



Séance commune

Académie des sciences / Académie d'agriculture de France

Mercredi 17 décembre 2008, 15h

à l'Académie d'agriculture de France

« DIVERSITÉ BIOLOGIQUE ET PROCESSUS FONDAMENTAUX EN ÉCOLOGIE »

Coordinateur

Henri Décamps

de l'Académie des sciences et de l'Académie d'agriculture de France

- 15h00** **Introduction**
Henri Décamps
- 15h10** **L'impact de la diversité biologique sur le recyclage de la matière organique**
Stephan Hättenschwiler, *directeur de recherche au CNRS, UMR 5175 Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE), Montpellier*
- 15h40** **Restauration des espèces menacées : effets de la consanguinité**
Denis Couvet, *professeur au MNHN et à l'École polytechnique*
- 16h10** **Les arbres face au changement climatique : les leçons du passé**
Rémy J. Petit, *directeur de recherche à l'INRA, UMR 1202 « biodiversité, gènes et communautés », Cestas*
- 16h40** **Discussion générale**
- 17h00** **Conclusion**
Jean-Dominique Lebreton, *Académie des Sciences, Directeur du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE), Montpellier*

L'impact de la diversité biologique sur le recyclage de la matière organique

Stephan Hättenschwiler,

Directeur de Recherche, UMR 5175 CEFE-CNRS, F-34293 Montpellier

La décomposition de la matière organique constitue un point de forte régulation du cycle du carbone ainsi que de la mise à disposition des nutriments pour les plantes. Les écosystèmes ont une diversité biologique très variable, mais malgré cela, l'impact de cette diversité sur la décomposition de la matière organique et sur la minéralisation des éléments clés pour la croissance des plantes n'a pas été beaucoup étudié. Dans les processus de la décomposition, la biodiversité intervient à différents niveaux trophiques : les résidus organiques issus des plantes, les microorganismes, et la faune du sol (Hättenschwiler et al. 2005). Nos études concernent chacun de ces niveaux trophiques ainsi que leurs interactions, et nos principaux modèles d'études sont la forêt tropicale en Guyane française, et la forêt méditerranéenne.

La forêt Amazonienne est très riche en espèces d'arbre avec typiquement de 100 à 200 espèces par hectare. La litière foliaire représente jusqu'à 50% des apports de la matière organique dans le sol. Nous avons montré qu'elle varie fortement entre espèces d'une même communauté (Hättenschwiler et al. 2008). Cette variabilité est particulièrement forte pour la concentration en phosphore, un élément qui est très peu disponible en forêt tropicale et qui y limite souvent la croissance des plantes. Les chaînes trophiques supérieures dans le sol sont donc confrontées à une forte hétérogénéité de la qualité des litières. Dans nos expérimentations, cette hétérogénéité chimique dans des mélanges de litière a fréquemment accéléré la perte en masse de la litière et a changé les flux d'azote et de phosphore. Cette stimulation de la décomposition ne s'explique pas par la richesse spécifique, mais plutôt par la diversité stoechiométrique (les rapports C:N:P) des mélanges. C'est surtout la présence de la macrofaune, plus que celles des microorganismes seuls, qui permet l'expression de ces effets mélanges (Hättenschwiler and Gasser 2005).

En vue de la forte abondance de la macrofaune en forêt méditerranéenne, son activité est particulièrement importante pour les processus de la décomposition dans ce milieu. Nous avons mesuré que au-delà de la diversité des litières, c'est aussi la diversité de la macrofaune qui joue un rôle important pour la décomposition. En effet c'est souvent l'interaction entre ces deux niveaux trophiques qui détermine le taux de la décomposition.

L'ensemble de ces résultats a mis en évidence que la diversité des litières influence fortement la décomposition et les flux de nutriments. L'interaction avec la macrofaune joue un rôle clé pour les processus de décomposition dans les deux écosystèmes. Il est donc primordial de prendre en compte la complexité des réseaux trophiques du sol si l'on veut comprendre les mécanismes des effets de la biodiversité. On pourra alors prédire les conséquences de la perte de diversité sur le recyclage du carbone et des nutriments, mais il faudra aussi analyser l'impact des modifications de ce recyclage sur la mise en place des assemblages de plantes et leur productivité.

Hättenschwiler S, Gasser P (2005) Soil animals alter plant litter diversity effects on decomposition. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, **102**: 1519-1524.

Hättenschwiler S, Tiunov AV, Scheu S (2005) Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics*, **36**: 191-218.

Hättenschwiler S, Aeschlimann B, Coûteaux MM, Roy J, Bonal D (2008) High variation in foliage and leaf litter chemistry among 45 tree species of a neotropical rainforest community. *New Phytologist*, **179**: 165-175.

Restauration des espèces menacées : effets de la consanguinité

Denis Couvet

Professeur au MNHN et à l'Ecole Polytechnique

Lorsqu'elles sont rares, les espèces menacées affrontent une difficulté supplémentaire, le vortex d'extinction. Ce processus défavorable à la dynamique d'une espèce se renforce lorsque l'effectif décroît, entraînant l'espèce vers l'extinction en l'absence d'intervention. Il englobe des mécanismes de différentes natures :

- *démographique*. Par exemple dues aux difficultés de rencontre des partenaires sexuels en faible densité ;
- *génétique*. Résultant de l'augmentation de la dépression de consanguinité en petites populations ;
- *économique*. La rareté stimule la chasse voire le braconnage, la loi de l'offre et de la demande entraînant que le prix d'un individu ou d'un échantillon augmente avec la rareté de l'espèce.

Dépression de consanguinité : processus d'accumulation et estimation

Le vortex génétique résulte d'une accumulation lente mais régulière de mutations délétères, la sélection ayant un effet amoindri par rapport à la dérive génétique. On dispose de nombreux exemples d'accumulation de ces tares génétiques (in Robert et al. 2007), notamment en populations captives (Thévenon et Couvet, 2002)

Etant donné l'intensité de ces effets délétères, - les mesures en laboratoire chez la drosophile, la levure et *E. coli* donnant des valeurs proches -, l'effectif seuil en deçà duquel s'enclenche le vortex d'extinction serait d'un millier d'individus.

En l'absence de mesures in-situ de la dépression de consanguinité, difficile, cette dernière peut être inférée en mesurant la consanguinité. Pour une même consanguinité, des événements passés tels que les goulots d'étranglement déterminent cette accumulation (Theodorou et Couvet, 2006), nécessitant la reconstitution de ce passé, par exemple en étudiant la consanguinité multi-locus (Vitalis et Couvet, 2001).

Stratégies de réintroduction

En cas d'accumulation de ces tares génétiques, on peut espérer un gain rapide de survie ou de fécondité par hybridation. Afin de favoriser l'hybridation, une solution est de stimuler les flux migratoires, dans le cas d'une métapopulation (Couvet, 2002).

Lorsque la restauration des flux migratoires n'est pas possible ou suffisante, on peut procéder à des réintroductions. Ces opérations étant lourdes et coûteuses, il importe de choisir soigneusement les individus et les modalités. Chez les vautours fauves, réintroduire des individus juvéniles maximise la viabilité de la population réintroduite (Robert et al. 2004). L'intérêt d'étaler les réintroductions dans l'espace et dans le temps dépend du type de variations environnementales (Robert et al. 2007).

Enfin, l'ajout d'individus issus de la captivité présenterait un avantage transitoire, mais un désavantage à long terme, car ces individus peu soumis à la sélection, adaptés à la captivité, sont riches en tares génétiques (Theodorou et Couvet, 2004).

- Couvet D (2002) Deleterious effects of restricted gene flow in fragmented populations. *Conservation Biology* **16**, 369-376
- Robert A, Couvet D, Sarrazin F, Legendre S (2004) Releasing young versus adult in reintroductions : interaction between demography and genetics. *Conservation Biology* **18**, 1078-1087 (article commenté dans *Nature* **430**, p. 739)
- Robert A, Couvet D, Sarrazin F (2007) Integration of demography and genetics in population restorations. *Ecoscience* **14**, 463-471
- Theodorou C, Couvet D (2004) Introduction of captive breeders to the wild: Harmful or beneficial? *Conservation Genetics* **5**, 1-12 (article commenté dans 'Frontiers in Ecology and Environment' Juin 2004)
- Theodorou C, Couvet D (2006) On the expected relationship between inbreeding, fitness, and extinction. *Genet. Sel. Evol.* **38**, 371-387
- Thévenon S, Couvet D (2002) The impact of inbreeding depression on population survival depending on demographic parameters. *Animal Conservation* **5**, 53-60
- Vitalis R, Couvet D (2001) Estimation of effective population size and migration rate from one and two-locus identity measures. *Genetics* **157**, 911-925

Les arbres face au changement climatique : les leçons du passé

Rémy J. Petit

Directeur de Recherche, INRA et Université de Bordeaux, UMR1202 Biodiversité,
Gènes & Communautés, F-33610 Cestas

Il semble difficile d'exagérer l'importance des arbres sur notre planète : la forêt couvre (encore) 27% de la surface émergée de la Terre, représentant environ 380 milliards m³ de bois, soit près de 90% de la biomasse terrestre. Plus étonnant, il existerait 60.000 à 80.000 espèces d'arbres soit 20 à 25% des espèces de plantes. La vitesse de déforestation au cours des années 1990-2000 a été de près de 10 millions d'ha / an. Cette forêt de plus en plus fragmentée doit en outre faire face au réchauffement climatique en cours et produire le bois nécessaire aux besoins de la population mondiale. Pour mesurer les conséquences des activités de l'homme et répondre à de tels enjeux, plusieurs perspectives différentes sont utiles. L'étude de l'évolution des arbres apporte un éclairage original (Petit & Hampe 2006, Petit et al. 2008). Le long temps de génération de ces espèces ralentit considérablement leur évolution et la formation de nouvelles espèces. En conséquence, la diversité génétique qui s'accumule au sein de chaque espèce d'arbre acquiert une importance très grande et représente un héritage souvent très ancien de plusieurs millions voire dizaines de millions d'années (Magri et al. 2006, 2007). En outre, plusieurs millions d'années après leur spéciation, les espèces d'arbres échangent encore des gènes, sans pour autant perdre leur identité; c'est le cas des chênes ou des peupliers, qui sont devenus de véritables modèles pour l'étude du concept de l'espèce (Petit et al. 2004). L'évolution des arbres semble néanmoins s'accélérer lors des phases de migration consécutives aux changements climatiques (Petit et al. 2005), comme le confirme des travaux de simulation basés sur des modèles dynamiques spatialement explicites, mais les populations qui ont persisté sur place sur de longues périodes sont souvent les plus originales (Hampe & Petit 2005). Dans ce contexte, quelles pourraient être les conséquences du réchauffement climatique actuel sur la diversité et l'évolution des arbres ? Où se trouvent les priorités pour la conservation de cette biodiversité ?

Hampe A, Petit RJ (2005) Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. *Ecology Letters*, **8**, 461-467.

Magri D, Vendramin GG, Comps B et al. (2006) A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences. *New Phytologist*, **171**, 199-221.

Magri D, Fineschi S, Bellarosa R et al. (2007) The distribution of *Quercus suber* chloroplast haplotypes matches the palaeogeographical history of the western Mediterranean. *Molecular Ecology*, **16**, 5259-5266.

Petit RJ, Hampe A, Cheddadi R (2005) Climate changes and tree phylogeography in the Mediterranean. *Taxon*, **54**, 877-885.

Petit RJ, Hampe A (2006) Some evolutionary consequences of being a tree. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, **37**, 187-214.

Petit RJ, Hu FS, Dick CW (2008) Forests of the Past: A Window to Future Changes. *Science*, **320**, 1450-1452.

Petit RJ, Bodénès C, Ducousso A, Roussel G, Kremer A (2003) Hybridization as a mechanism of invasion in oaks. *New Phytologist*, **161**, 151-164.