auf die Grünlandvegetation des mittleren Saaletales", *Mitt. Inst. Wasserwirtschaft*, 14, 21-60.
- KLUGE G., MÜLLER-WESTERMEIER G. (2000) : "Das Klima ausgewählter Orte der Bundesrepublik Deutschland : Jena", *Berichte des Deutschen Wetterdienstes*, 213, Deutscher Wetterdienst, Offenbach.
- OELMANN Y., KREUTZIGER Y., TEMPERTON V.M., BUCHMANN N., ROSCHER C., SCHUMACHER J., SCHULZE E.D., WEISSER W.W., WILCKE W. (2007) : "Nitrogen and phosphorus budgets in experimental grasslands of variable diversity", *J. Environmental Quality*, 36, 396-407.
- ROSCHER C., SCHUMACHER J., BAADE J., WILCKE W., GLEIXNER G., WEISSER W.W., SCHMID B., SCHULZE E.-D. (2004) : "The role of biodiversity for element cycling and trophic interactions: an experimental approach in a grassland community", *Basic and Applied Ecology*, 5, 107-121.
- ROSCHER C., TEMPERTON V.M., SCHERER-LORENZEN M., SCHMITZ M., SCHUMACHER J., SCHMID B., BUCHMANN N., WEISSER W.W., SCHULZE E.-D. (2005) : "Overyielding in experimental grassland communities - irrespective of species pool or spatial scale", *Ecology Letters*, 8, 419-429.
- SCHMID B., JOSHI J., SCHLÄPFER F. (2002) : "Empirical evidence for biodiversity-ecosystem functioning relationships", A.P. Kinzig, S.W. Pacala, D. Tilman eds., *Functional consequences of biodiversity: empirical progress and theoretical extensions*, Princeton University Press, Princeton, pp. 120-150.
- SCHWARZE S.-K. (1993) : *Biotopkartierung im Stadtgebiet von Jena. Die Obere Saaleaue zwischen Camsdorfer Brücke und Göschwitz*, diploma thesis, University of Jena, 104 pp.
- UTHLEB S. (1995) : *Biotopkartierung im Stadtgebiet Jena. Die "Untere Saaleaue" zwischen Camsdorfer Brücke und Zwätzen*, diploma thesis, University of Jena, 89 pp.

SUMMARY

The Jena trial demonstrates the benefits of floristic diversity to pastures

A number of studies suggest that there could be a positive relationship between the productivity of a plant community and its floristic diversity. Besides, for grasslands, productivity is not the only desirable advantage. The Jena trials, constituting a large-scale and long-duration experiment, were set up to tackle these questions.

In the plots of the Jena trials, the number of species varies from 1 to 60. Various sub-trials deal with the effects of the composition and the diversity of a pasture sward on its productivity, the diversity of certain organisms, and several ecological processes. The results from the first 6 years show clearly that there exist positive relationships between the number of species, the presence of legumes and/or the functional diversity on the one hand, and on the other the productivity, the resistance to encroachment by plants and to pathogenic fungi, and the cycles of nutrients. The positive effects of the floristic diversity on the processes at the scale of the eco-system are of importance to the agricultural production and to the general environmental impact.