

forêt méditerranéenne

tome XXXII, numéro 4, décembre 2011

International Issue

2nd Mediterranean Forest Week

Avignon, France, 5-8 April 2010

- Science and forestry
- Water for forest and people
- Scientific seminar EFIMED
- Forests, societies, territories
- Wildfire prevention

Numéro international
2^e Semaine forestière méditerranéenne
Avignon, France, 5-8 avril 2011

Science et foresterie ■

L'eau pour la forêt et les hommes ■

Séminaire scientifique EFIMED ■

Forêts, sociétés, territoires ■

Prévention des incendies de forêt ■

Revue éditée
avec la collaboration de :



ASSOCIATION
INTERNATIONALE
POUR LA
FORÊT MÉDiterranéenne

Numéro international International issue

sommaire *table of contents*

Mohamed Larbi CHAKROUN

Editorial

p. 345

Editorial

p. 346

II^e Semaine forestière méditerranéenne - Avignon (France) - 5-8 avril 2011

IInd Mediterranean Forest Week - Avignon (France) - 5-8 April 2011

Robert HICKEL

Le problème du reboisement dans le bassin de la Méditerranée (texte de mai 1911)

p. 347

Le contexte : l'environnement de la Méditerranée dans un monde en mutation : le rôle des forêts et de la science face aux grands défis

***Setting the scene: environmental challenges in the Mediterranean region
Advances and trends of the Mediterranean forest science***

Yves BIROT

La science au service de la foresterie en région méditerranéenne : les voies d'avenir

p. 349

Science serving forestry in the Mediterranean Region: the ways ahead

p. 354

Session : L'eau pour la forêt et les hommes en région méditerranéenne : un équilibre à trouver

***Session: Water for forests and people in the Mediterranean:
a challenging balance***

Yves BIROT, Carlos GRACIA, Giorgio MATTEUCCI, Robert MAVSAR, Bart MUYS
et Marc PALAHI

L'eau pour la forêt et les hommes en région méditerranéenne

p. 359

Water for Forests and People in the Mediterranean Region

p. 363

Séminaire scientifique : Biodiversité des écosystèmes forestiers méditerranéens : changer le paradigme de la conservation

***Scientific seminar: Biodiversity of mediterranean forest ecosystems:
changing the paradigm of conservation***

Jacques BLONDEL

Biodiversité marine et biodiversité terrestre : points de convergence

et défis communs

p. 367

Jacques BLONDEL
Biodiversity on the land and in the sea: when it converges, challenges in common
p. 373

Bart MUYS, Fernando VALLADARES, Filippo BUSSOTTI, Federico SELVI & Michael SCHERER-LORENZEN
Relation entre diversité des espèces d'arbres et productivité des forêts
p. 379
Tree species diversity and forest productivity
p. 385

Etienne KLEIN, Aurore BONTEMPS, Annabelle AMM, Christian PICHOT et Sylvie ODDOU-MURATORIO
Inférer les capacités de dispersion et de migration : de l'échelle locale à l'échelle globale
p. 391
Inferences about the capacity to disperse and migrate: from a local scale to the wider landscape
p. 399

Omri FINKEL
Effet de la distance sur la prédatation des graines par des vertébrés et invertébrés : étude du cas du pin d'Alep (*Pinus halepensis*)
p. 407
*Distance-dependence in vertebrate and invertebrate seed predators: A case study on Aleppo pine (*Pinus halepensis*)*
p. 415

Markku OLLIKAINEN
Le financement de la biodiversité en forêt privée : l'exemple du programme METSO en Finlande
p. 423
Financing biodiversity in private forests: The METSO programme in Finland
p. 429

Session : Forêts, sociétés et territoires

Session: Forests, societies and territories

Nisrin ALAMI
Création participative du Parc naturel régional de Bouhachem au Maroc
p. 435
Creating the Bouhachem Nature Park with a participatory approach (Morocco)
p. 437

Mohamed SAADIEH
Problématique de la gestion forestière à l'Union des municipalités de Dannieh (Liban Nord)
p. 439
The Problems of Forestry Management in the Dannieh Municipal Union (North Lebanon)
p. 447

Patrizia TARTARINO
Le Parc naturel régional "Terra delle Gravine" dans la région des Pouilles (Italie)
Résumé
p. 455

Regional nature parks in the Puglia region of Italy: the example of the "Terra delle Gravine" nature park- Summary
p. 457

Ahmet ŞENYAZ, Melekber SÜLÜŞOĞLU, Ersin YILMAZ
Participation citoyenne dans la gestion forestière et recommandations
Etude de cas à Mersin (Turquie)
p. 459

People's Participation in Forest Management and Some Recommendations
The Case Study of Mersin (Turkey)
p. 465

Julien LE TELLIER et Marion BRIENS
Retours d'expériences et perspectives d'utilisation de la méthode *Imagine*
Analyse systémique et prospective de durabilité
p. 471

Feedback and potential uses of the Imagine method: A systemic and predictive analysis of sustainability
p. 477

Riccardo CASTELLINI
La Forêt Modèle : un nouvel outil de gouvernance
p. 483
The Model Forest: a new tool for governance
p. 487

David DEVYNCK
La politique forestière territoriale en France (résumé)
p. 491
France's regional forestry policy (summary)
p. 493

Mario VELAMAZÁN, Cristina LÓPEZ, Francisco FLORES & Juan de Dios CABEZAS
Plans directeurs dans le Parc naturel régional de Sierra Espuña et le paysage protégé de Gebas (Murcie, Espagne)
p. 495

Master Plans in Sierra Espuña Natural Park and Gebas Protected Landscape (Murcia, Spain)
p. 500

Pierre DERIOZ
Forêts, sociétés et territoires en Méditerranée : pour une approche intégrée et participative de la place de la forêt dans les systèmes territoriaux
Conclusions et recommandations
p. 505
Forests, societies and territories in the Mediterranean: towards an integrated, participatory approach to the role of forests within territorial systems
Conclusions and recommendations
p. 509

Sessions parallèles Parallel Sessions

Document de référence : prévention des incendies de forêt en Méditerranée
p. 513
Position paper: Wildfire prevention in the Mediterranean
p. 519

Liste des participants - *List of participants*
p. 525

**Partenaires et membres du comité d'organisation
de la 2^e Semaine forestière méditerranéenne (Avignon, 5-8 avril 2011)**



EUROPEAN FOREST INSTITUTE
MEDITERRANEAN REGIONAL OFFICE - EFIMED



**ASSOCIATION
INTERNATIONALE
FORÊTS
MÉDITERRANÉENNES**



Région
Provence-Alpes-Côte d'Azur



MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

éditorial

Une tradition ne s'établit pas en deux ans. Mais, à défaut, deux réalisations peuvent peut-être annoncer une nouvelle façon de faire ?

Ainsi, après la première Semaine forestière méditerranéenne d'Antalya (Turquie) — qui a fait l'objet, entre autres, d'un numéro international de la revue *Forêt Méditerranéenne*, éditée par l'association éponyme¹ — s'est tenue, au mois d'avril 2011, la deuxième Semaine forestière méditerranéenne à Avignon (France).

Cette deuxième édition, tout comme la première, a connu un large succès. C'est le fruit de la conjonction des efforts de nombreux partenaires sous l'aile et avec le soutien du Comité Silva Mediterranea de la FAO et, en particulier, grâce à l'implication du ministère français en charge de la forêt, de l'Institut européen des forêts (EFI), du Plan Bleu pour la Méditerranée, de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et de l'Association Internationale Forêts Méditerranéennes (AIFM).

Ce numéro est consacré à rendre compte de cet évènement dans toutes ses dimensions.

L'une d'entre elles, historique, a consisté en la célébration du centenaire de Silva Mediterranea, association créée en 1911 par un groupe de forestiers méditerranéens. On trouvera dans ces pages², le texte écrit à l'époque par son créateur Hickel, mais que l'on croirait écrit en 2011... qu'avons-nous fait entre temps ?

Comme pour la première semaine, la dimension scientifique a tenu bonne place, avec deux grands chapitres, l'un consacré à l'eau (les Eaux et Forêts, cela ne vous dit rien ?), l'autre à la gestion et à la protection de la biodiversité.

Mais cette édition a présenté une singulière et intéressante nouveauté : les sessions « Forêts, sociétés et territoires », qui ont vu, pour la première fois, se réunir près de 120 personnes, provenant de 13 pays méditerranéens et rassemblant élus ou agents des collectivités territoriales, sylviculteurs privés et publics, membres d'associations de développement local, se mêlant aux représentants de l'Etat, aux chercheurs et aux enseignants.

C'est ainsi qu'aux dimensions strictement scientifiques, techniques et sylvicoles se sont tout naturellement ajoutées les approches environnementales, sociales, économiques et territoriales.

Comment le représentant de l'AIFM que je suis ne se réjouirait-il pas d'une telle réalisation ? Depuis la création de notre association, il y a seize ans maintenant, nous n'avons cessé de faire en sorte que les forêts méditerranéennes soient mieux prises en compte par toutes celles et ceux qu'elles concernent à quelque niveau que ce soit. Or, si dans chacun de nos pays cela demeure encore une tâche immense, c'est, au niveau international, un défi vertigineux.

Aussi, je ne saurais jamais assez remercier la FAO et tous les partenaires de cette deuxième Semaine forestière méditerranéenne de nous avoir permis, pour la première fois, d'entamer une démarche qui, je l'espère, va se poursuivre :

- en 2013, lors de la troisième Semaine forestière méditerranéenne que l'Algérie a proposé d'organiser ;
- dans le cadre des activités du groupe de travail n°3, « Forêt méditerranéenne et développement durable », du Comité Silva Mediterranea que l'AIFM co-anime avec le Plan bleu ;
- lors des prochains forums et congrès mondiaux au sein desquels pourra être portée la parole des forestiers méditerranéens, jusqu'ici peu audible ;
- dans la conception et la mise en œuvre des stratégies et des politiques forestières des pays riverains de la Méditerranée, où la spécificité des forêts et des espaces forestiers méditerranéens tient jusqu'à présent assez peu de place.

Peu à peu, de cette manière, se construit le réseau forestier méditerranéen qui, dans la lignée des initiatives de nos prédecesseurs d'un siècle, va pouvoir porter auprès de nos contemporains la réalité et la spécificité des forêts méditerranéennes d'aujourd'hui.

Mohamed Larbi CHAKROUN

Président de l'AIFM

1 - Avec la contribution de l'Association Internationale Forêts Méditerranéennes (AIFM) et de la FAO

2 - Cf. pp. 347-348

editorial

No tradition can be established in a mere two years. But failing that, surely two events can be the harbinger of a new way of doing things?

The first event, the inaugural Mediterranean Forestry Week, was held in Antalya (Turkey) –and it was the subject amongst others of an international issue of the *Forêt Méditerranéenne* magazine, published by the French association of the same name¹. The second event was again the Mediterranean Forest Week, held this time in Avignon (France) in April 2011.

This second event, like the first, enjoyed great success. It was the outcome of the combined efforts of a number of partners working together under the aegis of the Silva Mediterranea Committee of the FAO: in particular, the French Ministry responsible for forests, the European Forestry Institute (EFI), the Blue Plan for the Mediterranean, INRA, the French national agricultural research body and the International Association for Mediterranean Forests (AIFM).

This present number is devoted to an account of this conference in all its aspects. One of them, the historical, was the celebration of the hundredth anniversary of the founding of Silva Mediterranea, an association begun in 1911 by a group of Mediterranean foresters. In this number we reprint the article written at the time by Hickel², the founder father... it reads like it could have been written today, in 2011: what have we accomplished in the meantime?

As in the first event, the scientific dimension had a foremost place in the Week's proceedings, with two main topics: water (water and forests — a well-known tandem for the French whose National Forestry Commission deals with both); and the management and conservation of biodiversity.

But this second Week had a singular and interesting innovation: the workshops on "Forests, societies and territories" were occasions when, for the first time, among the 120 participants coming from 13 Mediterranean countries, elected representatives and officers of local and regional councils, private and publicly-employed forestry professionals, along with members of local development associations, mixed in with the representatives of national administrations, researchers and educators.

In this way, the strictly scientific, technological and silvicultural dimensions quite naturally coalesced with other more environmental, social, economic and regional approaches.

How, then, could the representative of the AIFM that I am fail to be very, very pleased at this achievement? Since the AIFM was founded some sixteen years ago, we have worked unceasingly to have Mediterranean forests better taken into account by everyone involved with them, in whatever way and at whatever level. If, in each of our countries, this goal remains an immense task, at an international level it still truly seems like moving mountains.

Hence, I will never be able to sufficiently thank the FAO and all our other partners in this second Mediterranean Forestry Week for having enabled us for the first time to really launch an initiative that, I hope, is going to be carried further:

- in 2013, through the third Mediterranean Forestry Week that Algeria has proposed hosting;
- within the framework of the Silva Mediterranea Committee's 3rd work group "Mediterranean Forests and sustainable development", whose co-leaders are the AIFM and the Blue Plan;
- during forthcoming forums and the world congress, when the voice of Mediterranean foresters, up till now barely audible, will make itself heard;
- in the conception and implementation of forestry strategy and policy in the countries around the Mediterranean Rim, where the specific features of Mediterranean forests and woodlands have not had the recognition they deserve.

Thus, through such efforts the Mediterranean forestry network has little by little built itself up to the point where now, in the tradition of our predecessors of a century ago, it will be able to bring to the attention of our contemporaries the reality and specificity of Mediterranean forests as they are today.

Mohamed Larbi CHAKROUN

AIFM President

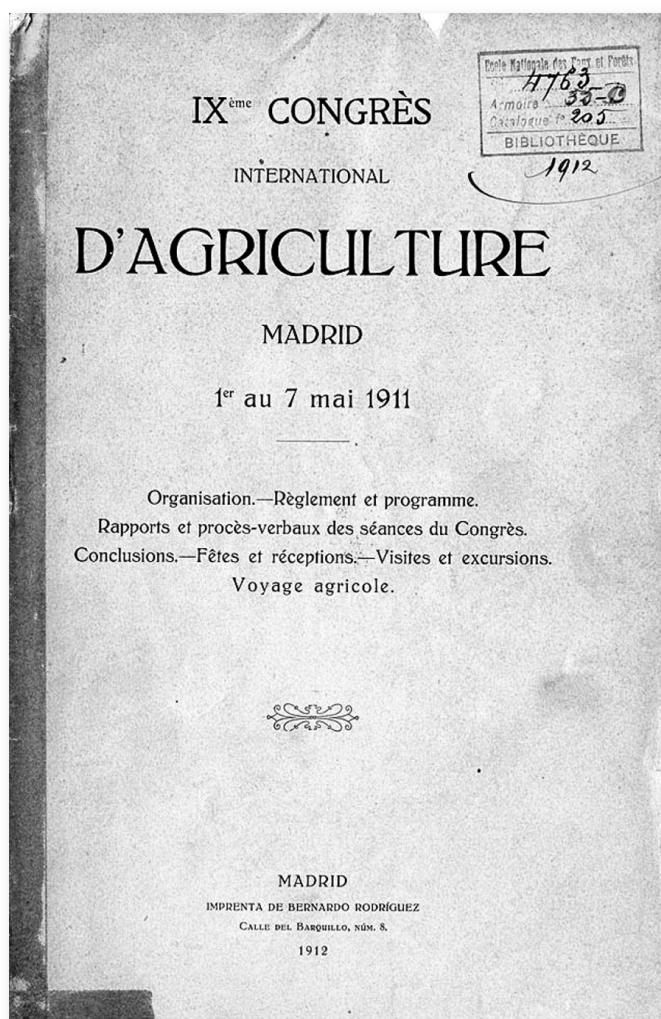
1 - With the collaboration
of Association
Internationale Forêts
Méditerranéennes (AIFM)
and FAO

2 - See pp. 347-348

Le problème du reboisement dans le bassin de la Méditerranée

Texte de la 4^e section "Sylviculture" présenté au Congrès international d'Agriculture de Madrid, du 1^{er} au 7 mai 1911

par Robert HICKEL,
fondateur de Silva Mediterranea



— 524 —

Le problème du reboisement dans le bassin de la Méditerranée

PAR
M. R. HICKEL

Je n'ai pas la prétention, dans cette note, de chercher à résoudre ce problème, quelque désirable, plus peut-être qu'en aucune région d'Europe, qu'en soit la solution.

Je ne veux qu'attirer l'attention du Congrès, non sur difficultés, bien connues des forestiers de toutes les nations qui ont une fenêtre sur la Méditerranée, mais bien sur l'analogie des difficultés qu'ils rencontrent, quelle que soit leur patrie, et, partant, sur l'intérêt qu'il y aurait pour les forestiers méditerranéens à mettre en commun leur méthodes, les résultats de leurs efforts pour résoudre ce problème.

On peut dire, sans trop d'inexactitude, que ce n'est qu'au début du XIX^e siècle que les méthodes forestières modernes ont acquis assez de précision pour pouvoir être réunies en un corps de doctrine. Sans doute, en France notamment, le XVIII^e siècle avait vu naître des méthodes qui avaient atteint un réel degré de perfection, mais les circonstances avaient voulu que l'homme capable de les coordonner et de les élancer en ce que nous appellerions aujourd'hui un *Traité de Sylviculture*, ne se rencontrât pas. Puis, au début du XIX^e siècle, d'autres circonstances créèrent d'étroites relations entre les initiateurs de la science forestière allemande et ceux qui devaient plus tard l'enseigner les premiers en France; le second des directeurs de notre École forestière de Nancy avait même reçu l'enseignement de l'École de Tharandt.

Notre enseignement supérieur, créé à Nancy en 1824, en reçut une forte empreinte et il fut longtemps à se dégager de ce que les doctrines allemandes avaient d'inapplicable à nos conditions propres.

De sorte qu'on peut, sans froisser aucune susceptibilité, dire que la lumière, dans la science forestière, lumière qui bientôt devait rayonner sur d'autres continents, venait de l'Europe centrale, de la région du pin sylvestre, du sapin, de l'épicéa, du hêtre et du chêne-rouvre.

Ceci ne présentait pas, en fait, de très sérieux inconvénients tant qu'il ne s'est agi que d'aménager, de traiter et d'exploiter des forêts. Ainsi, transportés dans les régions froides ou tempérées des Himalayas, les forestiers anglais, instruits en France ou en Allemagne, aux prises avec des forêts peuplées en majeure partie d'essences homologues de celles de l'Europe centrale, n'éprouvèrent pas de séries difficultés d'ordre culturel, pas plus que n'éprouvèrent en Algérie les forestiers français, qui n'y trouvèrent que des essences peu différentes de celles du littoral de notre Provence.

Il n'en fut plus de même lorsque les influences multiples de la forêt, son action sur le climat, sur le régime des pluies en particulier, son rôle dans le maintien des terres en montagne, dans la correction des torrents, son action sur le débit des sources, sur le régime des cours d'eau, commencèrent à être

Semaine forestière méditerranéenne d'Avignon

— 525 —

mieux connues — et c'est presque d'hier — on sentit l'impérieuse nécessité, non plus seulement de conserver et d'améliorer les forêts existantes, mais d'en créer de nouvelles, sur des points judicieusement choisis, en dehors même de toute préoccupation d'en tirer un revenu direct.

Dans quelques régions, dans les Alpes par exemple, on n'eut à lutter qu'avec les difficultés, déjà grandes pourtant, d'un terrain profondément dégradé.

Mais ailleurs, en Algérie par exemple, la tâche apparut singulièrement plus ardue. On avait pu croire, au début, qu'il suffirait de chercher au loin des essences dont la fragilité, la résistance à la sécheresse, la rapidité de croissance, permettraient d'obtenir des résultats prompts et assurés. C'est ainsi qu'on crut avoir trouvé dans l'eucalyptus l'arbre capable de transformer l'Algérie. L'illusion ne dura guère, et bientôt on dut constater qu'on n'en pouvait tirer aucun parti dans les terrains rocheux, secs, dégradés, c'est-à-dire, pré-émis dans ceux dont le boisement est le plus nécessaire.

C'est qu'en effet, si la forêt tropicale, une fois détruite, se reconstitue avec une facilité relative, au contraire, celle des régions intermédiaires, celle du lauretum, qui comprend toute la région méditerranéenne, est aussi aisée à détruire que difficile à reconstruire: une fois disparue, des difficultés inouïes s'opposent à sa résurrection.

Et pourtant, nulle part peut-être la forêt n'est plus utile et plus agréable; nulle part le besoin d'ombrage ne se fait plus impérativement sentir; nulle part des eaux abondantes ne sont plus nécessaires aux irrigations.

Les membres du Congrès international de 1907 ont pu, de Palerme, contempler la morne et chauve silhouette rocheuse du Monte Pellegrino, jeté comme un défi aux efforts des vaillants forestiers qui tentent la reforestation. Et pourtant la tradition veut que les armées carthaginoises aient campé sous les ombrages du Monte Pellegrino.

Encore plus tristes apparaissent en Algérie les vestiges de ces grandes cités romaines avec leurs temples, leurs palais, leurs théâtres, leurs aqueducs, cités mortes depuis de longs siècles, dans un désert sans arbres et sans eau.

De tels exemples de ruines peuvent se rencontrer sur presque tout le pourtour de la Méditerranée, et les difficultés qui y rendent si dures les conditions du reboisement sont les mêmes dans presque toutes les contrées méditerranéennes, qu'unissent des rapports étroits dans le climat, la flore et la mentalité de la masse non instruite de la population.

En ce qui touche au climat, l'obstacle est partout le même: les pluies, quelle que soit la hauteur annuelle qu'atteignent les chutes, sont inégalement réparties dans l'année, de sorte que tout semis ou plantation traverse durant la saison sèche une crise souvent mortelle.

La flore est uniforme, dans ses grands traits caractéristiques, qu'il s'agisse de l'Espagne, de la Provence, du Sud d'Italie ou du Nord de l'Afrique. A peine peut-on citer quelques essences propres à chacun de ces pays, et encore ne comptent-elles pas parmi les plus importantes. Seule peut-être l'Algérie nous offre quelques essences spécialement intéressantes par le rôle qu'elles pourraient jouer dans les reboisements méditerranéens: ce sont le bétoum (*Pistacia lentiscus*), le cèdre de l'Atlas, et surtout le thuya d'Algérie (*Callitris quadrivalvis*). Ce sont d'ailleurs ces deux dernières essences, avec le

— 526 —

chêne zén (Quercus Mirbeckii), dont M. José Jordana y Morera, dans un livre excellent (1), recommandait l'emploi en Espagne.

L'extraordinaire ressemblance des contrées nord-africaines avec les provinces méridionales de l'Espagne avait beaucoup frappé cet auteur éminent qui s'écriait, comparant les sierras de Castellar et d'Algeciras au Djebel Souna, près de la Calle: «paisajes idénticos, gemelos, a los que cubre por igual un hermoso y limpio cielo azul...»

Déjà d'ailleurs, un autre forestier, M. de la Laguna, chargé de la reconnaissance des forêts de Sierra Bullones, au Maroc, disait de cette région qu'elle lui semblait que «un pedazo de Andalucía separado de España por el Estrecho» (2).

Ancien forestier algérien, j'ai moi-même été vivement frappé de ces analogies, non plus en Andalousie, mais en Extremadure. C'était dans les vastes alcornocales qui s'étendent aux alentours du château d'Azagala, non loin d'Alburquerque. Les chênes-verts s'y mêlaient aux chênes-liège, aux cistes et à tous les arbustes qui constituent le maquis algérien; des lauriers-roses bordaient les ruisseaux, et mille autres détails de la flore venaient encore aviver la ressemblance, mille détails de la faune aussi, comme ces *peronoptères*, les maraboutins des colonies algériennes, qui planaient en tournoyant dans le ciel d'azur.

En ce qui concerne la mentalité des populations, peut-être les analogies existantes pourraient-elles s'expliquer, au moins en grande partie, par le fait que plusieurs pays de la région méditerranéenne ont été le théâtre des mêmes luttes séculaires. Ce fut d'abord l'invasion des barbares, des visigoths, qui après avoir dévasté l'Italie, s'établirent dans la France méridionale et en Espagne; des vandales, qui allèrent se perdre, se fondre dans les populations du Nord de l'Afrique. Brisée, la puissance romaine avait sombré dans la lutte avec les barbares, et avec elle, les splendides travaux, d'adduction d'eau notamment, dont les ruines, inutiles, se dressent encore là et là en Espagne, en France et en Afrique.

Puis ce fut, à travers l'Algérie, le Maroc, la ruée musulmane sur l'Europe et les huit siècles de lutte qui s'ensuivirent. Pendant trois siècles la Méditerranée fut un lac musulman.

De ce brassage, de ce mélange de peuples si divers, sensiblement les mêmes partout, il semble bien être résulté une mentalité uniforme des masses qu'on pourrait qualifier de *mentalité méditerranéenne*, mentalité de bergers, pourrait on dire, car un de ses caractères distinctifs est un attachement atavique à la vie pastorale. Or, pour la forêt, pour la forêt naissante surtout, le pasteur est le grand ennemi. Que la chèvre ou le mouton soient menés par un pâtre espagnol, sicilien, provençal, arabe ou kabyle, ce n'est qu'affaire d'étiquette; tous ont la même mentalité pastorale, le même mépris de la forêt, et si la dent de leurs troupeaux ne suffit pas à lutter contre les empiétements de cette forêt, le feu y pourvoit.

Sans doute, les progrès constants de l'agriculture auraient pu pallier, au

(1) *Notas sobre los alcornocales y la industria corchera de la Argelia*; Madrid, 1881.

(2) *Laguna y Satorra: Memoria del reconocimiento de los montes de Sierra-Bullones pertenecientes a España*; Madrid, 1871.

— 528 —

— parfois en en brûlant quelques-unes —, en commençant, si l'état d'avancement de la dégradation l'indique, par les plus humbles arbrisseaux.

Dans les parties le moins dégradées seulement, nous pourrons poursuivre le boisement direct, et encore faudra-t-il choisir judicieusement les essences de premier jet. Parmi celles que leur rusticité, dans les conditions qui nous occupent, semble devoir signaler à l'attention des reboiseurs méditerranéens, je citerai l'*Ostrya*, qui a donné dans le Karst d'excellents résultats — les essences des *Causses*, érable de Montpellier, cerisier mahaleb, chêne pubescens —, et parmi les essences algériennes, le cèdre aux hautes altitudes, le *bétoum* et surtout le thuya (*Arce africana*), sans compter les innombrables emprunts qu'on pourra faire à des flores plus lointaines, au Turkestan, par exemple, et surtout aux hautes régions si sèches du Mexique tempéré. Mais surtout il faudra se garder de regarder au Nord: sur chaque point c'est aux régions plus chaudes, plus méridionales, qu'il faudra faire des emprunts; en un mot, comme le disait si bien M. Miguel del Campo à propos du pin sylvestre (1), ne pas tomber dans l'erreur de *buscar, para el país de la luz, semilla en los países nebulosos*.

Enfin, sur plus d'un point, il faudra commencer par se contenter de boisements d'un type nouveau, créé spécialement en vue d'un parcours ultérieur, au moins provisoire.

En un mot, il faut créer et expérimenter des méthodes nouvelles, méthodes qui n'ont rien de commun avec celles que nous enseigne la sylviculture du Nord.

Pour cela il faut créer l'unité de la sylviculture méditerranéenne, créer un lien entre les forestiers méditerranéens, à quelque nation qu'ils appartiennent.

Ce lieu, j'estime qu'il pourrait se trouver dans une Association internationale des techniciens des divers pays intéressés, et dans la création d'un organe périodique où seraient étudiées toutes les questions qui intéressent la forêt méditerranéenne.

(1) *Miguel del Campo: Semilla de pino silvestre (Instituto Central de Experiencias Técnicas forestales)*.

La science au service de la foresterie en région méditerranéenne : les voies du futur

par Yves BIROT

La première session de la Semaine forestière méditerranéenne qui s'est déroulée à Avignon du 5 au 8 avril 2011, avait pour objectif de présenter le contexte actuel : l'environnement de la Méditerranée dans un monde en mutation et, plus particulièrement, d'y décrire le rôle des forêts et de la science face aux grands défis. C'est dans ce cadre qu'Yves Birot a fait le tour, dans sa présentation, des différentes approches de la science sur ces questions : acquis, partage des connaissances, perspectives...

Les territoires méditerranéens sont caractérisés par un haut niveau de complexité, sociale, politique, économique, physiographique et biophysique. L'importance des changements relatifs à nombre de ces aspects soulève la question de notre capacité à assurer la durabilité des écosystèmes forestiers eux-mêmes et des biens et services qu'ils fournissent. Dans le contexte croissant d'une bio-économie fondée sur la connaissance, il est admis que la science peut constituer un fondement majeur d'une gestion forestière améliorée. En conséquence, notre ambition collective devrait être de développer une recherche plus forte et plus efficace. Le présent article suggère quelques voies pour y parvenir, en répondant à trois questions majeures :

- a.- quels sont les principaux défis pour les forêts méditerranéennes et quelles priorités de recherche en découlent ?
- b.- comment faire progresser la science forestière ?
- c.- comment être plus efficace par le partage des connaissances ?

Principaux défis pour les forêts méditerranéennes et les recherches associées

On admet aujourd'hui que les forêts méditerranéennes représentent « l'infrastructure écologique » la plus importante de la région. Elles constituent des éléments clés de la résilience et de l'adaptabilité de territoires exposés à des facteurs évolutifs majeurs, à l'échelle planétaire et locale (facteurs qui sont liés au climat, à l'environnement, à la

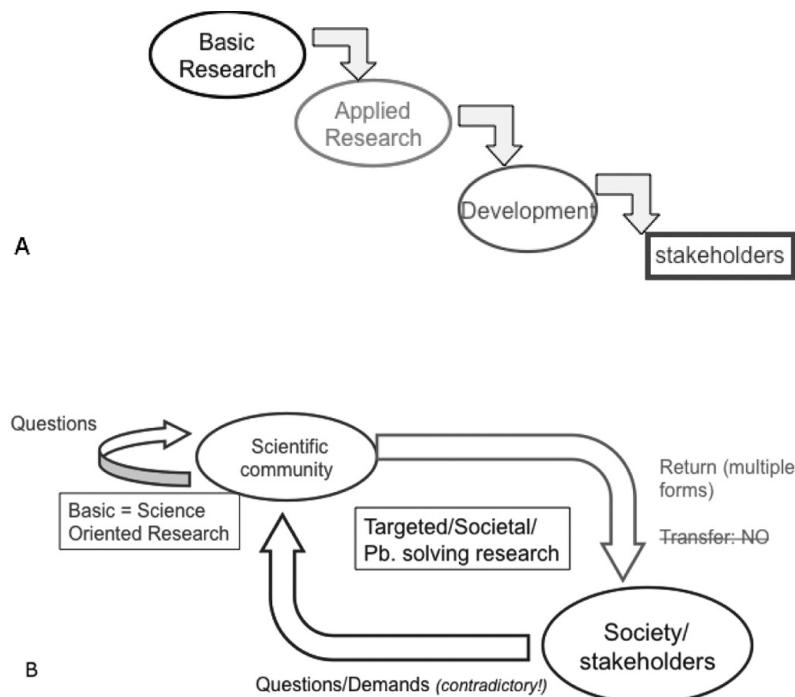


Fig. 1 :

Une typologie de la recherche

A : la vision du passé : un continuum en cascade
B : la vision actuelle : un réseau et des interactions

société et à l'économie), et agissant sur nombre d'aspects : biodiversité, sol et ressources en eau, sécurité alimentaire, énergie, etc. Les espaces boisés méditerranéens fournissent aussi une large palette de biens et services. Cependant, leur futur est contrarié par de nombreuses incertitudes dont les changements climatiques et d'utilisation des terres. Par exemple, les incertitudes liées au changement climatique concernent : i) les futurs scénarios socio-économiques ; ii) les scénarios climatiques, en particulier l'intensité et la fréquence des événements extrêmes ; iii) la réponse biologique des organismes vivant ; iv) l'impact de ces évolutions sur les interactions biotiques dans des écosystèmes complexes ; v) l'impact des mesures adaptatives elles-mêmes

Dans un tel contexte, il est essentiel que les chercheurs et les acteurs forestiers parviennent à dégager une vision partagée du futur des forêts méditerranéennes et des défis principaux à relever. Cette étape majeure a été accomplie avec la publication en 2009, d'un document résultant d'un consensus : le Plan Stratégique de Recherche pour la Forêt Méditerranéenne (acronyme anglais : MFRA). Ce travail a été catalysé par EFIMED et s'est inscrit dans le cadre de la Plateforme Européenne technologique pour le Secteur Forestier. D'une manière conjointe, quatre grands défis ont été identifiés,

puis déclinés en axes prioritaires de recherche :

1. Impact des changements climatiques et de l'utilisation des terres sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers méditerranéens ; évaluation et monitoring des principaux processus physiques et biologiques dont la biodiversité.

2. Intégration du risque de feux de forêt dans l'aménagement et la gestion du territoire et de l'utilisation des sols au niveau des paysages.

3. Aspects politiques, économiques et institutionnels pour la fourniture durable de biens et services.

4. Les forêts dans le contexte de la gestion intégrée des ressources des territoires : modèles et systèmes d'aide à la décision pour optimiser la solution de problèmes impliquant plusieurs types d'objectifs et d'acteurs.

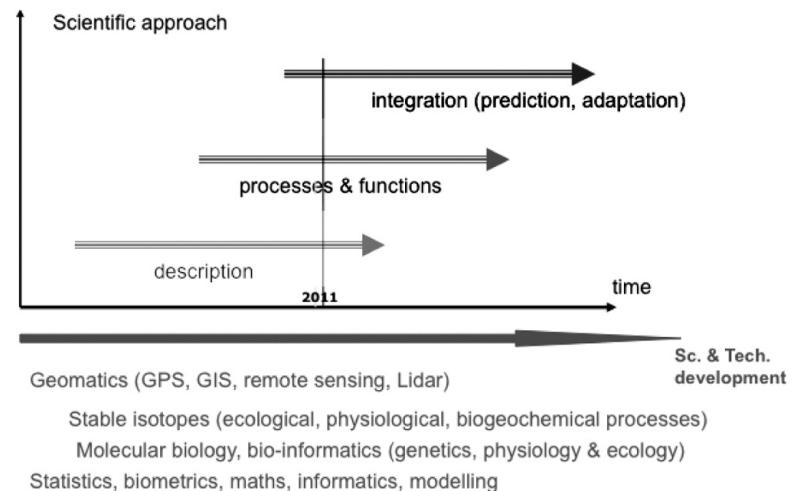
Durant l'élaboration du MFRA, les chercheurs et les acteurs forestiers ont partagé le sentiment que la science forestière devait à la fois servir des objectifs liés à l'innovation technologique et à la conception de politiques. On sait bien aujourd'hui que des percées scientifiques peuvent conduire à des innovations technologiques sous réserve d'une faisabilité économique et d'une acceptabilité sociale. La science nourrit aussi l'expertise collective qui est nécessaire pour ancrer des politiques à différents niveaux d'échelle : au niveau local, c'est par exemple le cas des feux ou de l'eau, au niveau planétaire, c'est par exemple le cas du carbone. A cet égard, EFIMED, avec les deux expertises scientifiques collectives réalisées sur le feu en 2009 et sur l'eau en 2011, a apporté une contribution très importante. Dans un environnement changeant et incertain, avec des effets d'interaction et de rétro-action complexes entre climat, écosystèmes, économie et société, l'élaboration de politiques devrait être fondée sur la connaissance scientifique et sur un dialogue science-politique-société actif et confiant. C'était en tout cas l'objectif de la session de la Conférence dans laquelle cet article a été présenté.

On voit traditionnellement la recherche comme une série continue de cascades s'écoulant depuis l'amont : recherche fondamentale, vers l'aval : recherche appliquée puis développement et, pour finir, les acteurs divers et utilisateurs (Cf. Fig. 1A). Cette description est aujourd'hui passablement obsolète. La vision actuelle (Cf. Fig. 1B) est plu-

tôt celle d'un système interactif au sein d'un réseau reliant les scientifiques et l'ensemble des parties prenantes, utilisateurs finals, décideurs et la société civile. On peut qualifier la recherche forestière dans sa grande majorité, de recherche sociétale ou finalisée. La communauté scientifique peut prendre en compte les demandes sociétales (parfois, elles sont contradictoires !), mais aussi ses propres questionnements. Les chercheurs ont ensuite la responsabilité de traduire ces questions en termes d'approche scientifique. Il se peut aussi que la question en jeu nécessite une approche faisant appel à des aspects scientifiques plus fondamentaux. Une fois acquise, la connaissance scientifique ne peut pas être simplement transférée comme n'importe quel produit. Sa dissémination nécessite des processus supplémentaires d'élaboration, de « digestion », d'assemblage, etc., et l'utilisation de canaux divers tels que l'enseignement, la formation continue, le développement, les ateliers, le soutien aux politiques, l'expertise scientifique collective, etc.

Comment faire progresser la science forestière ?

Un regard porté sur les cinquante dernières années montre que le développement des sciences forestières s'est effectué selon un processus à trois niveaux, avec quelques chevauchements temporels (Cf. Fig. 2). Le premier niveau se caractérise par une approche descriptive et empirique visant à observer les phénomènes et à les quantifier par l'analyse de données, d'abord avec des méthodes graphiques puis à l'aide de méthodes statistiques de plus en plus avancées. Une telle approche est encore très largement utilisée aujourd'hui. Le second niveau a mis l'accent sur les fonctions et mécanismes au sein des arbres et des écosystèmes forestiers. Il s'agit d'une approche déterministe ou mécaniste débouchant sur la compréhension du fonctionnement de systèmes complexes. Le troisième niveau vise à organiser et intégrer les connaissances disponibles sous la forme de méthodes et d'outils permettant aux chercheurs de prédire la dynamique des écosystèmes forestiers en relation avec les facteurs pilotant leur évolution, et de les adapter à un contexte changeant. La nature des approches mises en œuvre à chacun de ces trois niveaux, dépend



fortement de l'avancement scientifique et technologique, à la base des méthodes et outils pour : observer, mesurer, analyser, raisonner, etc.

L'approche descriptive ou empirique a été (et est toujours) très efficace dans de nombreux domaines et disciplines. On citera, entre autres, la typologie et la cartographie des stations, les tables de production et modèles de croissance empiriques, la variabilité géographique intra-spécifique et les études de provenance, le cycle biologique des bio-agresseurs, etc. Les acquis scientifiques correspondant ont été largement appliqués à la gestion forestière.

Cette approche cependant était fondée sur l'hypothèse implicite de l'invariance des conditions environnementales, si bien que, par exemple, la valeur de la hauteur dominante à un âge donné était constante pour une station donnée, ou les interactions génotype x environnement étaient stables. Depuis une vingtaine d'années, nous savons que la Nature n'est pas invariante. Nous avons des preuves scientifiques claires des changements de productivité des forêts, de la répartition des plantes, insectes ou micro-organismes. Les écosystèmes forestiers sont soumis à des forces évolutives, liées à des effets anthropiques (accroissement du dioxyde de carbone, température, sécheresse, dépôts azotés), qui conduisent à des changements dans leur composition, dynamique et caractéristiques. Ces résultats remettent en question les concepts de climax, de biodiversité (comprise comme un état) et la plupart des hypothèses sous-tendant les règles de gestion forestière. Nous devons admettre qu'il faut changer des paradigmes majeurs

Fig. 2 :
Schéma conceptuel
du développement
des sciences forestières

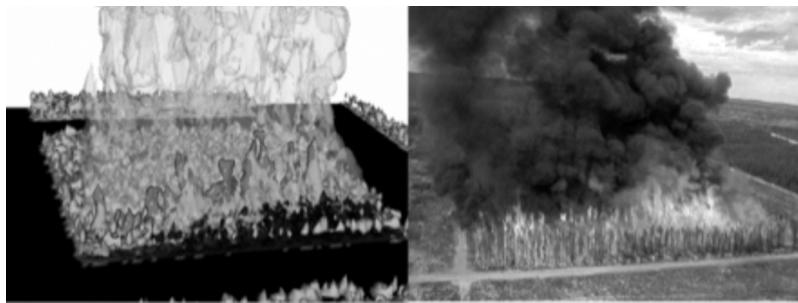


Fig. 3 :
Propagation du feu,
réelle (à droite) et simulée
en 3 D (à gauche)
à l'échelle du paysage
(Dupuy 2010)

de la foresterie, y compris les stratégies de conservation.

A cause des limites intrinèques de l'approche descriptive, qui l'empêche d'être utilisée à des fins de prédition, dans la mesure où elle reflète les conditions du passé, il est fondamental pour les chercheurs d'essayer « d'ouvrir les boîtes noires » en s'attaquant aux — et déchiffrant les — mécanismes et processus, qu'ils soient biophysiques, sociaux ou économiques. L'expression « comprendre pour gérer » devient un objectif en soi. Les gestionnaires forestiers doivent réaliser que cette évolution de la recherche vers des aspects plus fondamentaux est inéluctable, y compris en région méditerranéenne, comme le montre d'ailleurs une analyse rapide au cours des deux dernières décennies. Pour illustrer cette tendance, un exemple concernant les processus physiques de la propagation du feu est donné ci-après.

La compréhension de la propagation du feu en fonction des caractéristiques de la végétation, du climat et de la topographie est cruciale, quand il s'agit d'évaluer les risques d'incendie, de les prévenir ou d'organiser les opérations de lutte. Ces problèmes ont été traités dans un passé récent, grâce à des modèles empiriques de propagation du feu, principalement conçus en Amérique du Nord. Du fait des hypothèses simplificatrices

qui les sous-tendent, ces modèles sont peu efficaces lorsqu'on les utilise à des fins de prédition. Au cours des quinze dernières années, les chercheurs ont pris en compte les processus fondamentaux que sont l'ignition, la combustion, la dégradation thermique, le transfert de chaleur, et leur couplage avec les variables atmosphériques. Ils ont pu développer des modèles mécanistes intégrant explicitement la combustion et les effets aérodynamiques résultant des interactions entre vent local, vents induits par le feu, la végétation et la topographie (DUPUY 2010). De tels modèles de simulation (Cf. Fig. 3) ouvrent la porte à de nombreuses applications dans le domaine de la gestion du feu.

Les approches scientifiques s'intéressant aux processus peuvent être très pertinentes quand elles sont capables d'intégrer des processus multiples et complexes dans des modèles et des outils globaux de simulation. Le modèle GOTILWA + (GRACIA, 2010) en est un bon exemple (voir schéma simplifié en figure 4). Le modèle peut simuler des interactions complexes au sein d'écosystèmes et leur réponse à des déterminants liés à l'environnement et à la gestion. Dans un contexte de changements rapides, il est évident que le temps pour expérimenter est compté. Il est donc nécessaire d'utiliser toute la connaissance disponible de manière optimisée. Le défi est de faire bouger les murs : nous devons intégrer les connaissances issues des approches empiriques et mécanistes, les disciplines scientifiques et les échelles temporelles et spatiales dans une démarche orientée vers la prédition et l'adaptation. A cet égard, les méthodes de la modélisation offrent des perspectives prometteuses.

Il est également évident que l'adaptation des forêts méditerranéennes aux changements globaux impliquera de développer la science de manière intégrée et fondée sur des projets de recherche trans-disciplinaires, combinant des approches éco-physiologiques et économiques ; comme indiqué dans le schéma de la figure 5.

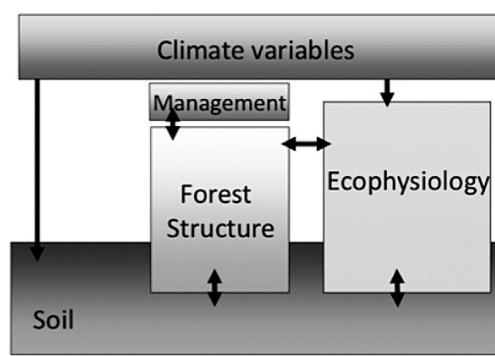


Fig. 4 :
Organigramme simplifié
du modèle fonctionnel
GOTILWA +
(Gracia, 2010)

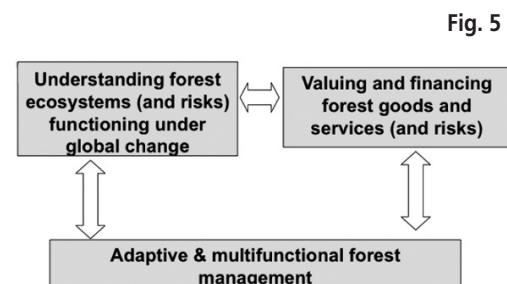


Fig. 5

Comment être plus efficace dans le partage des connaissances : accroître les efforts de recherche et la coopération ?

Il est tout à fait crucial d'agir dès aujourd'hui et de prendre des mesures pour adapter nos écosystèmes forestiers aux conditions futures. On ne peut attendre passivement la mise à disposition de nouvelles connaissances scientifiques. Nous devons adopter la stratégie de la « gestion adaptive », qui permet de la souplesse et l'intégration des connaissances disponibles à un instant t. Il est important d'utiliser pleinement les connaissances disponibles et de mobiliser toutes les capacités de recherche existantes. On doit également entreprendre tous les efforts nécessaires, pour stimuler une meilleure communication entre chercheurs et praticiens. Des structures innovantes favorisant une culture croisée entre ces communautés devraient être mises en place, à l'exemple de ce qui est fait dans certains pays, telles que des réseaux et des unités mixtes regroupant des chercheurs et des gestionnaires autour d'une thématique commune.

Mais en même temps, faire progresser la science par la recherche demeure un objectif permanent, car c'est la source des applications de demain. Ceci exige un engagement constant en direction de l'excellence disciplinaire scientifique, là où elle peut raisonnablement être atteinte, en particulier par le renforcement des capacités de recherche. En outre, et comme indiqué précédemment, nous devons nous efforcer de construire une recherche trans-disciplinaire fondée sur des projets de recherche concrets, par exemple sur des approches de modélisation combinant des connaissances venant de la génétique, de l'écophysiologie, de la dynamique et de la sylviculture. En plus des efforts de recherche à consentir sur des thèmes prioritaires, c'est aussi la responsabilité des chercheurs d'investir dans le « monitoring » scientifique et la veille technologique, en particulier concernant les domaines adjacents et/ou émergents, tels que les systèmes complexes et/ou hors équilibre, les systèmes à effet de seuil, etc.

Avec le Plan Stratégique de Recherche pour la Forêt Méditerranéenne, nous avons une feuille de route qui nous montre la voie.

La mise en œuvre efficiente de ce plan implique un accroissement de la coopération scientifique à travers de nouvelles capacités de recherche et leur partage. Il s'agit notamment d'un financement et d'expérimentations scientifiques sur le long terme, de laboratoires et unités de recherche associés, de la mise en œuvre de l'ERA-Net FORESTERRA. Il est aussi souhaitable de rechercher un partenariat scientifique avec les autres régions méditerranéennes, Australie, Californie Chili, Afrique du Sud. Cet objectif peut être atteint par des moyens variés, dont la mise en œuvre de projets de recherche conjoints.

Dans le contexte actuel et à venir, marqué par un niveau élevé d'incertitudes et de risques liés aux facteurs technologiques, économiques et environnementaux, la connaissance scientifique est considérée comme la meilleure réponse à apporter, comme l'avait d'ailleurs souligné le biologiste français Jean Rostand (1894-1977) : « *L'obligation de subir nous donne le droit de savoir. Et le fait de savoir nous offre la possibilité du changement.* »

Yves BIROT
EFIMED
yves.birot@wanadoo.fr

Y.B.

Éléments bibliographiques

- Birot Y. (ed.) 2009 Living with wildfires: what science can tell us. EFI Discussion paper n°15; pp. 82
- Birot Y., Gracia C. and Palahi M. (eds.) 2011 Water for forest and people in the Mediterranean region; a challenging balance - EFI Series "what science can tell us" n°1
- Dupuy J.L. 2010 Understanding the behaviour of wildfire on the scale of landscape: a 3-dimensional physical approach - Forêt Méditerranéenne – International issue 1st Mediterranean Forest Week - tome XXXI n°4 – p. 405
- Gracia C. 2010 La forêt méditerranéenne dans un monde changeant : un défi du futur www.efimed.efi.int/files/attachments/efimed/agora/rabat_wshp/10_gracia_projet_motive.pdf
- Mediterranean Forest Research Agenda 2009 EFI-MED/FTP 32 pp.

Science serving forestry in the Mediterranean Region: the ways ahead

by Yves BIROT

The aim of the first session of the Mediterranean Forest Week, held in Avignon on April 5-8, 2011, was to present the current context: the environment of the Mediterranean Rim in a mutating world and, especially, an account of the role of forests and science faced with the major challenges and issues. In this context Yves Birot gave a synopsis of the different approaches science has to offer on these questions: what has been learnt and achieved, pooling knowledge, perspectives...

Mediterranean lands are characterized by a high complexity in social, political, economical, physiographic and bio-physical features. The rate of changes concerning many of these aspects raises the question of our capacity to sustain the woodlands themselves, and the goods and services they provide. In a growing context of a knowledge-based bio-economy, science is believed to be a major background for improved forest management. Therefore, our collective ambition should be to develop a stronger and more efficient research. The present paper suggests some ways to achieve this by answering three main questions:

- a.- What are the main challenges for Mediterranean forests and the research priorities derived from them?
- b.- How to advance forest science?
- c.- How to be more efficient through knowledge sharing?

Main challenges for Mediterranean forests and related research

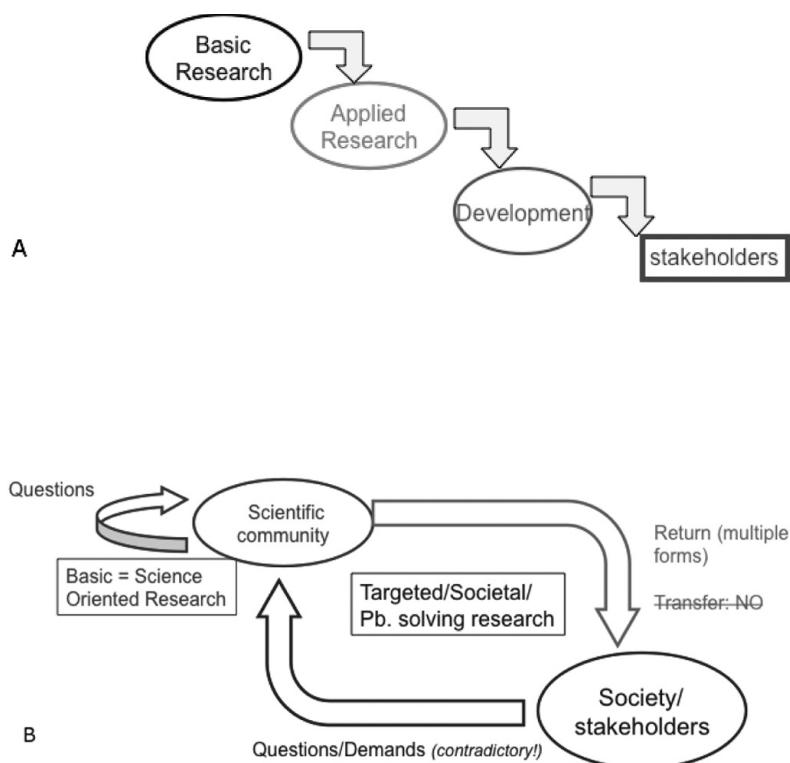
It is nowadays recognized that Mediterranean forests can be seen as the most important “ecological infrastructure” of the region. They are key elements for the resilience and adaptability of the region submitted to marked evolutionary drivers (at global and local scale) related to climate, environment, society, economy, in many aspects: biodiversity, soil and water resources, food security, energy, etc. Mediterranean forests and woodlands also provide a broad range of crucial goods and services. However, their future is hampered by multiple uncertainties

(including land-use and climate changes). For example, climate change related uncertainties can be expected on: i) socio-economic scenarios; ii) climatic scenarios and in particular the intensity and frequency of extreme events; iii) the biological response of living organisms; iv) the impact on biotic interactions in complex ecosystems; v) the impact of adaptive measures.

In such a context, it is essential that researchers and stakeholders come up with a shared vision of the future of Mediterranean forests and of the main challenges to meet. This major step was achieved with the publication in 2009, of a consensus-based document: the Mediterranean Forest Research Agenda (MFRA), catalysed by EFIMED, under the auspices of the European Forest-based sector Technology Platform. Four main areas were identified, from which jointly agreed research priorities were derived:

1. Impact of climate and land-use changes on Mediterranean forest ecosystems functioning: assessing and monitoring main physical and biological processes including biodiversity.
2. Integration of the risk of forest fires in land-use and landscape planning and management
3. Policy, economic and institutional aspects for sustainable provision of forest goods and services
4. Forests in the context of integrated management of land resources: models and decision systems for optimising multi-objective and multi-actor problems

Another aspect that was shared by researchers and stakeholders in the development of the MFRA, was that Forest Science should serve both: the technological innovations and the policy making process. It is today well established that, subject to economic feasibility and social acceptance, some scientific breakthroughs can result into technological innovations. Science is also feeding the collective expertise which is needed for founding policy from local: e.g. fire, water, to global: e.g. carbon. In this regard, with the two scientific expert reviews on fire (2009) and water (2011), EFIMED has brought a substantial contribution. In a changing and uncertain “environment” with complex feedbacks, climate-ecosystems- economy-society, policymaking should be based on scientific knowledge and a fluent science-policy-society



dialogue, as exemplified by the session during which this paper was presented.

The traditional way of seeing research as a « cascade continuum » flowing from basic research to applied research, development and lastly stakeholders and end-users is nowadays definitely obsolete (see Figure 1 A). The current view (see Figure 1 B) is more related to interactive processes within a cluster consisting of researchers and various stakeholders: end-users, decision makers, civil society, etc. Most of forest related research is usually qualified as societal, targeted or problem solving. The scientific community can take up research demands from the society (sometimes contradictory!) and its own questioning. It is the responsibility of researcher to turn up these questions into scientific approaches. It may happen that the issue in question requires a more science-oriented research. Once it is produced, knowledge cannot in general be just “transferred” as a simple product. Its dissemination requires further elaboration, “digestion”, assembling, etc., and should use various channels: education, continued education, development, workshops, policy advice, scientific expert review, etc.

Figure 1:
A research typology
A: the “old fashion” view: the “cascade” continuum
B: the today’s thinking: cluster and interactions

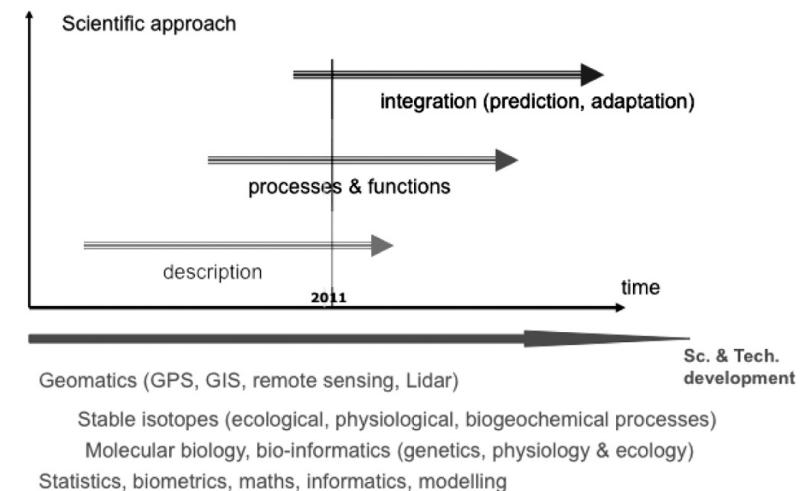


Figure 2:
Steps in advancing forest
science: a conceptual
framework

How to advance forest science?

Looking back over the past 50 years, we see that forest science development was characterized by a three-step process, with some overlaps on the time scale (see Fig. 2). The first step was based on a descriptive and empirical approach aimed at observing the phenomena and quantifying them through data analysis, starting with graphical techniques and continuing into more advanced statistical methods. Such an approach is still used to a large extent. The second step has focused on functions and processes in trees and forest ecosystems. It can be referred to as a deterministic or mechanistic approach leading to the understanding of the functioning of complex systems. The third step aims at organizing and integrating the available knowledge into methods and instruments allowing researchers to predict the dynamics of forest ecosystems in relation to evolving conditions, and adapt to this new and changing context. The nature of the 3 steps is also strongly linked to the scientific and technological developments, which have provided methods and tools for observing, assessing, analyzing, inferring, etc.

The descriptive/empirical approach has been (and still is) quite successful in many disciplines and fields such as, inter alia: site classification and mapping, yield tables and empirical growth models, geographic variation within tree species and seed source studies, biological cycle of pest and

pathogens, etc. This has been largely transferred into practical forest management.

This approach, however, was implicitly assuming the invariance of environmental conditions, so that for example, the site index value was constant in given site conditions, or the genotype x site interaction was stable. Since about 20 years, we know that Nature is not invariant. We have found clear scientific evidence of changes in forest productivity, in plant, insect and micro-organism geographic distribution. Forest ecosystems are submitted to evolutionary drivers due to man-induced effects (increased carbon dioxide, temperature and drought, nitrogen deposition), which lead to changes, in dynamics, composition and characteristics. These findings question the concepts of climax, biodiversity (if seen as a state) and most of hypotheses underlying forest management rules. This calls for changing some major paradigms of forestry, including conservation aspects..

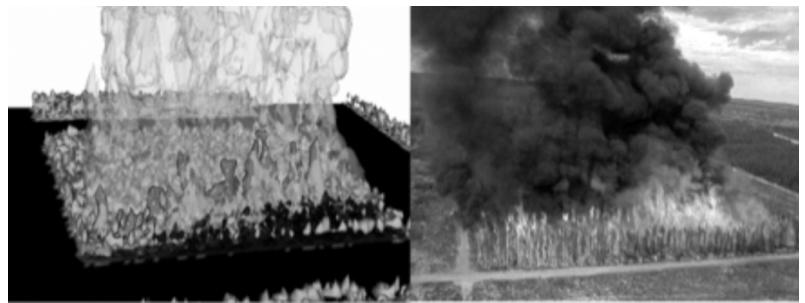
Because of the intrinsic limits of the descriptive approach, which prevents to use it for projections, as it reflects a situation from the past, it is compulsory for scientists to try to "open the black boxes" by investigating and deciphering functional aspects and processes, whatever they are: bio-physical, social or economic. Understanding for managing becomes the target. Forest practitioners should also acknowledge that this evolution of research towards more "basic aspects" is a necessity. Over the last two decades, forest research, including in the Mediterranean region, has evolved in this direction. To illustrate this shift, an example regarding physical processes regarding forest fire propagation is given below.

Understanding fire propagation in relation to vegetation, climate and topography features is crucial concerning the assessment of fire hazards, their prevention and fire suppression operations. This issue has been addressed until recently through empirical propagation models, mainly developed in North America. Because of simplistic assumptions, these models have limited applications for forecast purposes. In the last 15 years, researchers have considered basic fire processes such as ignition combustion thermal degradation, heat transfer, and their coupling with atmospheric variables. They have been able to develop mechanistic models integrating explicitly combustion &

aerodynamic effects resulting from: interaction between local wind, fire induced winds, vegetation & topography (DUPUY, 2010). Such simulation models (See Figure 3) pave the way to a number of applications in the field of fire management.

The scientific approaches dealing with processes can be very powerful when they are able to integrate complex and multiple processes into comprehensive models and simulation tools. A good example of this is given by the biophysical process based model Gotilwa + (GRACIA, 2010) whose a simplified scheme is presented on Figure 4. This model can simulate complex interactions in forest ecosystems and their response to drivers related to environment and management. In a context of rapid changes, we all know that time for experimenting is limited. It is thus necessary to use all the available knowledge in an optimized way. The challenge is to move the walls: we have to integrate the knowledge derived from empirical and mechanistic approaches, the disciplines and scales in an endeavour to prediction and adaptation. Modelling methods offer promising perspectives in that respect.

It is also obvious that adapting Mediterranean forests to global changes will require advancing forest science in an integrated manner based on trans-disciplinary research projects by combining bio-physical and economic approaches as illustrated below (See Fig. 5).



How to be more efficient in knowledge sharing: increasing research efforts and cooperation?

Figure 3:
Actual (right) and numerically simulated (left) fire propagation in 3D and natural conditions at landscape scale.
From Dupuy (2010)

Acting now and taking steps for adapting our forest ecosystems to the future is absolutely crucial. We cannot wait passively until new research results become available. We have to use adaptive management approaches, which allow some flexibility and the integration of available knowledge at a given time. It is important to make sure that the available knowledge is fully used and the existing research capacities are mobilized in this respect. All efforts should also be undertaken to stimulate better communication between scientists and practitioners. Innovative structures favouring a crossed culture between these two communities should be set up, as exemplified by some countries that have created networks and joint units mixing researchers and managers on certain topics.

At the same time, advancing science through research remains a permanent objective, as is the source of tomorrow's

Figure 5:

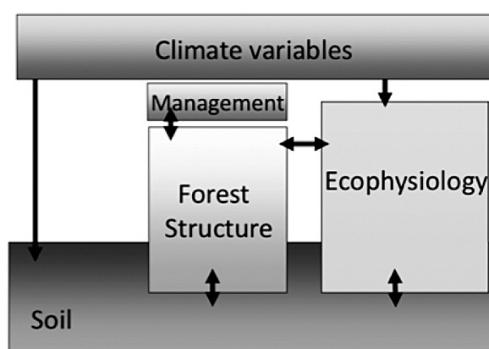
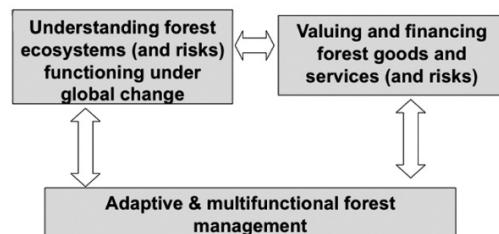


Figure 4:
Simplified flow chart of the process based model GOTILWA+ (Gracia 2010)

applications. This requires a constant endeavour towards scientific disciplinary excellence, wherever it can be reasonably achieved, in particular through the strengthening of research capacities. Moreover, as pointed out in the previous section, we should aim at constructing trans-disciplinary research based on concrete research projects, for example modelling approaches combining knowledge from genetics, ecophysiology, dynamics and silviculture. In addition to research efforts on some priority topics, it is also the scientist's responsibility to invest in scientific monitoring and/or technological watch, in particular in adjacent or emerging domains, such as off equilibrium and complex systems, threshold effect systems, etc.

With the Mediterranean Forest Research Agenda, we have a road-map which tells us where to go. To implement it properly, increased scientific cooperation is needed, through:

- New & shared capacities: long-term funding & research experiments, joint labs ;
- ERA-Net: FORESTERRA.

It is also advisable to seek for partnership with Mediterranean-like areas which face similar problems: Australia, California, South Africa, Chile. This can be achieved through various means, including the implementation of joint research projects.

In the current context of uncertainties and risks related to technological, economic and environmental factors, knowledge is believed to constitute the best response, as pointed out by the French biologist Jean Rostand (1894-1977) in a statement which is still very relevant: « *The obligation to endure gives us the right to know. And the fact of knowing offers us the possibility for changing* ».

Yves BIROT
EFIMED
yves.birot@wanadoo.fr

References

- Birot Y. (ed.) 2009 Living with wildfires: what science can tell us. EFI Discussion paper n°15; pp. 82
- Birot Y., Gracia C. and Palahi M. (eds.) 2011 Water for forest and people in the Mediterranean region; a challenging balance - EFI Series "what science can tell us" n°1
- Dupuy J.L. 2010 Understanding the behaviour of wildfire on the scale of landscape: a 3-dimensional physical approach - *Forêt Méditerranéenne* – International issue 1st Mediterranean Forest Week - tome XXXI n°4 – p. 405
- Gracia C. 2010 La forêt méditerranéenne dans un monde changeant : un défi du futur www.efimed.efi.int/files/attachments/efimed/agora/rabat_wshp/10._gracia_projet_motive.pdf
- Mediterranean Forest Research Agenda 2009 EFI-MED/FTP 32 pp.

Y.B.

L'eau pour la forêt et les hommes en région méditerranéenne

par Yves BIROT, Carlos GRACIA, Giorgio MATTEUCCI,
Robert MAVSAR, Bart MUYS et Marc PALAHI

Le présent article est basé sur des exposés présentés lors de la seconde Semaine Forestière Méditerranéenne dans la session consacrée à la présentation de l'ouvrage "L'eau pour la forêt et les hommes en région méditerranéenne".

L'article original a été publié dans EFI-News (n°2, vol. 19, June 2011). Il est reproduit et traduit ici avec l'aimable autorisation de l'Institut Européen de la Forêt.

La région méditerranéenne est confrontée à la rareté de l'eau du fait de pluviométries faibles et inégalement distribuées, et d'une augmentation de la demande pour l'eau résultant d'un accroissement démographique et d'une extension des surfaces irriguées. En outre, le changement climatique attendu va accentuer la réduction de la disponibilité en eau du fait de la diminution de la pluviosité et du ruissellement, et de l'augmentation de l'évapotranspiration. Ceci se traduira par un impact marqué sur la résilience et même la survie des écosystèmes boisés, en réponse à une aridité accrue et des événements extrêmes plus fréquents (canicule, sécheresse prolongée). Il en résultera que la fourniture de biens et services par ces écosystèmes sera à son tour affectée.

60% des populations "pauvres en eau" du monde vivent aujourd'hui en région méditerranéenne, avec moins de 1000 m³/habitant/an. En 2025, 63 millions d'habitants de pays méditerranéens seront en situation de pénurie avec moins de 500 m³/habitant/an.

Les interactions entre couvert forestier et hydrologie sont assez complexes lorsqu'on considère des variables telles que débits de crue et débits d'étiage, production d'eau en quantité et qualité ; elles sont aussi dépendantes de paramètres spécifiques au bassin versant considéré (taille, géomorphologie, etc.). Cependant ces relations forêt-eau sont souvent perçues de manière biaisée, du fait de nombreuses idées reçues ou de « clichés ». C'est pourquoi, il est urgent de réconcilier le point de vue de la science et celui de l'opinion publique, en comblant le fossé qui existe actuellement. On sait que les espaces boisés méditerranéens se rencontrent fréquemment en montagne, souvent dans la partie amont des bassins versants, où ils jouent un rôle fondamental dans la protection des sols et sur le régime des eaux. Étant donnée la liaison forte entre forêt et eau, le cycle hydrologique et le bilan de l'eau devraient être considérés de manière intégrée, prenant en compte à la fois l'eau bleue (c'est-à-dire celle ayant la forme liquide, utilisée pour les besoins humains ou s'écoulant vers les mers) et l'eau verte (c'est-à-dire l'eau sous forme de vapeur

Semaine forestière méditerranéenne d'Avignon

1 - Le livre "Water for Forests and People in the Mediterranean – A Challenging Balance"- What Science Can Tell Us 1, 2011 by Yves Birot, Carlos Gracia and Marc Palahi (eds) peut être téléchargé gratuitement en français, anglais ou espagnol à partir du site : www.efi.int/portal/virtual_library/publications/what_science_can_tell_us/

Voir également note de lecture de l'ouvrage, Forêt Méditerranéenne, T. XXXII, n°3, sept. 2011, p. 335.

Photo 1 :

Le lac artificiel de la Môle dans un bassin versant entièrement boisé, majoritairement de chêne liège, alimente en eau la ville touristique de Saint-Tropez (Var, France). L'agence gestionnaire de l'eau, paie annuellement aux propriétaires forestiers des redevances qui leur permettent d'entretenir le réseau de coupures de combustible, limitant ainsi le risque d'incendies, dont l'impact sur la dégradation de la qualité de l'eau et l'envasement du barrage peut être considérable
Photo C. Birot

résultant des processus d'évaporation et de transpiration).

Des stratégies et politiques innovantes devraient inclure à la fois l'eau bleue et l'eau verte, et considérer une répartition équilibrée de l'eau entre les populations et la nature, grâce à une véritable approche socio-éco-hydrologique, fondée sur une gestion intégrée des territoires, des écosystèmes et de l'eau. Ceci nécessite des efforts concertés de la part de la communauté scientifique (hydrologues, écologistes, économistes, forestiers) pour organiser et structurer les connaissances disponibles d'une manière pertinente. Telles sont les motivations et justifications de l'ouvrage : « *Eau et Forêt en région méditerranéenne, un équilibre à trouver* » qu'EFIMED a réalisé en tant que premier numéro de la nouvelle collection d'EFI « What Science can tell us », dont la cible est constituée des politiques et décideurs, des gestionnaires et de la société en général¹.

Eau bleue et eau verte : quels compromis ?

La vie en région méditerranéenne est soumise à des contraintes imposées aux organismes vivants par la faible disponibilité de l'eau. Schématiquement, en moyenne les précipitations annuelles sont de 450 mm alors que l'évapotranspiration potentielle atteint environ 1000 mm. Cela veut dire que les écosystèmes méditerranéens, en particulier les écosystèmes forestiers, sont confrontés de manière plus ou moins permanente à un manque d'eau. Ce manque est plus fortement

ressenti durant la période estivale sèche, pendant laquelle le déficit de pression de vapeur dans l'atmosphère est plus élevé.

Alors que la plupart des forêts tempérées et boréales sont « limitées en énergie » et transpirent une quantité d'eau limitée par la radiation solaire disponible, les forêts méditerranéennes sont elles « limitées en eau » la plupart du temps. Cela veut dire que l'eau transpirée dépend de l'eau que le système racinaire peut atteindre et extraire. Un couvert dense de chêne vert (*Quercus ilex*) peut renvoyer vers l'atmosphère jusqu'à 90% des précipitations annuelles. Il ne s'agit pas bien sûr d'eau réellement perdue : ce mécanisme maintient en vie les arbres, et la vapeur d'eau transpirée revient vers la Terre sous forme de pluie, en général loin de l'endroit où elle a été transpirée. Le couvert du chêne vert contribue aussi à limiter l'érosion du sol parmi d'autres effets bénéfiques procurés.

La gestion appropriée de n'importe quel système, y compris un écosystème, nécessite des connaissances précises de ses traits fonctionnels. Pour éviter des erreurs de gestion résultant de conception erronée des relations forêt-eau, il est crucial de comprendre combien un arbre utilise d'eau, et comment il utilise cette eau. Alors que la question de la capacité des forêts à attirer les pluies fait l'objet d'un nouveau débat (voir ci-après), il est confirmé que les forêts sont des consommateurs nets d'eau et réduisent le volume total des écoulements annuels.

La vie a un coût élevé en termes d'eau. Pour fixer 1 g de carbone qui sera transformé en grains de maïs, aiguilles de pin, ou bois dans nos arbres, une plante utilise des quantités énormes d'eau. L'efficience avec laquelle les plantes utilisent l'eau est très faible. Les valeurs les plus communes se situent autour de 500 g d'eau pour fixer 1 g de carbone. Il en découle évidemment que, dans ces conditions, les forêts utilisent d'énormes quantités d'eau bleue (précipitations qui alimentent l'écoulement dans nos cours d'eau) pour fixer du carbone dans le processus des échanges gazeux, re-émettant cette eau dans l'atmosphère sous forme d'eau verte. Il en résulte que pour produire 1 m³ de bois, certaines essences utilisent jusqu'à 3000 m³ d'eau, que l'on appelle empreinte pour l'eau du bois. Le point essentiel est que cette énorme quantité d'eau dépend de l'espèce d'arbre, bien sûr, mais aussi du mode de gestion de la forêt (Cf. Tab. I).



Bien que l'optimisation de la gestion forestière pour améliorer l'efficience de l'utilisation de l'eau n'affecte pas énormément le carbone fixé par la forêt, il est essentiel d'intégrer l'eau comme un facteur-clé dans nos modèles conceptuel de gestion. Il y a beaucoup d'avantages, outre les économies d'eau, à optimiser l'utilisation de l'eau : un mode de gestion forestière centrée sur l'eau peut représenter en région méditerranéenne, une avancée importante en termes écologiques et sociaux, par rapport aux concepts actuels de gestion forestière centrée sur le carbone, qui conduisent fréquemment à une mauvaise utilisation de ce facteur environnemental le plus précieux : l'eau.

Nouvelles approches pour évaluer les services écosystémiques liés à l'eau

Les modes de consommation d'eau non durables et les impacts du changement climatique en région méditerranéenne contribuent à accentuer une situation de pénurie d'eau. Cela risque d'aggraver les conflits entre utilisateurs d'amont et daval, et entre les zones rurales et urbaines. En outre, du fait que les forêts sont des consommatrices nettes d'eau, on peut s'attendre à ce que la discussion sur les compromis entre une disponibilité d'eau réduite et les services écosystémiques fournis par les forêts fasse l'objet d'une plus grande attention. Des solutions durables demandent l'intégration de différents intérêts et la collaboration de toutes les parties prenantes concernées. Par exemple, une réduction drastique de la surface forestière, pourrait accroître la disponibilité en eau, mais cela influerait négativement sur la fourniture de biens et services écosystémiques. Intégrer les aspects éco-hydrologiques et socio-économiques est une approche clé en vue de la gestion durable des ressources en eau, en assurant un équilibre et une fourniture continue de ressources en eau suffisantes et d'autres services environnementaux. Un ensemble de nouveaux outils deviennent disponibles pour des analyses de compromis et d'optimisation de la gestion des territoires qui peuvent grandement aider à la prise optimale de décisions.

L'intégration de l'eau avec les autres services écosystémiques devrait être fondée sur une meilleure compréhension des interactions entre services écosystémiques eux-mêmes.

Profondeur du sol (cm)	Gestion optimale (m ³)	Gestion non-optimale (m ³)
50	584	782
150	739	1263

Le flux d'eau verte entretient les principales fonctions des écosystèmes ; il devrait donc faire l'objet d'une attention accrue. Le paradigme de l'eau bleue est basé sur l'évaluation des ressources en eau bleue disponibles pour les besoins humains, dans leurs relations avec les effets des forêts et d'autres utilisation des terres, et de leur gestion. L'évaluation intégrée des flux d'eau bleue et d'eau verte peut être réalisée grâce à des modèles hydrologiques, ainsi qu'à des indicateurs ayant une pertinence en termes de politique.

Le défi d'intégrer les intérêts d'amont et daval, dont les écosystèmes terrestres et aquatiques, peut être relevé en réconciliant le paradigme de l'eau bleue et celui de l'eau verte. En pratique, cet objectif peut être atteint en utilisant des méthodes spécifiques.

Pour explorer la dimension économique de la mise en œuvre de politiques de l'eau, il convient de quantifier les effets de ces politiques sur la fourniture de biens et services environnementaux et sur leur valeur. Lorsque l'on considère la valeur de l'eau, on doit distinguer au moins deux concepts : la valeur et le prix de l'eau. Le prix réel de l'eau dans la plupart des pays méditerranéens est fondé sur le coût de l'offre, mais qui inclut seulement les coûts opérationnels et de gestion de cette offre d'eau. L'approche à recommander devrait définir le prix de l'eau sur la base de son coût total, qui inclut les coûts d'opportunité et les coûts économiques, et les externalités environnementales. Une tarification appropriée devrait être l'un des éléments clés d'une utilisation et d'une gestion de l'eau plus efficientes.

Tab. I :
Empreinte pour l'eau de pins sylvestres (*Pinus sylvestris*) exprimée en m³ d'eau utilisée par m³ de bois produit, poussant sur deux sols différents, et soumis à deux types de gestion, optimisée et non, pour l'utilisation de l'eau

Les forêts influencent-elles le régime des pluies ?

Le rôle des forêts et leur influence sur le microclimat, la régulation des flux hydriques et la disponibilité en eau, et la prévention de l'érosion sont aujourd'hui bien documentés. Au niveau planétaire, l'énorme flux de vapeur d'eau lié aux précipitations sur les continents, aux processus d'évaporation et de transpira-

tion, et au couvert végétal représente un service écosystémique fondamental qui contribue au cycle mondial de l'eau et à la régulation du climat à travers la formation des nuages. Les forêts entretiennent donc le cycle hydrologique à travers l'évapotranspiration, qui rafraîchit le climat par des effets de rétroaction avec les nuages et les précipitations. Des modèles de simulation à grande échelle ont régulièrement démontré la régulation biophysique du climat par la végétation à travers l'albédo (réflectivité), les flux turbulents, et d'autres effets sur le cycle hydrologique.

Peut-on dire que les influences exercées par les forêts sur le régime des pluies sont des processus « actifs » ? Récemment, en analysant des données relatives à la végétation sur des transects terrestres et des champs de précipitation, des scientifiques ont conclu que la pluviométrie dans des zones couvertes de très vastes forêts naturelles (Amazone, Ienissei, Afrique Équatoriale) ne décroît pas, comme on peut s'y attendre, quand on s'éloigne de l'océan. Cependant, l'inverse n'est pas vrai pour les zones non forestières, et des chercheurs ont proposé l'existence d'une « pompe biotique » active transportant l'humidité de l'océan vers les forêts (MAKARIEVA *et al.*, 2009). Les forêts naturelles entretiennent des flux d'évaporation élevés, qui soutient un mouvement d'air ascendant au-dessus des forêts et “aspire” l'air humide depuis l'océan. Cependant, la « force évaporative » sur laquelle la théorie de la « pompe biotique » est fondée, a fait l'objet de critiques comme n'étant pas conforme aux principes physiques de base (MEESTERS *et al.*, 2009). D'autres chercheurs ont souligné la pertinence de la théorie de la « pompe biotique » qui offre de nouvelles perspectives de recherche et change la manière dont nous voyons la disparition du couvert forestier, le changement climatique, l'hydrologie et les services environnementaux,

si cette théorie est validée (SHEIL & MURDIYARSO, 2009). Quoique la théorie des « forêts jouant le rôle de pompe active » n'a pas encore été suffisamment vérifiée et confirmée, tous les chercheurs travaillant sur le rôle des forêts et leur implication dans le changement climatique sont d'accord pour considérer que la modélisation des réponses du climat nécessite encore des améliorations du fait des faiblesses et incertitudes.

On notera que l'utilisation des terres et leur couvert ne sont généralement pas reconnues dans les évaluations internationales comme ayant un rôle sur les précipitations, qui est au moins aussi grand que celui produit par le forçage causé par l'effet radiatif des gaz à effet de serre. Les forêts ont la possibilité d'amplifier ou d'atténuer le changement climatique résultant des émissions de gaz à effet de serre, à travers l'albédo, l'évapotranspiration, le cycle du carbone, et d'autres processus.

« *Les conséquences bio-physiques des changements de la couverture forestière et des autres effets collatéraux peuvent être très importantes aux échelles régionales, et peuvent donc parfois réduire ou annuler les bénéfices de la séquestration du carbone. Les interactions biophysiques devraient, par conséquent, être décomposées en stratégie d'atténuation climatique selon deux axes : en concevant des projets de séquestration du carbone visant à obtenir le plus grand bénéfice climatique, et en comparant les coûts et bénéfices de la séquestration du carbone dans les écosystèmes terrestres avec ceux d'autres types d'action d'atténuation.* » (Environ. Res. Lett. 2008).

Éléments bibliographiques

Briot Y., Gracia C., and Palahi M. (eds) 2011 Water for Forests and People in the Mediterranean Region: a challenging balance. EFI series « what science can tell us » n° 1, 175 p.

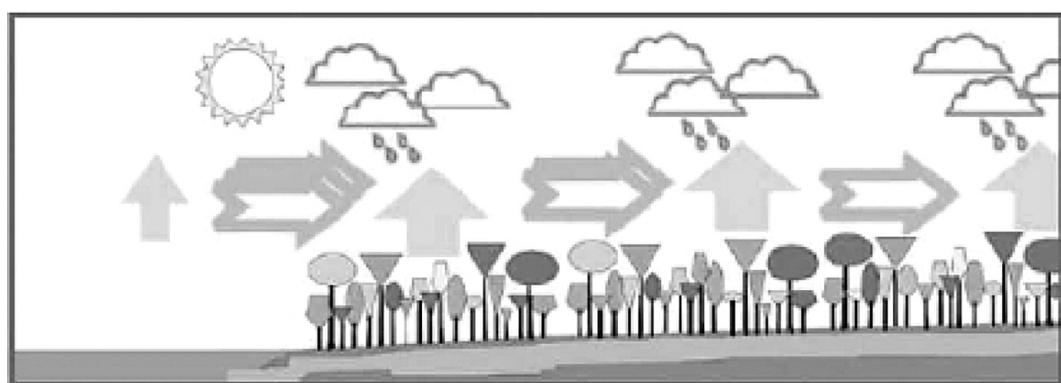


Fig. 1 :

La pompe biotique de l'humidité

atmosphérique : les flux de transpiration contrôlés par les forêts excèdent les flux d'évaporation océaniques d'un niveau tel que les flux d'air humide allant de l'océan vers le continent deviennent suffisamment importants pour compenser les pertes d'eau par ruissellement sur l'ensemble du bassin versant du fleuve.

D'après Sheil et Murdiyars (2009).

Water for Forests and People in the Mediterranean Region

by Yves BIROT, Carlos GRACIA, Giorgio MATTEUCCI,
Robert MAVSAR, Bart MUYS and Marc PALAHI

***Foreword: Based on presentations
at the Second Mediterranean
Forest Week in Avignon,
the present article aims at briefly
highlighting a few topics drawn
from the book: "Water for forest
and people in the Mediterranean
Region". The original text has
been published in EFI-News
(n°2, vol. 19, June 2011)
and is reproduced here thanks
to the kind permission of the
European Forest Institute.***

The Mediterranean region is faced with water scarcity due to limited and irregular rainfall patterns and increasing water demand as a result of population growth and the expansion of irrigated areas. Expected climate change will further reduce water availability through a decrease in rainfall and runoff. It will adversely impact the resilience and even survival of woodland ecosystems as a result of higher aridity and more frequent extreme events (heat waves, dry spells). This, in turn, will affect the provision of ecosystem goods and services to society.

Mediterranean countries are home to 60% the world's "waterpoor" populations with less than 1000 m³/inhabitant/year. By 2025, 63 million people in the Mediterranean will be in the need of water (with less than 500 m³/inhabitant/year).

The interactions between forest cover and hydrology are rather complex – with regard to variables such as low and high flows, water yield and quality – and depend also on many site-specific parameters. However, as these water-forest relationships are poorly perceived because of persisting "clichés", closing the gap between science and public perception is urgently needed. Mediterranean woodlands, for instance, cover large areas and they often occupy the upper part of watershed in mountainous areas, where they play a crucial role in protecting soil and influencing water regime. Given the interconnected nature of forests and water, water cycle and water budget should be considered in an integrated manner, addressing both the blue water (i.e. the liquid form, used for the human needs or flowing to the oceans) and the green water (i.e. the vapour form, resulting from evaporation and transpiration processes).

1 Please visit
www.efi.int/portal/virtual_library/publications/what_science_can_tell_us/ for a free download of Water for Forests and People

in the Mediterranean – A Challenging Balance. What Science Can Tell Us 1, 2011 by Yves Birot, Carlos Gracia and Marc Palahi (editors). The book is also available in French and will be translated into Spanish by the end of 2011.

See also Forêt Méditerranéenne, T. XXXII, n°3, sept. 2011, p. 335.

Innovative knowledge-based policies and strategies should look at both green and blue water, and balance water for people and nature through a real socio-eco-hydrological approach, founded on an integrated land/water/ecosystem management. This requires joint efforts from the scientific community (hydrologists/ ecologists/foresters/economists) for organizing and structuring the available knowledge in a comprehensive manner. This was the motivation and aim of the book "Water for Forests and People in the Mediterranean – A Challenging Balance" which EFIMED compiled as the first volume of the new EFI series "What Science Can Tell Us" targeting decision/policy makers, managers and society in general¹.

While boreal and most temperate forests are "energy limited" and transpire an amount of water which is limited by the available solar radiation, Mediterranean forests are most of the time "water limited". This means that the water transpired is as much as the root systems can reach. A dense cover of e.g. holm oak (*Quercus ilex*) can turn back to the atmosphere as much as 90% of the annual precipitation. Of course this is not water lost: it keeps the trees alive, can be re-used after precipitation – usually far from the areas where it was transpired – and helps to control soil erosion among many other beneficial effects.

The proper management of any system, including ecosystems, requires thorough knowledge of its functional traits. In order to avoid management errors based on misconceptions about water and forests, it is important to understand how much water a tree uses and how it uses that water. While there is an open debate about if forests attract rainfall, there is no doubt that forests are water consumers and reduce the stream flow significantly.

Life is very expensive in terms of water. To fix one gram of carbon that will be transformed e.g. in corn grain, pine needles or wood in our trees, a plant uses a huge amount of water. The efficiency with which the plants use water is very low. Most common values are around 500 grams of water to fix 1 g of carbon. Obviously in these conditions forests use huge amounts of blue water (precipitation which feeds our stream flows) to capture carbon in the gas exchange process, returning this water to the atmosphere as green water. The result is that to produce 1 m³ of wood, some tree species uses up to near 3000 m³ of water, which is the so called water foot print of wood. The crucial point is that this enormous amount of water depends on the tree species, of course, but also on the management regime of the forest, as illustrated in the table 1.

While optimizing the forest management of our forests to improve the water use efficiency does not affect the carbon fixed by the forest severely, it is crucial to incorporate the water as a key factor to our management conceptual models. There are a lot of advantages beside the water savings in optimizing the use of water: a water-centered forest management regime can represent in the Mediterranean region enormous ecological

Fig. 1:

The artificial lake of La Môle in a fully forested watershed dominated by cork oak, supplying water to the tourist town of Saint-Tropez, Var, France.

It is interesting to note that the water company is paying annual fees to the local forest owners (public and private) for maintaining the fuel break network, and thus limiting the risk of wildfires, whose impact on dam silting and water quality can be huge.

Photo by C. Birot.

Blue and Green Water: What Trade-offs?

Life in the Mediterranean region is constrained by the water available to living beings. In a broad view precipitation is, in average, around 450 mm while the potential evapotranspiration reaches mean values of around 1000 mm. This means that Mediterranean ecosystems – particularly forests – have to deal with an almost permanent shortage of water. In the Mediterranean climate, this shortage is more severe during the dry summer periods when the vapour pressure deficit (VPD) of the atmosphere is higher.



and social advantages in relation to the current carbon-centered management concepts which very often misuse the most precious environmental factor: water.

Soil depth (cm)	Optimal management (m ³)	Non optimal management (m ³)
50	584	782
150	739	1263

New Approaches to Evaluate Water-Related Ecosystem Services

Unsustainable water consumption patterns and the impacts of climate change are making the water scarcity problem worse in the Mediterranean. This will most likely aggravate conflicts between upstream and downstream users and rural and urban areas. Furthermore, since forests are major consumers of water, it can be expected that the discussion about the trade-off between reduced water availability and the ecosystem services provided by them will receive increased attention. Sustainable solutions require the integration of different interests and the collaboration of all stakeholders involved. For example, a drastic reduction of the forest area might increase the availability of water, but would negatively influence the provision of ecosystem goods and services. Integrating ecohydrological and socio-economic aspects is a key approach towards sustainable management of water resources, ensuring balanced and continued provision of sufficient water resources and other environmental services. A myriad of new tools for trade-off analysis and land management optimization are becoming available that could help to achieve optimal decisions.

The integration of water with other ecosystem services should be based on a better understanding of how ecosystem services interact with each other.

Green water flow sustains main ecosystem functions, and therefore should receive increased attention. The blue water paradigm is based on the evaluation of blue water resources available for human purposes, as related to the effects of forests and other land uses and management. The integrated evaluation of green and blue water flows can be achieved through hydrological models, as well as through policy relevant indicators.

The challenge of integrating upstream and downstream interests, including terrestrial and aquatic ecosystems, can be met through reconciling the blue and green water paradigm. This can be practically achieved by using specific methods.

To explore the economic dimension of the implementation of water-related policies, we would have to quantify the value of water and the effects of these policies on the provision of environmental goods and services and their value. When considering the value of water, we should distinguish at least two concepts, namely, the value and the price of water. The actual price of water in most Mediterranean countries is based on the supply cost, only including operational and management costs of water supply. The recommended approach would be to define the water price on the basis of the full-cost, which includes opportunity and economic costs, and environmental externalities. Appropriate water pricing would be one of the key elements of more efficient use and management of water.

Table 1:
Water footprint of Scots pine (*Pinus sylvestris*) (m³ of water used to produce 1 m³ of wood) growing in two contrasting soils under an optimal management compared to a management regime non optimize for the use of water. Soil depth cm optimal management non optimal management

Do Forest Areas Influence Rainfall Regime?

The role of forests in affecting microclimate, by regulating flows and availability of water and preventing erosion, are generally well established. The huge flux of global water vapour from annual precipitation over land, the evaporation and transpiration processes and plants represents a fundamental ecosystem service that contributes to the global water cycle and climate regulation through cloud formation. Therefore, forests sustain the hydrological cycle through evapotranspiration, which cools the climate through feedbacks with clouds and precipitation. Large-scale model simulations have routinely demonstrated biogeophysical regu-

lation of climate by vegetation through albedo (reflectivity), turbulent fluxes, and other effects on the hydrological cycle.

Are the influences of forests on rainfall “active” processes? Recently, analysing vegetation data from terrestrial transects and precipitation fields, researchers concluded that rainfall in areas with extensive natural forests (the Amazon, Yenisey River and equatorial Africa) does not decrease as expected with increasing distance from oceans. Although, the same is not true over non-forested areas, and researchers have proposed the existence of an active “biotic pump” transporting moisture inland from the ocean to forests (MAKARIEVA *et al.* 2009). Natural forests maintain high evaporation fluxes, which support an ascending air motion over the forests and “suck in” moist air from the ocean. However, the “evaporative force” on which the “biotic pump” theory is based has been criticised as not being supported by basic physical principles (MEESTERS *et al.* 2009). Other researchers have underlined the relevance of the “biotic pump” in offering new lines of investigation and transforming how we view forest loss, climate change, hydrology, and environmental services, if validated (SHEIL and MURDIYARSO 2009). Although the theory of “forests as a biotic pump” has not received enough confirming support yet, all researchers working on the role of forests involved in climate change agree that there should be improvement concerning weakness and uncertainties when modelling climatic responses.

Notably, land use and coverage are still not generally recognized in international assessments as having a role in precipitation that is at least as large as that caused by the radiative effect of greenhouse gases. Forests have the ability to amplify or dampen climate change arising from anthropogenic greenhouse gas emissions through albedo, evapotranspiration, the carbon cycle, and other processes.

“The biophysical consequences of forest cover change and other co-effects can be large at regional scales and may sometimes reduce or even cancel the benefits of carbon sequestration. Biophysical interactions should therefore be factored into climate mitigation strategy in at least two ways – in designing carbon sequestration projects to achieve the greatest climate benefit and in comparing the costs and benefits of terrestrial carbon sequestration with those of other mitigation activities.” (Environ. Res. Lett. 2008).

Yves BIROT
EFIMED

Carlos GRACIA
CREAF - Espagne

Giorgio MATTEUCCI
National Research
Council - Italie

Robert MAVSAR
EFIMED

Bart MUYS
University of Louvain
- Belgique

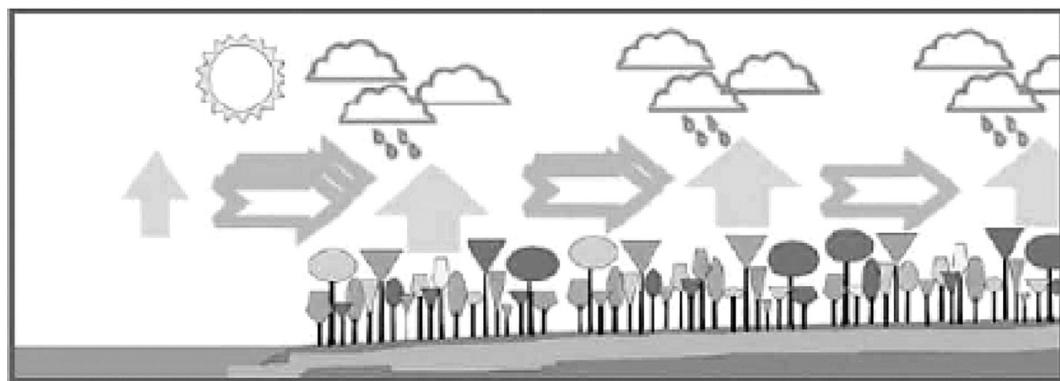
Marc PALAHI
EFIMED

References

Briot Y., Gracia C., and Palahi M. (eds) 2011
Water for Forests and People in the
Mediterranean Region: a challenging balance.
EFI series « what science can tell us » n° 1, 175 p.

Fig. 2:

Biotic pump of atmospheric moisture: transpiration fluxes regulated by natural forests exceed oceanic evaporation fluxes to the degree when the arising oceanic land fluxes of moist air become large enough to compensate losses of water to runoff in the entire river basin.
Adapted from Sheil and Murdiyarsso (2009).



Biodiversité marine et biodiversité terrestre : points de convergence et défis communs

par Jacques BLONDEL

Pour de nombreuses raisons, les recherches en milieu marin et terrestre sont presque totalement isolées l'une de l'autre. La similitude des pressions d'origine anthropique qui s'y exercent, justifie pourtant la mise en commun des efforts pour en mesurer les effets et développer des stratégies, afin d'en diminuer les conséquences négatives.
Les changements globaux constituent une gigantesque "expérience naturelle" où les réponses des organismes peuvent être valorisées pour analyser et lutter contre leurs conséquences négatives.
Plusieurs propositions de recherches communes sont énoncées sur des sujets qui transcendent les barrières conceptuelles entre les deux domaines.

Introduction

Le cloisonnement des disciplines scientifiques est une réalité bien connue, en particulier celui qui concerne les recherches en milieu marin et terrestre qui s'ignorent presque complètement. Une exception notoire est le livre de Mireille Harmelin-Vivien et de François Bourlière (1989) qui démontre de manière saisissante les ressemblances de structure et d'organisation entre les peuplements de poissons des récifs coralliens et les peuplements de vertébrés des forêts tropicales. Il faut dire que pour bien des raisons liées aux difficultés d'approche et de financement des recherches en milieu marin, la biologie de ce dernier est bien moins connue que celle du domaine terrestre. Il n'est que de constater la sous-représentation des séries temporelles de suivi des populations dans le milieu marin. Alors que plus de 500 études à long terme¹ de populations ont été menées en milieu terrestre en Angleterre sur les plantes, invertébrés et vertébrés au cours des trente dernières années, moins d'une dizaine l'ont été sur les organismes marins (CLUTTON-BROCK & SHELDON, 2010). Certains freins à la connaissance de ces derniers sont d'ordre conceptuel et relèvent de la méthode scientifique elle-même, d'autres sont d'ordre technique et logistique. Alors que la théorie écologique s'est largement construite en milieu terrestre autour des concepts d'écosystème, de communauté et de population, de telles entités sont difficiles à définir et isoler en milieu marin du fait de l'absence apparente de discontinuités entre habitats et de barrière à la dispersion des organismes. Si l'on peut

1 - Par convention, les études dites « à long terme » portent sur au moins vingt ans.

appréhender un paysage terrestre, faire une typologie des habitats qui le constituent, mesurer les quantités de matière, d'énergie et de propagules qu'ils échangent entre eux, l'opération devient très difficile en milieu marin, même si un compartimentage de l'espace marin existe bien, y compris en milieu pélagique. En outre, la plupart des pans de recherche qui nécessitent un suivi des individus, des populations et des communautés dans le temps et dans l'espace sont pratiquement impraticables en milieu marin. C'est le cas de l'analyse des traits d'histoire de vie des individus qui est à l'origine du développement de l'écologie évolutive. On n'a pratiquement aucun accès, en milieu marin, à ce qui fait l'essence même des mécanismes évolutifs, à savoir les interactions entre les génotypes et leur environnement, ce qui rend très difficile la connaissance des mécanismes de réponse des organismes à l'hétérogénéité et aux variations de l'environnement. On n'a aucun accès non plus à la génétique quantitative dont on sait qu'elle est un outil puissant pour mesurer la réponse des organismes aux régimes de sélection qui sont variables dans le temps et dans l'espace, notamment en cette période de changement climatique.

A ces difficultés d'ordre théorique s'ajoute bien entendu toute une série de contraintes d'ordre technique et financier. Les recherches *in situ* sont plus complexes et exigent une logistique lourde et par conséquent bien plus coûteuse qu'en milieu terrestre.

Et pourtant, il y a bien des raisons d'établir des ponts et points de rencontre entre les deux domaines dans le champ de l'écologie et des sciences de la conservation, surtout en ces temps d'incertitude sur le devenir des espèces et des écosystèmes.

2 - On appelle changements globaux l'ensemble des modifications de grande ampleur qui affectent la totalité de la planète et qui sont d'origine anthropique. Ils sont au nombre de cinq :

- a) la dégradation et la fragmentation des habitats,
- b) les intrants chimiques,
- c) les espèces envahissantes,
- d) les dérèglements climatiques,
- et e) la surexploitation des ressources (VITOUSEK, 1994).

nos connaissances sur les conséquences biologiques de ces changements et prendre nos dispositions pour affronter leurs effets. Les dégâts causés par des pressions anthropiques excessives étant généralisés, tant en milieu marin qu'en milieu terrestre, il serait souhaitable de construire un agenda commun de recherche sur des thèmes qui transcendent les frontières entre domaines biologiques et dont quelques exemples de recherche fondamentale et finalisée, parmi bien d'autres, sont évoqués ci-après.

1. Valorisation de la théorie métabolique de l'écologie. Parmi les principes généraux qui transcendent les différences entre milieu marin et milieu terrestre, la théorie métabolique de l'écologie (BROWN *et al.*, 2004) offre un cadre normatif puissant pour comprendre les fonctions que les espèces exercent dans les écosystèmes et, par conséquent, comprendre et comparer le fonctionnement de ces derniers. Cette théorie dispose que le métabolisme de tous les organismes vivants, végétaux et animaux, terrestres et aquatiques, des diatomées aux grandes baleines en passant par les souris et les éléphants, gère l'énergie dont ils disposent d'une même manière, qui est fonction de leur taille et de la température ambiante. Le taux métabolique, à savoir le taux auquel les organismes capturent, transforment et dépensent l'énergie, est une constante biologique fondamentale qui contrôle les processus écologiques à tous ses niveaux d'organisation, des individus à la biosphère. Cette loi fondamentale pourrait être valorisée pour simuler les réponses probables des organismes aux changements climatiques en cours. Un seul exemple : on observe chez des organismes aussi différents que des Chenilles défoliaires d'arbres et des organismes planctoniques marins une accélération de leur croissance en réponse au réchauffement climatique, conformément aux prédictions de la théorie métabolique de l'écologie (BLONDEL *et al.*, 2006 ; DUARTE, 2007).

2. Les cascades trophiques. L'organisation et le fonctionnement des communautés sont gouvernés par des réseaux trophiques complexes. Les processus impliqués dans ce fonctionnement peuvent être de type *top-down* ou *bottom-up*. Les premiers consistent en une régulation par la prédation et les seconds en une régulation par la productivité primaire. Dans les deux domaines, terrestre et marin, les cascades trophiques, qui relèvent de processus *top-down*, sont une

Quels points de rencontre entre les deux domaines ?

Cette gigantesque « expérience naturelle » que constituent les changements globaux², offre d'uniques opportunités pour tester des hypothèses sur la réponse des organismes aux variations de leur environnement. Certes cette « expérience » est tout sauf désirable mais qu'au moins on en fasse le meilleur usage pour appliquer la méthode scientifique dans toute sa rigueur afin d'améliorer

force structurante majeure des communautés. La prédateur devient alors un principe fondamental, parfois considéré comme une « *loi de la nature aussi essentielle et fondamentale à l'écologie que la sélection naturelle l'est pour l'évolution* » (TERBORGH & ESTES, 2010). Or la disparition des grands prédateurs, tant en mer que sur terre, est l'un des aspects les plus spectaculaires de l'érosion de la diversité biologique. Elle entraîne une sérieuse modification des interactions entre espèces et dérègle en profondeur les réseaux trophiques au sein des communautés. Car la fonction de prédateur a des effets qui se propagent de proche en proche, d'un niveau trophique à celui qui lui succède le long de la chaîne, entraînant une série d'effets positifs sur certaines espèces, négatifs sur d'autres, contribuant ainsi à structurer l'ensemble de la communauté bien au-delà des seuls rapports de mangeur à mangé. En milieu marin, la disparition des grands prédateurs est sans doute l'effet le plus désastreux de la surpêche car elle a des conséquences inattendues sur les réseaux trophiques et la structure des communautés (JACKSON, 2001). L'une de ces conséquences apparemment inattendue est la « gélification des océans » par la prolifération explosive des méduses qui remplacent les grands prédateurs disparus (RICHARDSON *et al.*, 2009). C'est au point que dans certaines régions comme dans les grands bancs de Benguela, au large des côtes de Namibie, les tonnages de méduses capturées sont actuellement plus élevés que ceux des poissons. On assiste, depuis le début des années 1970, à une diminution régulière du niveau trophique moyen de la faune marine, signe des effets sur les gros poissons prédateurs à croissance lente de leur surpêche industrielle (PAULY *et al.*, 1998). En milieu terrestre, la dislocation des cascades trophiques, qui se traduit notamment par la disparition des grands prédateurs, mais aussi des grands herbivores, peut aussi avoir des effets inattendus. Pourquoi les plantes ne s'expriment-elles pas au mieux des possibilités que leur offre la combinaison des conditions locales de climat et de sol, bref pourquoi la nature n'est pas plus verte se demandent William Bond et John Keeley (2005). Si le monde végétal n'était régulé que par la nature des sols, les éléments nutritifs qu'ils contiennent, les précipitations et les températures, le manteau végétal qui recouvre les terres serait parfaitement prévisible. Il serait de la forêt, de la savane, de la prairie ou du désert selon les valeurs prises par ces facteurs, mais chacun de ces types de milieu garderait une certaine forme de stabilité, tant que ces facteurs ne varient pas. Or ce n'est pas ce qu'on observe : si la nature n'est pas plus verte, c'est parce que les plantes sont dévorées, soit par des animaux herbivores, soit par le feu³. Ainsi, hors intervention humaine, trois types de mondes sont envisageables : a) le monde régulé par le feu tel qu'on le rencontre dans les savanes sahéliennes, les matorrals ou chaparrals de Californie, certaines régions méditerranéennes, le fynbos de la Province du Cap ou certaines forêts boréales, b) le monde contrôlé par le potentiel climatique de la région, qui est d'autant plus vert que la productivité déterminée par les conditions d'humidité du milieu et de fertilité des sols est plus élevée ; c'est ce qu'on observe dans certaines forêts tropicales pluviales où le potentiel de croissance des végétaux dépasse de loin les capacités de régulation par les animaux herbivores, et c) le monde contrôlé par les grands mammifères herbivores, ceux-là mêmes qui participaient jadis, avant que l'homme contribue à les exterminer, à entretenir cette trame verte réticulée par l'existence de zones de forêt profonde et de zones de clairières, qui s'étendait presqu'à l'infini dans les vastes plaines et montagnes d'Europe. On sait maintenant que les discontinuités au sein de la forêt étaient largement entretenues par les grands herbivores.

3. Effets du réchauffement climatique. Dans les deux types de milieux, marin et terrestre, on observe des effets semblables des variations de température sur les traits d'histoire de vie des organismes : avancement des époques de reproduction, précocité accrue de la migration printanière et retard de la migration automnale dans l'hémisphère nord, désynchronisation des chaînes trophiques parce que les différents partenaires de ces dernières ne répondent pas de la même manière, et surtout pas selon le même tempo, aux changements de l'environnement. Ce sont évidemment les événements phénologiques, qui se répètent régulièrement selon les saisons, qui sont les mieux documentés. Une étude réalisée en Angleterre sur plusieurs dizaines d'espèces vivant en milieu marin, d'eau douce et terrestre, a montré qu'entre 1976 et 2005, toutes ont effectué avec une avance significative de 0,2 à 0,6 jour par an selon l'espèce considérée l'acte saisonnier observé, par exemple le

3 - Le béton consomme plus de 75 000 ha de bonne terre chaque année en France, et près de la moitié, voire davantage, de la frange côtière en région méditerranéenne.

retour de migration ou le déclenchement de la reproduction (THACHERAY *et al.*, 2010).

4. La traque à l'habitat. Une constante biologique, qui est d'ailleurs une conséquence de la théorie métabolique de l'écologie, est la sensibilité des organismes à la température. Les espèces ont une fenêtre naturelle de tolérance thermique et répondent aux fluctuations des températures par un jeu d'adaptations physiologiques, biochimiques ou comportementales. Bien que la fenêtre de tolérance thermique puisse être large comme le montre l'exemple du mélèze qui se développe entre des altitudes comprises entre 800 m et 2300 m, chaque espèce est adaptée à une enveloppe thermique précise au point que le déplacement de cette enveloppe entraîne nécessairement un déplacement de l'organisme, d'où une « traque à l'habitat » des espèces en réponse au déplacement de cette enveloppe. Tant en milieu marin qu'en milieu terrestre on dispose déjà de très nombreuses données sur la manière dont les organismes remontent en latitude et/ou en altitude en réponse au réchauffement climatique. On sait d'ores et déjà qu'au cours du siècle dernier et à l'échelle mondiale, le déplacement de 1700 espèces animales et végétales pour lesquelles nous disposons de données fiables fut en moyenne 6 km en latitude et de 6 m en altitude par décennie (PARMESAN & YOHE, 2003). Les simulations sur la modification attendue au cours du XXI^e siècle de la distribution d'arbres européens ne manquent pas (CHUINE & THUILIER, 2005). S'il est difficile de pratiquer de telles simulations pour les espèces marines, de nombreuses données empiriques montrent que la mer Méditerranée est d'ores et déjà colonisée par des dizaines d'espèces nouvelles qui ne quittaient pas jusqu'à naguère les eaux tropicales (BLONDEL *et al.*, 2010).

5. Trajectoires écologiques et effets de seuil. Un phénomène encore mal connu, mais que redoutent les chercheurs parce qu'il est difficile à prévoir, est la non linéarité des processus écologiques et démographiques. On observe parfois qu'au-delà d'une certaine valeur d'une variable écologique, cette dernière s'effondre ou s'emballe parce qu'elle a atteint un seuil conduisant à des trajectoires écologiques imprévisibles et le plus souvent indésirables. A partir de certains seuils, par exemple l'abondance d'une espèce envahissante agressive, ou la diminution d'une espèce ressource, le système peut

basculer d'un coup dans une nouvelle trajectoire totalement imprévue au départ. Certaines données empiriques et la modélisation montrent que la réponse des communautés à une variation continue de l'environnement peut prendre trois formes, soit un changement graduel de la variable réponse, soit un basculement du systèmes vers une autre trajectoire, soit un phénomène dit d'hystérésis par lequel la communauté « décroche » pour se transformer en un ou plusieurs autres systèmes (SUDING *et al.*, 2008). Un exemple tristement célèbre d'effet de seuil est celui du crash des stocks de morue des bancs de Terre Neuve qui ne se sont toujours pas reconstitués, malgré le moratoire décrété par le gouvernement Canadien en 1992 (CURY & MISERÉY, 2008). Il s'agit typiquement d'un effet de seuil par lequel le réseau trophique au sein duquel se trouve la morue s'est transformé du fait des réponses de ce poisson aux nouveaux régimes de sélection qu'a entraîné sa surpêche, transformant en l'occurrence les prédateurs en proie des espèces dont elles se nourrissaient !

6. La déstabilisation des écosystèmes par les espèces envahissantes. Les invasions biologiques sont souvent considérées comme une cause majeure de déclin de la diversité biologique. On pourrait citer des dizaines d'exemples d'invasions biologiques tant en milieu terrestre qu'en milieu marin. Quand ce ne serait qu'en Méditerranée, pas moins de 90 espèces de poissons (sur 650) et 60 espèces de décapodes (sur 350) sont des espèces dites « lessepiennes », c'est-à-dire qu'elles ont envahi la mer Méditerranée à la faveur du percement (par Ferdinand de Lesseps) du canal de Suez (BLONDEL *et al.*, 2010). Un autre exemple d'invasion biologique dont les effets sont désastreux est celui de l'algue tueuse *Caulerpa taxifolia*, qui fut identifiée pour la première fois en 1984 au large de Monaco. En vingt ans, cette espèce a envahi les régions côtières de la plupart des pays du bassin méditerranéen où elle couvre les fonds de matelas épais qui éliminent les espèces autochtones, y compris les herbiers de posidonies qui sont des sites de reproduction privilégiés pour de nombreux poissons. Un enjeu particulièrement important serait d'identifier les traits et circonstances qui rendent une espèce s'échappant de son enveloppe naturelle de distribution potentiellement envahissante, donc dangereuse pour les communautés autochtones. On estime en

effet que sur une centaine d'espèces accidentellement introduites par les humains en dehors de leur aire naturelle de distribution, moins d'une dizaine risquent de devenir envahissantes. Déetecter ce qui favorise le caractère envahissant serait un moyen d'anticiper le processus avant qu'il ne soit trop tard, car il s'avère à peu près impossible de se débarrasser d'une espèce vraiment agressive quand elle s'est solidement implantée.

Conclusion : vers un agenda de recherches communes

Le besoin et l'intérêt de relier entre eux les univers marin et terrestre en écologie et dans les sciences de la conservation se justifient par l'aspect intégrateur de quelques principes fondamentaux d'écologie évolutive et fonctionnelle qui transcendent les barrières conceptuelles entre les deux domaines. Certains points de rencontre comme la réponse des organismes aux changements de température ou les prédictions que l'on peut faire sur les facteurs et traits qui peuvent rendre envahissantes et agressives les espèces introduites par les humains sont autant de ponts entre les deux types de milieux. Le transfert de méthodes de modélisation d'un domaine à l'autre réduirait le gaspillage d'efforts que représente la duplication d'approches scientifiques semblables. Par ailleurs, une approche mieux unifiée et standardisée stimulerait l'engagement d'experts, indépendamment des milieux et des taxons considérés, ce qui réduirait considérablement les inégalités de nos connaissances entre milieux terrestres et marins. On ne peut que souhaiter les recherches comparatives dans les domaines porteurs d'interactions entre les deux domaines. Cet effort partagé permettrait en particulier d'incorporer dans une même approche les interactions terre-mer dans les milieux insulaires et côtiers. L'enjeu de recherches et d'actions conjointes sur les communautés liées à la zone de contact entre milieux marin et terrestre se justifie à la fois par la mobilité du trait de côte liée à l'élévation du niveau de la mer et par l'existence de communautés spécifiques à cette zone. Or le liseré côtier est soumis, notamment en Méditerranée, aux très fortes pressions que représentent la destruction des habitats, le développement de l'in-

dustrie touristique, la pollution, l'eutrophisation, certaines formes d'aquaculture, la surexploitation des ressources halieutiques, la détérioration des herbiers proches des côtes et le caractère particulièrement agressif de certaines espèces envahissantes.

Finalement, comme le souligne Christian Körner, l'incertitude sur l'ampleur et le tempo des changements globaux invite à la prudence et à l'application du principe de précaution. A cet égard, faute d'en savoir plus sur le comportement des espèces face aux changements globaux, les mesures conservatoires sans doute les plus efficaces sur le court terme sont de tout faire pour préserver la diversité génétique des populations et d'encourager la structure en mosaïque des paysages. Ces précautions paraissent d'autant plus justifiées qu'on sait maintenant que des changements climatiques ont parfois été très rapides dans un passé somme toute pas si lointain puisqu'à la fin du Dryas récent (12700-11500 ans avant le présent), époque à laquelle toutes nos espèces existaient déjà, l'augmentation de la température moyenne a été de 7°C en 50 ans (DANSGAARD *et al.*, 1989), ce qui est bien supérieur à ce que le GIEC prévoit pour le siècle en cours. Enfin, n'oublions pas qu'une diversité considérable de microclimats peut se rencontrer sur des espaces très réduits, ce qui renforce l'aspect positif des structures paysagères en mosaïque.

J.B.

Jacques BLONDEL
CEFE-CNRS
34293 Montpellier
cedex 5
Email :
jacques.blondel@
cefe.cnrs.fr

Bibliographie

- Blondel, J., Thomas, D. W., Charmantier, A., Perret, P., Bourgault, P., Lambrechts, M. M. 2006. A thirty-year study of phenotypic and genetic variation of blue tits in Mediterranean habitat mosaics. *BioScience* 56, 661-673.
Blondel, J., Aronson, J., Bodou, J.-Y. Boeuf, G. (2010) *The Mediterranean Region: Biodiversity in Space and Time*. Oxford, Oxford University Press.
Bond, W. J., Keeley, J. E., 2005. Fire as a global “herbivore”: the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends Ecol. Evol.* 20, 387-394.
Brown, J. H., Gillooly, J. F., Allen, A. P., Savage, V. M., West, G. B. 2004. Toward a metabolic theory of ecology. *Ecology* 85, 1771-1789.
Chuine, I., Thuiller, W., 2005. Impact du changement climatique sur la biodiversité. *Le Courrier de la Nature* 223, 20-26.
Clutton-Brock, T., Sheldon, B. C., 2010. Individuals and populations: the role of long-term, individual-based studies of animals in ecology and evolutionary biology. *Trends Ecol. Evol.* 25, 562-573.

- Cury, P., Miserey, Y., 2008. *Une mer sans poissons*, Calmann-Lévy.
- Dansgaard, W., White, J.W.C., Johnsen, S.J., 1989. The abrupt termination of the Younger Dryas climate event. *Nature* 339, 532-534.
- Duarte, C. M., 2007. Marine ecology warms up to theory. *Trends Ecol. Evol.* 22, 331-333.
- Harmelin-Vivien, M., Bourlière, F. 1989. *Vertebrates in complex tropical systems*. New York, Springer-Verlag.
- Jackson, J. B. C., 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293, 629-638.
- Parmesan, C., Yohe, G. 2003. A globally coherent finger-print of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421, 37-42.
- Pauly, D. et al., 1998. Fishing down marine food webs. *Science* 279, 860-863.
- Richardson, A. J., Bakun, A., Hays, G. C., Gibbons, M. J. 2009. The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends Ecol. Evol.* 24, 312-322.
- Suding, K. N., Lavorel, S., Chapin, F. S., Cornelissen, J.H.C., Diaz, S., Garnier, E., Goldberg, D., Hooper, D.U., Jackson, S.T., Navas, M.-L., 2008. Scaling environmental change through the community-level: a trait-based response-and-effect framework for plants. *Global Change Biology* 14, 1125-1140.
- Terborgh, J. W., Estes, J. A., 2010. *Landscape of hope, oceans of promise: trophic cascades*. Island Press.
- Thackeray, S. J. et al., 2010. Trophic level asynchrony in rates of phenological change for marine, freshwater and terrestrial environments. *Glob. Change Biol.*
- Vitousek, P. M., 1994. Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology* 75, 1861-1876.

Résumé

Pour de nombreuses raisons d'ordre historique, mais aussi conceptuel et technique, les recherches en milieu marin et terrestre sont presque totalement isolées l'une de l'autre. La difficulté de définir des habitats et communautés en milieu marin, de même que le manque d'accès au suivi des individus compliquent la mise en œuvre des méthodes de démographie et d'écologie évolutive qui ont fait leurs preuves en milieu terrestre et ont permis de maîtriser le fonctionnement et l'évolution des populations et communautés en milieu terrestre. La similitude des pressions d'origine anthropique qui s'exercent sur les populations et communautés dans les deux types de milieux justifie pourtant la mise en commun des efforts pour en mesurer les effets et développer des stratégies de réponse à ces pressions afin d'en diminuer les conséquences négatives. A cet égard, les changements globaux constituent une gigantesque « expérience naturelle » qu'on peut valoriser pour analyser les réponses des organismes aux changements de leur environnement et lutter contre leurs conséquences négatives. Plusieurs propositions de recherches communes sont énoncées sur des sujets qui transcendent les barrières conceptuelles entre les deux domaines : prédictions de la théorie métabolique de l'écologie sur les réponses des organismes aux dérèglements climatiques, conséquences sur les écosystèmes de la dislocation des cascades trophiques, construction de protocoles de monitoring des populations, recherches sur les espèces envahissantes, analyse des changements d'aires de distribution et de la traque aux habitats.

Summary

Many historical, conceptual as well as technical reasons explain why there is almost no connection in scientific research between the terrestrial and marine realms. Because it is hardly possible to define habitats and communities in marine environments, and because it is almost impossible to follow individuals, it is extremely difficult to apply the methodologies that have been successfully devised in demography and evolutionary ecology in terrestrial biotas. Therefore the knowledge of population and community ecology and evolution in marine environments is in its infancy compared to that in terrestrial ecosystems. Yet the similarity of anthropogenic pressures on populations and communities in the two kinds of habitats fully justifies common efforts to assess the consequences of environmental changes and develop strategies for mitigating or alleviating their harmful consequences. In this respect, global change is a huge so-called « natural experiment » which can be used for analysing the proximate and evolutionary responses of organisms to environmental changes and trying to reduce their negative effects. Several research areas that are common to both terrestrial and marine environments are proposed on themes which transcend the conceptual barriers between the two domains. Examples include predictions from the metabolic theory of ecology on the responses of organisms to climate change, the consequences of the disruption of trophic cascades on ecosystems functions, the development of protocols for monitoring populations, research on biological invasions, and analysis of distributional shifts of populations and habitat tracking.

Biodiversity on the land and in the sea: when it converges, challenges in common

by Jacques BLONDEL

For a number of reasons, marine and terrestrial research go on with the one practically unaware of the other. Even so, the similar nature of the various anthropogenic pressures that impact both domains justifies a pooling of efforts to measure such pressures and develop strategies to counteract the negative consequences. Worldwide changes represent a gigantic “natural experiment” in which the responses of organisms can be exploited through analysis and for combating the negative effects. Several suggestions are made for research in common on topics which transcend the conceptual borders between the two domains.

1 - "Long-term" studies are by convention those involving at least twenty years.

Introduction

The closeting of scientific disciplines is a widely-recognised phenomenon. This is especially so for research on marine and terrestrial habitats: both domains exist in splendid isolation, the one practically unaware of the other. An outstanding exception is the book co-authored by Mireille Harmelin-Vivien and François Bourlière (1989) which gives a striking demonstration of the resemblance between the structure and organisation of fish populations on coral reefs and those of vertebrates in tropical forests. It must be acknowledged that, for a number of reasons linked to the difficulty of approaching and financing research in the marine environment, its biology is much less well understood than that of land-based habitats. By way of example, just consider how little monitoring over time has been done of populations in marine environments. Whereas there have been over 500 long-term¹ studies of populations of terrestrial plants and vertebrates in England over the last thirty years, for marine organisms there have been less than some ten (CLUTTON-BROCK & SHELDON, 2010). Certain of the hindrances to understanding marine organisms are of a conceptual nature and derive from the scientific method itself; others are technical or logistical. While ecological theory for terrestrial habitats was largely built up around the concepts of ecosystem, community and population, such entities are difficult to define and identify in a marine environment on account of the apparent absence of boundaries between habitats and of

barriers to the dispersal of organisms. Though we can ascribe contours to a landscape, work out a typology of the habitats that make it up, measure the amount of matter, energy and propagules they exchange between each other, such procedures becomes very difficult in a marine environment, despite the fact that it is indeed compartmentalised, including its deep-sea contexts. Furthermore, the kinds of research that require monitoring individuals, populations and communities in space and over time are practically impossible to carry out in a marine environment. This remains so for the analysis of details in the life history of individuals of a species, an analysis which was the starting point for the development of evolutionary ecology. In a marine environment, we have almost no access to what constitutes the very essence of evolutionary mechanisms, that is to say the interaction between genotypes and their environment. This makes it very difficult to know about an organism's response mechanisms to the heterogeneity and variability of the environment. Nor can we use quantitative genetics that we know provides a powerful tool for measuring the response of organisms to processes of selection which vary over time and space, particularly in this period of climate change.

To such difficulties of a theoretical nature must of course be added a whole series of technical and financial handicaps. Research in the field is more complex, logically very demanding and so much more expensive than land-based research.

And yet, there are very good reasons to build bridges and foster encounters between these two domains in the disciplines of ecology and conservation sciences, especially now at a time of uncertainty about the future of species and ecosystems.

- 2 - By global changes is meant the totality of large-scale modifications which affect the whole planet and are anthropogenic in origin. There are five such changes:
a) the deterioration and fragmentation of habitats,
b) chemical inputs,
c) invasive species,
d) climatic disturbances
and e) the over-exploitation of resources (VITOUSEK, 1994).

so, let us at least turn it to our best advantage by applying the scientific method in all its rigour and in this way enhance our understanding of the impact of these changes on the biology of organisms and then take measures to deal with their effects. Given that the damage caused by excessive anthropogenic pressure is now widespread, as much in the sea as on land, it would be a very good idea to draw up an agreed agenda for research on topics that transcend the boundaries between disciplines in biology. Below are some finalised examples — there could be plenty more — in the domain of fundamental research.

1. Exploiting the metabolic theory of ecology. Among the general principles which transcend the differences between the marine and terrestrial environments, the metabolic theory of ecology (BROWN *et al.*, 2004) provides a powerful normative framework for understanding the functions fulfilled by species in an ecosystem and, subsequently, understanding and comparing the functioning of such ecosystems. This theory posits that the metabolism of all living organisms, be they plant or animal, aquatic or terrestrial, in diatoms or the great whales and from mice to elephants, manages the energy available to them in the same way, as a function of their size and the ambient temperature. The metabolic rate, meaning the rate at which organisms harness, transform and use energy, is a fundamental biological constant which controls ecological processes at every level of organisation, from individual specimens to the entire biosphere. This fundamental law could be exploited for simulating the likely responses by organisms to the climate changes currently under way. Just one example: it has been observed for organisms as different as leaf-eating caterpillars on trees and plankton species in the sea that their growth has speeded up as a result of global warming, in accordance with the predictions of the metabolic theory of ecology (BLONDEL & *al.*, 2006; DUARTE, 2007).

2. Food chains. A community's organisation and functioning are governed by a complex network of food chains. The processes involved in their functioning may be of the top-down or bottom-up type. The first type consists of regulation by predators while the second involves regulation by primary pro-

Where is the common ground between these two domains?

The gigantic worldwide "natural experiment" that global changes represent² offers unique opportunities for testing hypotheses about the response of organisms to variations in their environment. Admittedly, this "experiment" is not at all desirable but, even

ductivity. In both the marine and terrestrial domains, food chains, which belong to the top-down category, are a major force in the structuring of communities. Predation thus becomes a fundamental principle that at times is seen as "a natural law as basic and essential to ecology as natural selection is to evolution" (TERBORGH & ESTES, 2010). Yet the disappearance of large predators, as much in the sea as on land, is one of the most spectacular manifestations of the erosion of biological diversity. It brings with it a serious modification of interspecific interaction and upsets at the deepest levels the food chain networks at the heart of a community. For the function of predation has effects that are propagated progressively outwards, from one food chain level to the next in succession along the chain, bringing positive effects for certain species, negative for others, and thus contributing to the structuring of the whole community far beyond the relationship between the eater and the eaten. In the marine environment, the disappearance of large predators is doubtless the most disastrous effect of over-fishing because it has unforeseen consequences on food chain networks and community structure (JACKSON, 2001). One such unexpected result has been the "jellying up of the oceans" by the booming proliferation of jellyfish that replaced the now-departed large predators (RICHARDSON & *al.*, 2009). It has got to the point in some regions, for example the grand banks of Benguela off the coast of Namibia, where the tonnage of jellyfish hauled in now exceeds the catch of fish. Since the beginning of the 1970s, there has been a regular decline in the level of the average food chain of marine animal life, a sign of the impact of industrial over-fishing on the large, slow-growing predators (PAULY & *al.*, 1998). In land environments, the dislocation of food chains, manifested in the disappearance of large predators but, also, of large herbivores, may also have unforeseen effects. Why do plants not exploit to the highest degree the potential offered by local combinations of climate and soil –in other words, wondered William Bond and John Keeley (2005), why is nature not greener? If the plant world was regulated only by the nature of the soil and the nutrients it contains, by precipitation and temperature, plant cover on the land would be perfectly predictable. It would be forest, savannah, grassland or desert, depending on the level of the various factors, but as long as

these factors do not vary, each of these habitats would keep a certain form of stability. But this is not what observations show: if nature is not in fact greener, it is because it is devoured either by herbivorous animals or by wildfire³. Thus, without human intervention, three types of world can be envisaged: a) a world regulated by fire, as is met with in sub-Saharan savannah, in the Californian matorral or chaparral, some areas of the Mediterranean Rim, the fynbos of Cape Province in South Africa and in some northern forests; b) a world controlled by the climatic potential of a region which grows that much greener when productivity is higher, as determined by the conditions of moisture in the habitat and the fertility of the soil, which is what can be observed in some tropical rain forests where the plants' growth potential far outstrips the regulatory capacity of herbivorous animals; and c) a world regulated by the large mammalian herbivores, those very animals that in the past, before man took part in their extermination, contributed to the upkeep of clearings within the greenery of the forests, forming a mosaic network reaching almost indefinitely across the vast plains and mountains of Europe. We now know that breaks within the depths of the forest were largely maintained by the great herbivores.

3 - Concrete confiscates more than 75,000 hectares of good soil each year in France and almost half, or indeed more of the Mediterranean coastal rim.

3. The effects of climate warming. The impact of variations in temperature on events in the life history of organisms has been observed to be similar in both marine and terrestrial habitats: seasons of reproduction are brought forward, spring migration occurs much earlier and autumn migration is delayed in the Northern Hemisphere; food chains are thrown out of phase because the different partners involved do not respond in the same way, and especially not at the same rate, to changes in the environment. Obviously, it is the phenological occurrences, which recur regularly from season to season, that have been best documented. Research carried out in England on several tens of species living in marine, fresh water and terrestrial habitats showed that between 1976 and 2005 all of them experienced a given seasonal event by 0.2 to 0.6 of a day in advance per year, depending on the event in question e.g. return from migration or the onset of reproduction (THACHERAY & *al.*, 2010).

4. The quest for habitat. One biological constant, which is in fact a consequence of the metabolic theory of ecology, is the sensitivity of organisms to temperature. A species has a natural window of thermal tolerance and responds to fluctuations in temperature by a combination of physiological, biochemical or behavioural adaptations. Though this window of thermal tolerance can be wide, as highlighted by the example of the larch which can develop at altitudes ranging from 800m to 2,300m, each species is suited to a thermal “envelope” so clearly circumscribed that when the envelope moves, the organism itself follows on necessarily in a sort of “quest for habitat” in response to the displacement of the envelope. For marine just as much as for terrestrial environments, there is already a great amount of data available on the way in which organisms move up in altitude and / or latitude in response to climate warming. We already know that in the course of the last century, for the 1,700 animal and plant species for which we have reliable data, the average drift worldwide was 6 km in latitude and 6 m in altitude per decade (PARMESAN & YOHE, 2003). Simulations abound on the modification to be expected in the 21st century in the distribution of European trees (CHUINE & THUILLIER, 2005). While it is difficult to design such simulations for marine species, numerous empirical evidence shows that the Mediterranean has even today been colonised tens of new species which previously never left tropical waters (BLONDEL & al., 2010).

5. Ecological trajectories and the threshold effect. The non-linear nature of ecological and demographic processes is still a poorly understood phenomenon which research scientists are very wary of because it is difficult to forecast. On occasion, it has been observed that beyond a certain value for an ecological variable, this variable will collapse or, conversely, take off because it has reached a threshold beyond which ecological trajectories become unpredictable and more often than not undesirable. Beyond such a threshold —for example, the abundance of an aggressive invasive species or the decline in numbers of a resource species— the system can all at once flip to a new trajectory totally unforeseen in the beginning. Certain empirical data and models indicate that the response of a community to a con-

tinuous variation in the environment can take three forms: either a gradual change in its variable response, a flip of the systems to another trajectory or a phenomenon known as hysteresis by which the community “gives up” and transforms itself into another or several systems (SUDING & al., 2008). A regrettably renowned example of this threshold effect is the complete collapse in the cod stocks on the Grand Banks of Newfoundland which have still not been replenished despite the moratorium on fishing ordered by the Canadian government in 1992 (CURY & MISEREY, 2008). Due to a typical threshold effect, the food chain network within which the cod lived was transformed by its responses to the new regimes of natural selection induced by its over-fishing: in the event, the predator, cod, was transformed into the prey of the very species that it used to feed on!

6. Destabilizing of ecosystems by invasive species. Biological invasions are often considered to be the main cause of the decline in biodiversity. Tens of examples could be cited of biological invasion, as much on land as at sea. In the Mediterranean alone, no less than 90 fish species (out of 650) and 60 species of decapod (out of 350) are species known as “lesseptian”, meaning that they invaded the Mediterranean Sea as a result of the digging out of the Suez Canal (by Ferdinand de Lesseps) (BLONDEL & al., 2010). Another example of biological invasion with disastrous consequences is that of the killer algae *Caulerpa taxifolia* which was identified for the first time in 1984 off the coast of Monaco. In twenty years, this species has invaded the coastal regions of most of the countries around the Mediterranean Rim. The species covers the seabed with a thick mattress which smothers out the indigenous species, eliminating amongst others the beds of posidonia which are the preferred reproduction areas for many fish. A particularly important challenge is to identify the traits and the circumstances which make a species that has escaped from the confines of its natural area of distribution into a potential invader and, thus, a danger to indigenous communities. In fact, it has been estimated that of the some hundred species accidentally introduced by man into areas outside their natural area of distribution, less than ten threaten to become invasive. Detecting what

favours invasiveness would be a means of anticipating the process before it gets too late because it appears to be well-nigh impossible to get rid of a really aggressive species once it is firmly established.

Conclusion: towards an agenda for research in common

The need and the interest in linking together the worlds of the sea and the land in matters ecological and in conservation sciences is justified by the integrating nature of certain fundamental principles in evolutionary and functional ecology that transcend the conceptual barriers between the two domains. There is common ground for both in the response of organisms to changes in temperature or the factors and features that can make species introduced by man into aggressive and invasive organisms. The transfer of modelling methods from one domain to the other would reduce the waste of effort that consists in duplicating similar scientific approaches. In addition, a more standardised, uniform approach would foster the involvement of experts independent of habitats and taxons, leading to considerable reduction in the disparity in our knowledge of the marine environment as compared to that of the land. One can only hope for comparative research in those fields and disciplines which lend themselves to interaction between the two domains. Such mutual effort would notably coalesce via the same approach to the interaction between the sea and the land in island and coastal environments. Meeting the challenge of jointly undertaking work on the communities connected to the sea-land interface is justified by the mobility of the shoreline linked to the rise in sea level and by the existence of communities specific to these zones. In fact, coastal fringes, particularly around the Mediterranean Rim, are subject to very strong pressure from the destruction of habitats, the development of the tourist industry, pollution, eutrophisation, certain types of fish farming, the over-exploitation of the fishing resource, the deterioration of weed beds near the coast and the particularly aggressive character of some invasive species.

Finally, as Christian Körner has emphasised, incertitude about the extent and the tempo of global changes should be an encouragement to prudence and the application of the principle of precaution. In this respect, given the lack of knowledge about species' behaviour in the face of global change, the conservation measures likely to be the most effective in the short term are doing everything possible to preserve the genetic diversity of populations and fostering a patchwork pattern of landscape. Such precautions appear to be eminently justified, so much the more so in that we now know that climate change has sometimes taken place very rapidly, and in the not so distant past: at the end of the lower Dryas (12,700-11,500 b.p.), a period when all our present species already existed, the increase in the average temperature was 7°C in 50 years (DANSGAARD & *al.*, 1989), which is much greater than the rise forecast by the IGCS (GIEC) for the current century. And finally, let us not forget that a wide variety of microclimates can be encountered within a very small area, a fact which emphasises the merits of a jigsaw pattern in the landscape.

Jacques BLONDEL
CEFE-CNRS
34293 Montpellier
cedex 5 France
Email :
jacques.blondel@cefe.cnrs.fr

J.B.

Bibliography

- Blondel, J., Thomas, D. W., Charmantier, A., Perret, P., Bourgault, P., Lambrechts, M. M. 2006. A thirty-year study of phenotypic and genetic variation of blue tits in Mediterranean habitat mosaics. *BioScience* 56, 661-673.
- Blondel, J., Aronson, J., Bodou, J.-Y. Boeuf, G. (2010) *The Mediterranean Region: Biodiversity in Space and Time*. Oxford, Oxford University Press.
- Bond, W. J., Keeley, J. E., 2005. Fire as a global “herbivore”: the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends Ecol. Evol.* 20, 387-394.
- Brown, J. H., Gillooly, J. F., Allen, A. P., Savage, V. M., West, G. B. 2004. Toward a metabolic theory of ecology. *Ecology* 85, 1771-1789.
- Chuine, I., Thuiller, W., 2005. Impact du changement climatique sur la biodiversité. *Le Courier de la Nature* 223, 20-26.
- Clutton-Brock, T., Sheldon, B. C., 2010. Individuals and populations: the role of long-term, individual-based studies of animals in ecology and evolutionary biology. *Trends Ecol. Evol.* 25, 562-573.

- Cury, P., Miserey, Y., 2008. *Une mer sans poissons*, Calmann-Lévy.
- Dansgaard, W., White, J.W.C., Johnsen, S.J., 1989. The abrupt termination of the Younger Dryas climate event. *Nature* 339, 532-534.
- Duarte, C. M., 2007. Marine ecology warms up to theory. *Trends Ecol. Evol.* 22, 331-333.
- Harmelin-Vivien, M., Bourlière, F. 1989. *Vertebrates in complex tropical systems*. New York, Springer-Verlag.
- Jackson, J. B. C., 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293, 629-638.
- Parmesan, C., Yohe, G. 2003. A globally coherent finger-print of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421, 37-42.
- Pauly, D. et al., 1998. Fishing down marine food webs. *Science* 279, 860-863.
- Richardson, A. J., Bakun, A., Hays, G. C., Gibbons, M. J. 2009. The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends Ecol. Evol.* 24, 312-322.
- Suding, K. N., Lavorel, S., Chapin, F. S., Cornelissen, J.H.C., Diaz, S., Garnier, E., Goldberg, D., Hooper, D.U., Jackson, S.T., Navas, M.-L., 2008. Scaling environmental change through the community-level: a trait-based response-and-effect framework for plants. *Global Change Biology* 14, 1125-1140.
- Terborgh, J. W., Estes, J. A., 2010. *Landscape of hope, oceans of promise: trophic cascades*. Island Press.
- Thackeray, S. J. et al., 2010. Trophic level asynchrony in rates of phenological change for marine, freshwater and terrestrial environments. *Glob. Change Biol.*
- Vitousek, P. M., 1994. Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology* 75, 1861-1876.

Résumé

Pour de nombreuses raisons d'ordre historique, mais aussi conceptuel et technique, les recherches en milieu marin et terrestre sont presque totalement isolées l'une de l'autre. La difficulté de définir des habitats et communautés en milieu marin, de même que le manque d'accès au suivi des individus compliquent la mise en œuvre des méthodes de démographie et d'écologie évolutive qui ont fait leurs preuves en milieu terrestre et ont permis de maîtriser le fonctionnement et l'évolution des populations et communautés en milieu terrestre. La similitude des pressions d'origine anthropique qui s'exercent sur les populations et communautés dans les deux types de milieux justifie pourtant la mise en commun des efforts pour en mesurer les effets et développer des stratégies de réponse à ces pressions afin d'en diminuer les conséquences négatives. A cet égard, les changements globaux constituent une gigantesque « expérience naturelle » qu'on peut valoriser pour analyser les réponses des organismes aux changements de leur environnement et lutter contre leurs conséquences négatives. Plusieurs propositions de recherches communes sont énoncées sur des sujets qui transcendent les barrières conceptuelles entre les deux domaines : prédictions de la théorie métabolique de l'écologie sur les réponses des organismes aux dérèglements climatiques, conséquences sur les écosystèmes de la dislocation des cascades trophiques, construction de protocoles de monitoring des populations, recherches sur les espèces envahissantes, analyse des changements d'aires de distribution et de la traque aux habitats.

Summary

Many historical, conceptual as well as technical reasons explain why there is almost no connection in scientific research between the terrestrial and marine realms. Because it is hardly possible to define habitats and communities in marine environments, and because it is almost impossible to follow individuals, it is extremely difficult to apply the methodologies that have been successfully devised in demography and evolutionary ecology in terrestrial biotas. Therefore the knowledge of population and community ecology and evolution in marine environments is in its infancy compared to that in terrestrial ecosystems. Yet the similarity of anthropogenic pressures on populations and communities in the two kinds of habitats fully justifies common efforts to assess the consequences of environmental changes and develop strategies for mitigating or alleviating their harmful consequences. In this respect, global change is a huge so-called « natural experiment » which can be used for analysing the proximate and evolutionary responses of organisms to environmental changes and trying to reduce their negative effects. Several research areas that are common to both terrestrial and marine environments are proposed on themes which transcend the conceptual barriers between the two domains. Examples include predictions from the metabolic theory of ecology on the responses of organisms to climate change, the consequences of the disruption of trophic cascades on ecosystems functions, the development of protocols for monitoring populations, research on biological invasions, and analysis of distributional shifts of populations and habitat tracking.

Relation entre diversité des espèces d'arbres et productivité des forêts

par Bart MUYS, Fernando VALLADARES, Filippo BUSSOTTI, Federico SELVI et Michael SCHERER-LORENZEN

Les scientifiques et les décideurs se sont penchés sur la biodiversité des forêts méditerranéennes essentiellement d'un point de vue de la conservation. Mais la biodiversité est de plus en plus considérée comme un facteur important du fonctionnement même des écosystèmes. Cet article examine plus particulièrement la relation diversité-productivité en forêt. Mais la tâche n'est pas facile car l'état de la forêt et sa croissance sont déterminés par de nombreux facteurs interdépendants, environnementaux et de gestion. Dans ce cadre, un dispositif expérimental très spécifique serait utile via le développement d'un réseau international d'expériences et, tout particulièrement, sur certains sites méditerranéens.

Introduction

La productivité primaire engendrée par la photosynthèse et la respiration est une fonction essentielle qui sous-tend la vie, contribuant largement aux services d'approvisionnement de bois et d'autres produits forestiers ainsi qu'aux services de régulation de la séquestration et du stockage du carbone (MEA 2005). La gestion durable des forêts vise à co-optimiser les fonctions de stock (biomasse et carbone), les fonctions de taux (croissance, séquestration) et la stabilité des stocks et des flux (PACALA & KINZIG 2002). Depuis le XIX^e siècle, les forestiers se sont demandés si les forêts mixtes seraient plus productives que les monocultures (PRETZSCH 2005), mais jusqu'ici, il n'y a pas eu de réponse concluante.

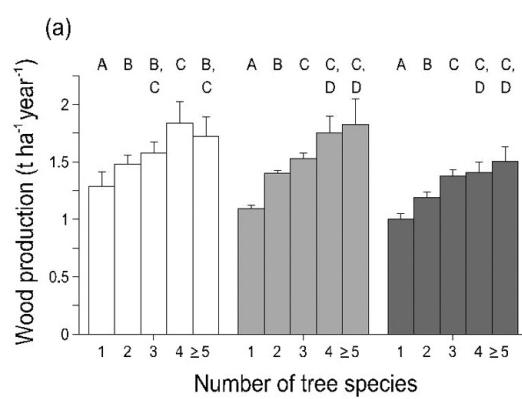
Durant la dernière décennie, une très forte corrélation positive entre diversité et productivité s'est vérifiée dans le cadre d'expériences d'assemblages d'espèces de prairie (TILMAN *et al.* 2001, LOREAU *et al.* 2001). Cela s'explique en partie par la complémentarité des espèces dans l'accès aux ressources souterraines (ex. VERHEYEN *et al.* 2008). Dans cette contribution, on veut explorer si des tendances similaires existent dans le domaine des forêts.

Preuve des relations biodiversité/ productivité dans les forêts

De nombreuses observations mondiales, à l'échelle des peuplements, sur d'importantes essences forestières comme l'épicéa, le sapin de Douglas, le pin ou l'eucalyptus ont révélé une plus grande productivité dans les monocultures par rapport à des peuplements mixtes composés de ces mêmes essences (PRETZSCH 2005). Mais d'autres études, réalisées sur ces mêmes espèces, signalent, au contraire, des effets positifs des mélanges d'espèces sur la productivité jusqu'à 10 à 20%. De telles relations positives entre diversité et productivité ont été principalement observées sur des sols riches, alors que, sur des sols pauvres, les mélanges d'espèces ont montré un effet souvent négatif sur la productivité (KÖRMER 2005). Une synthèse d'études menées à l'échelle de peuplements forestiers tropicaux a montré une croissance en diamètre globalement meilleure dans les plantations forestières mixtes par rapport aux monocultures (PIOTTO 2008). MÖLDER *et al.* (2008) a trouvé une relation positive entre la biomasse herbacée et la diversité de la strate arborée dans des forêts de feuillus en Allemagne.

Fig. 1 :
L'analyse de l'inventaire forestier catalan a révélé des relations positives entre le nombre d'espèces d'arbres et la production de bois, et aussi entre le nombre de groupes fonctionnels et la production de bois dans les forêts sclérophyllées à feuillage persistant, mais de façon moins prononcée dans les peuplements de feuillus et de conifères (les lettres majuscules dans les graphiques montrent les différences significatives entre les groupes). Les résultats suggèrent un effet de complémentarité plus fort au début des stades de succession écologique sur les sites marginaux, ce qui semble contradictoire avec les résultats sous climat tempéré froid.

Source Vila *et al.* 2007

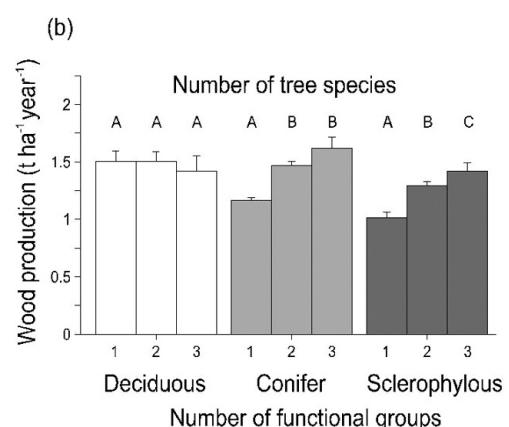


à la fermeture de la canopée dans une forêt sclérophylle, moindre dans des forêts de conifères et pas dans des forêts de feuillus.

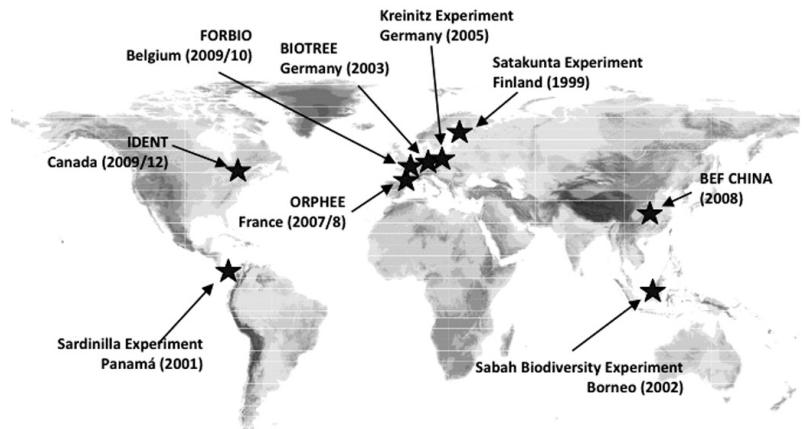
Cela suggère que, dans les forêts méditerranéennes, cette relation peut être observée au début du processus de succession écologique des forêts ou sur des sites en marge. Depuis, quelques analyses de données d'inventaires nationaux pour déduire les effets de forêts mélangées sont en cours, en France et en Allemagne (ex. MORNEAU *et al.*, 2008). En analysant une base de données globale NPP, LUYSSAERT *et al.* (2007) ont montré que le bilan net du carbone des forêts est assez similaire dans le monde entier parce que, pour des températures annuelles moyennes et des précipitations au-dessus des optimums de 10°C et 1500 mm, la photosynthèse est de plus en plus compensée par des taux de respiration plus élevés. La variation globale entre les divers sites forestiers n'est pas tant l'effet de différences climatiques, mais est plutôt due à des facteurs tels que l'âge des forêts, la gestion et l'historique des perturbations qui, entre autres, influencent la composition d'espèces d'arbres.

Cette brève revue montre que les résultats des diverses études d'observations sur la relation diversité/productivité dans les forêts ne sont pas univoques. Les relations diversité/productivité observées semblent dépendantes du contexte et fortement dépendantes des facteurs environnementaux et des pratiques de gestion. Cette découverte souligne la nécessité d'expérimentations bien conçues, synthétiques et non univoques à l'échelle des communautés végétales.

Ces dernières années, des avancées méthodologiques ont été débattues dans la littérature récente (SCHERER-LORENZEN *et al.* 2007, LEUSCHNER *et al.* 2009) et ont conduit à la a-



mise en place d'assemblages d'espèces d'arbres, sur de grandes étendues et à long terme, afin d'étudier la relation fonctionnelle entre la diversité d'arbres et la productivité des forêts, en Allemagne, Finlande, Belgique, France, Panama, Malaisie, Chine et Canada (Cf. Fig. 2). Malheureusement, aucune expérience n'a été, jusqu'ici, établie dans le biome méditerranéen. En plus d'une plateforme expérimentale, le projet FP7 FunDivEurope¹ comprend également une plateforme exploratoire, où des parcelles avec des niveaux différents de diversité d'espèces d'arbres ont été sélectionnées à l'intérieur de zones de forêt mature, dans des conditions environnementales homogènes. Six de ces sites d'exploration ont été établis en Europe, deux se situent dans la région méditerranéenne (Parc naturel de l'Alto Tajo en Espagne et forêts Berignone-Tatti et Belagaio en Italie en climat subméditerranéen).



De haut en bas, Fig. 2 :

Le réseau global des expérimentations synthétiques des communautés évaluant le rôle de la diversité d'espèces d'arbres consiste en plus de 2900 parcelles expérimentales couvrant plus de 600 hectares et plus de 600 000 arbres plantés (www.treedivnet.ugent.be). Fond de carte représentant la diversité des plantes vasculaires, BARTHLOTT *et al.* 2005.

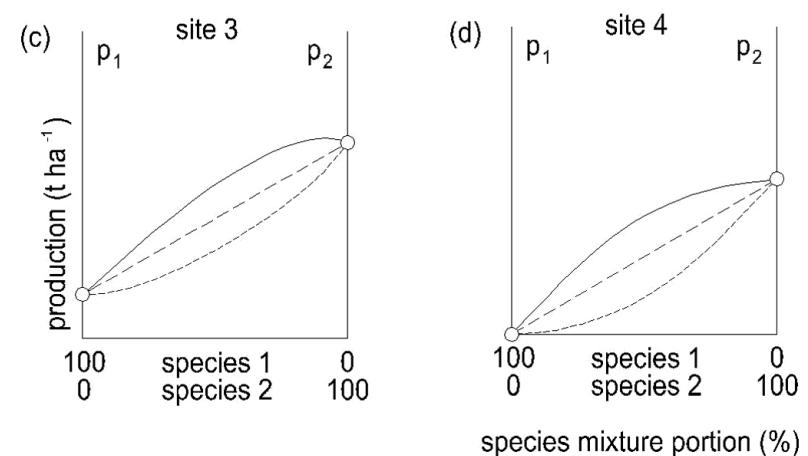
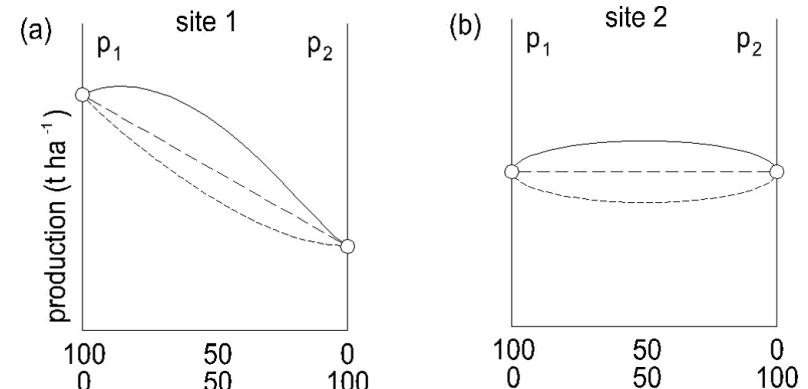
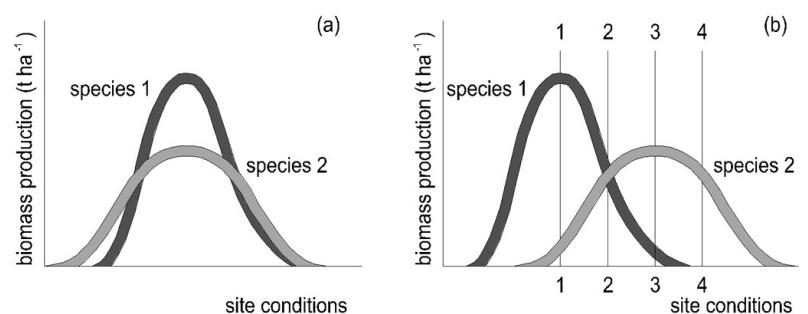
Fig. 3 :

La production de biomasse en fonction du site pour deux espèces d'arbres.

- a) les espèces avec des niches écologiques similaires.
 - b) les espèces avec des niches écologiques différentes.
- (PRETZSCH 2005). Les sections 1-4 se réfèrent aux interactions entre espèces expliquées dans la figure 4.

Fig. 4 :

La production de biomasse pour deux espèces d'arbres dans les monocultures et les peuplements mélangés dans différentes conditions (les conditions 1-4 de la figure 3b). Lorsque deux espèces différentes avec des niches fortement distinctes co-habinent, leur productivité dépendra théoriquement de l'interaction complexe entre 3 types d'interactions entre espèces (interaction positive, ligne continue; interaction négative, pointillés, interaction neutre, ligne pointillée) dans 5 types de sites (gamme de croissance de l'espèce A mais en dehors de la gamme de croissance de l'espèce B (pas dans la figure), croissance optimale pour l'espèce A (figure 4a), potentiel de croissance identique pour les deux espèces (figure 4b), croissance optimale de l'espèce B (figure 4c), gamme de croissance de l'espèce B, mais en dehors de la gamme de croissance de l'espèce A (figure 4d)) (PRETZSCH 2005).



Tentatives d'explication mécanistique

Les espèces d'arbres peuvent montrer différents types d'interactions en fonction des conditions abiotiques. Lorsque deux espèces occupent plus ou moins la même niche écologique, l'une étant plus productive que l'autre, alors l'introduction de la seconde espèce conduirait à une perte de productivité (Cf. Fig. 3a). Une telle situation, où la concurrence se situe entre espèces fonctionnellement similaires est commune dans les forêts, ce qui explique la multitude d'études démontrant des corrélations négatives entre diversité et productivité. Mais, lorsque différentes espèces appartenant à des niches bien distinctes cohabitent (Cf. Fig. 3b), alors la productivité dépendra de l'interaction complexe entre les deux et peut conduire à des résultats différents, en fonction de l'interaction espèces / site (Cf. Fig. 4).

Ces interactions possibles entre les espèces peuvent être testées sur le terrain en comparant la productivité ou tout autre indicateur de performance des parcelles/*patches* de monoculture par rapport à des parcelles/*patches* mixtes, situées sur le même site. Comme expliqué ci-dessus, l'interaction entre les espèces peut avoir un effet négatif (compétition), un effet neutre ou un effet positif. Mais les effets positifs n'impliquent pas tous une complémentarité des espèces. Par exemple, quelques études illustrent des modèles de différenciation de niches et de facilitation entre les espèces (HOOPER *et al.*, 2005). Il est également possible qu'il y ait tout simplement un effet de sélection/assurance. Cela signifie qu'une diversité supérieure d'espèces conduit à une probabilité plus élevée de la présence d'espèces performantes (par exemple un mélange intégrant une espèce d'arbre fixatrice d'azote sur des sols pauvres) ou à une probabilité plus élevée de voies alternatives (par exemple un mélange composé de frêne et d'aulne comblant des espaces laissés par l'orme dans une forêt riveraine endommagée par la maladie hollandaise de l'orme). Des tests simples pour identifier le type d'interaction sont mentionnés dans les équations suivantes :

[1] *Effet de la diversité net (NDE) = [productivité observée] - [productivité attendue]*
où la productivité attendue est la productivité moyenne pondérée de la zone des monocultures d'espèces mélangées.

[2] *Surproductivité transgressive (D_{max}) = [productivité observée] - [productivité maximale d'une seule espèce]*

où la productivité maximale d'une espèce unique est la productivité de la monoculture des espèces les plus performantes mélangées.

Le résultat des équations [1] et [2] est comparé avec les quatre équations suivantes pour identifier le type d'interaction entre les espèces :

NDE<0: effet antagoniste (concurrence) [3]

NDE=0: aucun effet [4]

NDE>0; $D_{max}<0$: effet sélection [5]

NDE>0; $D_{max}>0$: effet complémentarité [6]

Dans une étude sur la croissance du pin sylvestre et du bouleau dans les Pays-Bas, WIJDEVEN *et al.* (2000) ont observé une plus grande productivité dans les mélanges que dans les monocultures de ces deux espèces, avec une augmentation de l'effet du mélange dans les peuplements disposant d'une plus grande surface terrière. En particulier, le bouleau a été plus productif dans le mélange que dans la monoculture. Les auteurs émettent l'hypothèse d'une complémentarité des ressources, éventuellement grâce à l'enracinement dans les différentes couches du sol, mais ne disposent pas de preuves mesurées confirmant cette hypothèse. PRETZSCH & SCHÜTZE (2009) ont été les premiers à prouver la complémentarité des ressources entre les espèces d'arbres dans un mélange. Alors que des mélanges de hêtres et d'épicéas sur des substrats pauvres conduisent toujours à la dominance de l'épicéa, sans effets de complémentarité, ils ont observé une surproductivité transgressive de 14 à 29% par rapport à la monoculture sur des sites riches en Allemagne du Sud, due à la stimulation mutuelle de croissance des deux espèces. Cette complémentarité prouvée était supposée être la conséquence de l'absorption et d'une distribution des nutriments plus efficace et d'une plus grande efficacité des houpiers dans les mélanges.

Conclusion

Jusqu'à présent, peu d'éléments ont permis de décrire convenablement les relations entre la diversité et la productivité des forêts. Des études basées sur des observations ne permettent pas une approche expli-

cite de ces relations, car elles peuvent masquer des facteurs de confusion, tels que la variabilité des ressources abiotiques. Les défis méthodologiques ont sérieusement retardé la mise en place d'expérimentations dans les forêts, étant donné que ces écosystèmes sont dominés par des organismes vivants longévifs et de grande taille. Les résultats d'expériences plus récentes sont attendus pour favoriser, dans l'avenir, une avancée dans la compréhension du rôle de la biodiversité dans la productivité des forêts et la séquestration du carbone. En attendant, des analyses statistiques avancées d'études observatoires et de bases de données d'inventaire permettent de tester l'hypothèse de la diversité / productivité dans les forêts. Lorsque la complémentarité peut être démontrée, davantage de recherches basées sur les processus est nécessaire pour comprendre les mécanismes sous-jacents. L'étude de la fonction de la diversité forestière est une science jeune avec un besoin important de résultats scientifiques sur le biome méditerranéen. A partir des parcelles exploratoires du projet FunDivEurope en Italie et en Espagne, il est recommandé d'envisager la création d'assemblages expérimentaux d'arbres divers avec des espèces méditerranéennes typiques.

Remerciements

Nous tenons à remercier Geert Willems (KULeuven) pour l'établissement des figures 1, 3 et 4 et Pieter Vangansbeke (UGent) pour celui de la figure 2.

Bibliographie

- Hooper, D.U., F. S. Chapin, J.J. Ewel, A. Hector, P. Inchausti, S. Lavorel, J.H. Lawton, D. Lodge, M. Loreau, S. Naeem, B. Schmid, H. Setälä, A. J. Symstad, J. Vandermeer, D. A. Wardle (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* 75, 3-35.
- Kinzig, A.P., Pacala, S. (2002). Successional biodiversity and ecosystem functioning. in A.P. Kinzig, S. Pacala, and D. Tilman, eds. *Functional Consequences of Biodiversity: Empirical Progress and Theoretical Extensions*. Princeton University Press, pp. 175-212.
- Körner, Ch. (2005). An introduction to the functional diversity of temperate forest trees. In: M. Scherer-Lorenzen, Ch. Körner & E.-D. Schulze (eds). Forest diversity and function: temperate and boreal systems. *Ecological studies* Vol. 176. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp 13-37.
- Leuschner, C., Jungkunst, H.F., Fleck, S. (2009). Functional role of forest diversity: pros and cons of synthetic stands and across-site comparisons in established forests. *Basic and Applied Ecology* 10: 1-9.
- Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., Hooper, D.U., Huston, M.A., Raffaelli, D. , Schmid, B., Tilman, D., Wardle, D.A. (2001). Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges. *Science* 294, 804-808.
- Luyssaert, S. et al. (2007). CO₂ balance of boreal, temperate, and tropical forests derived from a global database. *Global Change Biology* 13, 2509-2537.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Mölder, A., Bernhardt-Romermann, M., Schmidt, W. (2008). Herb-Layer Diversity in Deciduous Forests: Raised by Tree Richness or Beaten by Beech? *Forest Ecology and Management* 256, 272-281.
- Morneau, F., Duprez, C., Hervé, J.-C. (2008). Les forêts mélangées en France métropolitaine. Caractérisation à partir des résultats de l'inventaire forestier national. *Revue Forestière Française* 60(2), 107-120.
- Pirotte, D. (2008). A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. *Forest Ecology and Management* 255, 781-786.
- Pretzsch, H.(2005). Diversity and productivity in forests: evidence from long-term experimental plots. In: M. Scherer-Lorenzen, Ch. Körner & E.-D. Schulze (eds). Forest diversity and function: temperate and boreal systems. *Ecological studies* Vol. 176. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp 41-64.
- Pretzsch, H., Schütze, G. (2009) Transgressive overyielding in mixed compared with pure stands of Norway spruce and European beech in Central Europe: evidence on stand level and explanation on individual tree level. *Eur J Forest Res* 128, 183–204.
- Scherer-Lorenzen, M., Schulze E.D., Don A., Schumacher J., Weller E. (2007). Exploring the functional significance of forest diversity: A new long-term experiment with temperate tree species (BIOTREE). *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 9: 53–70.
- Tilman, D., Reich, P.B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T., Lehman, C. (2001) Diversity and Productivity in a Long-Term Grassland Experiment *Science* 294, 843 – 845.
- Verheyen, K., Bulteel, H., Palmborg, C., Olivie, B., Nijs, I., Raes, D., Muys, B. (2008). Can complementarity in water use help to explain diversity-productivity relationships in experimental grassland plots? *Oecologia* 156: 351–361.
- Vila, M., Vayreda, J., Comas, L., Ibáñez, J.J., Mata, T., Obon, B. (2007). Species richness and wood production: a positive association in Mediterranean forests. *Ecology Letters* 10, 241–250.
- Wijdeven, S.M.J., Oosterbaan, A., van den Berg, C., van Jole, M. (2000). Groei van ongelijkjarige mengingen van grote den en berk op arme zandgronden. Resultaten van metingen in 22 opstanden op de Veluwe en de Sallandse heuvelrug. Alterra, Wageningen. Alterra-rapport 014.

Bart MUYS
K.U.Leuven, Belgium
and EFIMED, Spain
Email :
bart.muys@ees.kuleuven.be

Fernando VALLADARES
CSIC, Spain

Filippo BUSSOTTI
Federico SELVI
University of Florence, Italy

Michael SCHERER-LORENZEN
University of Freiburg, Germany

Résumé

Les scientifiques et les décideurs politiques se sont penchés sur la biodiversité des forêts méditerranéennes essentiellement d'un point de vue de la conservation en raison du statut de *hotspot* de biodiversité du biome méditerranéen. Mais la biodiversité est de plus en plus considérée comme un facteur important du fonctionnement des écosystèmes, qui sous-tendent la fourniture d'autres services écosystémiques (TEEB 2008). Dans les prairies tempérées, par exemple, la corrélation entre la biodiversité et la productivité a été testée et examinée en détail. Dans les forêts méditerranéennes, la relation diversité-stabilité devrait être d'une importance supérieure compte tenu des conditions climatiques sèches et d'un contexte qui nécessite l'adaptation à une sécheresse croissante. Nous supposons que de nombreux gestionnaires forestiers de la région considèrent que les forêts mixtes sont plus stables contre les perturbations et même plus productives sur le long terme, mais il y a peu de preuves scientifiques pour affirmer cela.

Dans cet article, nous examinons d'abord quelques recherches sur les fonctions de la biodiversité et les théories pertinentes associées. Nous comparons les effets de complémentarité et de la sélection en tant que mécanismes possibles pour la fonction de la biodiversité et introduisons le concept de sur-rendement comme mesure de l'effet fonctionnel de la diversité basée sur la comparaison entre la forêt mélangée et les monocultures de ses constituants. Puis nous mettons en évidence les activités de recherche actuelles et futures dans les forêts méditerranéennes. Comme prévu, démontrer la relation diversité-productivité ou diversité-stabilité dans la forêt méditerranéenne n'est pas une tâche facile. Le problème est que l'état de la forêt et la croissance sont déterminés par de nombreux facteurs interdépendants environnementaux et de gestion, certains d'entre eux ayant une influence beaucoup plus forte que la diversité. Le contrôle de ces facteurs de confusion nécessiterait donc des techniques statistiques avancées ou un dispositif expérimental très spécifique.

Vilà *et al.* (2007) a fait la tentative la plus réussie à ce jour pour l'utilisation de données nationales d'inventaire forestier pour les tests sur la relation biodiversité-productivité dans la forêt méditerranéenne. Ils ont utilisé les données de l'inventaire de la Catalogne, au nord de l'Espagne, qui comprend des informations à haute résolution spatiale sur de nombreuses co-variables environnementales et de gestion associées. En somme, ils ont trouvé un niveau de production de bois plus élevé selon un degré de mélange d'arbres croissant dans des forêts de feuillus à feuilles persistantes, mais pas dans des forêts de feuillus à feuilles caduques ni de conifères. Cela suggère une corrélation positive entre la biodiversité et la productivité sur des sites davantage extrêmes ou marginaux.

Des études d'observation davantage contrôlées auront lieu dans le cadre du projet européen FP7 FunDivEUROPE, où de nombreux indicateurs des services écosystémiques et de la biodiversité associée seront mesurés selon des gradients de diversité d'essences forestières dans des secteurs choisis pour leur variabilité réduite des facteurs de confusion. Les deux sites méditerranéens sélectionnés sont le Parc naturel Alto Tajo, au centre de l'Espagne et les complexes de forêts publiques de Berignone-Tatti et Belagaio dans le centre-sud de la Toscane, en Italie.

Enfin, la nécessité d'expériences spécifiquement conçues pour évaluer la diversité des espèces d'arbres en contrôlant parfaitement les facteurs de confusion seront discutés dans le contexte du développement d'un réseau international d'expériences et de l'argumentation de la pertinence de certains sites méditerranéens à en faire partie.

Mots-clés : forêts mixtes, relation diversité-productivité, relation diversité-stabilité.

Tree species diversity and forest productivity

by Bart MUYS, Fernando VALLADARES, Filippo BUSSOTTI,
Federico SELVI and Michael SCHERER-LORENZEN

Scientists and policy makers have looked at Mediterranean forest biodiversity mainly from a conservation point of view. But biodiversity is increasingly considered an important aspect of ecosystem functioning. In this presentation, we review more specifically diversity-productivity relationships in forests. But it's not an easy task, because the problem is that forest condition and growth are determined by many interacting environmental and management factors. In this context, developing an international network of such experiments, including Mediterranean sites, would be very useful.

Introduction

Primary productivity as a result of photosynthesis and respiration is an important life support function, contributing largely to the provisioning services of wood and other forest products and to the climate regulating services of carbon sequestration and storage (MEA 2005). Sustainable forest management aims at co-optimizing for stock functions (biomass and carbon), rate functions (growth, sequestration) and stability of stocks and fluxes (PACALA & KINZIG 2002). At least since the 19th century foresters have wondered whether mixed forests would be more productive than monocultures (PRETZSCH 2005), but so far without conclusive answers. During the last decade strong positive diversity/productivity relationships have been reported from experimental grassland species assemblages (TILMAN *et al.* 2001, LOREAU *et al.* 2001). They were at least partly explained by species complementarity in accessing below-ground resources (e.g. VERHEYEN *et al.* 2008). In this contribution we further explore if diversity/productivity research in forests could reveal similar patterns.

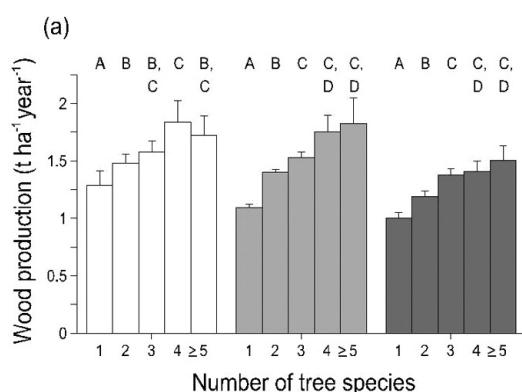
Evidence for biodiversity /productivity relationships in forests

Many stand-level observations worldwide on important timber species like spruce, Douglas fir, pine or Eucalypt reported higher productivity in monocultures compared to mixed stands including the same species (PRETZSCH 2005). But a few studies with these species also report positive effects of species mixture on productivity of up to 10 to 20%. Such positive diversity/productivity relationships were mainly observed on rich soils while, on poor soils, mixtures showed an often negative effect on productivity (KÖRNER 2005). A synthesis of tropical stand-level studies showed an overall better diameter growth in mixed forest plantations over monocultures (PIOTTO 2008). MÖLDER *et al.* (2008) found a positive relation between herb-layer biomass and tree-layer diversity in deciduous forests in Germany.

So far, very few studies tested diversity/productivity relationships at larger than stand scale. A first attempt to test the biodiversity-productivity hypothesis with regional forest inventory data was made by VILA *et al.* (2007) in Catalonia, see figure 1. They found increased stand stemwood production with tree species richness before canopy closure in sclerophylous forest, less so in conifer forests and not in deciduous forests. This would suggest that in Mediterranean forests this relationship can be observed in early successional forests or on marginal sites. Ever since, some analyses of national inventory data to deduct effects of mixed forests are ongoing in France and Germany (e.g. MORNEAU *et al.*, 2008).

Figure 1:
Analysis of the Catalan forest inventory revealed positive relationships between number of tree species and wood production, and also between number of functional groups and wood production in evergreen sclerophylous forests, but less pronounced in broadleaved deciduous and conifer stands (capital letters above graphs reveal significant differences between groups). The results suggest a stronger complementarity effect in early successional stages on marginal sites, which seems contradictory to findings in cold temperate climate.

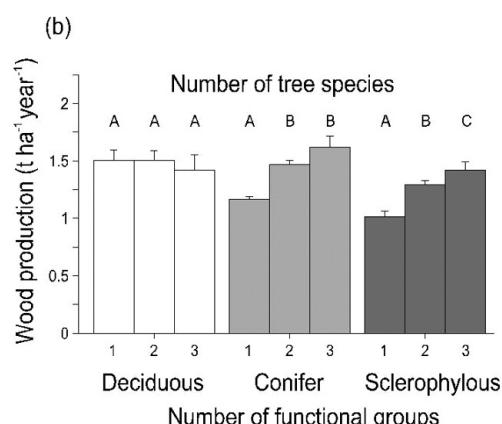
From Vila *et al.* 2007



Analysing a global NPP database analysis, LUYSSAERT *et al.* (2007) showed that the net carbon balance of forests is rather similar over the world because, for average annual temperatures and precipitation above the optimum of 10°C and 1500 mm, photosynthesis is increasingly compensated by higher respiration rates. Global variation between forest sites is not so much the effect of climatic differences but is rather due to factors such as forest age, management and history of disturbance which, among others, influence the tree species composition.

This short review suggests that results from observational studies on the diversity/productivity relationship in forests are not univocal. Observed diversity/productivity relationships seem context specific and strongly confounded by environmental factors and management practices. This finding underlines the need for well-designed unconfounded synthetic community experiments.

In recent years methodological advances are debated in recent literature (SCHERER-LORENZEN *et al.* 2007, LEUSCHNER *et al.* 2009) and have led to the establishment of large-scale long-term tree species assemblages to explore the functional significance of tree diversity for forest productivity in Germany, Finland, Belgium, France, Panama, Malaysia, China and Canada (see figure 2). Unfortunately no experiments have been established in the Mediterranean biome so far. Next to an experimental platform, the FP7 project FunDivEurope¹ also includes an exploratory platform, where plots with different tree species diversity levels were selected within areas of existing mature forest with homogeneous environmental conditions. Six such exploratory sites have been established in Europe, of which two of them



in the Mediterranean Region (Alto Tajo Natural Park in Spain and Berignone-Tatti and Belagaio forests in Italy with sub-mediterranean climate).

Attempts for mechanistic explanation

Tree species can show different types of interactions depending on the abiotic conditions. When two species occupy more or less the same ecological niche, one being more productive than the other, then introduction of the second species would lead to productivity loss (see figure 3a). Such situation, where competition occurs between functionally similar species is common in forests and explains the multitude of studies where negative diversity/productivity relationships are observed. But, when different species with clearly distinct niches occur together (fsee figure 3b), then productivity will depend on the complex interaction between the two and can lead to different outcomes, depending on the species/site interaction (see figure 4).

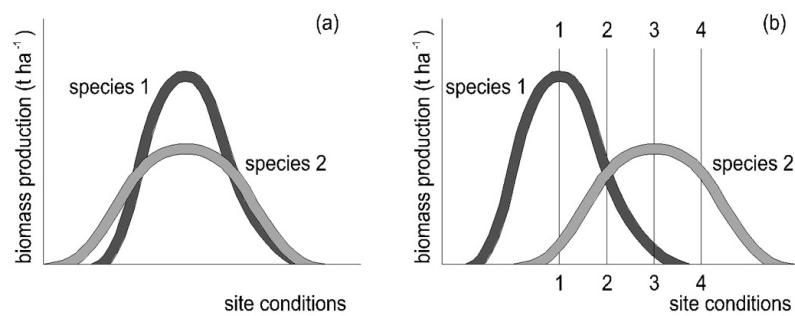
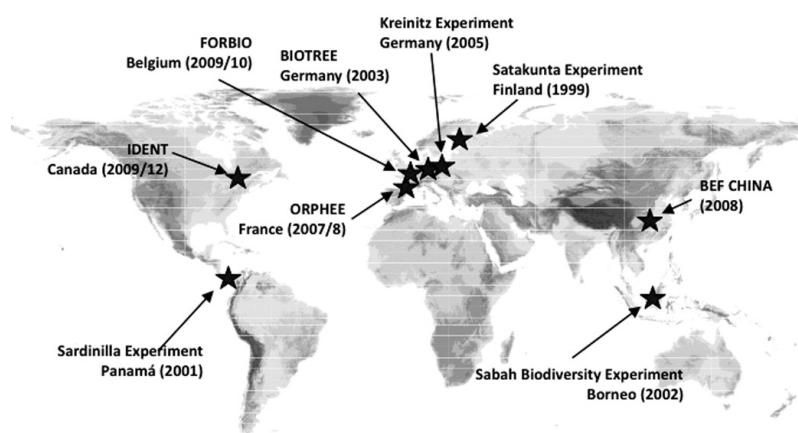
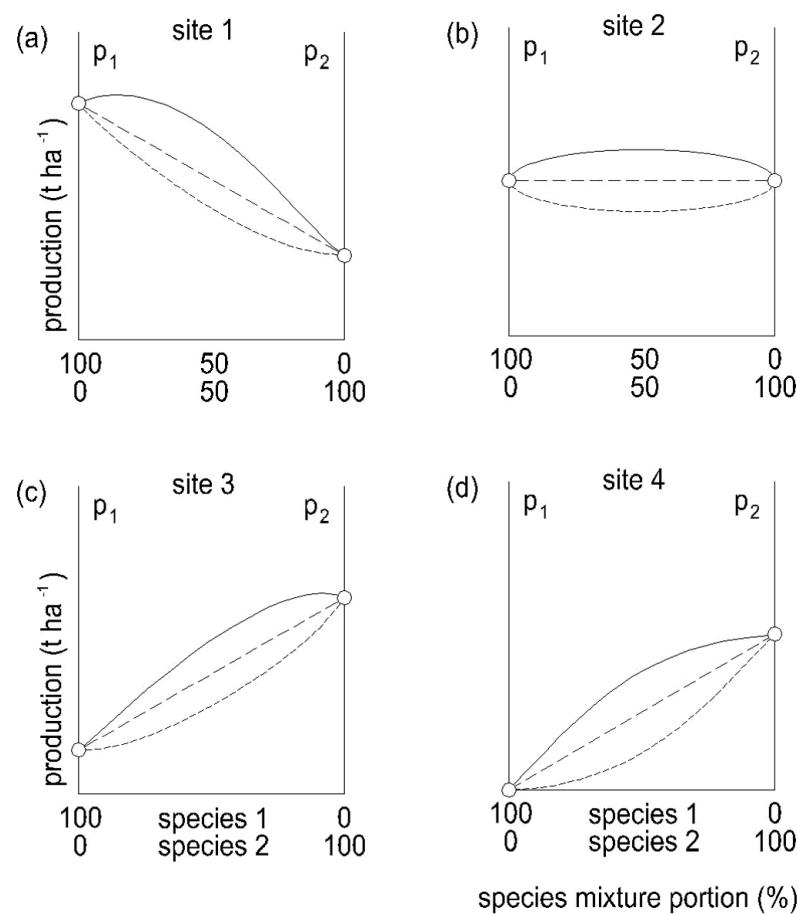


Figure 2:
The global network of synthetic community experiments evaluating tree species diversity function consists of more than 2900 plots covering more than 600 hectares and more than 600,000 planted trees (www.treedivnet.ugent.be). Background map of vascular plant diversity, Barthlott et al. 2005

Figure 3:
Biomass production in relation to site for two tree species. a) species with similar ecological niche. b) species with different ecological niche. (Pretzsch 2005). Sections 1-4 refer to species interactions explained in figure 4.

Figure 4:
Biomass production for two tree species in monocultures and mixed stands under different site conditions (conditions 1-4 from figure 3b). When two species with strongly different niche co-occur their productivity will theoretically depend on the complex interaction between 3 types of species interaction (positive interaction, continuous line; negative interaction, dotted line; neutral interaction, dashed line) at 5 site types (growing range of species A but outside growing range of species B (not in figure), growth optimum for species A (fig 4a), same growth potential for both species (fig 4b), growth optimum for species B (fig 4c), growing range for species B but outside range of species A (fig 4d)) (Pretzsch 2005).



These possible interactions between species can be tested in the field by comparing the productivity or any other performance indicator of monoculture plots/patches versus mixed plots/patches situated on the same site. As explained above the interaction between species can have a negative (competition) effect, a neutral effect or a positive effect. But not all positive effects imply species complementarity, i.e. demonstrated patterns of niche differentiation and facilitation between the species (HOOPER *et al.*, 2005). It is also possible that there is simply a selection/insurance effect. It means that the higher species diversity leads to a higher probability of presence for high performing species (example: admixture of an N-fixing tree species on poor soil) or to a higher probability of alternative pathways (example: ash and alder filling the gaps of elm in a riverine forest damaged by dutch elm disease). The simple tests to identify the kind of interaction are given in the following equations.

[1] *Net diversity effect (NDE)* = $[observed\ productivity] - [expected\ productivity]$
where the expected productivity is the area weighted average productivity of the monocultures of species in the mixture.

[2] *Transgressive overyielding (Dmax)* = $[observed\ prod.] - [max.\ single\ species\ prod.]$
where the maximum single species productivity is the productivity of the best performing monoculture of species in the mixture.

The outcome of equations [1] and [2] is compared with the following four equations to identify the type of species interaction:

NDE<0: antagonistic effect (competition) [3]

NDE=0: no effect [4]

NDE>0; Dmax<0: selection effect [5]

NDE>0; Dmax>0: complementarity effect [6]

In a study of tree growth of Scots pine and birch stands in the Netherlands, WIJDEVEN *et al.* (2000) observed higher productivity in mixtures than in monocultures of both species, with an increased effect of the mixture in stands with a higher basal area. Especially birch was more productive in mixture than in monoculture. The authors hypothesize resource complementarity, possibly through rooting in different soil layers, but do not dispose of measured proof for this hypothesis. PRETZSCH & SCHÜTZE (2009) were

the first to prove resource complementarity between tree species in a mixture. While mixtures of beech and spruce on poor substrates always lead to dominance of spruce, without complementarity effects, they observed transgressive overyielding of 14–29% compared to monocultures on rich sites in Southern Germany, due to mutual growth stimulation of both species. This proven complementarity was assumed to be the consequence of more efficient nutrient uptake and distribution and a higher crown efficiency in the mixtures.

Conclusion

So far, little evidence for diversity/productivity has been reported from forests. Observational studies could not unequivocally find such relationships as they were possibly masked by confounding factors such as abiotic resource variability. Methodological challenges have seriously retarded the setup of experiments in forests, as these ecosystems are dominated by tall long-living organisms. Recently established experiments are expected to foster a breakthrough in understanding the role of biodiversity for forest productivity and carbon sequestration in the future. Meanwhile advanced statistical analysis of observational studies and inventory databases allows further testing the diversity/productivity hypothesis in forests. Where complementarity can be demonstrated, more process-based research is needed to understand the mechanisms behind it. Forest diversity function is a young science with a strong need for research results from the Mediterranean biome. Next to the exploratory plots of the FunDivEurope project in Italy and Spain, it is recommendable to consider establishing experimental tree diversity level assemblages with typical mediterranean species.

Acknowledgements

We would like to thank Greet Willems (K.U.Leuven) for drawing figures 1, 3 and 4 and Pieter Vangansbeke (Ugent) for drawing figure 2.

References

- Hooper, D.U., F. S. Chapin, J.J. Ewel, A. Hector, P. Inchausti, S. Lavorel, J.H. Lawton, D. Lodge, M. Loreau, S. Naeem, B. Schmid, H. Setälä, A. J. Symstad, J. Vandermeer, D. A. Wardle (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* 75, 3-35.
- Kinzig, A.P., Pacala, S. (2002). Successional biodiversity and ecosystem functioning. in A.P. Kinzig, S. Pacala, and D. Tilman, eds. *Functional Consequences of Biodiversity: Empirical Progress and Theoretical Extensions*. Princeton University Press, pp. 175-212.
- Körner, Ch. (2005). An introduction to the functional diversity of temperate forest trees. In: M. Scherer-Lorenzen, Ch. Körner & E.-D. Schulze (eds). Forest diversity and function: temperate and boreal systems. *Ecological studies* Vol. 176. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp 13-37.
- Leuschner, C., Jungkunst, H.F., Fleck, S. (2009). Functional role of forest diversity: pros and cons of synthetic stands and across-site comparisons in established forests. *Basic and Applied Ecology* 10: 1-9.
- Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., Hooper, D.U., Huston, M.A., Raffaelli, D. , Schmid, B., Tilman, D., Wardle, D.A. (2001). Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges. *Science* 294, 804-808.
- Luysaert, S. et al. (2007). CO₂ balance of boreal, temperate, and tropical forests derived from a global database. *Global Change Biology* 13, 2509–2537.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Mölder, A., Bernhardt-Romermann, M., Schmidt, W. (2008). Herb-Layer Diversity in Deciduous Forests: Raised by Tree Richness or Beaten by Beech? *Forest Ecology and Management* 256, 272-281.
- Morneau, F., Duprez, C., Hervé, J.-C. (2008). Les forêts mélangées en France métropolitaine. Caractérisation à partir des résultats de l'inventaire forestier national. *Revue Forestière Française* 60(2), 107-120.
- Piutto, D. (2008). A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. *Forest Ecology and Management* 255, 781-786.
- Pretzsch, H.(2005). Diversity and productivity in forests: evidence from long-term experimental plots. In: M. Scherer-Lorenzen, Ch. Körner & E.-D. Schulze (eds). Forest diversity and function: temperate and boreal systems. *Ecological studies* Vol. 176. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp 41-64.
- Pretzsch, H., Schütze, G. (2009) Transgressive overyielding in mixed compared with pure stands of Norway spruce and European beech in Central Europe: evidence on stand level and explanation on individual tree level. *Eur J Forest Res* 128, 183–204.
- Scherer-Lorenzen, M., Schulze E.D., Don A., Schumacher J., Weller E. (2007). Exploring the functional significance of forest diversity: A new long-term experiment with temperate tree species (BIOTREE). *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 9: 53–70.
- Tilman, D., Reich, P.B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T., Lehman, C. (2001) Diversity and Productivity in a Long-Term Grassland Experiment *Science* 294, 843 – 845.
- Verheyen, K., Bulteel, H., Palmborg, C., Olivie, B., Nijs, I., Raes, D., Muys, B. (2008). Can complementarity in water use help to explain diversity-productivity relationships in experimental grassland plots? *Oecologia* 156: 351–361.
- Vila, M., Vayreda, J., Comas, L., Ibañez, J.J., Mata, T., Obon, B. (2007). Species richness and wood production: a positive association in Mediterranean forests. *Ecology Letters* 10, 241–250.
- Wijdeven, S.M.J., Oosterbaan, A., van den Berg, C., van Jole, M. (2000). Groei van ongelijkjarige mengingen van grote den en berk op arme zandgronden. Resultaten van metingen in 22 opstanden op de Veluwe en de Sallandse heuvelrug. Alterra, Wageningen. Alterra-rapport 014.

Bart MUYS
K.U.Leuven, Belgium
and EFIMED, Spain
Email :
bart.muys@ees.kuleuven.be

Fernando
VALLADARES
CSIC, Spain

Filippo BUSSOTTI
Federico SELVI
University of
Florence, Italy

Michael SCHERER-
LORENZEN
University
of Freiburg, Germany

Summary

Scientists and policy makers have looked at Mediterranean forest biodiversity mainly from a conservation point of view due to the status of the Mediterranean biome as a biodiversity hotspot. But biodiversity is increasingly considered an important aspect of ecosystem functioning, underpinning the supply of other ecosystem services (TEEB 2008). In temperate grasslands for example biodiversity-productivity relationships have been tested and discussed in detail. In Mediterranean forests, diversity-stability relationships would be of a higher interest considering the dry climatic conditions, and in a context of adaptation towards increasing drought. We suspect that many forest managers in the region consider that mixed forests are more stable against disturbances and even more productive in the long-term, but there is little scientific evidence for this.

In this presentation we first review some relevant theory of biodiversity function research. We compare complementarity and selection effects as possible mechanisms for biodiversity function and introduce the concept of overyielding as a measure of diversity function effect based on comparison of the mixed forest with the monocultures of its constituents. Then we highlight current and future research activities in Mediterranean forests. As a matter of fact, demonstrating diversity-productivity or diversity-stability relationships in Mediterranean forests is not an easy task. The problem is that forest condition and growth are determined by many interacting environmental and management factors, some of them having a much stronger influence than diversity. Controlling for these confounding factors would therefore require advanced statistical techniques or a very specific experimental design.

Vilà *et al.* (2007) made the most successful attempt so far to use national forest inventory data for testing biodiversity-productivity relationships in the Mediterranean forest. They used the inventory data from Catalonia, Northern Spain, which includes high resolution spatial information on many environmental and management related co-variates. Basically, they found higher wood production with increasing tree species mixture in evergreen broadleaved forest, but not in deciduous broadleaved or conifers. This suggests a positive biodiversity-productivity relationship on more extreme or marginal sites.

More controlled observational studies will take place in the framework of the EU FP7 FunDivEUROPE project, where numerous ecosystem service indicators and associated biodiversity will be measured along tree species diversity gradients in areas selected for reduced variability of confounding factors. The two Mediterranean sites included are Alto Tajo Natural Park, in central Spain and the public-owned forest complexes of Berignone-Tatti and Belagaio in central-southern Tuscany, Italy.

Finally the need for specifically designed tree species diversity experiments that fully control for confounding factors will be discussed in the context of a developing international network of such experiments and the appropriateness for some Mediterranean sites to be included in this global effort will be argued.

Keywords : mixed forest, diversity-productivity relationship, diversity-stability relationship

Inférer les capacités de dispersion et de migration : de l'échelle locale à l'échelle globale

par Etienne K. KLEIN, Aurore BONTEMPS, Annabelle AMM,
Christian PICHOT, Sylvie ODDOU-MURATORIO

Dans le contexte actuel de changements climatiques, il est important de pouvoir connaître au mieux les capacités de migration et de déplacement des espèces. Jusqu'à présent, on utilisait des approches empiriques pour évaluer cette dynamique. Aujourd'hui, la science devient plus prédictive, utilisant des approches basées sur des modèles intégrateurs, comme celui présenté ici, le noyau de dispersion, qui décrit la répartition spatiale des graines dispersées à partir d'une source.

L'écologie, comme la biologie en général, évolue pour devenir une science plus prédictive. L'écologie de la dispersion est également dans cette dynamique qui consiste à développer des modèles plus quantitatifs. C'est ainsi que les approches empiriques qui évaluaient les capacités de migration et de déplacement des espèces à partir d'observations passées (notamment concernant les épisodes de recolonisation post-glaciaire, e.g. SKELLAM 1951; DAVIES 1981; DELCOURT & DELCOURT 1987, cités dans McLACHLAN *et al.* 2005) laissent progressivement la place à des approches basées sur des modèles intégrateurs, incluant les principaux mécanismes impliqués dans le déplacement des espèces, et en particulier la dispersion (e.g. HIGGINS *et al.* 2003, JONGEJANS *et al.* 2008, MACMAHON *et al.* 2009). Ces modèles basés sur les mécanismes sont particulièrement pertinents dans l'objectif de confronter les cartes du climat futur, prédictes par les modèles de changement globaux, avec les processus biologiques gouvernant le cycle biologique des espèces forestières (fécondité, dispersion du pollen et des graines, germination, survie, croissance, recrutement...) (THUILLER *et al.* 2008).

Le noyau de dispersion, une caractéristique déterminante pour le devenir d'une population en déplacement

Parmi les principaux mécanismes à inclure dans ces modèles prédictifs, on trouve la dispersion des graines, qui va être le moteur du déplacement dans l'espace (HIGGINS *et al.* 1999). Plus spécifiquement, il est nécessaire de décrire comment la distribution spatiale d'une population d'arbres adultes, émetteurs de graines, résulte en une distribution spatiale pour les graines après dispersion (« dispersion potentielle ») ou pour les semis après germination et mortalité précoce (« dispersion efficace ») (GONZALEZ-MARTINEZ *et al.* 2006).

Le *noyau de dispersion* s'est progressivement imposé ces dernières années comme un modèle robuste pour prendre en compte la distribution spatiale des sources de graines et en déduire l'intensité de la « pluie de graine » en chaque point de l'espace (NATHAN *et al.* in press, COUSENS *et al.* 2008). Ce noyau de dispersion est la fonction qui décrit comment chaque source individuelle distribue ses graines par dispersion autour d'elle-

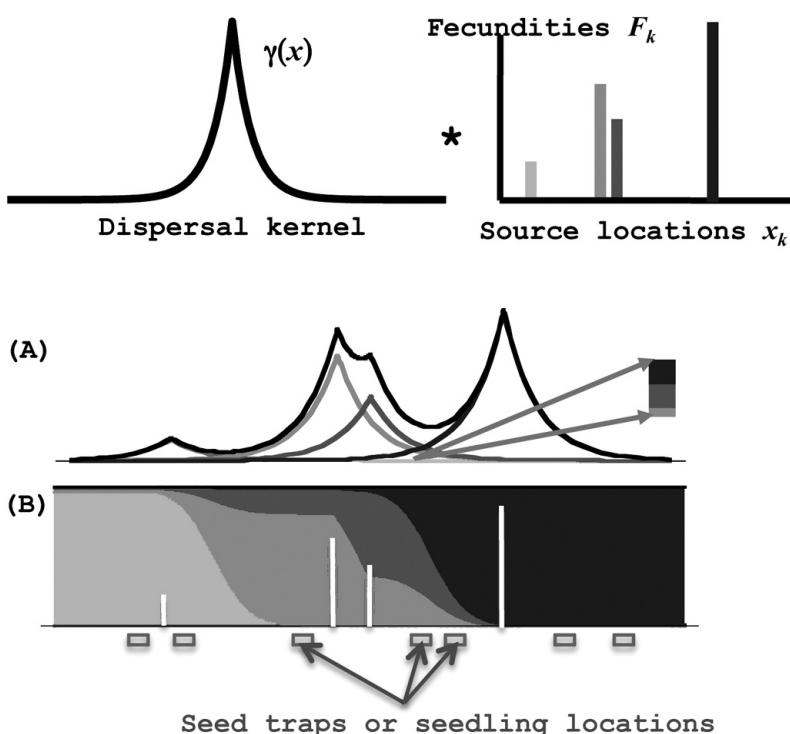
même (c'est une fonction de densité de probabilité, généralement définie dans l'espace 2D où évolue la population d'arbres étudiée). Il a d'abord été utilisé pour calculer le nombre de graines attendu en chaque point de l'espace comme le résultat de la superposition des contributions individuelles de toutes les sources de graines (RIBBENS *et al.* 1994 ; CLARK *et al.* 1999). Plus récemment, il s'est également montré particulièrement adapté pour modéliser la composition génétique des graines arrivées en un lieu, décrite à travers les contributions des différentes sources relativement au nombre total de graines arrivées (TUFTO *et al.* 1999 ; KLEIN *et al.* 2003) (Cf. Fig. 1).

Deux caractéristiques du noyau de dispersion se sont avérées critiques pour la démographie d'une population en expansion et en particulier sa vitesse de déplacement : d'abord un paramètre d'échelle déterminant la distance de dispersion moyenne mais surtout l'existence de dispersion à longue distance, qui est indiquée par la forme de la fonction de dispersion et de sa décroissance pour les longues distances (KOT *et al.* 1996 ; CASWELL *et al.* 2003). Même si des noyaux de dispersion semblent similaires à courte distance, des différences notables d'ordres de grandeur dans les très faibles taux d'événements rares à longue distance peuvent modifier sensiblement la dynamique d'une colonisation (Cf. Fig. 2). On distingue notamment les noyaux à queue lourde (décroissance plus lente que des fonctions exponentielles) qui aboutissent à des colonisations rapides et qui s'accélèrent avec le temps (KOT *et al.* 1996 ; CLARK *et al.* 2001).

Nos travaux récents ont également montré que la forme du noyau de dispersion avait un effet sur la conservation et la structuration de la diversité génétique au cours d'une colonisation. FAYARD *et al.* (2009) ont étudié cette question par des simulations du devenir d'un allèle présent en faible fréquence à un temps donné sur le front de colonisation. Une étude récente (EDMONDS *et al.* 2004) avait montré qu'en absence de dispersion à longue distance cet allèle avait de grandes chances de rester sur place en faible fréquence, mais que des rares cas de *surfing* étaient observés où le gène était emporté par le front de colonisation et finissait en forte fréquence dans la population. Ce phénomène est la conséquence des forts effets de dérive génétique se produisant sur le front et qui appauvrisse la diversité génétique par effets de fonda-

Fig. 1 :

Utilisation du noyau de dispersion pour calculer l'intensité de la pluie de graines ou sa composition. En faisant interagir le noyau de dispersion (haut gauche) avec une description des lieux et intensités des sources de graines, on peut calculer la quantité attendue de graines en chaque point de l'espace (A, fonction noire) et la contribution de chaque source à la pluie de graine en chaque point (A, histogramme ; B)



tions successifs (EXCOFFIER *et al.* 2009). Notre étude a montré que les noyaux de dispersion à queue lourde atténuent ce phénomène : les cas de *surfing* sont plus rares et la dérive génétique est donc moins forte. De plus cette propriété est plus particulièrement liée à la forme du noyau de dispersion et pas seulement à l'existence de dispersion à longue distance. Une explication possible vient du fait que les noyaux de dispersion à queue lourde conduisent à un plus grand mélange des contributions de différentes sources à longue distance de celles-ci, ce que nous avions montré dans une étude précédente (KLEIN *et al.* 2006). Schématiquement, dans une colonisation issue d'un noyau à queue légère, le front s'auto-entretient en appauvrissant progressivement la diversité, alors que dans une colonisation issue d'un noyau à queue lourde, le cœur de la population peut réinjecter de la diversité génétique en avant du front de colonisation. Une étude basée sur des populations de mélèze a récemment conclu que cette hypothèse d'un plus grand mélange des contributions expliquait la forte diversité génétique observée sur un front de recolonisation suivant le retrait d'un glacier dans une vallée Suisse (PLUESS 2010).

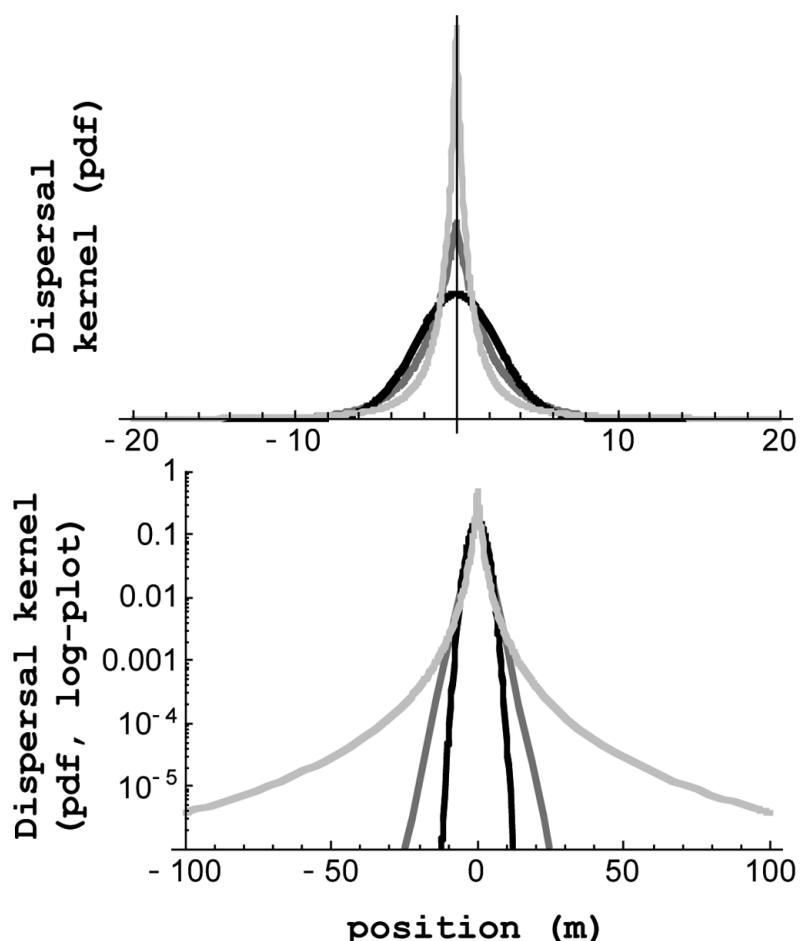
L'estimation du noyau de dispersion : valeur ajoutée des données de marqueurs génétiques

Du fait de l'impact majeur de la forme du noyau de dispersion sur les capacités de déplacement et de la conservation de la diversité génétique, de nombreuses études expérimentales ont cherché à estimer précisément celui-ci sur des larges gammes de distance (BULLOCK *et al.* 2006 ; JONGEJEANS *et al.* 2008).

L'approche de modélisation inverse introduite par RIBBENS *et al.* (1994) a été fondatrice pour l'estimation des noyaux de dispersion. Pour la première fois, des auteurs retrouvaient une fonction de dispersion « individuelle » à partir de comptages de graines dans des pièges à graines distribués dans un peuplement, c'est-à-dire à partir d'observations des contributions cumulées de nombreuses sources. Cette approche statistique résout donc le problème de la superpo-

sition des nuages de graines individuels et fournit une estimation du noyau ainsi que des déterminants de la fécondité. Cette méthode a été largement utilisée depuis son introduction, mais présente l'inconvénient de reposer sur des pièges à graines. Les pièges sont généralement mieux adaptés à la dispersion par le vent que par les animaux et ils ne considèrent pas les vecteurs de dispersion alternatifs ou la dispersion secondaire (i.e. par un deuxième agent après la dispersion par le vent). Une approche expérimentale alternative et moins coûteuse consiste à observer la distribution spatiale des semis installés plutôt que la distribution de graines dans des pièges (MORAN & CLARK 2011). Cette observation, si elle permet d'accéder directement à la dispersion efficace est cependant très affectée par la distribution spatiale des sites favorables à la germination et à l'établissement des semis. D'une part, la favorabilité des sites peut être largement déterminée par des facteurs environnementaux distribués non aléatoirement dans l'espace (compétition ou facilitation inter-spécifique), d'autre part les arbres adultes

Fig. 2 :
Représentation des queues de noyaux de dispersion (*dispersal kernel*). Trois noyaux avec la même distance de dispersion moyenne sont représentés en échelle linéaire en haut (noyau Gaussien : noir, noyau exponentiel : gris, noyau à queue lourde : gris clair) et en échelle logarithmique en bas. Bien que rares pour les trois noyaux, les événements de dispersion à longue distance (> 20 m) se produisent à des fréquences très différentes.



peuvent exercer un effet négatif sur la germination ou la survie dans leur voisinage (connu sous le nom d'hypothèse de JANZEN-CONNELL, NATHAN & CASAGRANDI 2004). Deux alternatives existent pour adapter la modélisation inverse à ces effets d'hétérogénéité spatiale de la germination et de la survie.

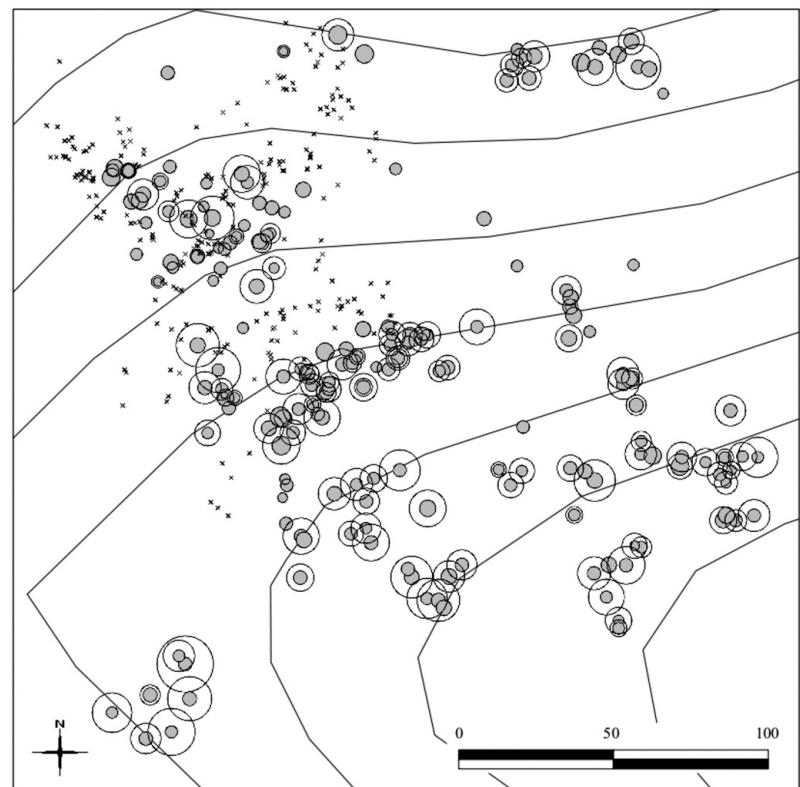
Une première solution est d'ordre statistique et consiste à modéliser et à estimer les effets sur la germination et la survie de quelques variables environnementales bien caractérisées dans les sites d'échantillonnage des semis. C'est ainsi par exemple que KUNSTLER *et al.* (2007) a pris en compte l'effet facilitant de la présence d'espèces arbuscules. C'est en développant cette approche que AMM (2011) a pu étudier la dispersion efficace du sapin à l'échelle du versant Nord du Mont-Ventoux (Provence, France). Les semis de sapin ont été cartographiés dans 30 placettes de 400 m² réparties dans une zone de 400 ha sur laquelle toutes les sources de graines ont été caractérisées individuellement (à proximité des placettes) ou à partir de données d'inventaire. Des variables biotiques (surfaces terrières du sapin, du pin et du hêtre) et abiotiques (altitude, pente, sol) ont été relevées dans chacune des 30 placettes et utilisées comme variables explicatives de la survie et de la germination dans le modèle inverse qui estime le noyau de dispersion. Les résultats permettent de montrer que l'altitude est la principale variable déterminant le taux de recrutement des semis, avec un optimum à l'altitude intermédiaire de 1200 m. La densité de pins réduit également significativement le taux de recrutement. Cette approche montre également la nécessité de considérer l'effet des variables environnementales car le noyau de dispersion estimé en les considérant (distance médiane de dispersion = 13,2 m à 19,6 m) est nettement différent du noyau estimé directement à partir des semis sans considérer l'effet de l'environnement sur la survie et la germination (distance médiane de dispersion = 18 m à 174 m). Il est en revanche beaucoup plus proche du noyau de dispersion de graines estimé dans une étude précédente à partir de pièges à graines (distance médiane de dispersion = 7 m). Bien que cette étude utilise un noyau de dispersion accordant une part importante à la dispersion à longue distance, elle confirme les faibles distances de dispersion moyennes déjà obtenues dans la littérature pour plusieurs espèces du genre *Abies*.

1 - Ou par approche Bayésienne, de manière relativement comparable (e.g. Moran & Clark, 2011)

La deuxième solution consiste à exploiter l'information génétique des semis pour retrouver de manière plus ou moins catégorique les parents des semis (assignation de parenté) et en particulier l'arbre-mère qui a émis la graine dont est issu le semis (KLEIN & ODDOU-MURATORIO 2011). Les applications les plus efficaces de ce principe sont celles qui ont pu retrouver le génotype exact des mères en caractérisant l'ADN de tissus maternels retrouvés sur les descendants (endocarpes ou péricarpes des graines). Par exemple dans JORDANO *et al.* (2007), avec 10 marqueurs génétiques microsatellites sur *Prunus mahaleb* les auteurs peuvent retrouver systématiquement la mère d'un descendant quand elle fait partie des 196 arbres génotypés dans leur parcelle de 26 ha et reconstruire ainsi les distances parcourues par les graines jusqu'à 1000 m. Même dans ce cas où l'on peut retrouver exactement l'arbre-mère d'un descendant, il est nécessaire d'analyser les résultats de l'assignation de parenté en prenant en compte la distribution spatiale de toutes les sources de graines pour estimer finalement le noyau de dispersion, comme ce qui était fait dans la modélisation inverse (ROBLEDO-ARNUNCIO & GARCIA 2007 ; JONES & MULLER-LANDAU 2008). Mais l'analyse ne repose plus sur la modélisation de l'intensité de la pluie de graines en chaque point de piégeage, mais sur sa composition, c'est-à-dire sur les proportions de graines des différentes sources. ROBLEDO-ARNUNCIO & GARCIA (2007) s'appuient sur des simulations pour démontrer l'amélioration obtenue par une telle analyse sur l'estimation de la distance de dispersion. Ils l'illustrent en réanalysant des données de *Prunus mahaleb* et trouvent une distance de dispersion deux fois plus élevée après prise en compte des positions des sources (278 m vs. 110 m).

Mais on ne dispose généralement pas de tissus maternels à génotyper, surtout quand on s'intéresse à des semis relativement âgés (jusqu'à environ 40 ans). C'est pour ces cas qu'ont été développés les *seedling neighbourhood models* (SNM), des méthodes probabilistes (*full probability approaches* dans JONES *et al.* 2010) qui ne cherchent pas à déterminer de manière catégorique les mères des descendants échantillonnes. A la place, elles estiment le noyau de dispersion par maximum de vraisemblance¹ en considérant simultanément les informations génétiques (marqueurs microsatellites des adultes et des semis gouvernés par les lois de l'hérédité

mendéienne) et spatiales (positions des semis gouvernées par le noyau de dispersion et les positions des adultes). Ces méthodes introduites par BURCZYK *et al.* (2006) intègrent la prise en compte de la spatialisation suggérée par ROBLEDO-ARNUNCIO & GARCIA (2007) et discutée ci-dessus. Elles ont été appliquées plusieurs fois dans les années récentes [GONZALES-MARTINEZ *et al.* (2006) ; ODDOU-MURATORIO *et al.* (2008) ; CHYBICKI & BURCZYK (2010) ; ODDOU-MURATORIO *et al.* (2010) ; MORAN & CLARK (2011)]. Nous les avons utilisées dans une population de hêtres sur le Mont-Ventoux (BONTEMPS *et al.* submitted) dans laquelle nous avons génotypé 257 semis à 10 marqueurs microsatellites (Cf. Fig. 3). La résolution des marqueurs ne permettait pas de retrouver les parents avec confiance (en moyenne 7,3 parents et 22,5 paires de parents étaient génétiquement compatibles avec chaque semis) mais la méthode SNM a permis cependant d'estimer des noyaux de dispersion pour les graines et le pollen. En particulier, pour la dispersion de graines, nous avions distingué les jeunes semis (moins de 2 ans) qui ont subi bien moins de mortalité depuis la germination que les vieux semis (3 à environ 40 ans) sur lesquels on s'attend à voir plus d'effets de mortalité due à l'environnement ou à la densité. On estime une distance de dispersion plus grande sur les vieux semis (22 m) que sur les jeunes semis (12 m) ce qu'il serait tentant d'expliquer par des effets de Janzen-Connell : pendant plusieurs années, les semis plus proches des adultes auraient souffert plus fortement de la mortalité résultant en un éloignement plus grand aux adultes et donc à leur parent. Cependant, ce biais de la méthode d'estimation du noyau de dispersion des graines n'est pas attendu théoriquement et n'avait jamais été étudié par simulation auparavant. Nous avons donc simulé 200 jeux de données en incluant trois intensités de mortalité des semis proportionnelles à la densité d'adultes dans leur voisinage, nous avons estimé le noyau de dispersion dans chacune des simulations et l'avons comparé à celui utilisé pour les simulations. Malgré des patrons de distribution spatiale des semis très différents pour les trois intensités de mortalité, les noyaux de dispersion sont estimés avec un biais très similaires. Cela démontre que l'utilisation des marqueurs microsatellites et des *seedling neighbourhood models* fournit des estimations du noyau de dispersion de



graines insensibles aux effets de mortalité de type Janzen-Connell, contrairement à l'idée répandue dans la littérature. Cela indique également que la différence de distance de dispersion entre les jeunes et vieux semis est engendrée par un autre mécanisme. Une piste à creuser concerne les variations inter-annuelles du noyau de dispersion, dues à différentes conditions abiotiques ou à des corrèges d'animaux variables en fonction des années.

Vers des analyses de la dispersion à large échelle

Les méthodes inverses et les approches dérivées exploitant les données génétiques (SNM) ont permis de caractériser la dispersion à l'échelle de plusieurs centaines de mètres voire de plusieurs kilomètres comme illustré ci-dessus, grâce à la résolution statistique du problème de superposition des contributions de nombreuses sources de graines (*seed shadow overlap*). En effet, avant cette possibilité, nous étions limités à analyser des patrons de dispersion à partir de sources individuelles, typiquement en marquant physiquement (peinture, radioac-

Fig. 3 :
Estimation de la dispersion des graines de hêtre dans une placette du Mont-Ventoux.
L'inventaire exhaustif des adultes produisant des graines (disques gris représentant le diamètre du tronc et cercles noirs le diamètre de la cépée), l'échantillonnage de semis (croix) et le génotypage de ces individus permet d'estimer la fonction de dispersion en utilisant un *seedling neighbourhood model*.

tivité) les graines sur arbre-mère avant leur dispersion, puis en les retrouvant *a posteriori*. Cette approche mono-source restreignait les observations à des petites échelles ou aux conditions environnementales pas toujours réalistes des expérimentations contrôlées (mais voir BULLOCK & CLARKE (2001) pour une expérimentation mono-source à grande échelle).

Mais parce que les rares événements de dispersion à très longue distance peuvent avoir des effets particulièrement importants, il est légitime de développer des approches d'observation et de modélisation des processus de dispersion aux échelles encore plus vastes de la dizaine ou de la centaine de kilomètres. Pour cet objectif, l'apport des marqueurs génétiques pourrait encore être bénéfique comme l'a montré une étude récente sur la dispersion du pollen de *Pinus sylvestris* dans des populations fragmentées du nord de l'Espagne (ROBLEDO-ARNUNCIO 2011). L'auteur utilise 4 marqueurs microsatellites chloroplastiques (hérités paternellement) pour retrouver pour les grains de pollen ayant voyagé à longue distance leur population d'origine parmi 5 populations identifiées dans une zone d'environ 250 x 250 km (Cf. Fig. 4). En trouvant des taux d'immigration de quelques pourcents à des distances de

plus de 50 km, cette étude est la première à montrer aussi clairement que du pollen peut être transporté par le vent et conduire à des pollinisations à de telles distances. Bien que leur site d'étude offre des conditions exceptionnelles pour étudier les flux de gènes à cette échelle (une population échantillonnée de très petite taille, plusieurs populations bien isolées et avec des fréquences alléliques bien différencierées), il est important de multiplier les études de ce type pour mieux caractériser les fonctions de dispersion à longue distance. Il sera en particulier important de cerner si les noyaux de dispersion sont les bons modèles pour caractériser les flux d'individus et de gènes à ces échelles ou si l'hétérogénéité des couverts végétaux et les éléments structurels des paysages ne sont pas plus déterminants que la distance.

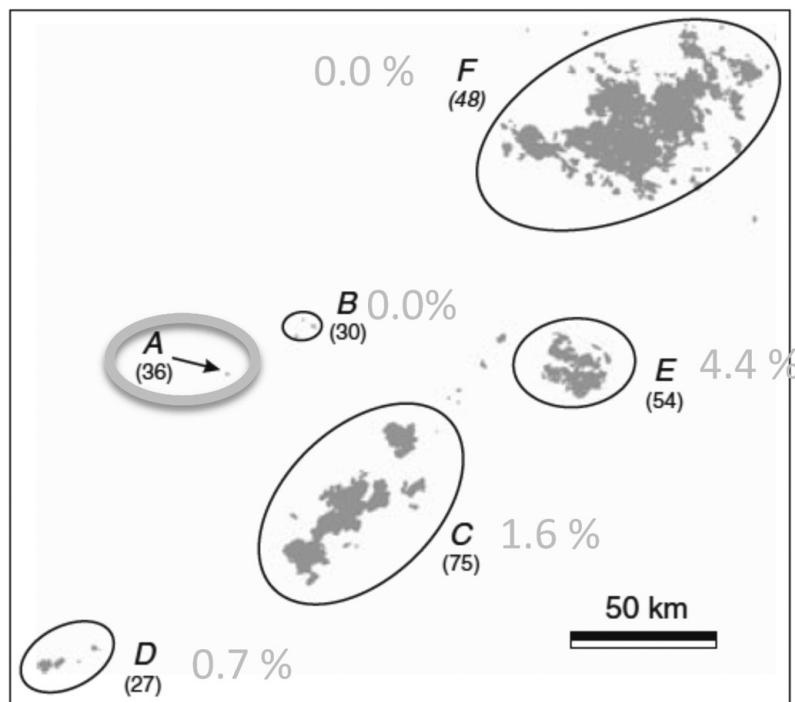
Alternativement aux approches statistiques détaillées dans cet article, le développement de modèles physiques, mécanistes ou quasi-mécanistes s'est montré particulièrement fructueux ces dernières années (KUPARINEN 2006). L'idée d'utiliser les simulations informatiques des modèles physiques pour prédire les capacités de dispersion (NATHAN *et al.* 2005) et leurs effets sur les capacités de propagation et de migration des espèces (HIGGINS *et al.* 1999 ; NATHAN *et al.* 2011) s'est concrétisée dans de nombreuses études qui ont montré les déterminants de la dispersion à longue distance par le vent (e.g. WRIGHT *et al.* 2008). Associés aux performances des super-calculateurs, les modèles d'écoulements de l'air sur une canopée hétérogène permettent de simuler finement les trajectoires des graines, des pollens et des spores (BOHRER *et al.* 2008). Mais les déterminants de la viabilité des propagules et les vecteurs animaux de la dispersion restent encore difficiles à modéliser aussi finement que la physique des écoulements d'air. Un enjeu pour les années à venir est probablement de construire des approches combinant les prédictions de modèles mécanistes et les observations empiriques informatives sur la dispersion à longue distance dans des paysages hétérogènes.

Fig. 4 :

Estimation des taux de migration du pollen à très longue distance.

L'inventaire exhaustif de la présence de sources de pollen de *Pinus sylvestris* à très large échelle et la caractérisation des fréquences alléliques dans les différentes populations identifiées a permis aux auteurs d'estimer les taux de migration (pourcentages en gris clair) de pollen reçu par une population cible isolée (A) à l'échelle de la centaine de kilomètres.

Figure tirée de Robledo-Arnuncio 2011



Références citées

- Amm, A. (2011) Potentialité de migration des essences forestières face au changement climatique. Etude des capacités de migration du sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) sur le Mont Ventoux. PhD Thesis, U. Marseille.
- Bohrer, G., Katul, G. G., Nathan, R., Walko, R. L. & Avissar, R. (2008) Effects of canopy heterogeneity, seed abscission and inertia on wind-driven dispersal kernels of tree seeds. *Journal of Ecology*, 96, 569-580.
- Bontemps, A., Klein, E. K. & Oddou-Muratorio, S. (submitted) Separating the roles of seed and pollen dispersal and of the recruitment process on the genetic heterogeneity of the seed rain: a combination of simulations and case study in *Fagus sylvatica*. *Molecular Ecology*.
- Bullock, J. M. & Clarke, R. T. (2000) Long distance seed dispersal: measuring and modelling the tail of the curve. *Oecologia*, 124, 506-521.
- Bullock, J. M., Shea, K. & Skarpaas, O. (2006) Measuring plant dispersal: an introduction to field methods and experimental design. *Plant Ecology*, 186, 217-234.
- Burczyk, J., Adams, W. T., Birkes, D. S. & Chybicki, I. J. (2006) Using genetic markers to directly estimate gene flow and reproductive success parameters in plants on the basis of naturally regenerated seedlings. *Genetics*, 173, 363-372.
- Caswell, H., Lensink, R. & Neubert, M. G. (2003) Demography and dispersal: Life table response experiments for invasion speed. *Ecology*, 84, 1968-1978.
- Chybicki, I. J. & Burczyk, J. (2010) Realized gene flow within mixed stands of *Quercus robur* L. and *Q. petraea* (Matt.) L. revealed at the stage of naturally established seedling. *Molecular Ecology*, 19, 2137-2151.
- Clark, J. S., Silman, M., Kern, R., Macklin, E. & HilleRisLambers, J. (1999) Seed dispersal near and far: patterns across temperate and tropical forests. *Ecology*, 80, 1475-1494.
- Clark, J. S., Horvath, L. & Lewis, M. (2001) On the estimation of spread for a biological population. *Statistics and Probability Letters*, 51, 225-234.
- Cousens, R., Dytham, C. & Law, R. (2008) *Dispersal in plants: A population perspective*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Davis, M. B. (1981) Quaternary history and the stability of forest communities. *Forest succession: concepts and application* (eds D. C. West, H. H. Shugart & D. B. Botkin), pp. 132-153. Springer-Verlag, New York, USA.
- Delcourt, P. A. & Delcourt, H. R. (1987) *Long term forest dynamics of the temperate zone: a case study of late-Quaternary forests in eastern North America*. Springer-Verlag, New York, USA.
- Edmonds, C. A., Lillie, A. S. & Cavalli-Sforza, L. L. (2004) Mutations arising in the wave front of an expanding population. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America*, 101, 975-979.
- Excoffier, L., Foll, M. & Petit, R. J. (2009) Genetic Consequences of Range Expansions. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 40, 481-501.
- Fayard, J., Klein, E. K. & Lefevre, F. (2009) Long distance dispersal and the fate of a gene from the colonization front. *Journal of Evolutionary Biology*, 22, 2171-2182.
- Gonzalez-Martinez, S. C., Burczyk, J., Nathan, R., Nanos, N., Gil, L. & Alia, R. (2006) Effective gene dispersal and female reproductive success in Mediterranean maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton). *Molecular Ecology*, 15, 4577-4588.
- Higgins, S. I. & Richardson, D. M. (1999) Predicting plant migration rates in a changing world: the role of long-distance dispersal. *American Naturalist*, 153, 464-475.
- Higgins, S. I., Clark, J. S., Nathan, R., Hovestadt, T., Schurr, F., Fragoso, J. M. V., Aguiar, M. R., Ribbens, E. & Lavorel, S. (2003) Forecasting plant migration rates: managing uncertainty for risk assessment. *Journal of Ecology*, 91, 341-347.
- Jones, F. A. & Muller-Landau, H. C. (2008) Measuring long-distance seed dispersal in complex natural environments: an evaluation and integration of classical and genetic methods. *Journal of Ecology*, 96, 642-652.
- Jones, A. G., Small, C. M., Paczolt, K. A. & Ratterman, N. L. (2010) A practical guide to methods of parentage analysis. *Molecular Ecology Resources*, 10, 6-30.
- Jongejans, E., Skarpaas, O. & Shea, K. (2008) Dispersal, demography and spatial population models for conservation and control management. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*, 9, 153-170.
- Jordan, P., Garcia, C., Godoy, J. A. & Garcia-Castano, J. L. (2007) Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America*, 104, 3278-3282.
- Klein, E. K., Lavigne, C., Foueilllassar, X., Gouyon, P. H. & Laredo, C. (2003) Corn pollen dispersal: quasi-mechanistic models and field experiments. *Ecological Monographs*, 73, 131-150.
- Klein, E. K., Lavigne, C. & Gouyon, P. H. (2006) Mixing of propagules from discrete sources at long distance: comparing an dispersal tail to an exponential. *BMC Ecology*, 6, 3.
- Klein, E. K. & Oddou-Muratorio, S. (2011) Pollen and seed dispersal inferred from seedling genotypes: the Bayesian revolution has passed here too. *Molecular Ecology*, 20, 1077-1079.
- Kot, M., Lewis, M. A. & Van Den Driessche, P. (1996) Dispersal data and the spread of invading organisms. *Ecology*, 77, 2027-2042.
- Kunstler, G., Chadoeuf, J., Klein, E. K., Curt, T., Bouchaud, M. & Lepart, J. (2007) Tree colonization of sub-Mediterranean grasslands: Effects of effective dispersal and shrub facilitation. *Canadian Journal of Forest Research*, 37, 103-115.
- Kuparinen, A. (2006) Mechanistic models for wind dispersal. *Trends In Plant Science*, 11, 296-301.
- McLachlan, J. S., Clark, J. S. & Manos, P. S. (2005) Molecular indicators of tree migration capacity under rapid climate change. *Ecology*, 86, 2088-2098.

Etienne K. KLEIN^{1,2}
Aurore BONTEMPS¹
Annabelle AMM¹
Christian PICHOT¹
Sylvie ODDOU-
MURATORIO¹

¹ URFM,
Écologie des Forêts
Méditerranéennes,
INRA Avignon
² BioSP, Biostatistique
et Processus Spatiaux,
INRA Avignon

Mél : etienne.klein@avignon.inra.fr

- McMahon, S. M., Dietze, M. C., Hersh, M. H., Moran, E. V. & Clark, J. S. (2009) A Predictive Framework to Understand Forest Responses to Global Change. *Year in Ecology and Conservation Biology 2009* (ed R. S. S. W. H. Ostfeld), pp. 221-236.
- Moran, E. V. & Clark, J. S. (2011) Estimating seed and pollen movement in a monoecious plant: a hierarchical Bayesian approach integrating genetic and ecological data. *Molecular Ecology*, 20, 1248-1262.
- Nathan, R. & Casagrandi, R. (2004) A simple mechanistic model of seed dispersal, predation and plant establishment: Janzen-Connell and beyond. *Journal Of Ecology*, 92, 733-746.
- Nathan, R., Sapir, N., Trakhtenbrot, A., Katul, G. G., Bohrer, G., Otte, M., Avissar, R., Soons, M. B., Horn, H. S., Wikelski, M. & Levin, S. A. (2005) Long-distance biological transport processes through the air: can nature's complexity be unfolded in silico? *Diversity And Distributions*, 11, 131-137.
- Nathan, R., Horvitz, N., He, Y., Kuparinen, A., Schurr, F. M. & Katul, G. G. (2011) Spread of North American wind-dispersed trees in future environments. *Ecology Letters*, 14, 211-219.
- Nathan, R., Klein, E. K., Robledo-Arnuncio, J. J. & Revilla, E. (in press) Dispersal kernels. *Dispersal and Spatial Evolutionary Ecology* (eds J. Clobert, M. Baguette, T. Benton & J. Bullock).
- Oddou-Muratorio, S. & Klein, E. K. (2008) Comparing direct vs. indirect estimates of gene flow within a population of a scattered tree species. *Molecular Ecology*, 17, 2743-2754.
- Oddou-Muratorio, S., Bontemps, A., Klein, E. K., Chybicki, I., Vendramin, G. G. & Suyama, Y. (2010) Comparison of direct and indirect genetic methods for estimating seed and pollen dispersal in *Fagus sylvatica* and *Fagus crenata*. *Forest Ecology and Management*, 259, 2151-2159.
- Pluess, A. R. (2011) Pursuing glacier retreat: genetic structure of a rapidly expanding *Larix decidua* population. *Molecular Ecology*, 20, 473-485.
- Ribbens, E., Silander, J. A. & Pacala, S. W. (1994) Seedling recruitment in forests: Calibrating models to predict patterns of tree seedling dispersion. *Ecology*, 75, 1794-1806.
- Robledo-Arnuncio, J. J. & Garcia, C. (2007) Estimation of the seed dispersal kernel from exact identification of source plants. *Molecular Ecology*, 16, 5098-5109.
- Robledo-Arnuncio, J. J. (2011) Wind pollination over mesoscale distances: an investigation with Scots pine. *New Phytologist*, 190, 222-233.
- Skellam, J. G. (1951) Random dispersal in theoretical populations. *Biometrika*, 38, 196-218.
- Thuiller, W., Albert, C., Araújo, M. B., Berry, P. M., Cabeza, M., Guisan, A., Hickler, T., Midgley, G. F., Paterson, J., Schurr, F. M., Sykes, M. T. & Zimmermann, N. E. (2008) Predicting global change impacts on plant species' distributions: future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 9, 137-152.
- Tufto, J., Engen, S. & Hindar, K. (1997) Stochastic dispersal processes in plant populations. *Theoretical Population Biology*, 52, 16-26.
- Wright, S. J., Trakhtenbrot, A., Bohrer, G., Detto, M., Katul, G. G., Horvitz, N., Muller-Landau, H. C., Jones, F. A. & Nathan, R. (2008) Understanding strategies for seed dispersal by wind under contrasting atmospheric conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 19084-19089.

Résumé

Pour fournir des prédictions quantitatives des capacités de dispersion des individus et de déplacement des populations, le noyau de dispersion est apparu ces dernières années comme un outil de modélisation particulièrement adapté. Cette fonction qui décrit la répartition spatiale des graines dispersées à partir d'une source, a un effet très fort sur la vitesse de propagation d'un front de colonisation, la conservation de la diversité génétique lors d'une expansion spatiale et l'intensité de flux de gènes à longue distance. De nombreuses méthodes expérimentales et statistiques, basées sur des pièges à graines, des comptages de semis installés ou le génotypage d'adultes et de leurs descendants ont été développées ces dernières années pour estimer au mieux ce noyau de dispersion. Nous détaillons ces méthodes dans cet article en insistant sur la prise en compte de l'hétérogénéité environnementale affectant la survie des semis. Finalement, nous discutons de pistes qui permettraient d'étudier les noyaux de dispersion à large échelle spatiale (dizaine de kilomètres).

Inferences about the capacity to disperse and migrate: from a local scale to the wider landscape

by Etienne K. KLEIN, Aurore BONTEMPS, Annabelle AMM,
Christian PICHOT, Sylvie ODDOU-MURATORIO

In the present context of climate change, it is important to know as accurately as possible a species' capacity to migrate and move elsewhere. Up till now, empirical approaches have been used to evaluate such dynamics but today science has become more predictive, using approaches based on integrating models such as the one presented here — the dispersion kernel — which describes the spatial distribution of seeds dispersed from one source.

The science of ecology, as indeed biology itself, has become more predictive. The ecology of dispersion, too, has moved in this direction which involves developing models of a more quantitative nature. Thus, empirical approaches which assessed species' ability to migrate or move elsewhere on the basis of observations about the past (in particular, about episodes of recolonisation in the post-glacial era) (e.g. SKELLAM 1951; DAVIES 1981; DELCOURT & DELCOURT 1987, in McLACHLAN *et al.* 2005) have gradually given way to approaches based on integrated models that incorporate the principal mechanisms involved in the movement of species, notably dispersal (e.g. HIGGINS *et al.* 2003, JONGEJANS *et al.* 2008, MACMAHON *et al.* 2009). Such models and the mechanisms involved are especially relevant when confronting maps that plot future climate on the basis of models of worldwide climate change with the biological processes governing the life cycles of forest species (fertility, dispersal of pollen and seeds, germination, survival, growth, recruitment) (THUILLER *et al.* 2008).

Dispersal kernels, a determining feature for the future of plant populations on the move

Fig. 1:
Using a dispersal kernel to calculate the intensity of seed rain or its composition. By the interplay of the dispersal kernel (above left) and a description of the location and the densities of seed sources, the amount of seeds expected at an spot in the area (A, black function) and the contribution of each source to the seed rain at each spot (A, histogram; B)

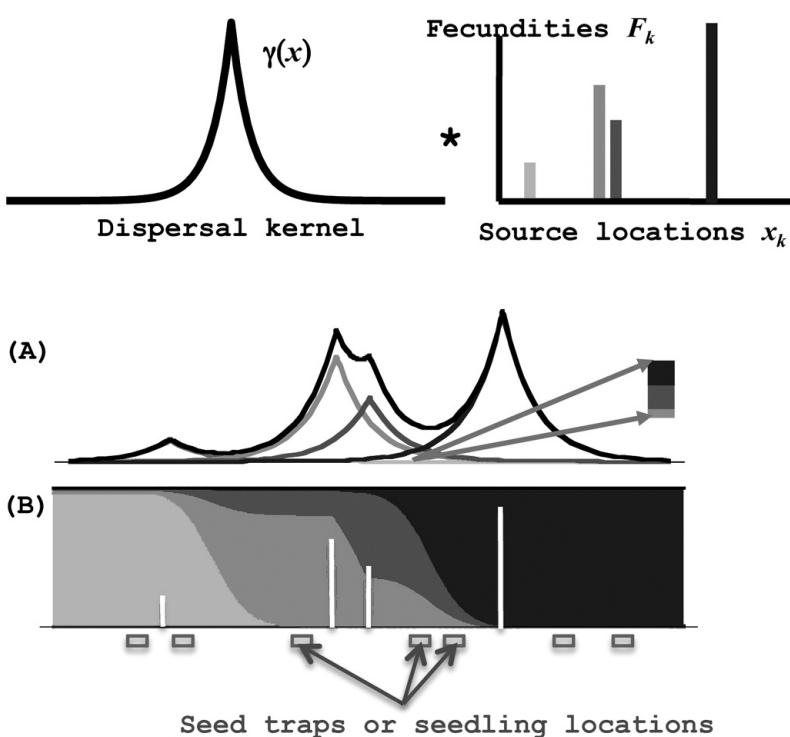
One of the main mechanisms that need to be included in predictive models is seed dispersal (which is the driving element in the movement of plants to a different area) (HIGGINS *et al.* 1999). More precisely, this means it is necessary to describe how the spatial distribution of a population of adult seed-producing trees underlies the spatial distribution of seeds after dispersal ("potential dispersal") or seedlings after germination or premature mortality ("effective dispersal") (GONZALEZ-MARTINEZ *et al.* 2006).

In recent years, the *dispersal kernel* has gradually come to the fore as a robust model for taking into account the spatial distribution of seed-producing trees ("source") and deducing the consequential "seed rain" at every point in an area (NATHAN *et al.* in press, COUSENS *et al.* 2008). This dispersal kernel is the function that describes how

each individual source distributes its seeds in its surroundings by dispersal (a probability density function, generally defined within the 2-D area in which the tree population under study is evolving). This function was first used to calculate the number of seeds expected within each plot in the given area, a number resulting from the superposition of the contribution of each individual source tree disseminating seeds (RIBBENS *et al.* 1994; CLARK *et al.* 1999). More recently, the dispersal kernel has proved to be particularly well-suited for modelling the genetic make-up of seeds arriving at a given place, a composition characterised via the contributions of the different sources relative to the total number of seeds falling (Fig. 1) (TUFTO *et al.* 1999; KLEIN *et al.* 2003).

Two characteristics of a dispersal kernel have proved to be critical for the demographics of an expanding population, especially for its rate of advance. First, a scale parameter determining the average dispersal distance; but second, and above all, the existence of dispersal over long distances signalled by the shape of the dispersal function and by its decrease for long distances (KOT *et al.* 1996; CASWELL *et al.* 2003). Even though dispersal kernels may seem similar for short distances, the significant differences in the very low rates of occurrence of rare events at long distances can alter appreciably the dynamics of colonisation (Fig. 2). There emerge quite clearly fat-tailed kernels (they decrease slower than any exponential function) which result in rapid colonisation with speed increasing over time (KOT *et al.* 1996; CLARK *et al.* 2001).

Our recent research has also shown that the shape of the dispersal kernel has an effect on the conservation and structure of genetic diversity in the course of the colonising process. FAYARD *et al.* (2009) studied this subject by simulating the destiny of an allele present at a low rate at a given time on the colonisation front. A recent study (EDMONDS *et al.*, 2004) had shown that, in the absence of long-distance dispersal, this allele was very likely to remain present at its initial location in small numbers but rare cases of "surfing" were observed during which the gene had been borne onwards by the colonisation wave, ending up at a high level in the population. This phenomenon results from the powerful impact of genetic drift that occurs on the colonisation front, reducing genetic diversity through the effect of suc-



sive founder effects (EXCOFFIER *et al.*, 2009). Our study has shown that fat-tailed kernels limit this phenomenon: surfing occurs less frequently, thus the genetic drift is weaker. Moreover, this property is linked particularly to the shape of the dispersal kernel and not only to the occurrence of long-distance dispersal. One possible explanation is that fat-tailed kernels lead to a greater mix of the contributions of the sources when the distance from these sources is greater, something we demonstrated in an earlier study (KLEIN *et al.*, 2006). To simplify matters, in colonisation resulting from a thin-tailed kernel, the front maintains its own drive, resulting in a gradual lessening of diversity whereas when the dispersal kernel is fat-tailed, the nucleus of the population can re-inject genetic diversity ahead of the colonisation front. A recent study centred on larch stands concluded that the hypothesis of a greater mix of contributions explained the high genetic diversity observed at the recolonisation front subsequent to the withdrawal of a glacier in a valley in Switzerland (PLUESS 2010).

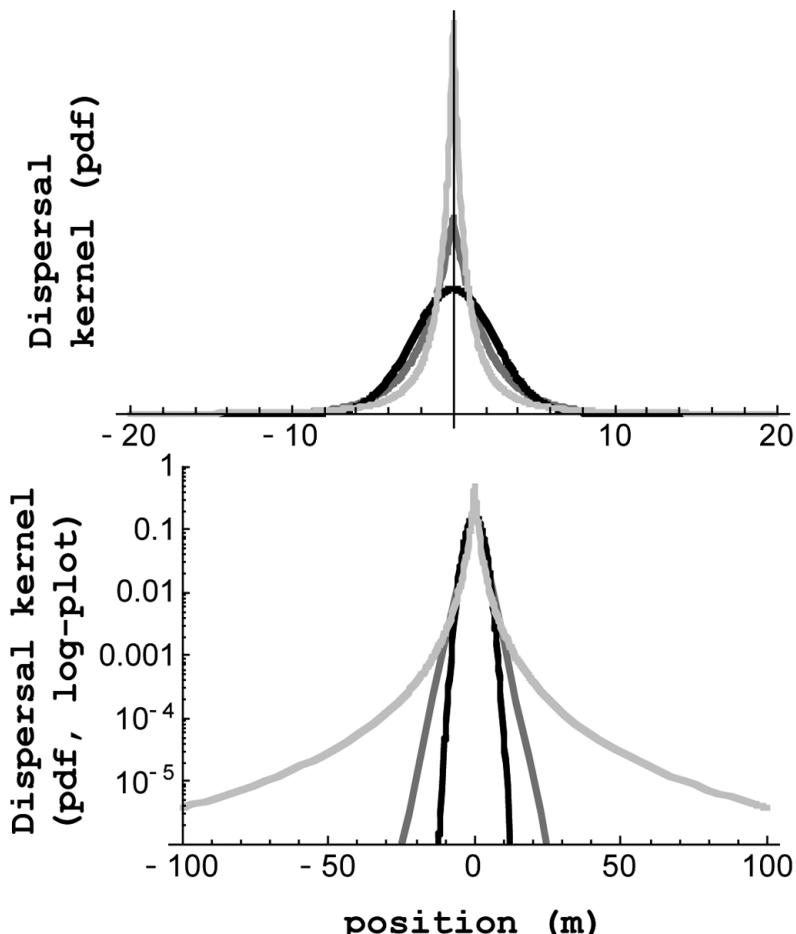
Estimating the dispersal kernel: boost from the data from genetic markers

On account of the big impact of the shape of a dispersal kernel on the capacity for movement and the conservation of genetic diversity, much experimental research has sought to make an accurate estimate of this impact over a wide range of distances (BULLOCK *et al.* 2006; JONGEJEANS *et al.* 2008).

The inverse modelling approach introduced by RIBBENS *et al.* (1994) was a landmark in the assessment of dispersal kernels. These authors were able, for the first time, to find a dispersal function at the level of an “individual” based on counting seeds in seed traps set out in tree stands: in other words, they started with observations of the accumulated contributions of a large number of sources. This statistical approach solved the problem of the superposition of individual seed shadows and provided an assessment of the kernel as well as the factors determining fecundity. This method has been widely used since its introduction but has the disadvan-

tage of being based on seed traps. Such traps are, as a rule, better adapted to dispersal by wind rather than by animals and fail to take into account other vectors of dispersal or secondary dispersal (e.g. by a second agent subsequent to previous wind dispersal). An alternative experimental approach, which is also less expensive, consists in observing the spatial distribution of successful seedlings rather than the distribution of seeds in traps (MORAN and CLARK 2011). This type of observation, while facilitating a direct appreciation of effective dispersal, is nevertheless much affected by the spatial distribution of sites favourable to the germination and flourishing of seedlings. In the first place, the favourable character of a site can be largely determined by environmental factors that are not distributed randomly over an area (competition or inter-species facilitation). And secondly, adult trees can have a negative effect on germination or survival in

Fig. 2:
Representation of dispersal kernels. Three kernels with the same moderate dispersal distance are represented at the top on a linear scale (Gaussian kernel black; exponential kernel grey; fat-tailed kernel light grey) and below on a logarithmic scale. Although rare for all three kernels, long-distance dispersal events (> 20 m) occur at very different frequencies.



their close surroundings (a phenomenon known as the Janzen-Connell hypothesis [NATHAN & CASAGRANDI, 2006]). Two alternatives exist for adapting inverse modelling to such effects due to spatial heterogeneity in germination and survival.

The first solution, of a statistical type, consists in modelling and estimating the effects on germination and survival of some well-identified environmental variables present in the area of seedling sampling. KUNSTLER *et al.* (2007) used this method to take into account the favourable impact of the presence of shrub species. By developing this approach, AMM (2011) was able to study the effective dispersal of fir on the northern slope of Mont Ventoux (Provence, S.-E. France). The fir seedlings were mapped on 30 plots of 400m² each spread across a 400-hectare zone in which every seed source was described individually (when near to a plot) or from inventory datasheets. Variables, both biotic (surface area occupied by fir, pine and beech) and abiotic (altitude, degree of slope, soil), were recorded for each of the 30 plots and used as the explanatory basis for survival and germination in the inverse model designed to estimate the dispersal kernel. The results showed that altitude was the main variable determining the recruitment rate of the seedlings, the optimum being at a middle altitude of 1,200m. The density of the pines significantly reduced the recruitment rate. This approach also highlights the necessity to take into account the effect of environmental variables insofar as the dispersal kernel obtained when taking them into consideration (mean dispersal distance = 13.2m to 19.6m) was very different from that obtained by direct assessment based on seedlings without taking into account the impact of the environment on survival and germination (mean dispersal distance = 18m to 174m). In contrast, the dispersal kernel was much more like that for seed dispersal as estimated in a previous study on the basis of seed traps (dispersal distance = 7m). Even though the present study used a dispersal kernel allocating a large share to long-distance dispersal, it has confirmed the short average distances already reported in the literature for a number of *Abies* species.

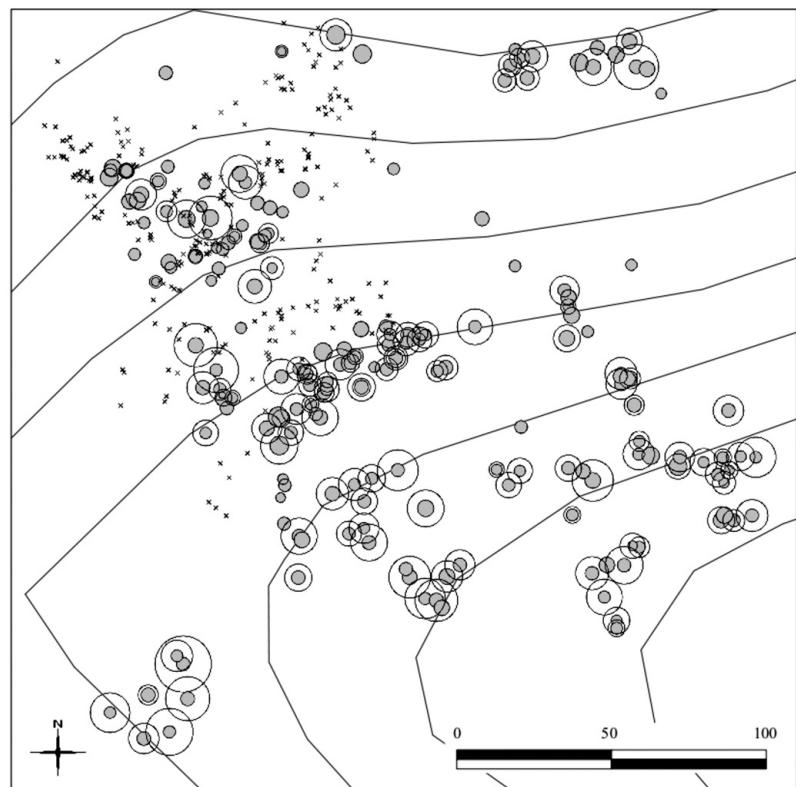
The second solution consists in exploiting genetic data from the seedlings to trace more or less precisely the parents of the seedling

(assigning parentage), in particular the mother tree dispersing the seed that resulted in the seedling (KLEIN & MURATORIO, 2011). The most effective applications of this method were those where the genotype of the mother was exactly determined by characterising maternal DNA from tissue recovered from the descendants (seed endocarps or pericarps). By way of example, JORDANO *et al.* (2007), with 10 micro-satellite genetic markers from *Prunus mahaleb*, were able to systematically identify the mother of an offspring when the parent was one of the 196 genotyped trees on their 26-hectare plot and in this way reconstitute the distance travelled by a seed up to 1,000m. Even in the cases where the mother tree of a descendant can be accurately pinpointed, it remains necessary in analysing the results of the parentage assignment to take into account the spatial distribution of all the sources of seeds to make a final assessment of the dispersal kernel, as was done in the inverse modelling (ROBLEDO-ARNUNCIO & GARCIA, 2007). But the analysis is no longer based on modelling the intensity of the seed rain at each trap but on the composition of the seed rain i.e. the proportion of seeds from the different sources. ROBLEDO-ARNUNCIO & GARCIA (2007) used simulations to show the improvement obtained by this method in evaluating the distances travelled. They took as an illustration the data for *Prunus mahaleb* and found a distance twice as great after factoring in the locations of the sources (278m vs. 110m).

However, there is generally no maternal tissue available for genotyping, especially when relatively old descendants are involved (up to around 40 years old). It was to deal with such cases that *seedling neighbourhood models* (SNM) and probability methods (*full probability approaches*, JONES *et al.*, 2010) were developed, which do not seek to ascertain categorically the mothers of the sampled offspring. Instead, they assess the dispersal kernel through maximum likelihood¹, by simultaneously taking into account both genetic information (microsatellite markers of adults and seedlings governed by Mendelian laws of heredity) and spatial (localisation of seedlings governed by the dispersal kernel and the position of adult trees). These methods, introduced by BURCZYK *et al.* (2006), integrate the spatial aspect, as suggested by ROBLEDO-ARNUNCIO & GARCIA (2007) and discussed above, and they have been applied several times in recent years

1 - Or by a Bayesian approach, fairly comparable (e.g. Moran & Clark 2011)

(GONZALEZ-MARTINEZ *et al.*, (2006); ODDOU-MURATORIO *et al.*, 2008; CHYBICKI & BURCZYK, 2010; ODDOU-MURATORIO *et al.*, 2010; MORAN & CLARK, 2011). We ourselves used them for beech stands on Mont Ventoux (BONTEMPS *et al.*, submitted) where we genotyped 257 seedlings with 10 microsatellite markers (Fig. 3). Working out the markers did not enable us to identify the parents with confidence (on average, there were 7.3 parents and 22.5 pairs of parents compatible with each seedling) but the SNM nevertheless permitted an assessment of the dispersal kernel for seeds and pollen. For the dispersal of seeds, in particular, we distinguished the young seedlings (less than 2 years old), whose rate of mortality after germination was much less than that of the older saplings and trees (3–40 years old) for which a higher level of mortality is expected due to environmental factors and density. A greater distance of dispersal was estimated for the older trees (22m) than for the young seedlings (12m), which it is tempting to explain by reference to the Janzen-Connell effects: over several years, the seedlings closer to adult trees will have suffered greater mortality, resulting in a greater distance away from the adults and, thus, from their parents. However, this bias in the method for estimating a seed dispersal kernel was not expected in theory and had never been previously studied by simulations. Therefore, we simulated 200 data profiles, including three levels of seedling mortality proportional to the density of adults in their surrounding areas, estimating the dispersal kernel for each simulation and comparing this estimate to that used for the simulations. Despite very different patterns of spatial distribution of the seedlings for the three levels of mortality, the estimated dispersal kernels displayed very similar bias. This result shows that the use of microsatellite markers and *seedling neighbourhood models* provide estimated seed dispersal kernels unaffected by effects of mortality of the Janzen-Connell type, which is the opposite of what is widely said in the literature. It also indicates that the difference in dispersal distances for young and old seedlings is engendered by another mechanism. Here, one line for further research will focus on the year-by-year variations of a dispersal kernel due to different abiotic conditions or to varying corteges of animals, depending on the year.



Towards analysis of large-scale dispersal

Inverse methods and derived approaches that exploit genetic data (SNM) have made it possible to characterise dispersal at the level of several hundred metres or, indeed, of several kilometres, as shown above, thanks to their statistical resolution of the problem of *seed shadow overlap* i.e. the superposition of contributions from numerous sources. Before the emergence of these methods, it was only possible to analyse dispersal patterns emanating from a single source, typically by marking seeds physically (paint, radioactivity) on a mother tree prior to their dispersal, then locating them afterwards. Such a single-source approach limited observations to a small scale and to the somewhat unreal environmental conditions that may prevail in a controlled experiment (though see BULLOCK & CLARKE (2001) for large-scale single-source experimental research).

But because long distance dispersal, though rare, has important consequences, there is justification for developing the observation and modelling of dispersal processes at the much wider scales of ten or a hundred kilometres. To this end, the con-

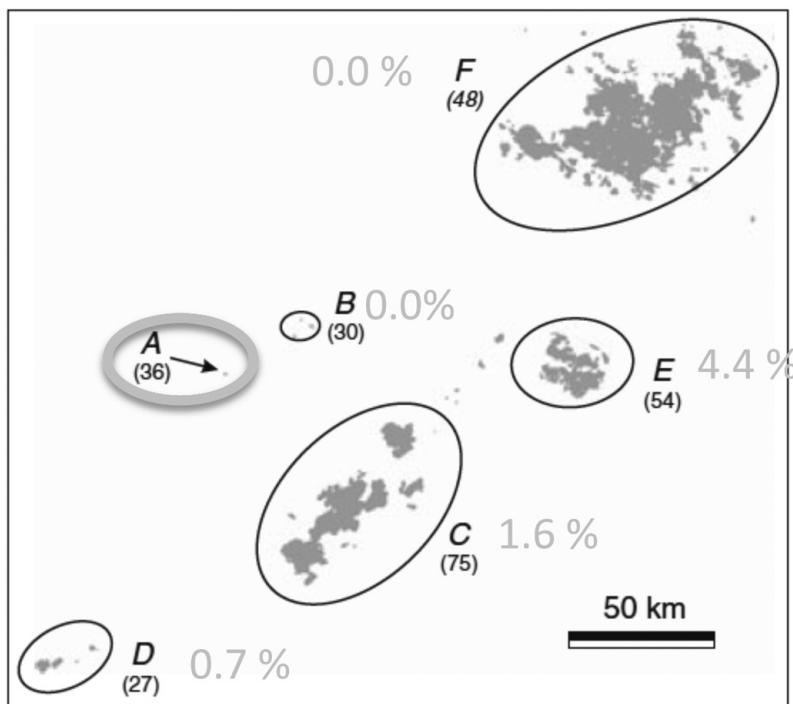
Fig. 3:
Estimate of beech seed dispersal for a plot on Mont Ventoux.
The exhaustive inventory of seed-producing adult trees (grey discs show trunk diameter, black discs stump diameter), sampling of the seedlings (crosses) and the genotyping of these individuals makes it possible to estimate the dispersal function by using a neighbourhood seedling model.

tribution of genetic markers could well prove beneficial, as shown by a recent study of pollen dispersal from *Pinus sylvestris* in scattered stands in the north of Spain (ROBLEDO-ARNUNCIO, 2011). The author used four chloroplastic microsatellite markers (paternally inherited) to identify among the five distinct populations located in a 250x250km area, the parent trees of pollen grains that had travelled a long distance (Fig.4). In finding migration levels of a few percent at distances of more than 50km, this study is the first to have shown so clearly that pollen can be blown so far by the wind and pollinate at such distances. Though their research zone provided exceptional conditions for studying gene flow at such a scale (a very small focal population, several isolated source populations and a significant genetic differentiation among the source populations), it remains important to repeat this type of study in order to characterise the dispersal functions over long distances. More generally, it is also important to investigate whether dispersal kernels constitute a good model for characterising the flow of individuals and genes at these much wider scales or whether the heterogeneous nature of plant cover as well as the structural features of landscape play a more significant role at these distances.

Fig. 4:

Estimate of the pollen migration rate at very great distances.
The exhaustive inventory of the presence of pollen sources of *Pinus sylvestris* over a very wide area and the characterisation of the frequency of alleles in the various populations identified enabled the authors to estimate the level of migration (percentages in light grey)

Figure taken from Robledo-Arnuncio 2011



Over and above the statistical approaches detailed in this article, recent years have also seen the development of physical models, mechanistic to a greater or lesser degree, which have proved particularly useful (KUPARINEN, 2006). The numerous applications of the idea of using computerised simulations of physical models to predict dispersal capability (NATHAN *et al.*, 2005) and its impact on a species' ability to propagate or migrate (HIGGINS *et al.*, 1999; NATHAN *et al.*, 2011) have highlighted the features determining the occurrence of long-distance wind-borne dispersal (e.g. WRIGHT *et al.*, 2008). When allied to high-performance computers, models of air flow above a variegated canopy make it possible to simulate with precision the trajectory of seeds, pollen and spores (BOHRER *et al.*, 2008). But the features that determine the viability of seedlings and the role of animal vectors in dispersal remain difficult to model as accurately as the physics of air currents. No doubt one of the likely challenge in the years to come will be the working out of an approach combining the predictions of the mechanistic models with the empirical information obtained from the observation of long-distance dispersal in heterogeneous countryside.

Bibliography

- Amm, A. (2011) Potentialité de migration des essences forestières face au changement climatique. Etude des capacités de migration du sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) sur le Mont Ventoux. PhD Thesis, U. Marseille.
- Bohrer, G., Katul, G. G., Nathan, R., Walko, R. L. & Avissar, R. (2008) Effects of canopy heterogeneity, seed abscission and inertia on wind-driven dispersal kernels of tree seeds. *Journal of Ecology*, 96, 569-580.
- Bontemps, A., Klein, E. K. & Oddou-Muratorio, S. (submitted) Separating the roles of seed and pollen dispersal and of the recruitment process on the genetic heterogeneity of the seed rain: a combination of simulations and case study in *Fagus sylvatica*. *Molecular Ecology*.
- Bullock, J. M. & Clarke, R. T. (2000) Long distance seed dispersal: measuring and modelling the tail of the curve. *Oecologia*, 124, 506-521.
- Bullock, J. M., Shea, K. & Skarpaas, O. (2006) Measuring plant dispersal: an introduction to field methods and experimental design. *Plant Ecology*, 186, 217-234.

- Burczyk, J., Adams, W. T., Birkes, D. S. & Chybicki, I. J. (2006) Using genetic markers to directly estimate gene flow and reproductive success parameters in plants on the basis of naturally regenerated seedlings. *Genetics*, 173, 363-372.
- Caswell, H., Lensink, R. & Neubert, M. G. (2003) Demography and dispersal: Life table response experiments for invasion speed. *Ecology*, 84, 1968-1978.
- Chybicki, I. J. & Burczyk, J. (2010) Realized gene flow within mixed stands of *Quercus robur* L. and *Q. petraea* (Matt.) L. revealed at the stage of naturally established seedling. *Molecular Ecology*, 19, 2137-2151.
- Clark, J. S., Silman, M., Kern, R., Macklin, E. & HilleRisLambers, J. (1999) Seed dispersal near and far: patterns across temperate and tropical forests. *Ecology*, 80, 1475-1494.
- Clark, J. S., Horvath, L. & Lewis, M. (2001) On the estimation of spread for a biological population. *Statistics and Probability Letters*, 51, 225-234.
- Cousens, R., Dytham, C. & Law, R. (2008) *Dispersal in plants: A population perspective*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Davis, M. B. (1981) Quaternary history and the stability of forest communities. *Forest succession: concepts and application* (eds D. C. West, H. H. Shugart & D. B. Botkin), pp. 132-153. Springer-Verlag, New York, USA.
- Delcourt, P. A. & Delcourt, H. R. (1987) *Long term forest dynamics of the temperate zone: a case study of late-Quaternary forests in eastern North America*. Springer-Verlag, New York, USA.
- Edmonds, C. A., Lillie, A. S. & Cavalli-Sforza, L. L. (2004) Mutations arising in the wave front of an expanding population. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America*, 101, 975-979.
- Excoffier, L., Foll, M. & Petit, R. J. (2009) Genetic Consequences of Range Expansions. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 40, 481-501.
- Fayard, J., Klein, E. K. & Lefevre, F. (2009) Long distance dispersal and the fate of a gene from the colonization front. *Journal of Evolutionary Biology*, 22, 2171-2182.
- Gonzalez-Martinez, S. C., Burczyk, J., Nathan, R., Nanos, N., Gil, L. & Alia, R. (2006) Effective gene dispersal and female reproductive success in Mediterranean maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton). *Molecular Ecology*, 15, 4577-4588.
- Higgins, S. I. & Richardson, D. M. (1999) Predicting plant migration rates in a changing world: the role of long-distance dispersal. *American Naturalist*, 153, 464-475.
- Higgins, S. I., Clark, J. S., Nathan, R., Hovestadt, T., Schurr, F., Fragoso, J. M. V., Aguiar, M. R., Ribbens, E. & Lavorel, S. (2003) Forecasting plant migration rates: managing uncertainty for risk assessment. *Journal of Ecology*, 91, 341-347.
- Jones, F. A. & Muller-Landau, H. C. (2008) Measuring long-distance seed dispersal in complex natural environments: an evaluation and integration of classical and genetic methods. *Journal of Ecology*, 96, 642-652.
- Jones, A. G., Small, C. M., Paczolt, K. A. & Ratterman, N. L. (2010) A practical guide to methods of parentage analysis. *Molecular Ecology Resources*, 10, 6-30.
- Jongejans, E., Skarpaas, O. & Shea, K. (2008) Dispersal, demography and spatial population models for conservation and control management. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*, 9, 153-170.
- Jordan, P., Garcia, C., Godoy, J. A. & Garcia-Castano, J. L. (2007) Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America*, 104, 3278-3282.
- Klein, E. K., Lavigne, C., Foueilllassar, X., Gouyon, P. H. & Larédo, C. (2003) Corn pollen dispersal: quasi-mechanistic models and field experiments. *Ecological Monographs*, 73, 131-150.
- Klein, E. K., Lavigne, C. & Gouyon, P. H. (2006) Mixing of propagules from discrete sources at long distance: comparing an dispersal tail to an exponential. *BMC Ecology*, 6, 3.
- Klein, E. K. & Oddou-Muratorio, S. (2011) Pollen and seed dispersal inferred from seedling genotypes: the Bayesian revolution has passed here too. *Molecular Ecology*, 20, 1077-1079.
- Kot, M., Lewis, M. A. & Van Den Driessche, P. (1996) Dispersal data and the spread of invading organisms. *Ecology*, 77, 2027-2042.
- Kunstler, G., Chadoeuf, J., Klein, E. K., Curt, T., Bouchaud, M. & Lepart, J. (2007) Tree colonization of sub-Mediterranean grasslands: Effects of effective dispersal and shrub facilitation. *Canadian Journal of Forest Research*, 37, 103-115.
- Kuparinen, A. (2006) Mechanistic models for wind dispersal. *Trends In Plant Science*, 11, 296-301.
- McLachlan, J. S., Clark, J. S. & Manos, P. S. (2005) Molecular indicators of tree migration capacity under rapid climate change. *Ecology*, 86, 2088-2098.
- McMahon, S. M., Dietze, M. C., Hersh, M. H., Moran, E. V. & Clark, J. S. (2009) A Predictive Framework to Understand Forest Responses to Global Change. *Year in Ecology and Conservation Biology 2009* (ed R. S. S. W. H. Ostfeld), pp. 221-236.
- Moran, E. V. & Clark, J. S. (2011) Estimating seed and pollen movement in a monoecious plant: a hierarchical Bayesian approach integrating genetic and ecological data. *Molecular Ecology*, 20, 1248-1262.
- Nathan, R. & Casagrandi, R. (2004) A simple mechanistic model of seed dispersal, predation and plant establishment: Janzen-Connell and beyond. *Journal Of Ecology*, 92, 733-746.
- Nathan, R., Sapir, N., Trakhtenbrot, A., Katul, G. G., Bohrer, G., Otte, M., Avissar, R., Soons, M. B., Horn, H. S., Wikelski, M. & Levin, S. A. (2005) Long-distance biological transport processes through the air: can nature's complexity be unfolded in silico? *Diversity And Distributions*, 11, 131-137.
- Nathan, R., Horvitz, N., He, Y., Kuparinen, A., Schurr, F. M. & Katul, G. G. (2011) Spread of North American wind-dispersed trees in future environments. *Ecology Letters*, 14, 211-219.

Etienne K. KLEIN^{1,2}
Aurore BONTEMPS¹
Annabelle AMM¹
Christian PICHOT¹
Sylvie ODDOU-
MURATORIO¹

¹ URFM,
Écologie des Forêts
Méditerranéennes,
INRA Avignon
² BioSP, Biostatistique
et Processus Spatiaux,
INRA Avignon
France

Mél : etienne.klein@avignon.inra.fr

- Nathan, R., Klein, E. K., Robledo-Arnuncio, J. J. & Revilla, E. (in press) Dispersal kernels. *Dispersal and Spatial Evolutionary Ecology* (eds J. Clobert, M. Baguette, T. Benton & J. Bullock).
- Oddou-Muratorio, S. & Klein, E. K. (2008) Comparing direct vs. indirect estimates of gene flow within a population of a scattered tree species. *Molecular Ecology*, 17, 2743-2754.
- Oddou-Muratorio, S., Bontemps, A., Klein, E. K., Chybicki, I., Vendramin, G. G. & Suyama, Y. (2010) Comparison of direct and indirect genetic methods for estimating seed and pollen dispersal in *Fagus sylvatica* and *Fagus crenata*. *Forest Ecology and Management*, 259, 2151-2159.
- Pluess, A. R. (2011) Pursuing glacier retreat: genetic structure of a rapidly expanding *Larix decidua* population. *Molecular Ecology*, 20, 473-485.
- Ribbens, E., Silander, J. A. & Pacala, S. W. (1994) Seedling recruitment in forests: Calibrating models to predict patterns of tree seedling dispersion. *Ecology*, 75, 1794-1806.
- Robledo-Arnuncio, J. J. & Garcia, C. (2007) Estimation of the seed dispersal kernel from exact identification of source plants. *Molecular Ecology*, 16, 5098-5109.
- Robledo-Arnuncio, J. J. (2011) Wind pollination over mesoscale distances: an investigation with Scots pine. *New Phytologist*, 190, 222-233.
- Skellam, J. G. (1951) Random dispersal in theoretical populations. *Biometrika*, 38, 196-218.
- Thuiller, W., Albert, C., Araújo, M. B., Berry, P. M., Cabeza, M., Guisan, A., Hickler, T., Midgley, G. F., Paterson, J., Schurr, F. M., Sykes, M. T. & Zimmermann, N. E. (2008) Predicting global change impacts on plant species' distributions: future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 9, 137-152.
- Tufto, J., Engen, S. & Hindar, K. (1997) Stochastic dispersal processes in plant populations. *Theoretical Population Biology*, 52, 16-26.
- Wright, S. J., Trakhtenbrot, A., Bohrer, G., Dettlo, M., Katul, G. G., Horvitz, N., Muller-Landau, H. C., Jones, F. A. & Nathan, R. (2008) Understanding strategies for seed dispersal by wind under contrasting atmospheric conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 19084-19089.

Summary

In recent years, the dispersal kernel has emerged as a modelling tool particularly well-adapted for making quantitative predictions about the capability of an individual plant to disperse its progeny and of whole populations to move further afield. This dispersal kernel function, which describes the spatial distribution of seeds disseminated from a single source, has a strong effect on the speed with which a colonisation front moves onwards by propagation, on the conservation of genetic diversity while such spreading of a plant population is under way and on the amount of gene flow over long distances. During this same period, numerous experimental and statistical methods, based on seed traps, counting established seedlings or genotyping adult trees and their offspring, have been developed to better estimate such dispersal kernels. In this article, we give a detailed account of these methods, emphasising the need to take into account the impact of environmental heterogeneity on the survival of young seedlings. And finally, we discuss lines of research for the study of dispersal kernels within a wider spatial framework (tens of kilometres).

Résumé

Pour fournir des prédictions quantitatives des capacités de dispersion des individus et de déplacement des populations, le noyau de dispersion est apparu ces dernières années comme un outil de modélisation particulièrement adapté. Cette fonction qui décrit la répartition spatiale des graines dispersées à partir d'une source, a un effet très fort sur la vitesse de propagation d'un front de colonisation, la conservation de la diversité génétique lors d'une expansion spatiale et l'intensité de flux de gènes à longue distance. De nombreuses méthodes expérimentales et statistiques, basées sur des pièges à graines, des comptages de semis installés ou le génotypage d'adultes et de leurs descendants ont été développées ces dernières années pour estimer au mieux ce noyau de dispersion. Nous détaillons ces méthodes dans cet article en insistant sur la prise en compte de l'hétérogénéité environnementale affectant la survie des semis. Finalement, nous discutons de pistes qui permettraient d'étudier les noyaux de dispersion à large échelle spatiale (dizaine de kilomètres).

Effet de la distance sur la prédation des graines par des vertébrés et invertébrés : étude de cas sur le pin d'Alep (*Pinus halepensis*)

par Omri FINKEL

La prédation des graines est un facteur important influençant largement le recrutement des plantes. Plusieurs hypothèses ont été suggérées quant à l'existence et aux modalités d'une relation entre la densité de graines et la prédation de celles-ci. Cette étude s'appuie sur la mise en place de parcelles expérimentales de graines, avec et sans prédateurs, vertébrés et invertébrés, dans et autour d'un peuplement de pins d'Alep, à des densités d'arbres différentes, pour nous apporter des éléments sur le taux de prédation en fonction de la distance aux arbres.

Introduction

Dans une tentative d'expliquer l'exceptionnelle biodiversité dans certaines régions comme les tropiques, un modèle a été proposé indépendamment par D.H. Janzen et J.C. Connell (JANZEN, 1970 ; CONNELL, 1971). Ce modèle explique la distribution spatiale observée de végétaux conspécifiques par l'effet densité de la prédation des graines. Il explique que, alors que la densité de la dispersion de graines chute en fonction de la distance à l'arbre porte-graines, la probabilité de prédation diminue aussi avec cette distance, parce que les prédateurs de graines spécialisés ont tendance à concentrer leurs efforts près des arbres porte-graines où le flux de graines est plus grand et donc la proie est plus densément présente.

Ces deux facteurs créent une courbe de recrutement de la population qui atteint son maximum à une distance de l'arbre où la probabilité de survie multipliée par la densité de graines est optimale. Cela permet d'éviter une distribution agglomérée d'une seule espèce, laissant la place à d'autres espèces pour s'y insérer.

Bien que la diminution en fonction de la distance des graines et de l'ombre (intégré dans ce modèle) soit largement acceptée (HAMMOND & BROWN, 1998), les facteurs de prédation et de survie ne le sont pas. Un certain nombre de modèles alternatifs au modèle J-C (JANZEN-CONNELL) a été proposé. Il a été suggéré que si les taux de prédation diminuent avec la distance, ce changement ne suffit pas à compenser la diminution de la densité de semis avec la distance, produisant ainsi une courbe de recrutement qui diminue constamment avec la distance (HUBBELL, 1980). En fait, la prédation des graines interagissant avec le flux de graines peut créer un large éventail de modalités d'implantation (McCANNY, 1985, NATHAN &

CASAGRANDI, 2004). Lorsque la survie augmente de façon exponentielle dans la même proportion que le flux de graines baisse, le niveau de recrutement reste égal à la distance. En réalité, la survie peut aussi diminuer avec la distance, en raison de facteurs tels que la satiété des prédateurs à proximité de la plante mère.

De nombreuses tentatives ont été faites pour tester les prédictions de l'hypothèse de J-C dans une grande variété d'habitats et de conditions, généralement des tests pour vérifier si le taux de prédation diminue avec le couple densité /distance. Considérée séparément, cette composante est appelée « hypothèse de l'évitement » (*escape hypothesis*) (HOWE & SMALLWOOD, 1982). Il est à noter qu'un test de cette hypothèse peut offrir un soutien au modèle J-C, mais ne peut le différencier de solutions alternatives comme le modèle de Hubble (HUBBELL, 1980), les deux modèles supposant que la survie augmente avec la distance. Beaucoup de ces résultats ont été résumés dans des revues (CLARK & CLARK, 1984 ; HAMMOND & BROWN, 1998) qui ont abouti à des conclusions mitigées. Dans une méta-analyse récente, HYATT *et al.* (2003) ont recueilli des données de 40 études pour comparer la prédation des graines et la survie des semis à des distances différentes des arbres. Ils n'ont trouvé aucune corrélation entre les distances des porte-graines et la probabilité de prédation.

Cependant, l'effet densité/dépendance sur la prédation de graines peut être trouvé dans certaines conditions environnementales plutôt que d'autres, ou avec certains types de prédateurs. Les expérimentations d'exclusion consti-

tuent un outil important pour comprendre comment les différents types de prédateurs affectent le recrutement des plantes, et aussi pour apprendre le rôle que les différents prédateurs jouent dans les schémas de recrutement d'un même habitat. Des expériences comme celles-ci ont été exclues de la méta-analyse (HYATT *et al.* 2003) étant donné qu'elles ne décrivent pas le taux global de prédation. Les caractéristiques du prédateur ont été identifiées pour déterminer la relation densité/dépendance (HAMMOND & BROWN, 1998). Les études groupées de Hammond & Brown par type de prédateurs ont montré que les invertébrés semblaient être davantage dépendants de la densité que les vertébrés. Cette différence s'explique par la plus grande aire de distribution de vertébrés comparée à la distance de dispersion des proies, et par la tendance des vertébrés à être davantage généralistes.

Une autre question qui devrait être traitée concerne l'échelle. Si la densité de semis à différentes échelles spatiales, ainsi que différentes échelles temporelles, affecte le taux de prédation des graines, il est également important d'évaluer à quelle échelle cet effet a lieu. Cette question revêt une grande importance pour la conception spatiale des expériences afin de tester le taux de prédation.

J'ai abordé ces questions en procédant à une étude expérimentale de la prédation sur le terrain, comme une partie d'une étude plus vaste de la dynamique des populations actuellement en cours dans le mont Pithulim dans les collines de Judée, Israël (NATHAN, 2004). Le taux de prédation des graines de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) a été mesuré à des densités de pins différentes en utilisant différents protocoles expérimentaux.

L'objectif de cette étude est de déterminer le taux de prédation de graines de pin de différents prédateurs sur le mont Pithulim et de trouver, s'il existe une relation entre la densité de pins et le taux de prédation des graines. Les principaux prédateurs invertébrés dans l'étude actuelle sont les fourmis, présentes dans différents nids à l'intérieur et hors du peuplement principal. Alors que chaque nid peut avoir une aire de distribution plus petite que la distance de dispersion, la distribution générale de fourmis autour du site d'étude est supérieure à la distribution de pin — les fourmis peuvent être trouvées là où il n'y a pas de pins. Ceci suggère qu'il ne faut pas supposer que les fourmis ont le même comportement que les autres invertébrés (HAMMOND & BROWN, 1998). Contrairement aux conclusions de Hammond et Brown (1998), l'effet densité sur les préda-

Photo :
Le site d'étude



teurs vertébrés était attendu dans ce cas, car ils sont plutôt susceptibles de concentrer leurs efforts sur des proies qualitatives, telles que des graines de pin.

Un autre objectif de l'étude était de tester l'effet du nombre de graines dans un échantillon, le devenir d'une seule graine est comparé à celui d'un échantillon contenant plusieurs graines. La question posée est de savoir si les échantillons avec un grand nombre de graines sont plus facilement détectés. Il était prévu que les parcelles avec un plus grand nombre de graines soient détectées plus tôt. Une autre question qui est abordée concerne les échelles temporelle et spatiale : à quelle échelle spatiale les différents prédateurs perçoivent une différence dans la densité de leur proie, et sur quelle échelle de temps son effet est le plus apparent. Il était prévu que la réponse des prédateurs à la densité des arbres soit influencée par l'ampleur de la densité et que la réponse soit dépendante du temps.

Ceci est réalisé en plaçant des parcelles de graines sur un grand nombre d'emplacements selon différentes catégories de densité d'arbres, mesurant le taux de disparition des graines et en analysant statistiquement les données recueillies.

Méthodologie

Le site d'étude

Le site est une parcelle de 60 ha comprenant un peuplement de pins d'Alep, colonisé par un maquis de *Quercus-Arbutus* et un batha de *Sarcopoterium-Cistus*. Tous les pins du site ont été préalablement cartographiés et des orthophotos détaillées établies. Les données concernant les flux de graines sont régulièrement collectées au moyen de pièges à graines disposés à 54 endroits dans la zone d'étude. Les deux principaux prédateurs de graines qui ont été observés sur le site sont les fourmis et les souris à larges dents (*Apodemus mystacinus*). Il est également raisonnable de supposer que les oiseaux sont responsables d'au moins une petite partie de la prédation des graines.

Expérimentation de prédation des graines

Les parcelles expérimentales ont été placées dans 89 endroits de la zone, stratifiées selon différentes densités d'arbres à différentes échelles, choisies à travers la mesure de la densité d'arbres (le nombre d'arbres à trois rayons

Catégorie	Description	Nombre total de parcelles	Parcelles à une seule graine	Parcelles à plusieurs graines
s-s-s	clairsemé à tous les niveaux	21	17	4
d-s-s	dense dans l'environnement proche seulement	16	13	3
s-s-d	dense dans l'environnement lointain seulement	10	8	2
s-d-d	clairsemé dans l'environnement proche seulement	17	13	4
d-d-d	dense à tous les niveaux	25	20	5
Total		89	71	18

concentriques pour chaque maille de la grille de 1x1 mètre dans la zone d'étude : 10, 30 et 50 mètres). Puis, les mailles de la grille ont été classées en fonction de la densité des arbres selon ces trois échelles différentes. Par exemple, si une maille était située sur un bouquet dense de pins, isolé et de faible dimension, il serait classé comme «dense-clairsemé-clairsemé» ou «d-s-s» (dense-sparse-sparse en anglais). La catégorie «dense» a été définie par 6-25 arbres pour 10 m de rayon (0,019 à 0,08 arbres/m²) 30-150 arbres pour un cercle de 10-30 m (de 0,012 à 0,06 arbres/m²) et 60-250 arbres pour un cercle de 30-50 m (de 0,012 à 0,05 arbres/m²) La catégorie «clairsemé» est définie par : 0-3 arbres pour 10 m (0,0 à 0,01 arbres/m²), 0-15 arbres pour 10-30 m (0,0-0,006 arbres/m²) et 0-30 arbres pour 30-50 m (0,0 à 0,006 arbres/m²). Les densités ont été calculées en utilisant le logiciel SIG Arcmap (ArcMap 9.2, ESRI, Redlands, CA) et on a pris soin de s'assurer que chaque catégorie comprend au moins 5 parcelles. Sur les huit catégories possibles, les sites choisis comprenaient les cinq suivantes: «d-d-d», «d-s-s», «s-d-d», «s-s-d» et «s-s-s», les trois possibilités restantes d-d-s, s-d-s et d-s-d ne figurant pas dans suffisamment de mailles de la grille pour être incluses. Cela ne limite pas l'étude puisque les cinq catégories considérées peuvent être redimensionnées de «clairsemé» à «dense» dans les trois catégories de rayons.

Les sites ont été choisis de manière à ce que chacun des 54 pièges à graines sur le site ait une parcelle expérimentale à proximité. Cela permettra d'intégrer des données de flux de graines avec les données recueillies dans cette étude. Le nombre total de parcelles classées était de 89 (Cf. Tab. I).

Chaque parcelle présentait seulement 4 graines, une seule pour chaque traitement, afin de ne pas augmenter artificiellement la densité de semis naturels (BLATE *et al.* 1998). Le taux de prédation a été calculé à partir du moment où chaque graine a survécu. Les traitements ont été conçus pour exclure et donc distinguer, les différents prédateurs potentiels.

Tab. I :
Nombre de parcelles dans chaque catégorie

Les graines qui ont été utilisées dans l'expérience ont été extraites des cônes en chauffant pendant cinq minutes à 100°C, ce qui provoque l'ouverture des cônes en inhibant la germination. Elles ont été dépourvues de leurs ailes et peintes en rouge avec un aérosol pour faciliter leur détection.

Afin d'exclure les rongeurs, une graine a été placée dans une cage en plastique de 20x20 cm. Ce traitement sera désigné "prédatation par les fourmis". Afin d'exclure les fourmis, une graine a été collée à une ficelle de 15 cm qui était attachée à la cage et placée à l'extérieur de celle-ci. Ce traitement sera désigné "prédatation par les rongeurs". Une autre graine a été tout simplement placée à l'extérieur de la cage pour mesurer la perte totale de graines (aucun traitement) et une quatrième, graine "témoin", a été placée à l'intérieur de la cage et collée à une ficelle.

Des expériences préliminaires ont été menées avec les fourmis, les souris en cage et les souris à larges dents sur le site, et ont confirmé que chaque exclusion fonctionnait pour un seul type de prédateur et pas l'autre et que la peinture en spray et le chauffage n'ont pas d'incidence sur la préférence des prédateurs.

Dans 18 des 89 parcelles, cinq graines ont été placées pour chaque traitement, pour atteindre un total de 20 graines par parcelle, au lieu de quatre dans les parcelles régulières. Celles-ci seront appelées les parcelles "quintet".

Les parcelles ont été relevées au cours des deux premières semaines du mois d'août 2006, d'abord tous les jours et ensuite tous les deux ou trois jours (points sur la figure 3 représentant des relevés) jusqu'à ce que la courbe de prédatation atteigne un plateau. Au total, les parcelles ont été examinées 11 fois pendant la période d'étude. 10 examens ont été effectués au cours des 15 premiers jours, et le dernier 60 jours après le démarrage. Les parcelles ont été ensuite relevées une fois de plus en octobre. Une graine disparue n'a jamais été remplacée. Ceci, couplé avec l'utilisation d'une seule graine par traitement et à la mesure de son temps de survie, nous permet d'éviter de créer un stock important de graines, qui altérerait alors le "recouvrement semencier" naturel (BLATE, 1998).

Les données recueillies dans cette expérience ont été traitées de différentes manières. Deux approches ont été appliquées afin de comparer les taux de prédatation dans différentes catégories. L'une est la comparaison des pourcentages totaux des graines survivantes à différents moments avec une attention particulière

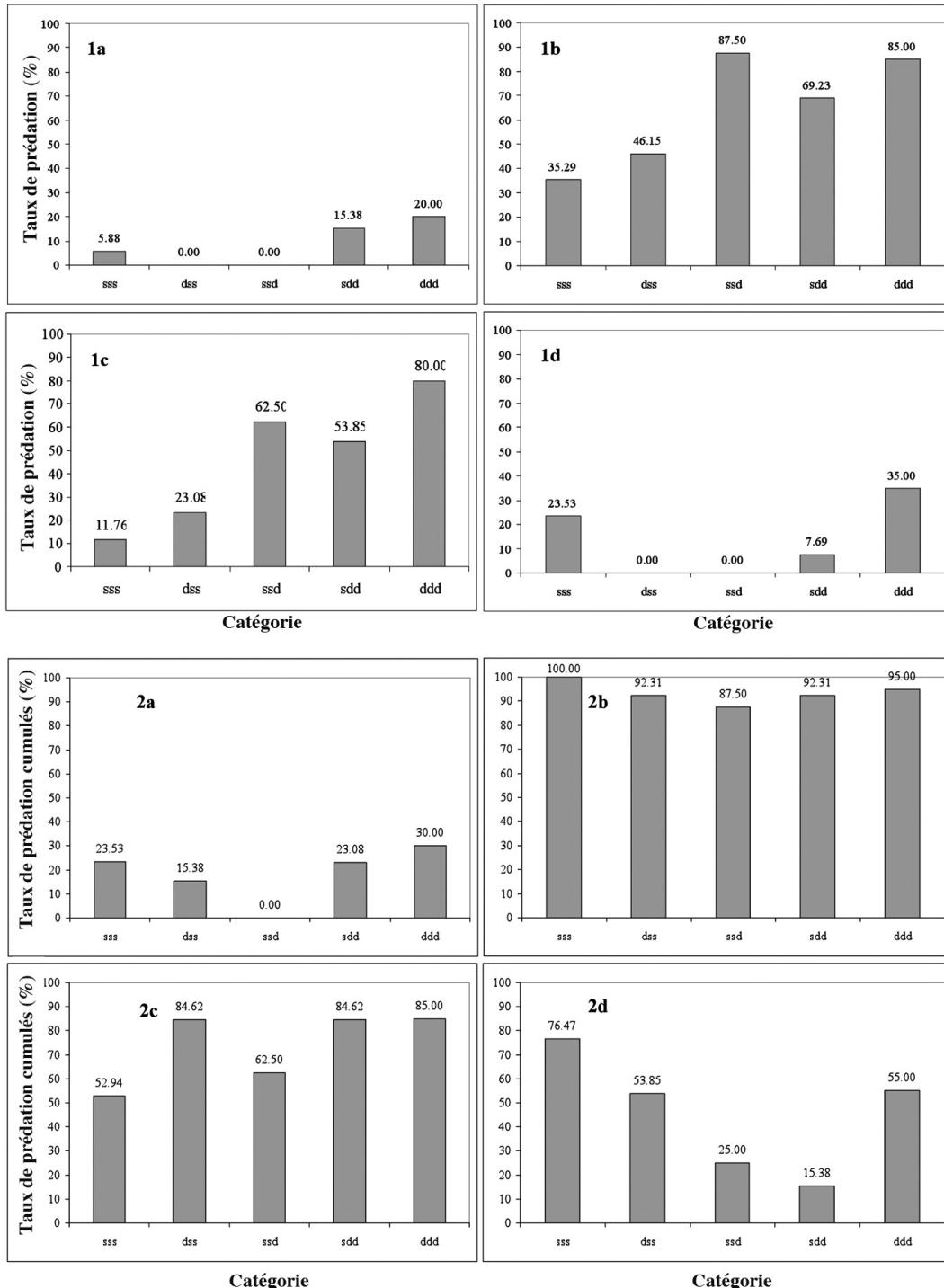
donnée aux jours 15 et 60. Cela a été fait en comptant simplement le nombre de graines ayant survécu pour chaque catégorie et chaque traitement et en divisant par le nombre initial pour chaque catégorie et traitement. Pour trouver si la différence entre les catégories est importante, un test de χ^2 a été effectué, duquel le modèle nul serait le nombre de survivants qui aurait, dans chaque catégorie, un taux de prédatation uniforme. La seconde approche est de comparer la durée moyenne de survie (le temps écoulé depuis le début de l'étude jusqu'à la disparition de la graine) pour chaque catégorie. Ces moyennes ont ensuite été comparées pour trouver une différence significative en utilisant une ANOVA. Ces deux approches sont basées sur l'hypothèse que, plus tôt la graine disparaît, plus le taux de prédatation sera élevé. Les analyses ci-dessus ont été réalisées séparément pour les parcelles à une seule graine et les parcelles "quintet". Ces deux types de parcelles ont ensuite été comparés en utilisant un T-test unilatéral pairé pour le temps écoulé jusqu'à ce qu'une graine soit prédatée alors que chaque parcelle "quintet" a été pairee avec son plus proche voisin de la même catégorie, ainsi que par le calcul du pourcentage de prédatation des graines pour chaque type de parcelle.

Facteurs de confusion

Afin d'isoler tout effet additionnel sur le taux de prédatation, plusieurs autres parcelles ont été placées dans des densités identiques. Dix ont été placées sous la canopée des arbres, 10 sur un sol nu ou de roche et 10 sous un buisson. Cela a permis la comparaison des facteurs autres que la densité qui pourraient avoir influencé le taux de prédatation. En outre, toutes les 89 parcelles expérimentales ont été caractérisées par un pourcentage de couverture végétale et les différentes espèces végétales présentes dans un carré de 2x2 m tout autour de la parcelle.

Résultats

En comparant les taux de survie dans des parcelles à graine unique au jour 15, la graine témoin (ficelle + cage) a disparu dans quelques cas (Cf. Fig. 1a). La prédatation de graines disponibles uniquement pour les fourmis (Cf. Fig. 1d) n'était pas significativement différente entre les catégories ($\chi^2 = 4,69$, df = 4, P = 0,32). La prédatation des graines disponibles uniquement pour les rongeurs (Cf. Fig. 1c) présentait toutefois un effet densité, principalement dans



la catégorie à longue portée radiale de 30-50 mètres ($\chi^2 = 14,06$, df = 4, P = 0,007). Le taux de prédation globale, démontré dans la figure 1b, montre une tendance similaire ($\chi^2 = 12,13$, df = 4, p = 0,016), en raison du fait que la prédation des rongeurs est beaucoup plus vaste que la prédation des fourmis.

En analysant de la même façon après 60 jours, deux observations se démarquent. L'une est le fait que toutes sauf quatre des graines non traitées ont disparu (Cf. Fig. 3b) et l'autre

est le fait que la tendance qui était visible le jour 15, n'existe plus et la prédation, ni par les fourmis, ni par les rongeurs, n'est dépendante de la densité (Cf. Fig. 3c, d). Un test de χ^2 n'a donné aucun effet de densité significatif dans aucun des traitements.

La figure 3 montre l'évolution de la prédation avec le temps. Entre les jours 10 à 15, la distribution de prédation des graines semble avoir atteint un état stable dans la plupart des cas. Au jour 60, il est évident que le plateau n'a

Fig. 2 :
Le taux de prédation cumulé après 60 jours pour les 4 traitements sur les 5 catégories de densité : graine de contrôle (Fig. 2a, en haut à gauche), graine sans traitement (fig. 2b). La figure 2c présente le taux de prédation pour les graines prédatées par les rongeurs et 2d celles prédatées par les fourmis. Ils sont représentés selon un axe de densité croissante (axe X) pour des classes intermédiaires et longues.

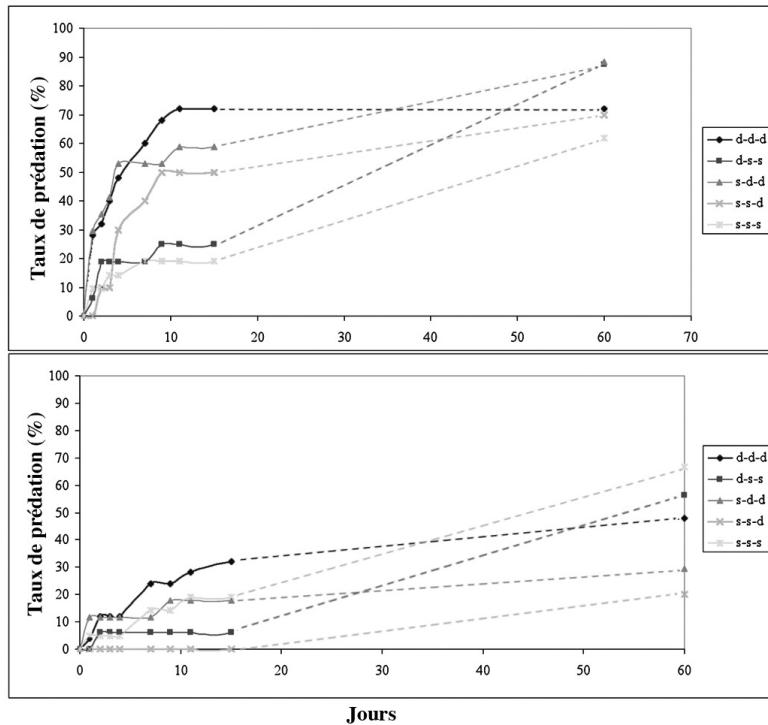


Fig. 3 :

Taux de prédation en fonction du temps avec exclusion des fourmis (en haut) et exclusion des rongeurs (en bas) dans différentes catégories. Remarquez le changement entre le jour 15 et le jour 60, en particulier pour la catégorie d-s-s. La ligne en pointillés représente la longue période entre les échantillonnages (non relevé entre jour 15 et jour 60). Cette expérimentation inclut à la fois les parcelles à graine unique et les parcelles quintet.

pas été atteint malgré tout, et que la distribution des taux de prédation a également changé.

Une deuxième analyse affiche le temps de survie moyen des graines dans chacune des catégories de densité. Cette analyse inclut tous les moments relevés. Un biais évident est que, pour certaines graines qui ont survécu plus de 60 jours, le temps de survie réel n'est pas connu. Pour résoudre ce problème, deux extrêmes ont été pris en compte. Le premier est que toutes les graines ont disparu le jour 61, juste après le dernier échantillonnage, et l'autre est que toutes avaient survécu pendant toute la saison, pour ce cas, on leur a accordé une durée de survie arbitraire des 100 jours.

Les résultats de cette analyse pour les parcelles d'une seule graine montrent une différence significative de la prédation des rongeurs entre les catégories de densité (tableaux 1,2). Une analyse *post-hoc* montre une différence significative entre les catégories "s-s-s" et "d-s-s" et "d-d-d" ($P_{ddd-sss} < 0,001$, $P_{ddd-dss} = 0,006$). La même analyse pour la prédation des fourmis montre une différence significative entre les catégories (Cf. Fig. 4 en haut, Tab. II), mais aucune corrélation significative avec la densité. En utilisant cette méthode, le taux de prédation global était significativement différent entre les catégories, seulement avec la durée maximale de survie de 61 jours (Cf. Tab. II).

Dans les 18 parcelles à cinq graines par traitement, aucune dépendance à la densité n'émerge (Cf. Fig. 5). Un T-test pairé n'a montré aucune différence significative entre les parcelles à graine unique et celles "quintet" ($t = 0,8$, $P = 0,217$).

D'autres facteurs inventoriés tels que le couvert forestier n'ont pas montré d'influence significative sur les taux de prédation.

L'effet des paramètres autres que la densité de semis a été analysé en comparant les taux de prédation dans différents environnements à des densités de graines identiques. Un test de χ^2 n'a montré aucune différence significative entre ces milieux (Cf. Tab. III).

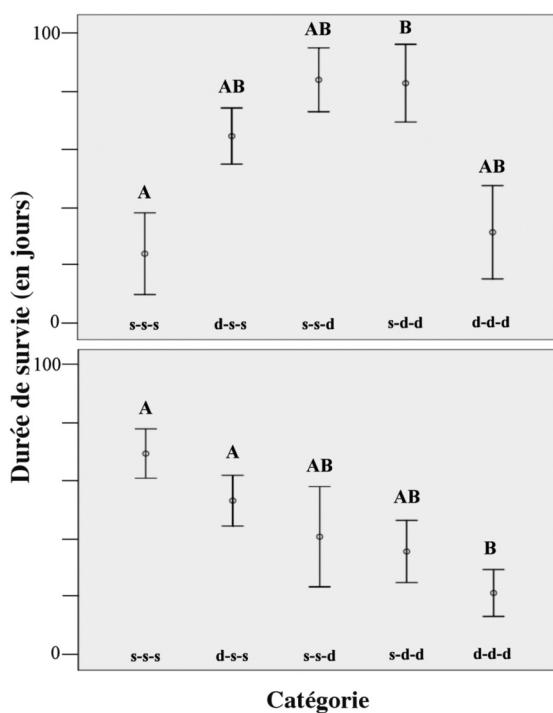


Fig. 4 :
Comparaison de la durée de survie moyenne dans différentes catégories de densité pour les graines en prédation par les fourmis (en haut) et par les rongeurs (en bas). Ces graphiques illustrent l'ensemble des données récoltées avec une durée de survie maximale fixée à 100 jours.

Discussion

Les résultats montrent une corrélation significative entre la densité de pins et la prédation des graines par les rongeurs (Cf. Fig. 2d, 4). Aucune autre corrélation significative n'a été démontrée. D'autres facteurs environnementaux n'ont pas montré de corrélation avec les taux de prédation.

La corrélation trouvée n'implique pas la causalité. Il n'est pas évident de déterminer si ces rongeurs réagissent à la densité de la proie ou à un autre facteur, comme une meilleure protection contre les prédateurs ou d'un climat légèrement plus frais sous le couvert végétal d'un peuplement dense de pins. Toutefois, il convient de remarquer que les espaces clairsemés ne sont pas stériles, mais couverts de plantes de batha à des diverses densités.

L'expérimentation intitulée "facteurs de confusion" décrite ci-dessus est une tentative d'isoler plusieurs facteurs environnementaux autres que la densité qui pourraient affecter la prédation. Cependant, elle a examiné seulement la variance sur une petite échelle spatiale et seulement de trois paramètres.

D'autres facteurs qui n'ont pas été examinés peuvent avoir une influence. Par exemple, il est possible que les rongeurs passent plus de temps dans un peuplement dense pour se protéger des rapaces, ou tout simplement pour éviter la chaleur du soleil, puisque ce secteur n'est pas relié à des sources d'eau.

Une étude de la démographie des fourmis et des rongeurs sur la zone d'étude est une perspective possible pour répondre à certaines de ces questions.

Echelle de temps

Fait intéressant, la distribution des taux de prédation entre les catégories au jour 60 diffère grandement de celle du jour 15 (Cf. Fig. 3). Cette observation souligne l'importance d'utiliser l'échelle de temps appropriée lors de la conduite d'une telle expérience. Alors que les données du jour 60 fournissent des données précieuses sur l'étendue de la prédation toute au long de la saison (fig. 2b), elles ne fournissent pas quand même une résolution suffisante. Lorsque toutes les parcelles ont été visitées par un prédateur, il n'est pas possible de déterminer quelle parcelle a été visitée en premier. Au jour 15, d'autre part, la prédation était encore partielle, ce qui permet la différenciation des taux de prédation entre les catégories. Cette rationalisation n'explique pas pourquoi, après avoir atteint un équilibre entre les jours 10 et 15, quelque chose a changé au cours des 45 prochains jours, la prédation augmentant une fois de plus. Cela signifie que l'effort de recherche de nourriture n'est pas uniforme sur toute la saison. Peut-être l'effort augmente au fur et à mesure qu'approche la saison froide. Ces questions, laissées sans réponse, constituent un sujet potentiel d'étude plus approfondie sur la façon dont le cycle de vie annuel des prédateurs affecte ses efforts de recherche de nourriture.

Traitement	df	61		100	
		F	P	F	P
Prédation par fourmis	70	3	0.024	3.6	0.01
Prédation par rongeurs	70	5.95	<0.001	4.23	0.004
Pas de traitement	70	3.3	0.016	1.99	0.106
Quintet	17	0.77	0.564	0.79	0.553

Echelle spatiale

La corrélation entre la prédation des rongeurs et la densité de pins ne se vérifie pas dans tous les rayons. En fait, comme on le voit dans la figure 4, la catégorie "d-d-d" est sensiblement différente des catégories "s-s-s" et "s-d-d". Ces derniers ne sont pas significativement différents les uns des autres. Cela démontre un effet moindre sur un rayon rapproché (10 m). La catégorie "d-s-s" inclut les cas de groupes isolés de pins éloignés du peuplement principal. Un tel secteur n'est apparemment pas plus attractif pour les rongeurs que son environnement proche. Par conséquent, mener une telle expérience dans une tranche spatiale unique pourrait être trompeur, à cause de l'utilisation d'une mauvaise résolution spatiale. Un des facteurs qui pourrait permettre de déterminer à quelle échelle l'effet densité est apparent est l'aire de distribution du prédateur. Ces données font défaut dans la présente étude.

En comparant le temps moyen de survie entre les catégories, des valeurs arbitraires ont été assignées de 61 et 100 jours (voir méthodes). Les résultats sont significatifs pour

Tab. II :

Valeurs de statistiques par ANOVA à propos des différences entre les cinq groupes de densité (s-s-s, d-s-s, s-s-d, s-d-d, d-d-d) avec différents traitements et avec une durée maximale de survie de 61 jour ou 100 jours.

Tab. III :

Résultats d'un test χ^2 à propos de la différence entre les trois environnements différents : ouvert, sous un buisson et sous la canopée d'un arbre.

Jours	Pas de traitement		Prédation par rongeurs		Prédation par fourmis		Témoin	
	15	60	15	60	15	60	15	60
χ^2	4.04	4.80	1.38	0.93	0.58	0.30	2.99	5.50
df	2	2	2	2	2	2	2	2
P	0.13	0.09	0.50	0.63	0.75	0.86	0.22	0.06

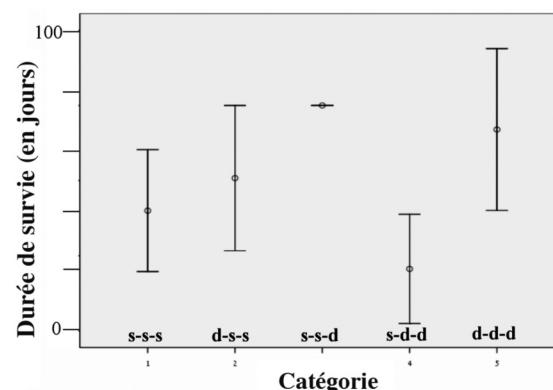


Fig 5:

Comparaison de la durée moyenne de survie pour les parcelles quintet pour différentes catégories de densité.

Omri FINKEL
Under the guidance
of Ofer STEINITZ
and Prof. Ran
NATHAN
Movement ecology
research group
ISRAEL
omri.finkel
@mail.huji.ac.il
ofer.steinitz
@mail.huji.ac.il
rnathan@cc.huji.ac.il

les deux. Étonnamment, en utilisant cette analyse et contrairement aux résultats de l'analyse isolée effectuée les jours 15 et 60, la survie des graines prises par les fourmis est significativement différente selon les catégories, bien que manifestement indépendantes des niveaux de densité.

Cela suggère que les nids de fourmis ne sont pas distribués au hasard dans toute la région et qu'un autre facteur environnemental doit influencer cette distribution.

Mener une enquête démographique sur l'aire de distribution des fourmis et des rongeurs de la zone d'étude, et sur la relation entre l'aire de distribution et les schémas de préation constituent une piste d'actions possibles pour des recherches plus approfondies afin de tenter de répondre à ces questions.

Nombre de graines dans une parcelle

Une façon plus intuitive de mener cette étude aurait été de placer plusieurs graines sur chaque site, en mesurant le taux de préation par le comptage du nombre de graines restantes sur chaque site à différents moments. Cette méthode n'a pas été utilisée pour ne pas créer artificiellement un endroit dense. Le comportement des rongeurs dans les champs était tel que, si un groupe de graines était trouvé, elles étaient toutes prises immédiatement.

Lors de l'analyse séparée des parcelles "quintet", aucune tendance n'émerge. En outre, il a été observé que lorsque des graines sont exposées à des rongeurs, les cinq disparaissent en même temps. Le fait que le T-test n'ait montré aucune différence significative entre les parcelles à graine unique et les parcelles "quintet" suggère que malgré un nombre supérieur de parcelles "quintet", les parcelles à graine unique ont donné des résultats similaires. Une comparaison supplémentaire, avec un plus grand nombre de répétitions, serait nécessaire afin de bien répondre à cette question.

En conclusion, cette étude soutient l'hypothèse que la préation par certains préateurs (rongeurs) est corrélée avec la densité de semis, ce qui peut correspondre aux dyna-

miques de J-C. Elle démontre également l'importance de l'utilisation d'outils tels que l'exclusion des préateurs (puisque que les fourmis et les rongeurs réagissent de façon différente à la densité) et l'investigation à plusieurs échelles spatiales et temporelles, étant donné que différents schémas émergent à différentes échelles.

O.F.

Bibliographie

- Blate, G. M. Pearn, D. R. Leighton, M. 1998, Post-Dispersal Predation on Isolated Seeds: A Comparative Study of 40 Tree Species in a Southeast Asian Rainforest, *Oikos* 82:522-538
- Clark, D. A., Clark, D. B. 1984. Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Janzen-Connell model. *Am. Nat.* 124: 769-788.
- Connell, J. H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. In: Den Boer, P. J. , Gradwell, G.(eds), Dynamics of populations. PUDOC, pp. 298-312.
- Hammond, D. S., Brown, V. K. 1998, Disturbance, phenology and life-history characteristics: factors influencing distance/density-dependent attack on tropical seeds and seedlings, In: Newbery, D. M., Prins, H. H., T.Brown, N. D. (eds), Dynamics of tropical communities, Blackwell, pp, 51-78.
- Howe, H. F., Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal, *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 13: 201-228.
- Hubbell, S. P. 1980. Seed predation and the coexistence of tree species in tropical forests. *Oikos* 35:214-229.
- Hyatt, L. A., M. S. Rosenberg, T. G. Howard, G. Bole, W. Fang, J. Anastasia, K. Brown, R. Grella, K. Hinman, J. P. Kurdziel, J. Gurevitch. 2003. The distance dependence prediction of the Janzen-Connell hypothesis: a meta-analysis. *Oikos* 103:590-602.
- Janzen, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *Am. Nat.* 104:501-528.
- McCann, S. J. 1985, Alternatives in parent-offspring relationships in plants, *Oikos* 45: 148-149.
- Nathan, R. 2004. Integrating multiple components of long-term tree population dynamics: pine expansion on Mt Pithulim. MEDECOS Conference, Rhodes, Greece.
- Nathan, R., and R. Casagrandi. 2004. A simple mechanistic model of seed dispersal, predation and plant establishment: Janzen-Connell and beyond. *J. Ecol.* 92:733-746

Résumé

La préation des graines est un facteur important influençant largement le recrutement des plantes. Plusieurs hypothèses ont été suggérées quant à l'existence et aux modalités d'une relation entre la densité de graines et la préation des graines. Cette étude, sur Pin d'Alep, est un test sur la préiction faite par Janzen (1970) et Connell (1971), selon laquelle le taux de préation diminue à mesure que la distance par rapport à des plantes conspécifiques augmente. La méthode utilisée est la mise en place de parcelles expérimentales de graines, avec et sans rongeurs et fourmis, dans et autour d'un peuplement de Pins d'Alep, à des densités d'arbres différentes. La corrélation densité/distante est démontrée pour les rongeurs, alors que ce n'est pas le cas pour les fourmis. Aucune différence significative n'a été prouvée entre les parcelles à 20 graines et celles de 4 graines.

Distance-dependence in vertebrate and invertebrate seed predators: A case study on Aleppo pine (*Pinus halepensis*)

by Omri FINKEL

Seed predation is an important factor affecting the recruitment of plants. Several hypotheses have been suggested as to how and if does seed density affect seed predation. This study, using the placing of experimental seed plots, with and without vertebrate and and invertebrate predators, in and around an Aleppo pine stand, at different tree densities, analyses the relation between predation rates and distance from plants.

Introduction

In an attempt to explain the high biodiversity in areas such as the tropics, a model was proposed independently by D.H. Janzen and J.C. Connell (JANZEN, 1970; CONNELL, 1971). This model explained the observed spatial distribution of conspecific plants by density-dependent seed predation. It proposes that whereas the density of dispersed seeds declines with distance from the parent tree, the probability of predation declines with distance as well, because specialist seed predators tend to concentrate their efforts near the parent tree where the seed flux is greater and therefore prey is denser. These two factors create a population recruitment curve that reaches its peak at a distance from the tree where the probability of survivorship, multiplied by the seed-density, is highest. This acts to prevent clumped distribution of single species, leaving room for other species to establish amongst it.

Although the declining with distance seed-shadow component of this model is widely accepted (HAMMOND & BROWN, 1998), the predation and survival components are not. A number of models alternative to the J-C (Janzen-Connell) model have been proposed. It has been suggested that while predation rate does decline with distance, this change does not suffice to compensate for the decrease in seed density with distance, thus producing a recruitment curve that continuously

declines with distance (HUBBELL, 1980). In fact, seed predation acting in concert with seed flux can create a wide range of establishment patterns (McCANNY, 1985, NATHAN & CASAGRANDI, 2004). Where survivorship rises exponentially in the exact rate as seed flux declines, recruitment level will remain equal with distance. Survivorship may also actually decline with distance, due to factors such as predator satiation near the parent plant.

Many attempts have been made to test the predictions of the J-C hypothesis in a wide variety of habitats and conditions, usually testing whether the predation rate declines with density/distance. Standing alone, this component is referred to as the "escape hypothesis" (HOWE & SMALLWOOD, 1982). It should be noted that a test of this hypothesis can offer support to the J-C model but cannot differentiate it from alternatives such as the Hubble model (HUBBELL, 1980), as both models assume increasing survival with distance. Many of these results were summarized in reviews (CLARK & CLARK, 1984; HAMMOND & BROWN, 1998) which yielded mixed conclusions. In a recent meta-analysis, HYATT *et al.* (2003) collected data from 40 studies to compare predation of seeds and seedling survival at different distances from trees. They found no correlation between the distances from the parent and the probability of predation.

Notwithstanding, density-dependent seed predation may be found under certain environmental conditions rather than others or with certain types of predators. Exclusion

experiments are an important tool in understanding how different types of predators effect plant recruitment as well as for learning of the role different predators play in shaping recruitment patterns in the same habitat. Experiments such as these were excluded from the meta-analysis (HYATT *et al.* 2003) on the grounds of not describing the overall predation rate. Characteristics of the predator have been shown to determine density-dependence (HAMMOND & BROWN, 1998). Hammond & Brown grouped studies according to predator types, showing that non-vertebrates seem to be more density-dependent than vertebrates. This difference was explained by the larger home range of vertebrates relative to the distance of prey dispersal, and by the tendency of vertebrates to be more generalists.

Another question that should be dealt with is the question of scale. If seed density at different spatial, as well as temporal scales, affects the seed predation rate, it is important also to assess at what scale does this effect take place. This issue holds great importance for the spatial design of an experiment testing predation rates.

I addressed these questions by conducting an experimental predation field study as a part of a larger population dynamics study currently underway in at Mt. Pithulim in the Judean Hills, Israel (NATHAN, 2004). The predation rate of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) seeds was measured at different pine densities using experimental methods.

The aim of this study is to determine the rate of predation on pine seeds of different predators on Mt. Pithulim, and to find whether correlation exists between pine density and the rate of seed predation. The main non-vertebrate predators in the current study are ants, present in different nests in and out of the main stand. While each nest may have a smaller home range than the distance of dispersal, the general distribution of ants around the study site is greater than the pine distribution — ants can be found where there are no pines. This suggests that ants should not be expected to act as other invertebrates do (HAMMOND & BROWN, 1998). Contrary to the findings of HAMMOND and BROWN (1998), density-dependence should be expected of the vertebrate predators in this case, as they are likely to concentrate their efforts on high quality prey such as pine seeds.

Picture 1:
The study site



Another goal of the study was to test the effect of the number of seeds in a patch; the fate of a single seed is compared with the fate of a patch of several seeds. The question asked is whether patches with a large number of seeds are more easily detected. It was expected that plots with a larger number of seeds will be detected earlier. Another question that is addressed is the question of scale, temporal as well as spatial: on what spatial scale do different predators sense a difference in the density of their prey, and on what time scale is their effect more apparent. It was expected that the response of predators to tree density will be affected by the scale of density and that the response would be time dependent.

This is achieved by placing seed plots at a large number of locations complying with different categories of tree density, measuring the rate of seed disappearance and statistically analyzing the gathered data.

Methods

The study site

The site is a 60 ha plot including an Aleppo pine stand, embedded within a *Quercus-Arbutus* maquis and *Sarcopoterium Cistus* batha. All pine trees in the site have been previously mapped and detailed orthophotos are available. Data regarding seed flux is regularly collected using seed traps placed at 54 sites in the study area. The two main seed predators that have been observed on site are ants and broad toothed mice (*Apodemus mystacinus*). It is also reasonable to assume that birds are responsible for at least a small portion of the seed predation.

Seed predation experiment

Experimental plots were placed in 89 locations in the area, stratified over different tree densities at different scales, selected by measuring the tree density (the number of trees at three concentric radii from each 1x1 meter grid cell in the study area: 10, 30 and 50 meters. Then, grid cells were classified according to tree density on these three different scales. For example, if a grid cell was in a small, dense, isolated pine patch, it would be classified as “dense-sparse-sparse”

Category	Description	Total number of plots	Single seed plots	Multiple seed plots
s-s-s	sparse at all ranges	21	17	4
d-s-s	dense at close range only	16	13	3
s-s-d	dense at long range only	10	8	2
s-d-d	sparse at close range only	17	13	4
d-d-d	dense at all ranges	25	20	5
Total		89	71	18

or “d-s-s”. “Dense” was determined as 6-25 trees for the 10 m radius (0.019-0.08 trees/m²) 30-150 trees for the 10-30 m ring (0.012-0.06 trees/m²) and 60-250 trees for the 30-50 m ring (0.012-0.05 trees/m²). “Sparse” was: 0-3 trees for 10 m (0.0-0.01 trees/m²), 0-15 trees for 10-30 m (0.0-0.006 trees/m²) and 0-30 trees for 30-50 m (0.0-0.006 trees/m²). The densities were calculated using Arcmap GIS software (ArcMap 9.2, ESRI, Redlands, CA) and care was taken to make sure that each category includes at least 5 plots. Out of the eight possible categories, the chosen sites included the following five: “d-d-d”, “d-s-s”, “s-d-d”, “s-s-d” and “s-s-s”. The three remaining possibilities “d-d-s”, “s-d-s” and “d-s-d” did not appear in enough grid cells to be included. This does not impair the study as the five included categories can be scaled from sparse to dense in all three radii.

The sites were chosen in a way that each one of the 54 seed traps on site had an experimental plot near it. This will enable the integration of seed flux data with the data gathered in this study. The total number of categorized plots was 89 (See table 1).

Every plot had 4 seeds placed in it, one only for each treatment, so as not to artificially increase natural seed density (BLATE *et al.* 1998). The predation rate was calculated from the time each seed survived. The treatments were designed to exclude, and therefore separate, different potential predators.

The seeds that were used in the experiment were extracted from the cones by heating for five minutes at 100°C, which causes the cones to open and inhibits germination. They were separated from their wing and red spray paint was applied to them to facilitate their detection.

In order to exclude the rodents, a seed was placed in a 20X20 cm plastic cage. This treatment will be designated “ant predation”. In order to exclude the ants, a seed was glued to a 15 cm string that was tied to

Table 1:
The number of plots in each category

the cage and placed outside of it. This treatment will be designated "rodent predation". Another seed was simply placed outside the cage to measure total seed loss ("untreated") and a fourth, "control" seed, was placed inside the cage and glued to a string.

Preliminary experiments were conducted with ants, caged mice and broad-toothed mice in the field and confirmed that each enclosure worked for one type of predator and not the other and that the glue, spray paint and heating did not affect predator preference.

In 18 out of the 89 plots, five seeds were placed for each treatment, reaching a total of 20 seeds per plot, rather than four in the regular plots. These will be called "quintet" plots.

The plots were inspected throughout the first two weeks of the month of August 2006, daily at first and later every few days (points on fig. 3 represent inspections) until the predation curve reached a plateau. In total, the plots were examined 11 times during the study period. 10 examinations were done during the first 15 days, and the last one 60 days after the initiation. The plots were then inspected once more in October when they were collected. A seed that had disappeared was not replaced. This, coupled with the use of only one seed per treatment and measuring its survival time, allows us to avoid creating a large seed reservoir, thus altering the natural seed shadow (BLATE, 1998).

The raw data gathered in this experiment was treated in different ways. Two approaches were applied in order to compare predation rates in different categories. One is the comparison of the total percentage of surviving seeds at different points in time with special attention given to day 15 and day 60. This was done simply by counting how many seeds have survived for each category and every treatment and dividing this by the initial number for every category and treatment. To find whether the difference between categories was significant, a χ^2 test was preformed, the null model of which being the number of survivors that would have been in each category had the predation rates been uniform. The second approach was to compare the mean survival time (the time elapsed from the study initiation till the seed disappeared) for each category. These averages were then compared to find a significant difference using ANOVA.

These approaches are both based on the assumption that the earlier the seed disappears, the higher the predation rate. The above analyses were preformed separately for single-seed and quintet plots. These two types of plots were then compared using a paired 1-tailed t-test for the elapsed time till a seed was predated where every quintet plot was paired with its closest neighbor of the same category, as well as by calculating the percent of predated seeds for each plot type.

Confounding effects

In order to single out any additional effect on predation rate, several more plots were placed in identical densities. Ten were placed under tree canopies, 10 on bare ground or rock and 10 under a bush. This enabled the comparison of factors other than density that might have affected the predation rate.

In addition, all 89 experimental plots were characterized by percent vegetation cover and the different plant species in a 2X2 m square around the plot.

Results

Comparing the survival rates in single seed plots at day 15, the control seed (string + cage) has somehow disappeared in a few cases (See fig. 1a). Predation of seeds available only to ants (See fig. 1d) was not significantly different between categories ($\chi^2=4.69$, $df=4$, $P=0.32$). Predation of seeds available only to rodents (See fig. 1c), however, exhibited density dependence, mainly at the long-range radial ring of 30-50 meters ($\chi^2=14.06$, $df=4$, $P=0.007$). The overall predation rate, demonstrated in fig. 1b, shows a similar trend ($\chi^2=12.13$, $df=4$, $P=0.016$), due to the fact that predation by rodents is much more extensive than predation by ants.

Looking at the same setup after 60 days, two observations stand out. One is the fact that all but four of the untreated seeds have disappeared (See fig. 3b) and the other is the fact that the trend that was visible on day 15 does not exist any more and predation by neither ants nor rodents is density dependent (See fig. 3c,d). A χ^2 test yielded no significant density effect in any of the treatments.

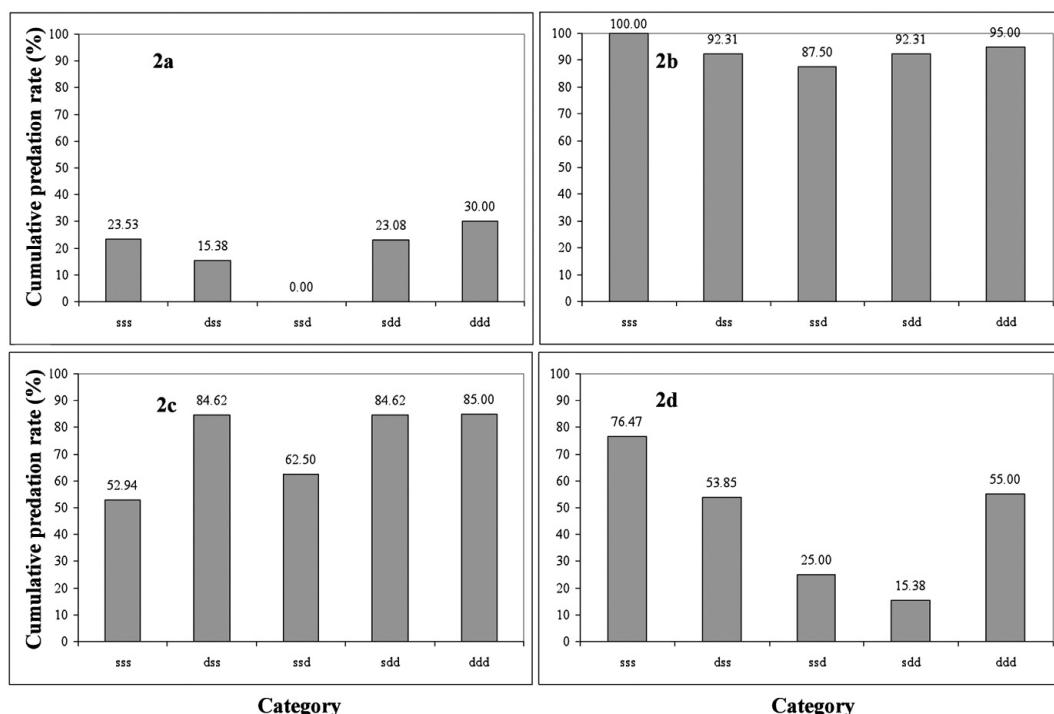
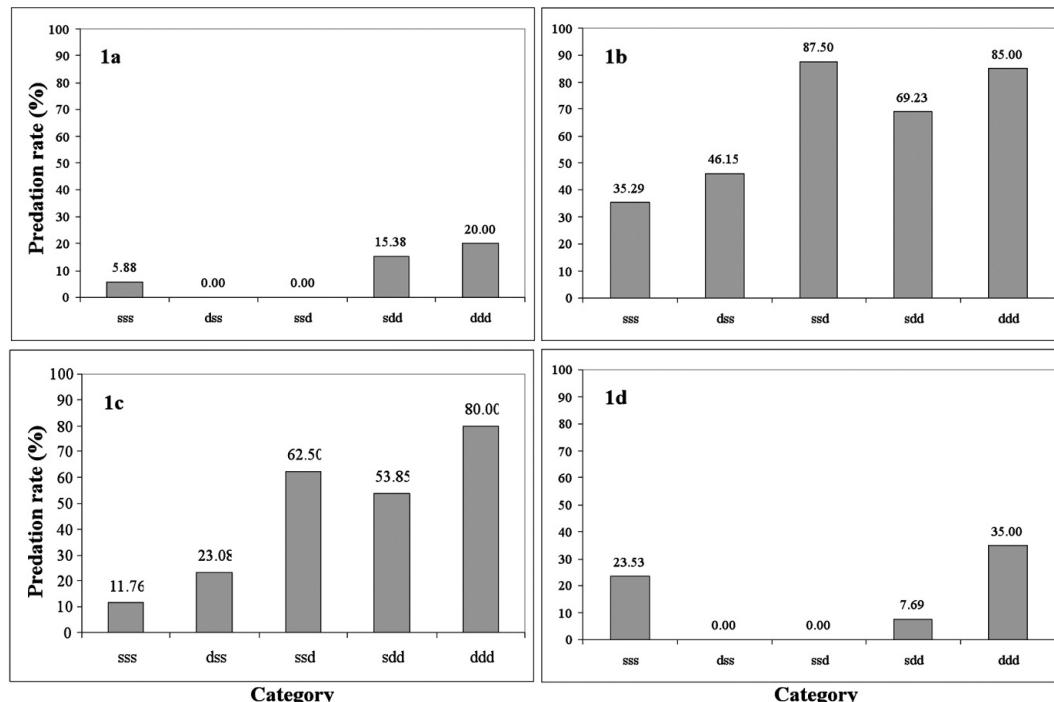


Figure 3 displays the change in predation with time. Between days 10 to 15 the distribution of seed predation seems to have reached a steady state in most cases. At day 60 it is apparent that a plateau was not reached after all and that the distribution of predation rates has also changed.

A second analysis displays the average survival time of seeds in each of the density categories. This analysis includes all time points. An obvious problem here is that for

some seeds, the ones that had survived longer than 60 days, the actual survival time is not known. To solve this, two extremes were taken into account. One is that all of these seeds have disappeared on day 61, right after the last sampling, and the other is that all had survived throughout the season, for which case they were assigned an arbitrary survival time of 100 days.

The results of this analysis for single seed plots show a significant difference in preda-

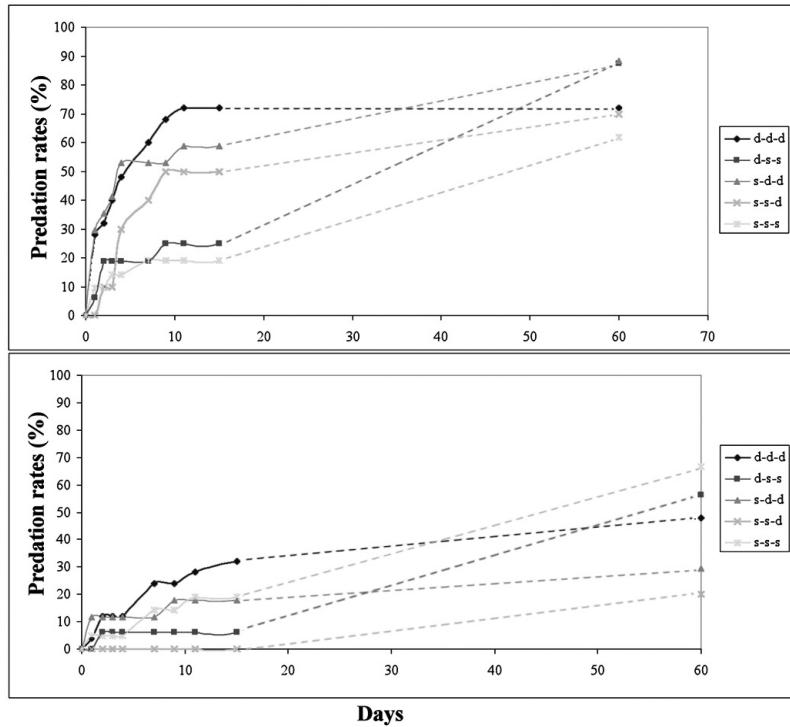


Fig. 3:
Predation rates with time for ant (top) and rodent (bottom) exclusions, in different categories. Note the change from day 15 to day 60, especially for d-s-s. The broken line represents the long period between samples. This plot includes both single seed as well as quintet plots.

tion by rodents between density categories (See tables 1,2). A post-hoc analysis shows a significant difference between categories s-s-s and d-s-s to d-d-d ($P_{ddd-sss} < 0.001$, $P_{ddd-dss} = 0.006$, see Appendix 1). The same analysis for ant predation shows a significant difference between groups (See fig. 4 top, table 2), but no clear relation with the density was detected. Using this method, the overall predation rate was significantly different between categories only with the maximum survival time set to 61 days (See table 2).

In the 18 plots in which five seeds of each treatment were placed, no density dependence emerges (See fig. 5). A paired t-test showed no significant difference between single seed and quintet plots ($t=0.8$, $P=0.217$).

Other factors that were measured, such as canopy cover, did not show a significant influence over predation rates.

The effect of factors other than seed density was analyzed by comparing predation rates at different environments at similar seed densities. A χ^2 test showed no significant difference between these environments (See table 3).

Discussion

The results show a significant correlation between pine density and predation of seeds by rodents (See fig 2d, 4). No other significant correlation was found. Other environmental factors did not show correlation with predation rates.

The correlation found does not imply causality. It is not clear whether these rodents are reacting to the density of the prey or to some other factor, such as better protection from predators or a slightly cooler climate under the canopy cover of the dense pine stand. Albeit, it should be noted that the sparse areas are not barren, but covered with batha plants at varying densities. The experiment entitled “confounding effects” described above is an attempt at isolating several environmental factors other than density that might affect predation. However, this examined only variance in a small spatial scale and only of three parameters. Other factors that were not examined may have an influence. For instance, it is

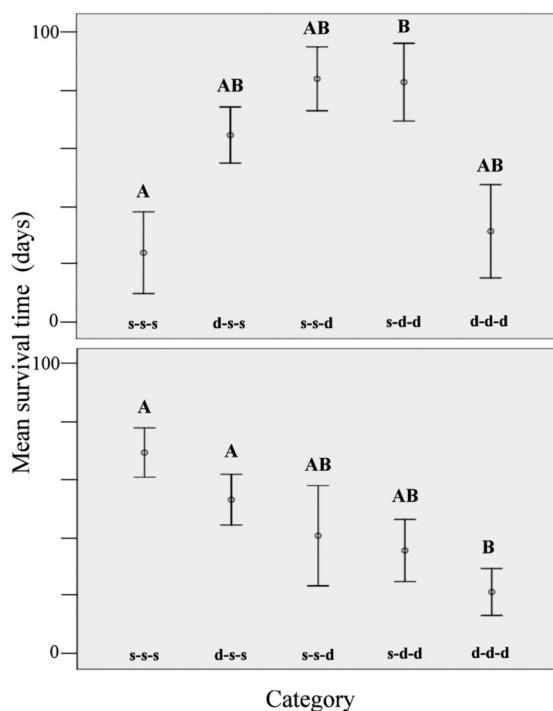


Fig. 4:
Comparison of mean survival time in the different density categories both for ant (top) and rodent (bottom) predated seeds. These graphs display the dataset in which the maximal survival time was set to 100 days.

possible that rodents spend more time in the dense stand as protection from predation by birds of prey, or simply in order to avoid the sun heat, as this area is not affluent with water sources.

A survey of the demography of ants and rodents in the study area is a possible approach towards clarifying some of these questions.

The question why are rodents responsible.

Time scale

Interestingly, the distribution of predation rates between categories at day 60 differs greatly from that of day 15 (See fig.3). This observation emphasizes the importance of using the appropriate time scale when conducting such an experiment. While figures from day 60 provide valuable data as to the great extent of predation throughout the season (See fig. 2b), they do not provide sufficient resolution. When all plots were paid a visit by a predator, it is not possible to determine which plot was visited first. On day 15, on the other hand, predation was still partial, which enables differentiation of predation rate between categories. This rationalization does not explain why after supposedly reaching equilibrium between days 10 and 15, something has changed during the next 45 days and predation increases once more. This implies that the foraging effort is not uniform throughout the season. Perhaps the effort increases as the cold season approaches. These questions, left unanswered, are a possible topic for further study about how does a predators annual life cycle affect its foraging effort.

Spatial scale

The correlation between predation by rodents and pine density did not appear at all radii. In fact, as seen in figure 4, the category d-d-d is significantly different only from categories s-s-s and d-s-s. The latter are not significantly different from one another. This demonstrates a lesser effect of the close radius (10 m). The category "d-s-s" includes cases of isolated groups of pines away from the main stand. Such a patch is apparently not more attractive to a rodent than its surroundings. Therefore, conducting such an experiment at a single range might be misleading, as a result of using the wrong spatial resolution. One of the factors that could determine at what range is density depend-

Treatment	df	61		100	
		F	P	F	P
Predation by ants	70	3	0.024	3.6	0.01
Predation by rodents	70	5.95	<0.001	4.23	0.004
No treatment	70	3.3	0.016	1.99	0.106
Quintet	17	0.77	0.564	0.79	0.553

ence apparent is the predator's home range. This data is lacking in the present study.

Comparing mean survival time between categories, arbitrary values were assigned as 61 and 100 days (see methods). Results are significant for both. Surprisingly, using this analysis and contrary to the results of the isolated analysis preformed on days 15 and 60, survival for seeds taken by ants is significantly different between categories, although clearly not consistent with density levels.

This suggests that ant nests are not distributed randomly throughout the area and that another environmental factor is influencing this distribution.

Conducting a demographic survey in the study area of the home range of ants and rodents, and of the relation between home range and predation patterns is a possible course of action for further research, in attempt to answer these questions.

Table 2:
Values of ANOVA statistics for the difference between the five density groups (s-s-s, d-s-s, s-s-d, s-d-d, d-d-d) with different treatments and with the maximal survival time set to 61 or 100 days.

Table 3:
Results of χ^2 test of the difference between three different environments: open, under a bush and under a tree canopy.

days	no treatment		predation by rodents		predation by ants		cont.	
	15	60	15	60	15	60	15	60
χ^2	4.04	4.80	1.38	0.93	0.58	0.30	2.99	5.50
df	2	2	2	2	2	2	2	2
P	0.13	0.09	0.50	0.63	0.75	0.86	0.22	0.06

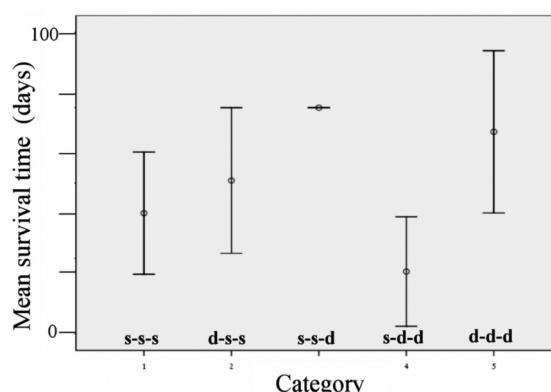


Fig 5:
Comparison of mean survival time for quintet plots in different density categories.

Omri FINKEL
Under the guidance
of Ofer STEINITZ
and Prof. Ran
NATHAN
Movement ecology
research group
ISRAEL
omri.finkel
@mail.huji.ac.il
ofer.steinitz
@mail.huji.ac.il
rnathan@cc.huji.ac.il

Number of seeds in a plot

A more intuitive way to conduct this study would have been by placing a several seeds at every site, measuring the rate of predation by counting the number of remaining seeds at each site at different points in time. This method was not used so as not to create an artificially dense spot. The behavior of rodents detected in the field was that if a group of seeds was found they were all taken immediately.

When analyzing quintet plots separately, no trend emerges. Also, it was observed that of the seeds exposed to rodents, all five disappeared at the same time. The fact that the paired t-test showed no significant difference between single and quintet plots, suggests that had the quintet plots been more numerous, they might have yielded similar results as did the single seed plots. An additional comparison, with a larger number of repeats is necessary in order to properly answer this question.

In conclusion, this study supports the hypothesis that the predation by certain predators (rodents) is correlated with seed density, what may lead to J-C dynamics. It also demonstrates the importance in the use of tools such as predator exclusion, as ants and rodents react differently to density; and the inspection of several spatial and temporal scales, as different patterns emerge in different scales.

Bibliography

- Blate, G. M. Peart, D. R. Leighton, M. 1998, Post-Dispersal Predation on Isolated Seeds: A Comparative Study of 40 Tree Species in a Southeast Asian Rainforest, *Oikos* 82:522-538
- Clark, D. A., Clark, D. B. 1984. Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Janzen-Connell model. *Am. Nat.* 124: 769-788.
- Connel, J. H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. In: Den Boer, P. J., Gradwell, G.(eds), Dynamics of populations. PUDOC, pp. 298-312.
- Hammond, D. S., Brown, V. K. 1998, Disturbance, phenology and life-history characteristics: factors influencing distance/density-dependent attack on tropical seeds and seedlings, In: Newbery, D. M., Prins, H. H., T.Brown, N. D. (eds), Dynamics of tropical communities, Blackwell, pp, 51-78.
- Howe, H. F., Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal, *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 13: 201-228.
- Hubbell, S. P. 1980. Seed predation and the coexistence of tree species in tropical forests. *Oikos* 35:214-229.
- Hyatt, L. A., M. S. Rosenberg, T. G. Howard, G. Bole, W. Fang, J. Anastasia, K. Brown, R. Grella, K. Hinman, J. P. Kurdziel, J. Gurevitch. 2003. The distance dependence prediction of the Janzen-Connell hypothesis: a meta-analysis. *Oikos* 103:590-602.
- Janzen, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *Am. Nat.* 104:501-528.
- McCanny, S. J. 1985, Alternatives in parent-offspring relationships in plants, *Oikos* 45: 148-149.
- Nathan, R. 2004. Integrating multiple components of long-term tree population dynamics: pine expansion on Mt Pithulim. MEDECOS Conference, Rhodes, Greece.
- Nathan, R., and R. Casagrandi. 2004. A simple mechanistic model of seed dispersal, predation and plant establishment: Janzen-Connell and beyond. *J. Ecol.* 92:733-746

O.F.

Summary

Distance-dependence in vertebrate and invertebrate seed predators: A case study on Aleppo pine (*Pinus halepensis*)

Seed predation is an important factor affecting the recruitment of plants. Several hypotheses have been suggested as to how and if does seed density affect seed predation. This study, on Aleppo pine, is a test for the prediction made by Janzen (1970) and Connell (1971), that predation rates decrease as distance from a conspecific plant increases. The method used is the placing of experimental seed plots, with and without rodent and ant exclosures, in and around an Aleppo pine stand, at different tree densities. Density/distance-dependence is supported for rodents, but not for ants. No significant difference was found between plots with 20 as opposed to 4 seeds.

Financement de la biodiversité dans les forêts privées : l'exemple du programme METSO en Finlande

par Markku OLLIKAINEN

Le paiement des services rendus par les écosystèmes peut être un moyen d'augmenter la pérennité et la fourniture de ces services écosystémiques qui, autrement, auraient un rendement trop faible pour de nombreux propriétaires forestiers. Cet article présente une expérience récente, réalisée en Finlande, d'application d'un système d'appel d'offres pour la biodiversité des forêts. Le programme finlandais Metso est un exemple de systèmes d'enchères volontaires, coordonnées par le gouvernement et capables d'encourager la participation des propriétaires forestiers soucieux de la conservation.

Contexte

Conserver la biodiversité forestière est un enjeu particulièrement urgent dans les forêts privées exploitées des régions boréales, soumises à un aménagement forestier intensif. Dans les forêts boréales, le régime de gestion forestière le plus répandu est de type équien, ce qui accentue la problématique. La biodiversité est menacée de multiples façons. Les surfaces de forêts anciennes ont diminué et deviennent progressivement fragmentées, ce qui peut réduire la capacité des forêts à maintenir des espèces typiques de forêts anciennes. Les habitats adaptés aux espèces des forêts anciennes (bois en décomposition, ruisseaux, etc.) sont sévèrement sur le déclin. Le nombre d'espèces forestières menacées et inscrites dans la liste rouge a considérablement augmenté. La diversité génétique diminue avec la perte de forêts anciennes, ce qui constitue un problème potentiellement grandissant dans un contexte de changement climatique progressif et d'un besoin d'adaptation des forêts boréales originelles à un climat plus chaud.

Tous ces problèmes sont présents dans la foresterie finlandaise, en particulier dans le sud de la Finlande. Pour arrêter le déclin de la biodiversité des habitats forestiers et des espèces dans le sud de la Finlande, le gouvernement finlandais a lancé le Programme sur la biodiversité des forêts pour la Finlande du Sud (METSO) pour la période 2003-2016. METSO est un programme complet, avec des moyens pour la conservation temporaire et une protection permanente. METSO a introduit de nouveaux instruments volontaires pour la conservation des forêts : la commercialisation des richesses naturelles et les appels d'offres, avec un projet pilote en 2003-2007 ; sur des zones de gestion du patrimoine naturel ; et un réseau de coopération avec les propriétaires fonciers pour la conservation de la biodiversité. Il maintient de nombreux instruments anciens habituellement utilisés, tels que la préservation des forêts de l'Etat et la restauration et la gestion du patrimoine naturel dans les habitats protégés.

La partie la plus intéressante de ce nouveau programme METSO est l'expérimentation pilote de commercialisation des richesses naturelles (*Trading in Nature Values*, ou TNV). Pour la première fois dans l'histoire de la foresterie, un pays a appliqué un système d'appel d'offres pour préserver la biodiversité et a payé les propriétaires pour le maintien de la biodiversité forestière. Dans l'ensemble, l'action pilote TNV représente un nouveau mode de paiement des services écosystémiques rendus par les forêts. En raison de l'importance de ce projet pilote, le gouvernement finlandais a décidé que pour les deux premières années, les données associées aux contrats signés seront utilisables par la recherche scientifique. Des informations sont disponibles sur le type d'habitat (types de forêts riches en herbacées, mésiques et xériques), les caractéristiques écologiques, la surface du peuplement, l'âge du peuplement, le volume du peuplement, la valeur du bois (TIV en anglais), l'année du contrat, et les paiements de conservation réels payés aux propriétaires forestiers pour un contrat de 10 ans. Ce document synthétise certains résultats de l'efficacité du TNV dans le programme METSO (pour plus de détails, voir JUUTINEN *et al* 2009, JUUTINEN et OLLIKAINEN 2010, et JUUTINEN *et al* 2011).

Description du programme pilote TNV

Le programme pilote TNV a été réalisé en 2003-2007 dans le sud-ouest de la Finlande. La région se situe principalement dans la zone boréale méridionale. Environ 65% de la superficie totale est recouverte de forêt, sujette à une exploitation commerciale. Moins de 1% de la superficie forestière dans la région est strictement protégé. Les sites écologiquement les plus précieux de la région sont constitués de peuplements semi-naturels anciens qui n'ont pas fait l'objet d'un aménagement forestier depuis plusieurs décennies.

Le programme TNV était fondé sur des contrats de 10 ans entre les propriétaires forestiers (fonciers) privés non industriels et le gouvernement. Le programme a incité les propriétaires forestiers à proposer leurs peuplements avec l'offre (enchère) associée pour participer au programme. À cette fin, un propriétaire individuel devait soumettre une déclaration spécifique comprenant la description des caractéristiques écologiques du peuplement candidat. S'appuyant sur le formulaire de déclaration, le gouvernement a évalué préliminairement si chaque peuplement proposé était suffisamment précieux pour la conservation ou non. Le processus s'arrêtait si l'évaluation préliminaire montrait que le peuplement ne possédait pas de valeur écologique significative et aucun accord n'était conclu avec le propriétaire correspondant. Pour les peuplements prometteurs, un expert forestier du Centre forestier a fait un inventaire de terrain en utilisant un mécanisme d'évaluation pré-déterminé.

Cette valeur de conservation a intégré différentes caractéristiques écologiques du peuplement (par exemple les grands arbres de feuillus et de pins, les arbres morts ou brûlés, les espèces menacées, la végétation luxuriante, des conditions hydriques naturelles, la distance par rapport à des zones naturelles protégées existantes, la surface et les valeurs paysagères) et leurs prix associés. Les prix étaient fixés par les propositions des experts. La valeur inclut également le manque à gagner dû à une récolte différée — défini comme la valeur actuelle des revenus d'une récolte perdue — calculé en utilisant un taux d'intérêt de 1% de la valeur du bois sur pied. Une fois l'évaluation terminée, le gouvernement et les propriétaires fonciers

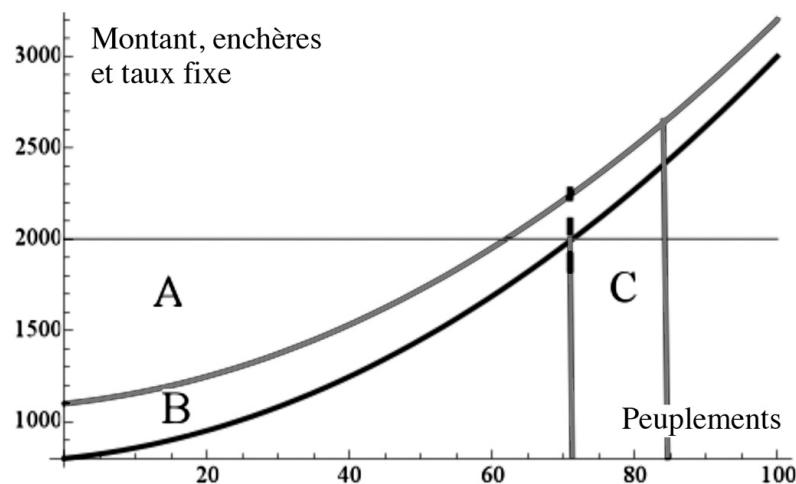
ont dû négocier le paiement compensatoire et les activités de protection requises. La valeur de conservation était révélée aux propriétaires avant de débuter ces négociations. Le contrat associé spécifiait les services rendus pour la biodiversité et le paiement du loyer correspondant ; la récolte était alors interdite pendant la durée du contrat.

Le budget annuel pour TNV était d'environ 400 000 euros, et 158 contrats de conservation de la biodiversité ont été signés au cours de la période 2003-2007. Un contrat incluait généralement plusieurs peuplements, mais la valeur de chacun était évaluée séparément. Certains propriétaires ont préféré faire des contrats distincts pour chaque peuplement. Le nombre de propriétaires forestiers qui ont associé des peuplements au programme était de 356. Le taux d'acceptation des candidatures était d'environ 44%. La principale raison du rejet des candidatures a été la faible qualité écologique des peuplements proposés, mais, dans certains cas, il s'agissait plutôt du désaccord sur le montant de l'indemnité, le loyer à payer au propriétaire.

Le programme pilote TNV peut être analysé soit comme un appel d'offres soit comme un système de négociation. Bien que le TNV n'ait pas entièrement été défini selon une procédure standardisée (des enchères vertes, "*green auction*"), il possède de nombreuses fonctionnalités d'un appel d'offres, comme la possibilité que plusieurs propriétaires proposent simultanément leurs peuplements et leurs enchères associées au programme. Par conséquent, la théorie des enchères vertes offre un cadre naturel pour étudier la performance du TNV pilote.

Le système d'appel d'offres/enchères comme modalité de paiement des services écosystémiques

Les systèmes d'appel d'offres sont présentés comme un moyen plus efficace d'allocation de la conservation que les systèmes de paiement forfaitsaires fixes souvent appliqués dans les politiques environnementales (LATAZ-LOHMAN et VAN DER HAMSVORST 1998). Les politiques à taux constant fournissent aux agents, avec des coûts de conserva-



tion limités des niveaux d'indemnité élevés — définis comme la différence entre le financement et les coûts réels de conservation. En stimulant une concurrence entre les propriétaires, les systèmes d'appel d'offres donnent la possibilité de justifier leurs coûts de conservation. Cela réduit, sans les éliminer totalement, les indemnisations relatives aux politiques environnementales.

En utilisant des chiffres arbitraires pour illustrer approximativement le projet pilote TNV, la figure 1 illustre comment un système d'appel d'offres/enchères diffère de la politique de taux fixe conventionnelle. L'axe vertical représente le coût de conservation, et les indemnisations aux propriétaires et l'axe horizontal représente les peuplements, ordonnés du moins cher au plus cher en fonction de leurs coûts de conservation. Le taux fixe (pour dix ans) est fixé à un niveau de 2000 euros/ha et payés à tous les peuplements candidats dans le programme de conservation. La courbe inférieure convexe indique les coûts réels de conservation. Le dernier peuplement candidat au programme dans le cadre d'une politique de taux fixe est le peuplement n°71, qui a un coût de conservation tout juste égal à l'indemnisation. Les 71 peuplements consomment un budget de conservation de 400 000 euros en supposant que la surface de chacun est d'un peu moins de 3 hectares, ceux à gauche du peuplement n°71 recevant des indemnisations d'environ 53 643,3 euros/ha, graphiquement équivalent à la somme des surfaces A + B.

La courbe supérieure de la figure 1 indique les enchères dans un système d'appel d'offres/enchères, classées, encore, de la plus basse à la plus haute offre. Les propriétaires

Fig. 1 :
Comparaison
de la politique de taux
fixe et du système
d'appel d'offres/enchères
en matière
de conservation

Semaine forestière méditerranéenne d'Avignon

Type de forêt (classe d'âge)	Peuplements contractés	Age des peuplements (ans)	Volume des peuplements (m³/ha)	Score de Biodiversité	Offres (€/ha)	Coûts (€/ha)	Indemnités (€/ha)
Riche en herbacées (87-160)	17	111	280	0.48	2 125	1 893	232
Riche en herbacées (56-80)	13	68	230	0.48	1 838	937	901
Riche en herbacées (41-50)	5	45	227	0.53	1 620	60	1 560
Mésique (102-170)	12	123	242	0.42	1 908	1 673	235
Mésique (70-95)	15	83	218	0.40	1 654	943	712
Mésique (50-61)	3	57	115	0.24	1 177	248	929
Xérique (150-178)	4	165	155	0.42	1 355	1 039	316
Xérique (98-110)	3	103	82	0.25	567	611	-44
Total	72	95	226	0.43	1 757	1 189	568

Tab. I:

Le nombre de peuplements sous contrat et leurs caractéristiques moyennes dans le programme pilote TNV finlandais

Source: Juutinen et Ollikainen (2010)

Tab. II :

Enchères pour la biodiversité : le nombre de peuplements inscrits et leurs caractéristiques moyennes par types de forêt.

(Budget de conservation de 200 000 €)

Source : Juutinen et Ollikainen (2010)

fonciers sont payés en fonction de leurs offres et une fois le peuplement n°84 passé sous contrat, le budget de conservation est consommé. Un plus grand nombre de peuplements est contracté, parce que les indemnisations des propriétaires fonciers sont réduites de la valeur de la surface A. L'indemnisation, dans cet exemple d'appel d'offres, est de 23 224 euros/ha, c'est-à-dire 30 419 euros de réduction (surface A) par rapport à la politique de taux fixe. L'utilisation de cette épargne (représentée par la surface C, qui est égale à la surface A) permet aux autorités d'étendre la conservation à 13 peuplements supplémentaires. En créant une concurrence entre les propriétaires fonciers, le système d'appel d'offres/enchères conduit à une meilleure qualité environnementale et une meilleure utilisation du budget pour la conservation. Mais surtout, en tant que système de paiement volontaire, dans lequel les propriétaires fonciers soumettent librement leurs offres, le système d'appel d'offres augmente l'intérêt et la motivation pour la conservation.

Analyse du programme pilote TNV

Le tableau I représente les données réelles du programme pilote TNV sur les valeurs moyennes d'âge des peuplements et des volumes, ainsi que les scores de la biodiversité et les offres. S'appuyant sur les données forestières signalées, JUUTINEN et OLLIKAINEN (2010) estiment les coûts de conservation et utilisent les estimations pour déterminer les indemnisations. Le tableau I est révélateur, à bien des égards. En général, les peuplements inscrits, sont assez vieux, et les volumes de bois reflètent bien les conditions de croissance dans le sud de la Finlande. Fait intéressant, le plus jeune reçoit la plus haute indemnité, car ils ne sont pas mûrs pour être récoltés ce qui évite des coûts de manque à gagner.

Une observation importante est le nombre élevé de peuplements forestiers anciens riches en herbacés et mésiques. Ils représentent 41% de tous les peuplements conservés. Par ailleurs, les indemnités pour ces peuplements sont très faibles. En fait, à une exception près (xérique 98-110), ces peuplements reçoivent les loyers les plus bas. Le nombre élevé des peuplements anciens inscrits pour les types d'habitats forestiers les plus précieux du point de vue écologique témoigne d'une motivation forte des propriétaires pour leur conservation. Ces propriétaires sont clairement sensibles aux aménités forestières, en complément des revenus des récoltes. Ainsi, ils appliquent des durées de rotation plus longues que l'âge d'exploitabilité. Par conséquent, ces propriétaires réduisent leurs offres afin d'accroître les chances d'être sélectionnés dans le programme.

Type de forêt (classe d'âge)	Peuplements contractés	Score de biodiversité	Offres €/ha	Coûts €/ha	Loyers €/ha
Riche en herbacées (100)	7	0,80	3183	1629	1554
Riche en herbacées (60)	7	0,73	2914	576	2338
Riche en herbacées (40)	5	0,70	2804	-326	3129
Mésique (120)	15	0,76	3027	1501	1526
Mésique (70)	17	0,75	3009	440	2569
Mésique (55)	7	0,71	2831	-44	2874
Xérique (140)	6	0,72	2866	662	2204
Xérique (85)	3	0,69	2779	129	2651
Total	67	0,74	2964	714	2250

Le résultat du TNV peut être comparé aux résultats d'une simulation hypothétique d'une enchère pour la biodiversité forestière (JUUTINEN et OLLIKAINEN 2010). Le modèle de simulation suppose que tous les propriétaires forestiers maximisent la valeur actualisée nette des revenus de récolte. Les résultats de la simulation sont présentés au tableau II. La première chose à remarquer est que la quantité de peuplements anciens économiquement et écologiquement intéressants des types forestiers riches en herbacés est plus faible que dans les données réelles. De plus, des peuplements anciens sont sélectionnés dans les forêts mésiques écologiquement moins précieuses et moins valorisables. Le nombre de peuplements inscrits pour un même budget est inférieur aux données réelles (67 contre 72). Cela explique en partie le fait que le score moyen de la biodiversité est plus élevé dans le Tableau II que dans le Tableau I.

Une comparaison des tableaux I et II montre que l'offre moyenne dans les enchères simulées est de 2964 euros, tandis que l'offre moyenne réelle était de 1757 euros, donnant une économie de 1207 euros dans le TNV pilote. Les indemnités, dans le modèle de simulation sont de 2964 euros ; ainsi, beaucoup plus élevées que celles estimées dans le cas réel (568 euros). Ces résultats renforcent l'impression que le TNV pilote, à travers des fonctionnalités d'appel d'offres, invite davantage les propriétaires conservateurs à proposer leurs peuplements au programme.

Cette conclusion peut être encore accentuée lorsque l'on distingue la maximisation de la valeur nette actuelle et les catégories de mentalités conservatrices des propriétaires, (le premier approchée par le modèle de Faustmann et le second par le modèle de Hartman). En utilisant l'âge de rotation commerciale, JUUTINEN *et al.* (2011) montrent que pour les propriétaires de Faustmann, l'indemnité réelle est en moyenne de 1000 euros au cours de la période de 10 ans équivalant à environ 55% du total des versements effectués aux propriétaires. Pour les propriétaires de Hartman, le résultat est très différent. Dans ce cas, chaque propriétaire choisit un âge de rotation en fonction de la valorisation de ses propres aménités. Lorsque l'on comptabilise seulement les coûts de récolte différée, les propriétaires fonciers de Hartman reçoivent des indemnités extrêmement faibles, voire négatives.

L'indemnité moyenne est seulement de 152 euros et fait tout juste 3% du total des versements. Le TNV pilote finlandais fournit véritablement aux propriétaires fonciers les plus sensibles à la conservation, un outil pour conserver la biodiversité. Tout aussi important, pour les propriétaires fonciers de Faustmann, le TNV offre une alternative à la récolte immédiate et les propriétaires fonciers raisonnés utilisent clairement cette possibilité dès lors qu'elle est la plus rentable.

Conclusions

Le projet pilote finlandais TNV sur la conservation de la biodiversité des forêts constitue une application intéressante assez innovante et réussie d'un nouvel instrument de paiement pour financer la fourniture de services écosystémiques des forêts. Le TNV fournit aux propriétaires sensibilisés aux problématiques de la conservation une bonne occasion de participer à la conservation de la biodiversité. Il est également remarquable de noter que la participation des propriétaires forestiers a été active, ceux-ci ayant apprécié la participation volontaire et le choix également volontaire de la méthode de paiement. De plus, la sensibilisation sur l'importance de la biodiversité des forêts a augmenté grâce au projet pilote TNV.

Une évaluation à mi-terme du programme METSO, en 2010, considérait le TNV et l'ensemble du programme, très réussi. Le projet pilote TNV a été étendu de la région de Satakunta à l'ensemble du sud de la Finlande. Malheureusement, les règles du TNV ont été modifiées. Maintenant, seulement une portion réduite des coûts de conservation sont indemnisés aux propriétaires fonciers. Cela a considérablement réduit l'utilisation du système de TNV. De mon point de vue, la raison de ce recul notable est de deux ordres. Premièrement, l'Union européenne a critiqué la Finlande pour l'utilisation d'un système qui compense les revenus et ne se concentre pas uniquement sur les coûts de conformité. Deuxièmement, le pilote TNV exige une coopération active entre les fonctionnaires dans les organisations forestières et environnementales appartenant à deux ministères différents. Évidemment, les techniciens des

Markku OLLIKAINEN
Professeur
d'économie
de l'environnement
et des ressources
Université d'Helsinki
Département
d'Economie
et de Gestion
Mél: mollikai@mappi.
helsinki.fi

deux organisations ont préféré un système où la coopération n'était plus nécessaire.

Je considère ce nouvel élément comme un obstacle fatal. La réflexion innovante est nécessaire pour réintroduire et restaurer le vrai caractère du programme TNV basé sur un réel système d'appel d'offres, en dépit des attitudes négatives de l'UE et des fonctionnaires des institutions gouvernementales.

M.O.

Bibliographie

- Juutinen, A. and M. Ollikainen 2010. Conservation contracts for forest biodiversity. Theory and experience from Finland. *Forest Science* 56, 201-211.
- Juutinen, A., E. Mäntymaa and M. Ollikainen 2011. Are information rents excessive in environmental bidding systems? A study of the Finnish program for biodiversity conservation. *Submitted manuscript*.
- Latacz-Lohman, U., and C. van der Hamsvoort. 1998. Auctioning Conservation Contracts: A Theoretical Analysis and an Application. *Am. J. Agric. Econ.* 79:407-418.
- Mäntymaa, E, A. Juutinen, M. Mönkkönen, and R. Svento 2009. Participation and compensation claims in voluntary forest conservation: A case of privately owned forests in Finland. *Forest Policy and Economics* 11, 498-507.

Summary

Financing biodiversity in private forests: The METSO programme

The Millennium Ecosystem Assessment defines ecosystem services generally as the benefits people obtain from the ecosystems. The provision of ecosystem services falls short of achieving the socially desirable level, thanks to such reasons as undefined property rights, capital market imperfections and externalities. Payments for ecosystem services (PES) provide a means to overcome externality problems and increase the maintenance and provision of ecosystem services, which otherwise would provide a too low return to landowners in comparison to what they can obtain from land conversion to ordinary business purposes. PES consists of a set of voluntary financial instruments and arrangements between ecosystem service providers and benefiters, sometimes through a mediator, like the government. PES can and also have been used to promote the provision of biodiversity benefits, carbon sequestration, and water services among others.

This paper examines the recent experience from applying bidding systems for forest biodiversity. The Finnish Metso programme is discussed as an example of voluntary bidding systems, which are mediated by the government and are capable to encourage participation of conservation-minded forest landowners.

Keywords : externalities, payments for ecosystem services, bidding systems

Résumé

Le Millennium Ecosystem Assessment définit généralement les services écosystémiques comme les bénéfices reçus par les populations à partir des écosystèmes. La fourniture de services écosystémiques est loin d'atteindre le niveau socialement souhaitable, à cause de lacunes telles que les droits de propriété non définis, les imperfections du marché des capitaux et les externalités. Les paiements pour services écosystémiques (PSE) proposent un moyen de surmonter les problèmes d'externalité et d'augmenter la pérennité et la fourniture de services écosystémiques, qui autrement auraient un rendement trop faible pour les propriétaires en comparaison de ce qu'ils peuvent obtenir auprès de la conversion des terres à des fins de transactions commerciales ordinaires. Le PSE est composé d'un ensemble d'instruments volontaires et arrangements financiers entre les fournisseurs de services écosystémiques et les bénéficiaires, parfois par le biais d'un médiateur, comme le gouvernement. Le PSE a été utilisé pour promouvoir la fourniture de bénéfices pour la biodiversité, la séquestration du carbone et la ressource en eau, entre autres.

Cet article présente plus particulièrement l'expérience récente de l'application du système d'appel d'offres pour la biodiversité des forêts en Finlande. Le programme finlandais METSO est discuté comme un exemple de systèmes d'enchères volontaires, qui sont coordonnés par le gouvernement et sont capables d'encourager la participation des propriétaires forestiers soucieux de la conservation.

Mots-clé : externalités, paiements pour services écosystémiques, systèmes d'enchères.

Financing biodiversity in private forests

The METSO programme in Finland

by Markku OLLIKAINEN

Payments for ecosystem services could be a mean to increase the maintenance and provision of ecosystem services, which otherwise would provide a too low return to forest landowners. This paper examines the recent experience from applying bidding systems for forest biodiversity, in Finland. The Finnish Metso programme is an example of voluntary bidding systems, which are mediated by the government and are capable to encourage participation of conservation-minded forest landowners.

Background

Conserving forest biodiversity is an urgent task in boreal commercial private forests, which have been subject to intensive forest management. The most typical forest management regime in boreal forests is even-aged management, which reinforces the problem. Biodiversity is threatened in multiple ways. *Old growth* forest land area has decreased and become increasingly *fragmented patches* which can weaken forest's ability to sustain old growth species. Habitats suited to old growth species (decaying wood, brooks etc.) are severely reduced. The number of threatened and red-listed forest species has increased dramatically. *Genetic diversity* decreases along with diminishing old growth forests, which is a potentially growing problem when climate change continues and original boreal forests need to adapt to warmer climate.

All these problems are present in Finnish forestry, especially in Southern Finland. To stop the decline in the biodiversity of forest habitats and species in Southern Finland, the Finnish government

launched the Forest Biodiversity Programme for Southern Finland (METSO) for years 2003-2016. METSO is a comprehensive program with means for temporary conservation and permanent protection. METSO introduced new voluntary instruments to forest conservation: trading in nature values and tendering (TNV), with a pilot project in 2003-2007; nature management areas; and landowners' co-operation network for biodiversity conservation. It retains many old typical instruments such as preservation of state owned forests and restoration and nature management of preserved habitats.

The most interesting part of the new METSO program is the pilot *Trading in Nature Values*. For the first time in the history of forestry, a country has applied a tendering system to conserve biodiversity and pays the landowners for maintaining forest biodiversity. All in all, the TNV pilot represents a new payment for ecosystem services in forestry. Because of the importance of the pilot, the Finnish government decided that for the two first years the data of the signed agreement be open for research. Information is available on habitat type (herb-rich, mesic, and xeric forest types), ecological characteristics, stand area, stand age, stand volume, timber value (TIV), year of the contract, and actual conservation payments paid to landowners for the 10-year contract. This paper condenses some results from the performance of the TVN in METSO program (for more details, see JUUTINEN *et al* 2009, JUUTINEN and OLLIKAINEN 2010, and JUUTINEN *et al* 2011).

Description of the TNV Pilot

The TNV pilot program was carried out in 2003-2007 in southwestern Finland. The region lies mainly in the southern boreal zone. About 65% of total area is under forest cover and subject to commercial forestry. Less than 1% of the forest area in the region is strictly protected. The ecologically most valuable sites in the region are the old semi-natural stands, which have not been subject to forest management for several decades.

The TNV program was based on 10-year contracts between private non-industrial landowners and the government. Landowners were called to submit their

stands with associated bids to the program. To this end, an individual landowner submitted a specific declaration, which included the description of the ecological characteristics of the offered stand. Drawing on the declaration form, the government assessed preliminarily whether each offered stand was valuable enough for conservation or not. The process ceased if the preliminary assessment showed that the stand was not ecologically valuable and no agreement was made. For promising stands, a forestry expert from the Forestry Centre made a field inventory using a pre-determined valuation mechanism.

This conservation value included different ecological characteristics of the stand (e.g. large broadleaved trees and pines, dead or burned trees, threatened species, luxurious vegetation, natural water conditions, distance to existing nature protection areas, size of the area, and landscape values) and their imputed prices. The prices were set by expert guidelines. The value included also costs of delayed harvesting — defined as the present value of the lost harvest revenue — calculated by using a 1% interest rate for the value of standing timber. After the valuation was complete, the government and the landowner negotiated about the compensation payment and the required protection activities. The conservation value was revealed to landowners before negotiations. The contract specified biodiversity services and the rental payment for them; harvesting was prohibited during the contract period.

The annual budget for TNV was about 400.000 euros and 158 biodiversity conservation contracts were signed during 2003-2007. A contract typically included several stands, but the value of each stand was assessed separately. Some landowners preferred to make separate contracts for each stand. The number of landowners who offered stands to the program was 356. The acceptance rate of bids was about 44 %. The main reason for the rejection of the bids was the low ecological quality of supplied stands but in some cases there was disagreement on the compensation, the rental payment to the landowner.

The TNV pilot program can be analyzed either as a tendering or a bargaining system. Although TNV was not conducted entirely by the book (of green auction), it has many features of tendering, such as several landowners were offering their stands and bids to the

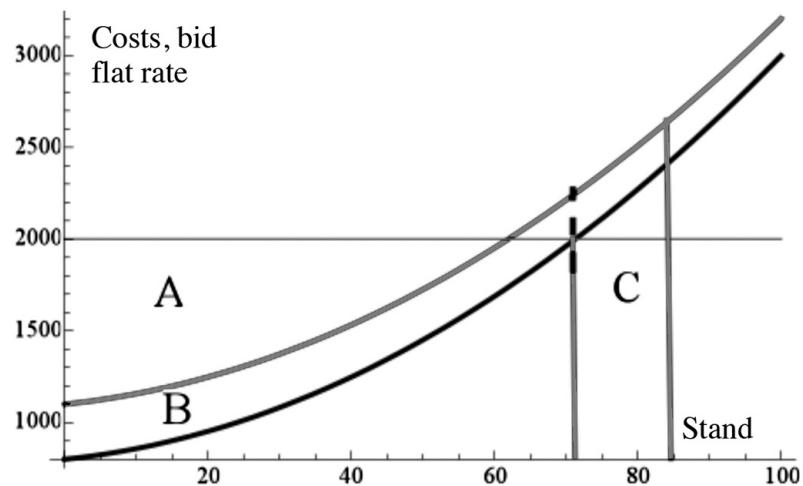
program simultaneously. Therefore, the theory of green auctions is a natural framework to study the performance of the TNV pilot.

Tendering/bidding system as a payment for ecosystem services

Tendering systems are shown to be a more efficient way of allocating conservation than the fix flat payment systems most often applied in environmental policies (LATACZ-LOHMAN and VAN DER HAMSVORST 1998). Flat rate policies provide to agents with low conservation costs high information rents – defined as the difference between the payment and actual conservation costs. By creating competition between landowners tendering systems make landowners partially reveal their conservation costs. This reduces but does not entirely eliminate the information rents of environmental policies.

Using arbitrary numbers reflecting, though, roughly those of the TNV pilot, Figure 1 illustrates how a tendering/bidding system differs from the conventional flat rate policy. The vertical axis denotes the conservation costs of and payments to landowners and the horizontal axis denotes stands, ordered from the cheapest to the most expensive according to their conservation costs. The flat rate (for ten years) is set at a level 2000 euros. ha^{-1} and paid to all stands offered in the conservation program. The lower convex curve indicates the true conservation costs. The last stand offered to a program under a flat rate policy is stand n°71, which has conservation costs just equal to the payment. The 71 stands consume the conservation budget, 400 000 assuming the size of each is slightly less than 3 hectares, Stands to the left from stand n°71 receive information rent roughly 53 643.3 euros. ha^{-1} and is graphically described as the sum of areas A+B.

The upper curve in Figure 1 indicates the bids in the tendering/bidding system - ordered, again, from the lowest to the highest bids. Landowners are paid according to their bids and once stand n°84 is enrolled, the conservation budget is consumed. A higher number of stands is enrolled, because



the information rent to landowners is decreased by area A. The information rent in this tendering example is 23 224 euros. ha^{-1} and it means 30 419 euros reduction in information rents (area A) relative to the flat rate policy. Using this saving (denoted by area C, which equals area A) allows the authorities to expand conservation by 13 stands. By creating competition between the landowners, the tendering/bidding system leads to a higher environmental quality and an improved use of conservation budget. More importantly, as a voluntary payment system, in which landowners freely submit their bids, tendering increases interest and motivation for conservation.

Figure 1:
Flat rate policy versus
tendering/bidding system
in conservation

Analysis of the TNV pilot programme

Table 1 represents actual data from the TNV pilot on the mean values of the stand ages and volumes; as well as biodiversity scores and the bids. Drawing on reported forest data from the pilot, JUUTINEN and OLLIKAINEN (2010) estimated conservation costs and used the estimates to determine the information rents. Table 1 is revealing in many ways. In general, the enrolled stands are fairly old, and the timber volumes reflect growing conditions in Southern Finland. Interestingly, the youngest stands receive the highest rents, as they are not mature for harvesting and thereby entail no costs from participating in the program.

Table 1:
The number of enrolled stands and their average characteristics in the Finnish Trading in Natural Values Program

Source: Juutinen and Ollikainen (2010)

Forest type (age class)	Enrolled stands	Stand age yr	Stand volume m ³ /ha	Biodiv. score	Bids, €/ha	Costs €/ha	Inforents €/ha
Herb-rich (87-160)	17	111	280	0.48	2 125	1 893	232
Herb-rich (56-80)	13	68	230	0.48	1 838	937	901
Herb-rich (41-50)	5	45	227	0.53	1 620	60	1 560
Mesic (102-170)	12	123	242	0.42	1 908	1 673	235
Mesic (70-95)	15	83	218	0.40	1 654	943	712
Mesic (50-61)	3	57	115	0.24	1 177	248	929
Dryish (150-178)	4	165	155	0.42	1 355	1 039	316
Dryish (98-110)	3	103	82	0.25	567	611	-44
All	72	95	226	0.43	1 757	1 189	568

An important observation is the high number of old growth stands in herb-rich and mesic forest types. They account for 41% of all conserved stands. Moreover, information rents for these stands are very low. In fact, with one exception (Dryish 98-110), these stands receive the lowest rents. The high number of the enrolled old stands on the ecologically most valuable forest habitat types indicates strong conservation motives by the landowners. These landowners clearly derive welfare from forest amenities, in addition to harvest revenue. They apply rotation ages that are longer than the commercial ages. Therefore, these landowners reduce their bids to improve the chance of becoming selected in the program.

The outcome of the TNV can be compared with results of a hypothetical forest biodiversity auction simulation (JUUTINEN and OLLIKAINEN 2010). The simulation model assumes all forest landowners maximize the net present value of harvest revenue.

Results from the simulation are reported in Table 2. The first thing to note is that the amount of old growth stands in the ecologically and economically valuable herb-rich forest types is lower than in the actual data. Now old stands are selected in the ecologically less valuable and cheaper mesic stands. The number of stands enrolled by the same budget is lower than in the actual data (67 versus 72). This partly explains why the average biodiversity score is higher in Table 2 than in Table 1.

A comparison of Table 1 and 2 reveals that the average bid in the auction simulation is 2964 euros, while the actual average bid was 1757 euros, giving a saving of 1207 euros in the actual TNV pilot. The information rents in the simulation model are 2964 euros; thus, much higher than the estimated information rents in the actual case (568 euros). These findings reinforce the impression that TNV pilot with tendering features invites conservation-minded landowners to submit their stands to the program.

This conclusion can be further strengthened when one distinguishes between net present value maximizing and conservation-minded landowner types (the former approximated by the Faustmann model and the latter by the Hartman model). Using the commercial rotation age, JUUTINEN *et al.* (2011) demonstrate that for the Faustmann landowners, the actual information rent is on average 1000 euros over the 10 year period making roughly 55% of the total payment made to landowners. For Hartman landowners the picture looks very different. Now each individual landowner resorts to a rotation age based on their personal amenity

Table 2:

Biodiversity auction: the number of enrolled stands and their average characteristics by forest types.

(Conservation budget 200 000 €)

Source: Juutinen and Ollikainen (2010).

Forest type (age class)	Enrolled stands	Diversity score	Bids, €/ha	Costs €/ha	Rents €/ha
Herb-rich (100)	7	0,80	3183	1629	1554
Herb-rich (60)	7	0,73	2914	576	2338
Herb-rich (40)	5	0,70	2804	-326	3129
Mesic (120)	15	0,76	3027	1501	1526
Mesic (70)	17	0,75	3009	440	2569
Mesic (55)	7	0,71	2831	-44	2874
Dryish (140)	6	0,72	2866	662	2204
Dryish (85)	3	0,69	2779	129	2651
All	67	0,74	2964	714	2250

valuation. When only costs from delayed harvest are accounted for, Hartman landowners receive extremely low and even negative information rents. The average information rent is only 152 euros and makes just 3% of the total payments. The Finnish TNV pilot really provided conservation-minded landowners a platform to conserve biodiversity. Equally importantly, for Faustmann landowners the TNV offered an alternative to immediate harvesting and rational landowners clearly used this opportunity whenever it was the more profitable option.

I regard this new development as a fatal drawback. Creative thinking is needed to reintroduce and restore the true tendering-based character of the TNV program despite EU's and officials negative attitudes.

Markku OLLIKAINEN
Professor of
environmental and
resource economics
University of Helsinki
Department
of Economics
and Management
Mél: mollikai@mappi.
helsinki.fi

M.O.

Conclusions

The Finnish pilot Trading in Nature Values on forest biodiversity conservation provides an interesting, innovative and successful application of a new payment instrument to finance the provision of forest ecosystem services. The TNV provided landowners with conservation motives a good opportunity to participate in the biodiversity conservation. It was equally significant that the landowners' participation was active and they valued the chosen voluntary participation and payment method. Furthermore, awareness on the importance of forest biodiversity increased thanks to the pilot.

A mid-term evaluation of the whole METSO program in 2010 regarded the TNV and the whole program highly successful. The TNV pilot was extended from Satakunta region to the whole of Southern Finland. Unfortunately, however, the rules of TNV have been changed. Now only very narrowly determined conservation costs are compensated to landowners. This has much reduced the use of the TNV system. The reason for this obvious drawback is to my understanding two-fold. First, the European Union criticized Finland for using a system, which compensates for benefits and does not focusing solely on the compliance costs. Second, the TNV pilot required active cooperation between officials in forestry and environmental organizations belonging to two different ministries. Obviously official on both organizations preferred a system, where cooperation was not needed.

References

- Juutinen, A. and M. Ollikainen 2010. Conservation contracts for forest biodiversity. Theory and experience from Finland. *Forest Science* 56, 201-211.
- Juutinen, A., E. Mäntymaa and M. Ollikainen 2011. Are information rents excessive in environmental bidding systems? A study of the Finnish program for biodiversity conservation. *Submitted manuscript*.
- Latacz-Lohman, U., and C. van der Hamsvoort. 1998. Auctioning Conservation Contracts: A Theoretical Analysis and an Application. *Am. J. Agric. Econ.* 79:407-418.
- Mäntymaa, E, A. Juutinen, M. Mönkkönen, and R. Svento 2009. Participation and compensation claims in voluntary forest conservation: A case of privately owned forests in Finland. *Forest Policy and Economics* 11, 498-507.

Summary

Financing biodiversity in private forests: The METSO programme

The Millennium Ecosystem Assessment defines ecosystem services generally as the benefits people obtain from the ecosystems. The provision of ecosystem services falls short of achieving the socially desirable level, thanks to such reasons as undefined property rights, capital market imperfections and externalities. Payments for ecosystem services (PES) provide a means to overcome externality problems and increase the maintenance and provision of ecosystem services, which otherwise would provide a too low return to landowners in comparison to what they can obtain from land conversion to ordinary business purposes. PES consists of a set of voluntary financial instruments and arrangements between ecosystem service providers and benefitors, sometimes through a mediator, like the government. PES can and also have been used to promote the provision of biodiversity benefits, carbon sequestration, and water services among others.

This paper examines the recent experience from applying bidding systems for forest biodiversity. The Finnish Metso programme is discussed as an example of voluntary bidding systems, which are mediated by the government and are capable to encourage participation of conservation-minded forest landowners.

Keywords : externalities, payments for ecosystem services, bidding systems

Résumé

Le Millenium Ecosystem Assessment définit généralement les services écosystémiques comme les bénéfices reçus par les populations à partir des écosystèmes. La fourniture de services écosystémiques est loin d'atteindre le niveau socialement souhaitable, à cause de lacunes telles que les droits de propriété non définis, les imperfections du marché des capitaux et les externalités. Les paiements pour services écosystémiques (PSE) proposent un moyen de surmonter les problèmes d'externalité et d'augmenter la pérennité et la fourniture de services écosystémiques, qui autrement auraient un rendement trop faible pour les propriétaires en comparaison de ce qu'ils peuvent obtenir auprès de la conversion des terres à des fins de transactions commerciales ordinaires. Le PSE est composé d'un ensemble d'instruments volontaires et arrangements financiers entre les fournisseurs de services écosystémiques et les bénéficiaires, parfois par le biais d'un médiateur, comme le gouvernement. Le PSE a été utilisé pour promouvoir la fourniture de bénéfices pour la biodiversité, la séquestration du carbone et la ressource en eau, entre autres.

Cet article présente plus particulièrement l'expérience récente de l'application du système d'appel d'offres pour la biodiversité des forêts en Finlande. Le programme finlandais METSO est discuté comme un exemple de systèmes d'enchères volontaires, qui sont coordonnés par le gouvernement et sont capables d'encourager la participation des propriétaires forestiers soucieux de la conservation.

Mots-clé : externalités, paiements pour services écosystémiques, systèmes d'enchères.

Création participative du Parc naturel de Bouhachem (Maroc)

par Nisrin ALAMI

Dans le cadre de la Semaine forestière méditerranéenne d'Avignon, l'Association Internationale Forêts Méditerranéennes (AIFM) et le Plan Bleu¹, ont organisé trois sessions sur le thème "Forêt, sociétés et territoires". Ces sessions avaient pour objectif de promouvoir une approche territoriale et intersectorielle de la gestion forestière et des initiatives d'amélioration de la gouvernance forestière. Elles se sont appuyées sur la présentation d'expériences territoriales de gestion participative, comme ici, l'exemple de la création du Parc naturel régional de Bouhachem au Maroc.

Le Conseil régional Tanger-Tétouan (CRTT) a initié une démarche de développement local et durable sur le territoire rural de Jbel Bouhachem (Nord du Maroc, Rif), choisi pour sa fragilité et la richesse de son patrimoine naturel et culturel. Cette démarche, unique et expérimentale au Maroc, s'est inspirée de celle mise en œuvre pour créer un Parc naturel régional en France. Le projet de Parc naturel de Bouhachem (PPNB) a bénéficié dès le démarrage de l'appui méthodologique du Parc naturel régional du Luberon (France), dans le cadre de l'accord-cadre de coopération entre le CRTT, le Conseil régional Provence-Alpes-Côte d'Azur et l'association France Volontaires.

Le CRTT, disposant des compétences en matière d'aménagement du territoire, de protection de l'environnement et de développement socio-économique a décidé, dès 2001, de faire émerger un nouveau mode de gestion durable des ressources naturelles et de développement durable impliquant l'ensemble des acteurs locaux. Ceci a donné lieu au projet expérimental de Parc naturel de Bouhachem.

Le PPNB, situé au Nord du Maroc, dans le Rif, est porté par le CRTT, six communes rurales (Derdara, Tanaqoub, Laghdir, Beni Leit, Al Ouad, Tazrout) et trois Assemblées provinciales (Chefchaouen, Tétouan, Larache). La zone d'étude s'étend sur 105 000 ha, dont la moitié appartient au domaine forestier, et abrite plus de 48 000 habitants (les territoires de tribus ou douars y sont au nombre de 159).

La montagne « Jbel Bouhachem » constitue un patrimoine historique, culturel, religieux et naturel d'importance significative, mais menacé par une déforestation croissante essentiellement due aux incendies et défrichements. Elle a été classée en Site d'Intérêt Bio-Ecologique (SIBE) de priorité 1 en 1995. D'une superficie de 8000 ha, ce SIBE en forme de vaste demi-cercle constitue le cœur du PPNB. Le territoire du PPNB contient une dizaine d'habitats naturels à très haute valeur patrimoniale, dont la zénaie, la tauzaie, la suberaie, les pinèdes naturelles à pin maritime du Maghreb et cédrailles, les oueds à Laurier du Portugal.

1 - En partenariat avec la FAO-Silva Mediterranea, le Réseau méditerranéen des forêts modèles (RMFF), l'Association des propriétaires forestiers méditerranéens (ARCMED) et Communes Forestières (COFOR) International.

Les missions du projet fixées par la Charte

1. **Protéger** : le patrimoine naturel et culturel, promouvoir une gestion des milieux et des ressources naturelles adaptée à un développement durable et lutter contre les pollutions
2. **Aménager** : contribuer à un aménagement durable du territoire au côté des partenaires intéressés
3. **Développer** : contribuer au développement économique, social, culturel et à l'amélioration de la qualité de la vie sur le territoire
4. **Informier** : assurer l'accueil, l'information et l'éducation du public et promouvoir les démarches participatives des habitants
5. **Expérimenter** : encourager les actions expérimentales et reproductibles dans les domaines cités ci-dessus et contribuer à des programmes de recherche et de coopération internationale.

vinciales et CRTT), des services de l'Etat, des associations à la Charte du Parc ;

– Mise en place du groupement des communes pour la mise en place et la gestion du PPNB ;

– Réalisation, en accord avec la Charte, de 9 microprojets d'amélioration des infrastructures de base et de 9 microprojets en appui technique aux associations locales développant des initiatives de tourisme rural et culturel, de sensibilisation et d'éducation à l'environnement, etc.

– Construction et équipement de la Maison du futur PNB et d'un écomusée (Jbala).

Les différentes étapes du projet

Phase 1 : Etude de faisabilité du projet (2001-2002) :

- Délimitation du territoire du projet de Parc naturel de Bouhachem (identité et cohérence géographique, économique, sociale ou culturelle) ;
- Identification des axes prioritaires de développement durable ;
- Inventaires et diagnostic territorial ;
- Mobilisation des différents acteurs autour de ce projet.

Phase 2 : Elaboration concertée de la Charte du territoire et identification de microprojets illustrant la démarche du Parc (2003-2004)

- Constitution d'un conseil scientifique et d'un conseil associatif ;
- Définition, avec les acteurs du territoire, des orientations et des objectifs du PNB pour les 20 années à venir ;
- Détermination d'un programme d'actions pluriannuel et des moyens nécessaires à sa réalisation ;
- Elaboration des statuts et du mode de fonctionnement de l'organe de gestion du futur Parc ;

Phase 3 : Création de l'organisme de gestion et réalisation de microprojets de préfiguration (2004 à aujourd'hui)

- Adhésion volontaire des collectivités locales (communes rurales, assemblées pro-

Perspectives du projet et difficultés

Après la mise en place du groupement des communes et, conformément à la Charte, les porteurs du PPNB devront réaliser les actions suivantes :

- vote du budget annuel de fonctionnement et d'investissement et mise en place des projets envisagés dans le plan et le programme d'action du projet ;
- recrutement d'un(e) directeur(e) du Parc et d'une équipe technique ;
- réflexion de fond sur le rôle et la place des Parcs naturels au Maroc.

Ce PPNB avance progressivement et patiemment. Certains éléments freinent cependant son développement. Tout d'abord, le vide juridique sur les Parcs naturels est en passe d'être comblé depuis la promulgation de la nouvelle loi 22-07 sur les aires protégées (16 août 2010) qui définit les « Parcs naturels » (ils pourront notamment être gérés par des collectivités territoriales). De plus, le concept de Parc n'est pas toujours bien assimilé par les acteurs locaux : ceux-ci souhaitent des résultats concrets à court terme alors que la démarche s'inscrit bien dans la durée. Enfin, le PPNB manque actuellement d'une structure d'animation et de coordination entre les acteurs locaux qui assurerait la nécessaire continuité du projet.

Nisrin ALAMI
Conseil régional
Tanger-Tétouan
Maroc
Mél :
nisrin_parc@yahoo.fr

N.A.

Creating the Bouhachem Nature Park with a participatory approach (Morocco)

by Nisrin ALAMI

In the framework of the Mediterranean Forest Week of Avignon, the International Association for Mediterranean Forests (AIFM) and Plan Bleu, organised three sessions on "Forests, societies and territories". The objective of these sessions was to promote a territorial and intersectorial approach for forest management and initiatives aimed at improving forest governance. They began with presentations of territorial experience of the participatory management of Mediterranean wooded ecosystems such as the Bouhachem Nature Park in Morocco.

1 - Jointly with FAO/Silva Mediterranea, the Mediterranean Model Forest Network (MMFN), the association of Mediterranean forest owners (ARCMED) and COFOR International.

The Tangiers-Tetouan Regional Government Council (TTRC) has set up an initiative for local sustainable development in the rural area of Jbel Bouhachem (Rif area of Northern Morocco), chosen on account of its fragility and rich natural and cultural heritage. This undertaking, unprecedented and experimental in Morocco, took its inspiration from the procedure defined in France for setting up regional nature parks. From its very beginnings, the project for the Bouhachem Nature Park (PBNP) has benefited from the methodological back-up of the Luberon Regional Nature Park in S.-E. France, within the framework agreement for cooperation between the TTRC, the Province-Alpes-Côte d'Azur (France) Regional Government Council and the France-Volontaires Association.

In 2001, the TTRC, whose effective scope includes land use and development, environmental protection and socio-economic development, decided to foster a new mode of sustainable management for natural resources and sustainable development which was to involve the whole range of local stakeholders and residents. The upshot has been the experimental project of the Bouhachem Nature Park.

The PBNP, located in Northern Morocco in the Rif region, is backed by the TTRC, 6 rural municipal councils (Derdara, Tanaqoub, Laghdir, Beni Leit, Al Oued and Tazrout) and 3 Provincial Assemblies (Chefchaouen, Tetouan, Larache). The zone under study extends over 105,000 ha., of which half is forested, and has 48,000 inhabitants (there are 159 tribal or douar areas).

The Jbel Bouhachem Mountain comprises an historical, cultural, religious and natural heritage of premier importance but is under threat from increasing deforestation due largely to wildfire and clearing. The site was classified as a Priority 1 Site of Biological and Ecological Interest (SBEI) in 1995. Encompassing 8,000 ha., this SBEI, shaped like a half-circle, constitutes the heart of the PBNP. The Park territory contains a dozen natural habitats of very great heritage value, including zeen, Tauzia, and cork oak stands, natural forests of

The project's purposes as fixed by its Charter:

1. **Protection:** of natural and cultural heritage, foster management of habitats and natural resources in keeping with sustainable development, and fight pollution.
2. **Land use:** contribute to sustainable land use and improvement throughout the defined territory, side by side with the partners involved.
3. **Development:** contribute to economic, social and cultural development as well as to the quality of life throughout the defined territory.
4. **Information:** ensure the welcome of the public, provide information and education and promote the participatory approach of the inhabitants.
5. **Experimentation:** encourage experimental, repeatable action in the fields referred to above, and contribute to international programmes for research and cooperation.

North African maritime pine and cedars and oueds with Portuguese laurel.

The different stages of the project

Stage 1: Feasibility study (2001-2002)

- Delimiting the land area for the Bouhachem Nature Park project (geographical identity and coherence);
- Identifying the priority lines of sustainable development;
- Mobilisation of the different parties around the project.

Stage 2: Drafting with local concertation the Framework Charter for the defined area and identification of micro-projects illustrating the Park's undertaking (2003-4)

- Setting up the scientific and association councils;
- Defining, with all those effectively involved in the defined area, the orientation and objectives of the Bouhachem Nature Park for the coming 20 years;
- Drafting the Articles of Association and defining how the management body responsible for the future park will function.

Stage 3: Setting up the management structure and carrying out the prototype micro-projects (2004-present)

- Voluntary membership of local and regional government authorities (rural

municipal councils, provincial assemblies, the TTRC);

– Municipalities grouped into districts for the inception and management of the PBNP;

– Carrying out, in accordance with the Charter, of 9 micro-projects for the improvement of basic infrastructure and 9 others as technical back-up for local associations developing initiatives in rural and cultural tourism, raising awareness and education in environmental matters etc;

– Building and equipping the Centre for the future Park and an ecomuseum (Jbala).

Perspectives for the project and difficulties

After the establishment of the district groupings of municipalities, those involved in the PBNP must, in accordance with the Charter, carry out the following actions:

- Adopt the annual operating and investment budget and set up the projects scheduled by the project's action plan and programme.
- Appoint a Park director and technical staff.
- Reflect seriously on the role and place of nature parks in Morocco.

The PBNP is gradually and patiently making headway. Even so, some aspects are hindering progress. Firstly, the legal vacuum surrounding nature parks is in the process of being filled with the promulgation of the new Act 22-07 on Protected Areas (16 August 2010) which defines "nature parks" (it will be possible for local and regional government authorities to manage them). Also, the concept of the park has still not been fully embraced by local stakeholders and others involved: these people want tangible results in the short term whereas the whole undertaking has a long-term perspective. Lastly, at the moment the PBNP lacks a structure for bringing drive and coordination to the local people involved and which will ensure the project's vital continuity.

Nisrin ALAMI
Conseil régional
Tanger-Tétouan
Morocco
Email:
nisrin_parcs@yahoo.fr

N.A.

Problématique de la gestion forestière à l'Union des municipalités de Dannieh (Liban Nord)

par Mohamed SAADIEH

Après avoir décrit le contexte général et la problématique forestière de la région de Dannieh au Nord Liban, l'auteur nous apporte le témoignage de la mise en place d'une gestion participative à travers le projet de Parc national, sans occulter les difficultés liées à la diversité et au nombre de parties prenantes, ainsi qu'à la complexité de la gouvernance des aires protégées, qui ralentissent le processus.

Malgré de nombreux préjugés qui classent Dannieh comme une zone terroriste, cette région du Nord Liban respire les ferventes traditions libanaises dans un cadre naturel idyllique. Montagnes majestueuses, vallées verdoyantes et hospitalité jamais démentie de ses habitants (Cf. Photo 1). Dannieh est avant tout une région magnifique peuplée d'âmes paisibles, simples, qui cultivent aussi bien leurs terres que le "vivre ensemble".

Pourtant, l'absence de référentiel commun concernant la gestion du patrimoine naturel conduit à sa dégradation et pose la question de sa conservation. Les forêts (pin, genévrier, cèdres, chênes...) sont une des premières richesses de ce territoire, elles sont pourtant en danger : déforestation, non régénération... C'est pourquoi nous sommes convaincus qu'une gestion durable des forêts de Dannieh passe par la création de réserves naturelles au sein d'une démarche territoriale et participative.

Nous verrons ici, après avoir fait un état des lieux de la problématique forestière locale, pourquoi il est nécessaire de créer des cadres adéquats à la gestion des forêts, en y associant habitants et territoires.

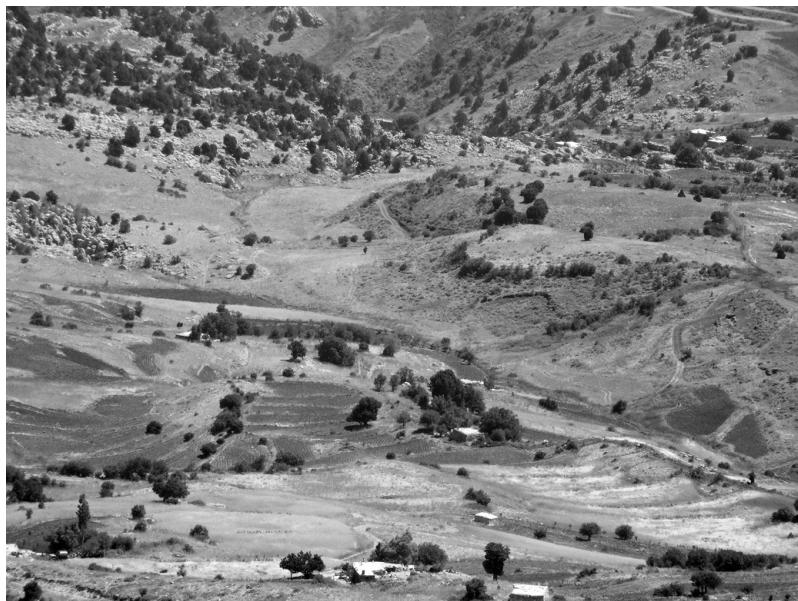


Photo 1 (en haut) :

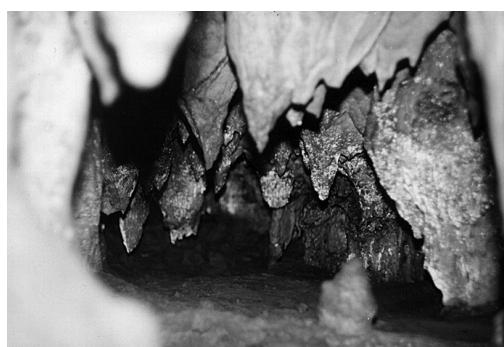
La Plaine de Mrebbine dans la région de Dannieh (Nord Liban)

Photo 2 (ci-dessus) :

La région de Dannieh compte de nombreuses sources d'eau potable...

Photo 3 (ci-contre) :

... ainsi que de nombreuses grottes



Présentation du contexte général de Dannieh

La préfecture de Minié-Dannieh est une des vingt-cinq préfectures du Liban. Elle se situe au Nord du pays et son altitude commence au niveau de la mer et culmine à 3093 m.

La sous-préfecture de Dannieh couvre 74 villes et villages avec un nombre d'habitants évalué à 162 000. La population est majoritairement de confession musulmane sunnite (86%), mais on trouve aussi des grecs orthodoxes (7%), des maronites (6%) et d'autres minorités chrétiennes. Ces différentes confessions vivent en coexistence paisible, pour preuve la région n'a pas été touchée par la guerre civile libanaise.

Dannieh a été historiquement négligée par les services publics, les relais locaux et les différentes coopérations externes. Même le secteur associatif — ONG ou fondations — n'est présent que de manière limitée. Son relatif éloignement géographique des centres de décision (Beyrouth) l'ont écartée des principaux projets d'infrastructures et la zone ne participe que modestement à l'économie nationale. Vu ces caractéristiques, la stratégie de survie d'une bonne part de la population rurale est basée sur l'exode, soit vers les agglomérations urbaines, soit vers l'étranger.

Dannieh est considérée comme la plus défavorisée des *caza* libanaises, malgré sa richesse en ressources hydrologiques (366 sources d'eau potable) (Cf. Photo 2) et forestières, le point culminant du Moyen-Orient, Qornét Es-Saouda (le Sommet Noir) à 3093 m et la vallée la plus profonde, Wadi Jéhannam (vallée de l'enfer), près de 800 m. La région possède également de nombreuses grottes et vestiges archéologiques, ainsi qu'un grand pourcentage de terres agricoles (Cf. Photo 3). Le travail de la terre s'effectue sur les terrasses typiques de l'agriculture méditerranéenne (Cf. Photo 4) et constitue la principale source de revenus pour la région.

Le patrimoine forestier de la région est exceptionnel par sa diversité et son étendue. Trois zones forestières distinctes sont dans le processus de classement en réserves naturelles : la forêt de genévrier *Juniperus excelsa* (300 hectares), la forêt de cèdres *Cedrus libani* (210 hectares) et la forêt de pins pignons et pins d'Alep (380 hectares).

Afin de gérer ce patrimoine naturel et historique (Cf. Photo 5), une Union des municipalités de Dannieh (UMD) a été créée en décembre 2004. Cette union regroupe 25 municipalités et a pour but de faciliter l'aménagement du territoire et le développement local.

La problématique forestière locale

La région de Dannieh dispose d'un des rares espaces de biodiversité dans la région avec 800 hectares de forêts naturelles destinées à être classées comme réserves naturelles. Les genévriers, les cèdres, les pins et les chênes (Cf. Photo 6) sont les principales espèces caractéristiques de la région. Ces richesses naturelles sont des atouts considérables qu'il convient d'étudier afin de planifier une stratégie de gestion durable.

Biodiversité en danger, l'exemple du genévrier

Le genévrier *Juniperus excelsa* est connu sous le nom de *Lazzab* au Liban. La forêt de genévrier à Dannieh s'étend sur une superficie de 300 hectares de terrains publics, à des altitudes comprises entre 1500 m et 3000 m.

A noter que les genévriers ont un habitat plus vaste que celui des cèdres, qui ne peuvent pas résister aux conditions climatiques des altitudes supérieures à 2000 m. Cette forêt de genévrier (Cf. Photo 7) couvre trois communautés locales, Kfarbebnine, Jairoun et Qmemine. Les genévriers ont une plus longue durée de vie que les cèdres. Les genévriers atteignent l'âge de maturité entre 50 et 60 ans, contre 10 à 15 ans pour l'olivier et le pin, et 40 à 50 ans pour le cèdre.

Une des utilisations traditionnelles des genévriers consistait à produire du goudron à partir de la sève pour le traitement des maladies du bétail, en particulier la gale, mais aussi pour se débarrasser des insectes et des reptiles. Le fruit des genévriers est réputé pour ses propriétés antioxydantes et thérapeutiques, assez efficaces contre certaines maladies fongiques.

La problématique majeure de cette forêt est la réduction catastrophique de la reproduction naturelle, principalement due au



De haut en bas :

Photo 4 : Terrasses typiques de l'agriculture méditerranéenne

Photo 5 : La forteresse de Sfiré, témoin du patrimoine historique de la région

Photo 6 : Les chênes sont parmi les essences les plus caractéristiques de la région



De haut en bas :

Photo 7 : Le genévrier (*Juniperus excelsa*) est connu sous le nom de Lazzab au Liban

Photo 8 : Charbonnière artisanale : la zone forestière de Dannieh est victime d'une production anarchique de charbon

Photo 9 : La Grive litorne (*Turdus pilaris*) connue sous le nom de Kaykhan, se nourrit des fruits des genévriers.



déclin d'une espèce d'oiseaux, un passereau, la Grive litorne *Turdus pilaris* (Cf. Photo 9 *Turdus*) connue sous le nom de « Kaykhan » par les communautés locales. Ce passereau se nourrit des fruits des genévriers. Or le processus naturel de reproduction des genévriers nécessite le passage du fruit dans le système digestif de cet oiseau. Pour germer,

les fruits doivent être digérés afin de perdre leur coque avant d'être disséminés sous forme d'excréments qui tombent loin de l'arbre mère.

De plus, cette zone forestière est déjà victime d'un développement désordonné de l'habitat, de pratiques d'élevage inadéquates, d'une production anarchique de charbon (Cf. Photo 8) et de défaillances des systèmes de lutte contre les incendies.

C'est pourquoi il est nécessaire de construire, dès maintenant,, un plan de gestion durable des forêts de genévriers. En effet, l'effondrement de la population des genévriers ne peut être compensé qu'après des centaines d'années. La disparition du genévrier serait une catastrophe nationale et environnementale qui nécessitera des efforts importants pour le maintenir.

Si les forêts occupent une grande partie de la superficie de Dannieh, il en va de même pour les parcelles agricoles. Ces parcelles constituent un atout majeur pour la région, mais posent également des problèmes qu'il convient de résoudre.

Agriculture

L'agriculture de la région est relativement peu développée, si on la compare à celle de la Bekaa ou des plaines côtières. Le secteur agricole à Dannieh est souvent peu soucieux de son impact sur l'environnement et l'emploi d'une conduite agricole durable reste l'exception.

Malgré l'abondante couverture végétale de la zone, due aux précipitations relativement importantes, on constate l'accentuation de l'érosion des sols sur les pentes et la perte de biodiversité. Ces deux derniers phénomènes sont liés à la mise en culture des terres forestières.

Le développement de l'agriculture traditionnelle est freiné par plusieurs facteurs, comme la faible compétitivité de ses produits sur le marché national, la mauvaise qualité, l'absence d'un encadrement de proximité, l'absence de services de formation, la difficulté d'accéder aux crédits et la faiblesse des infrastructures. Surtout, on note l'absence totale de stratégie de développement agricole locale.

Les modes de vie et les techniques agricoles ont considérablement évolué ces dernières années avec l'apparition de changements rapides dans la société libanaise. Ces

évolutions ont entraîné l'abandon des activités traditionnelles et font apparaître aujourd'hui deux autres problèmes majeurs, le surpâturage et la déforestation.

Surpâturage

Dans certaines régions, le paysage est gravement marqué par le surpâturage. Mais dans d'autres zones, l'absence de pâturage facilite le développement d'un sous-étage buissonnant qui conduit parfois à la perte de la biodiversité et au départ d'incendies.

D'où le besoin d'adopter un système de gestion qui devrait orienter les pratiques de pâturage vers l'intégration des processus naturels pour éviter la dégradation progressive des écosystèmes et la désertification. Ce système de gestion devrait être basé sur une définition correcte des chemins de pâturages (Cf. Photo 10) dans toute la zone, qui tiendrait compte de la capacité de charge des écosystèmes et de la richesse en biodiversité.

L'adoption d'un tel projet pastoral pourrait non seulement conduire à la régénération des forêts, mais aussi à la protection de la biodiversité, à la réduction des feux de forêt et à la protection des paysages caractéristiques des zones sylvo-agro-pastorales.

Surexploitation du bois

L'augmentation de la pression humaine (déforestation, exploitation forestière, techniques agricoles) a considérablement modifié la dynamique des écosystèmes.

Les arbres sont de plus en plus convoités pour leur capacité à fournir du bois de chauffage (Cf. Photo 11). Cela s'est traduit par une augmentation de la coupe dans les forêts pour fournir du combustible comme alternative aux combustibles fossiles qui sont de plus en plus chers. Cependant, les résidents estiment que leurs pratiques d'exploitation forestière ne sont pas nocives pour la durabilité des écosystèmes, alors que les conséquences sont déjà graves.

La conception d'une politique commune pour la région devra intégrer une gestion de la collecte du bois de chauffage basée sur les pratiques traditionnelles. Ces pratiques délaissées répondent aux besoins des populations locales tout en conservant le patrimoine naturel.

L'exploitation du bois soulève une seconde problématique, celle du charbon. Plusieurs



agriculteurs produisent du charbon de chêne ou de pin afin de compléter leurs maigres revenus. Or cette pratique, récemment interdite au Liban convient d'être encadrée pour plusieurs raisons. La population ne peut abandonner cette tradition, source de revenus nécessaires à sa subsistance. De plus, la fabrication du charbon s'obtient à partir de la taille des chênes et pins, ce qui participe à l'entretien de la forêt. L'interdiction de cette pratique au niveau national est donc un problème potentiel pour l'environnement, mais risque également d'appauvrir une population déjà peu riche. Il nous paraît donc important

De haut en bas :

Photo 10 : Pâturage

Photo 11 : Coupe de genévrier pour le bois de feu



Photos 12 et 13 :

De nombreuses décharges sauvages empiètent sur les zones forestières et les rivières.

En haut, déchets hospitaliers.

de légaliser cette pratique, tout en créant au niveau local les outils adéquats qui permettront une exploitation responsable et respectueuse des forêts.

Manque d'infrastructures

La région souffre d'un manque flagrant d'infrastructures, tant au niveau de l'eau potable, de l'irrigation, des eaux usées, du traitement des déchets et des routes agricoles.

Les sources d'eau qui alimentent la région en eau potable ne sont pas exploitées de manière à satisfaire les besoins locaux alors

que l'on trouve un réservoir d'eau potable dans chaque village. Ces réservoirs ont été construits sans être raccordés aux sources et se retrouvent donc à sec alors que la pluviométrie est importante et que le débit de ces sources est suffisant pour répondre aux besoins locaux en eau potable.

L'absence d'assainissement des eaux usées rend la nappe phréatique très polluée. Les eaux usées sont en effet rejetées dans des trous rudimentaires. Elles s'infiltrent et polluent terres, rivières et nappes phréatiques. Certains villages possédant un système de collecte des eaux usées déversent leurs égouts dans la vallée sans aucun traitement préalable. Ici, le manque d'infrastructures constitue une menace pour la communauté, dans la mesure où les eaux usées contaminent les eaux d'irrigation.

Enfin, l'absence de décharges pose un problème récurrent à la région. En effet de nombreuses décharges sauvages (Cf. Photo 12) (Cf. Photo 13) empiètent sur les zones forestières et les rivières.

On l'a vu, les atouts naturels de la région sont nombreux mais leur sous-utilisation, mauvaise utilisation ou destruction, ne permettent pas de répondre aux besoins de la population locale. C'est pourquoi il apparaît nécessaire de construire des outils de protection de l'environnement et de développement local afin de répondre aux besoins actuels. La population de Dannieh a de grands espoirs mais dans l'état actuel des choses, sans gestion commune, le potentiel et l'expertise ne permettent pas de répondre à ces enjeux.

Création de réserves naturelles

Afin de répondre aux différentes problématiques évoquées, la seule réponse appropriée est la création d'une ou plusieurs réserves naturelles sur le territoire du Dannieh en lien avec un parc naturel national englobant une région plus vaste.

Les organismes impliqués dans la gestion des aires protégées sont notamment le ministère de l'Environnement, le ministère de l'Agriculture, le ministère des Finances, le ministère de l'Eau et de l'Energie, le ministère de l'Intérieur et des Municipalités, les municipalités et groupements de municipalités, les organisations non-gouvernementales,

les institutions de recherches scientifiques ainsi que les communautés locales.

Ce vaste ensemble de parties prenantes et la complexité de la gouvernance des aires protégées rend le processus très lent et en manque de ressources humaines qualifiées. À ce jour et malgré plusieurs efforts, toutes les aires protégées continuent de dépendre en grande partie de fonds externes pour soutenir à la fois leurs coûts de conservation et d'infrastructures pour les visiteurs.

La région de Dannieh fait partie d'un potentiel parc naturel national en gestation pour le nord Liban (Akkar, Hermel et Dannieh). Ce parc a été suggéré par le Schéma directeur d'aménagement du territoire libanais et ratifié en 2005 par le Parlement libanais. Le but de ce parc est de valoriser l'environnement et les cultures locales tout en étant un outil pour le développement de la région. Cependant, après différentes études menées par des ONG, le ministère de l'Environnement et le Conseil de développement et pour la reconstruction (CDR), il apparaît que la catégorie suggérée, un parc naturel national, ne correspond pas à la région qui comprend des zones d'habitats, agricoles et touristiques.

Ce parc national pourrait toutefois comprendre différents types de protections selon les zones concernées. La réponse souhaitée pour Dannieh pourra être déterminée après une étude sur les types de protections adéquats aux problématiques évoquées ci-dessus.

Il convient ainsi de développer des stratégies de gouvernance des espaces naturels et forestiers en élaborant un plan de gestion participatif. La démarche de ce projet s'inscrit dans la poursuite des projets de développement local et d'appui à la gouvernance locale financés par des ONG pour développer une approche participative en ce qui concerne la planification et la mise en œuvre des projets de développement communautaire.

La recherche de collaboration avec des ONG internationales pour appuyer la stratégie de gestion des forêts à Dannieh dans le Nord Liban trouve sa justification dans l'existence de fortes inégalités territoriales en ce qui concerne le développement économique et social. Rappelons-le, Dannieh est particulièrement défavorisée par rapport à d'autres zones du pays et la situation sociale est particulièrement alarmante.

Démarche participative et priorités d'action

L'Union des municipalités de Dannieh (UMD) qui regroupe actuellement 25 villages membres a été créée en décembre 2004. L'UMD s'occupe de l'exécution et de la gestion des projets relatifs aux municipalités membres. Les intrants de la caisse municipale indépendante pour l'UMD sont minimes et ne peuvent assurer le financement de tous ses villages membres sans avoir recours aux interventions des ONG.

Le personnel de l'UMD est limité à quatre personnes ; un comptable, deux policiers et une secrétaire. Il y a une absence totale de comités d'urbanisme, d'environnement, de jeunesse et sports, santé et autres. Malgré ce manque en ressources humaines et expertise, l'UMD a pu réhabiliter la route principale de Dannieh et construire huit nouvelles routes inter-villages. De plus, l'UMD collabore fortement avec les acteurs intergouvernementaux de développement comme l'Union européenne, les Nations-Unis et l'USAID¹ afin de puiser toute l'expertise et le savoir-faire nécessaire pour contribuer au développement de la région.

Deux projets de développement communautaires, l'un financé par l'USAID et l'autre par l'Union européenne ont pu mettre en place une approche participative pour la planification et la mise en œuvre des projets de développement communautaire. Ces projets sont censés contribuer à l'unité nationale et à l'amélioration des conditions de vie des populations locales par la valorisation des potentialités de la région souffrant d'un déficit de développement.

Ces projets, avec l'initiative de l'UNDP-ART GOLD², consistent à élaborer une stratégie de développement local pour Dannieh. Ils s'inscrivent dans la politique du gouvernement libanais pour promouvoir de manière harmonisée le développement économique de toutes les zones du pays et de combattre la pauvreté, ainsi que dans les plans sectoriels de développement agricole et rural. De cette façon, la stratégie de développement du ministère de l'Agriculture met en évidence, entre autres le développement rural et des zones pauvres, l'augmentation du revenu agricole et la création de l'emploi dans le monde rural. Un respect particulier est attribué au schéma directeur d'aménage-

1 - USAID : United States Agency for International Development

2 - UNDP ou PNUD : Programme des Nations Unies pour le développement
ART GOLD : Appui aux Réseaux Territoriaux et Thématisques de Développement Humain



Photo 14 :
Carrière sauvage

Photo 15 :
Chasse



ment du territoire, élaboré par le CDR et la Direction générale de l'urbanisme.

Le projet de l'Union européenne s'articule autour de deux axes stratégiques : l'amélioration de la compétitivité du secteur agricole et des revenus des agriculteurs ainsi que la préservation et la valorisation du capital environnemental de la région.

En plus de ces deux projets, s'ajoute un projet financé par la GIZ dont les objectifs sont de faciliter le processus de déclaration

des réserves naturelles à Dannieh, de construire un sentier pédestre qui relie les zones forestières et construire une maison d'hôte pour l'éco-tourisme.

Ces projets permettront d'analyser de façon globale les atouts et les besoins de Dannieh afin d'élaborer une liste de projets prioritaires et des pistes qui devraient être adoptés par des interventions ultérieures.

Les actions mises en place doivent se concentrer sur un objectif principal : encourager la population locale à rester et travailler ses terres tout en incitant ceux qui ont quitté leurs maisons à revenir. Cet objectif pourra être atteint en affirmant et respectant la protection de l'environnement et de l'agriculture locale.

Les actions pourront se concentrer dans un premier temps sur le refus de tous les aspects de violation de l'environnement : abattage d'arbres, carrières sauvages (Cf. Photo 14), chasse (Cf. Photo 15) dans les zones concernées. Ainsi, la mise en place de postes de gardes forestiers pourrait, outre la création d'emplois pour les populations locales, faire respecter l'interdiction de chasse des oiseaux, déjà effective mais non assurée par défaut de surveillance. Ces mêmes gardes forestiers pourraient également résoudre le problème des carrières qui empiètent sur les forêts et dégradent le paysage.

D'autres emplois pourraient être créés sur ce modèle et ainsi diversifier les activités génératrices de revenus dans la région tout en impliquant encore davantage la participation effective de la population. La sélection du personnel devra être basée sur des critères nécessaires et sur leurs compétences, sans aucune discrimination fondée sur la religion en donnant la priorité aux femmes et aux jeunes générations. Ces créations d'emplois seraient enfin l'occasion de former un certain nombre de personnes à Dannieh sur les problématiques environnementales et de développement local

M.S.

Mohamed SAADIEH
Président de l'Union
des municipalités de
Dannieh
Liban
Tél. : + 961 6 242500
Fax : + 961 6 242300
Méls : president@
dannieh.com
msaadieh@hotmail.com

The Problems of Forestry Management in the Dannieh Municipal Union (North Lebanon)

by Mohamed SAADIEH

The author, having described the general context and forestry issues in the Dannieh region in the North Lebanon, bears witness to the implementation of participatory management via a project for a nature park, but without underestimating the difficulties related to the diversity and the number of stakeholders and people involved, nor the complexity of governance in protected areas which acts as a brake on the whole process.

Despite the numerous preconceptions that stigmatise the region of Dannieh as a terrorist zone, it is a fervent centre of Lebanese traditions in an idyllic natural setting, with majestic mountains, green valleys and unfailing hospitality from its inhabitants (See picture 1). Dannieh is first and foremost a magnificent region where a tranquil uncomplicated population cultivates both its land and the art of living happily together.

However, the absence of a commonly-agreed basis for managing the natural heritage has created problems of deterioration and conservation. The region's forests (pine, juniper, cedar, oak...), though one of its primary resources, are under threat: deforestation, non-renewal... It is for this reason that we believe that the sustainable management of Dannieh's woodlands must include setting up nature reserves within a framework based on a district and regional policy with broad citizen involvement.

In this article, after an overview of local forestry issues, we will see why it is necessary to set up adequate guidelines for the management of all the woodlands, with the involvement of the population and its elected institutions.



Picture 1 (top):

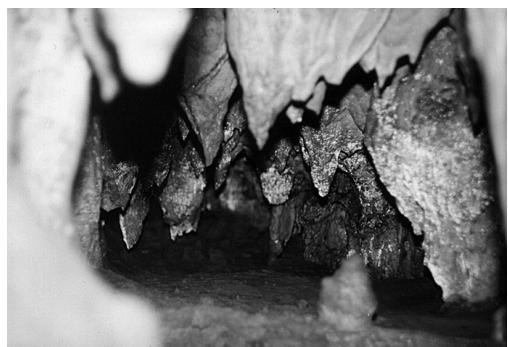
The Mrebbine plain in the region of Dannieh (North Lebanon)

Picture 2 (above):

The Dannieh region boasts many springs for drinking water...

Picture 3 (opposite):

... and numerous caves



Dannieh: background and context

The *préfecture* of Minié-Dannieh is one of twenty five in the Lebanon. Located in the north of the country, its altitude goes from sea level to 3,093 m.

The Minié-Dannieh sub-*préfecture* groups 74 towns/villages with a population given as 162,000 who are, in the main, Sunni Muslims (86%) with Greek Orthodox (7%), Maronite (6%) and other small Christian communities, all of whom live together in peaceful coexistence: the region was not a theatre of combat in the Lebanese civil war.

In relation to public services, local branches of organisations and more general collaboration, Dannieh has historically been a neglected area. Even voluntary institutions — NGOs and non-profit-making organisations — have only limited presence. The region's relative geographic isolation from centres of decision-making (Beyrouth) has meant a lack of big projects for infrastructure and the area's involvement in the national economy remains modest. Such features have meant that in order to survive, a fair share of the rural population has left the land, moving to urban centres or abroad.

Dannieh is considered to be the poorest of the Lebanon's *caza*, despite the wealth of its water (366 springs for drinking water) (See picture 2) and forestry resources and the presence of the highest point in the Middle East, Qornét Es-Saouda (the Black Summit), 3,093 m, as well as its deepest valley, Wadi Jéhannam (Hell Valley), about 800 m deep. There are also numerous caves, archeological remains and a large percentage of agricultural land (See picture 3). The land is worked in the traditional Mediterranean mode of terraced farming which is the region's main source of income (See picture 4).

Dannieh's forestry heritage is exceptional for its diversity and extent. Three distinct forest areas are presently undergoing certification as nature reserves: a juniper forest of *Juniperus excelsa* (300 ha), a cedar forest of *Cedrus libani* (210 ha) and an Aleppo and stone pine forest (380 ha). To manage this natural and historical heritage (See picture 5), the Dannieh Municipal Union (DMU) was set up in December 2004. It groups twenty

five municipalities with the aim of fostering land use and improvement and local development.

The issues in local forestry

The Dannieh region is home to one of the whole area's rare sites of biological diversity: there are 800 ha of natural woodlands and forest destined to be classified as nature reserves. Juniper, pine, cedar ad oak are the main species that characterise the region (See picture 6). They represent a major strong point for the region and as such demand study with a view to laying down a strategy for sustainable management.

Biodiversity under threat: the case of the juniper

The juniper *Juniperus excelsa* is known as "Lazzab" in the Lebanon. The juniper forest at Dannieh occupies 300 ha of publicly-owned land at altitudes from 1,500 to 3,000 m.

It should be noted that the juniper has a wider range than the cedar which cannot survive in the climatic conditions at altitudes above 2,000 m. The forest (See picture 7) extends over three local communities, Kfarbebnine, Jairoun and Qmemine. The life expectancy of the juniper is longer than that of the cedar, reaching maturity at between 50-60 years old whereas the cedar requires 40-50 years and the olive and the pine 10-15 years.

The traditional uses of the juniper were for a tar obtained from its sap, used in the treatment of animals affected with skin conditions as well as a repellent for insects and reptiles. The tree's fruit is well-known as an anti-oxidative and for its quite effective therapeutic properties against certain fungus diseases.

The main problem confronting these stands is the catastrophic failure in natural self-seeding due largely to the decline of a passerine species of thrush, *Turdus pilaris* (See picture 9), known locally as "Kaykhan" which feeds on juniper berries. The juniper's natural reproductive process requires that its seeds go through the digestive system of these birds. In order to germinate, the seed must be rid of its shell by being digested



From top to bottom:

Picture 4: The land is worked in the traditional Mediterranean mode of terraced farming

Picture 5: The Sfiré stronghold, an example of the historical heritage of the region

Picture 6: Oak is one of the main species that characterise the region



From top to bottom:

Picture 7:

The juniper (*Juniperus excelsa*) is known as Lazzab in Lebanon

Picture 8:

The forested areas of Dannieh have fallen victim to an anarchic production of charcoal

Picture 9:

The passerine species of thrush, *Turdus pilaris*, is known locally as "Kayhan"



prior to dissemination in excrement dropped a long way from the parent tree.

In addition, the forested areas have fallen victim to the disorganised spread of housing, unsuitable practices in animal husbandry, an anarchic production of charcoal and failures in the firefighting systems (See picture 8). Thus, there is an immediate need to establish a plan for the sustained management of these juniper forests. The turning round of such forests after their collapse requires hundreds of years. The disappearance of the juniper would be a national and environmental disaster; maintaining them will necessitate effort.

While forests cover a large part of Dannieh's territory, plots of agricultural land are also extensive. These, too, represent a precious resource for the region but they also raise issues that must be tackled.

Agriculture

Agriculture in the region is fairly undeveloped in comparison to that of the Bekaa or the coastal plains. Agriculture in the Dannieh area often shows little awareness of its impact on the environment and a reasoned farming methodology is the exception.

Despite the prolific plant cover thanks to the region's relatively abundant rainfall, there is a clear worsening of soil erosion on the slopes and the loss of biodiversity. Both these phenomena are linked to the clearing of woodlands for agriculture.

The development of traditional agriculture is hindered by several factors: the region's products are not competitive on the national market, their poor quality, the lack of local management capacity, the absence of training facilities, the difficulty of obtaining loans and inadequate infrastructure. Above all, there is the total absence of local farming development policy.

Life styles and agricultural techniques have changed considerably in recent years as Lebanese society has itself evolved rapidly. Such changes have led to the abandonment of traditional activities, giving rise to two other major problems: deforestation and over-grazing.

Over-grazing

In certain areas the countryside has been badly affected by overgrazing. Yet in other

areas the absence of grazing facilitates the development of shrubby undergrowth which on occasion leads to the loss of biodiversity and the outbreak of wildfire.

This situation underlies the need for a management system that should direct grazing practices towards their integration into natural processes, thus avoiding the gradual deterioration of ecosystems and eventual desertification. Such a management system needs to be based on the right choice of grazing trails (See picture 10) throughout the whole area, taking into account the level of use the ecosystems can bear and the richness of the biodiversity.

The adoption of such a grazing framework would lead not only to a regeneration of the woodlands but, also, to the protection of biodiversity, a reduction in wildfire and the protection of landscapes characteristic of a mix of farming, pastoralism and sylviculture.

Over-use of wood

The increase in pressure from human activity (deforestation, the forestry industry, farming techniques) has considerably modified the dynamics of ecosystems.

Trees have become ever more desirable as firewood (See picture 11). This has resulted in increased felling in the forests as a substitute is sought for fossil fuels whose price goes up even more. Yet the local inhabitants do not consider that their forestry methods are harmful to ecosystems when in fact the damage done is already serious.

The design of a commonly-agreed policy for the region must include the management of firewood on traditional lines. These neglected practices met the needs of the local population and at the same time preserved the natural heritage.

Cutting wood raises a second issue: the production of charcoal. Several farmers produce charcoal from pine and oak to supplement their low income. This activity has recently been made illegal in the Lebanon but it should be conducted within appropriate guidelines for various reasons. The population, in need of subsistence funds, cannot just give up this profitable source of income. Also, charcoal production uses the prunings and slash from oak and pine, representing a contribution to the upkeep of the forest. The prohibition of this activity at a national level is thus a potential problem for the environ-



From top to bottom:

Picture 10: Grazing practices should be directed towards their integration into natural processes.

Picture 11: Juniper used as firewood.



Pictures 12 et 13:

In the region, unregulated fly tipping encroaches on woodland areas and rivers

ment at the same time as it pauperises people who are already in difficult financial straits. It seems to us necessary to legalise charcoal burning while establishing a suitable framework at the local level to ensure that cutting is done in a responsible, forest-friendly manner.

Lack of infrastructure

The whole region suffers from a flagrant lack of infrastructure, be it for drinking and irrigation water, waste and wastewater treatment or the rural road network.

The water resource supplying drinking water to the region is not exploited well enough to meet local needs whereas there is a reservoir for drinking water available in every village. These reservoirs were built without a connection to springs and as a result are often empty and dry despite the high level of rainfall and the flow-rate of the spring water adequate for local demand.

The absence of sewage systems is the cause of severe pollution of the groundwater. Wastewater is discharged into summary holes from where it filters down to pollute the soil, rivers and the water table. Some villages with a system for collecting wastewater dump their sewage in the valley without any prior treatment. Here the lack of infrastructure puts the community at real risk insofar as the effluents contaminate the irrigation water.

Finally, the absence of proper dumps poses a recurrent problem in the region because unregulated fly tipping encroaches on woodland areas and rivers (See pictures 12 and 13).

So, as we can see, the region's natural wealth and attractions are considerable but their neglect or poor use or destruction prevent them from meeting the needs of the local population. This is why it is necessary to put into place in the light of current needs suitable tools for protecting the environment and for local development. The population of Dannieh is full of hope but in the present state of affairs, without shared management, the potential and know-how cannot really take up the challenges.

Creating nature reserves

To deal with the issues raised here, the only appropriate response is to set up one or more nature reserves in the Dannieh region linked to a national nature park covering a much wider area.

The institutions involved in the management of protected areas are notably the Ministries for the Environment, of Agriculture, Finance, Water and Energy, the Ministry of the Interior and Local Authorities, municipal and district councils, non-governmental organisations, scientific research bodies, as well as local communities at large.

This vast array of parties involved, along with the complexity of the governance for protected areas, makes the whole process very slow and qualified people are lacking. Up to now, and despite several initiatives, all existing protected areas continue to depend in large measure on external funding to meet the costs of conservation and the facilities for receiving visitors.

The Dannieh region forms a part of a projected national nature park in the Northern Lebanon (Akkar, Hermel and Dannieh) presently on the drawing board. This park is the idea of the "Framework Plan for Land Use and Development in the Lebanon" which was ratified in 2005 by the Lebanese parliament. The aim of this park is to enhance the value of the environment and local cultures and at the same time serve as a tool for regional development. However, in the light of the various studies carried out by ONGs, the Ministry for the Environment and the Council for Development and Reconstruction (CDR), it would seem that the region's profile does not fit in with the category of park suggested, a national nature park, because the region includes residential, agricultural and tourist areas.

This national park could nevertheless benefit from different forms of protection, depending on the zones involved. The possibilities for the Dannieh region will be determined after a study of the kinds of protection suited to the issues considered above.

What is required is to develop strategies for the governance of natural and woodland and forested areas through the drafting of a management plan calling on widespread participation. The whole undertaking forms part of the furtherance of projects for local development and for back-up for local governance funded by ONGs with the aim of fostering a participatory approach in planning and implementing projects for community development.

Initiatives for collaborating with international ONGs in support of a management strategy for the forests of the Dannieh region in the North Lebanon are amply justified by the existence of great disparities in economic and social development from one smaller area of the region to another. Let us not forget that Dannieh is in a particularly unfavourable position compared to other parts of the country and its social situation is especially alarming.

Participatory undertakings and priority action

The Dannieh Municipal Union (DMU) was set up in December 2004 and currently groups twenty five member municipalities. The DMU is responsible for the implementation and management of projects involving the member municipalities. The income of the separate municipal account for the DMU is minimal and cannot finance all its member villages without funding from the ONGs.

The staff of the DMU is limited to four people: an accountant, two police officers and a secretary. There is a total absence of commissions for planning, youth and sport, the environment, health and so on. Despite this lack of resources, the DMU has been able to renovate the main road in Dannieh and build eight other roads between villages. In addition, the DMU works in collaboration with other intergovernmental parties involved in development, such as the EU, UNO, the USA and USAID, thus benefiting from all the expertise and know-how needed to enhance the development of the region.

Two community development projects, one financed by USAID¹ the other by the EU, have succeeded in instituting a participatory approach for planning and implementing community development projects. These projects are meant to contribute to national unity and the improvement of living conditions of the local population by making the most of the potential for development in backward regions.

These projects, on the initiative of the UNDP-ARTGOLD² scheme, consist in designing a strategy for local development in Dannieh. They fit in with both the policy of the Lebanese government for promoting in a balanced way the economic development of every area in the country and combating poverty; and with sector-specific plans for rural and agricultural development. In this way, the Ministry of Agriculture's strategy for development highlights, amongst other aspects, development in rural and poor areas, the increase in farming income and job creation in a rural context. Particular care is taken to respect the framework plan for land use and development drawn up by the CDR and the Central Department of Town Planning.

1 - USAID: United States Agency for International Development

2 - UNDP : United Nations Development Programme
ART GOLD Programme:
Governance and Local development



Picture 14:

Unauthorised quarry

Picture 15:

Hunting



Mohamed SAADIEH

President of the
Dannieh Municipal
Union
Lebanon

Tél.: + 961 6 242500

Fax: + 961 6 242300

Email: president@
dannieh.com
msaadieh@hotmail.com

The project of the European Union has been conceived around two strategic lines of advance: improving the competitiveness of the agricultural sector and farmers' income and the preservation and the positive exploitation of the region's environmental capital.

To these two projects should be added a project, financed by the GIZ, whose objectives are to facilitate obtaining recognition for nature reserves in Dannieh, to create a footpath between the forest zones and build a guesthouse for eco-tourism.

These projects will enable an analysis to be made of the overall strong points and needs at Dannieh in order to draw up a list of priority projects and identify guidelines for later action.

The activities undertaken must focus on the main objective: encourage the local population to stay and work the land and, by the same token, incite those who have already left home to return. This objective should be attainable while emphasising the value of, and respecting, the environment and local agriculture.

Initially, action could consist of concentrating on a refusal of everything inimical to the environment (cutting down trees, unauthorised quarrying, hunting in the zones involved) (See pictures 14 and 15). In this way, creating posts for forestry wardens, apart from providing jobs for some of the local population, would at the same time improve respect for the ban on bird hunting which currently exists but is not backed up by surveillance. These same wardens might also be able to sort out the problem of quarries which are encroaching on woodlands and disfiguring the landscape.

Other jobs could be created on this model and thus diversify remunerative activity in the region while increasing the effective participation of the population. The choice of applicants should be based on the right criteria and on their competence and skills, without prejudice or regard to religious convictions and giving priority to women and young people. The creation of jobs will also give the opportunity to train a certain number of people in Dannieh on environmental issues and local development.

M.S.

Le parc naturel régional “Terra delle Gravine” dans la Région des Pouilles (Italie)

Résumé

par Patrizia TARTARINO

Le territoire de la Région des Pouilles en Italie se caractérise par la présence de nombreux espaces naturels d'importance écologique et paysagère. Une grande partie de ce territoire est concernée par la mise en place d'aires protégées de différents degrés de protection.

La région comprend :

- 2 parcs nationaux, sur une surface totale de 188 580 ha ;
- 65 parcs naturels régionaux, sur une surface totale de 59 953 ha ;
- 16 réserves naturelles nationales, sur une surface totale de 11 183 ha ;
- 37 réserves naturelles régionales, sur une surface totale de 5 890 ha ;
- 94 sites Natura 2000, sur une surface totale de 688 770 ha.

Parmi les parcs naturels régionaux nouvellement créés, le parc “Terra delle Gravine” fait l'objet d'un programme de coopération internationale MED, nommé Qualigouv.

Le parc, créé en 2005 à l'initiative de la Région, couvre une surface d'environ 28 000 ha concernant 13 communes dans une zone marquée par la présence de gorges abritant des écosystèmes très particuliers.

Semaine forestière méditerranéenne d'Avignon



Avant la création du parc, une procédure de concertation avec la population locale, organisée par la Région, a abouti à retenir un territoire très vaste avec un périmètre découpé. La loi instituant le parc donne la possibilité à la population de demander à en être exclue, ce qui a conduit à réduire la superficie du parc de manière significative.

La gestion du parc "Terra delle Gravine" a été confiée provisoirement à la Province de Tarente sans que celle-ci ne dispose des moyens humains et financiers adéquats pour assurer cette mission.

En participant au projet Qualigouv, la Province cherche à adopter un outil de gouvernance qui puisse faciliter l'acceptation, par la population locale, du classement du territoire concerné en parc naturel régional.

Un "Plan de gestion écologique forestière" pourrait répondre à cette attente. Il a été expérimenté sur un site pilote couvrant environ 7 500 ha, dont environ 4 500 de forêts.

Le processus d'implication des parties prenantes est désormais à un stade avancé et l'approche testée, puis validée, pourra être étendue au reste du parc.

P.T.

Patrizia TARTARINO
Université de Bari ITALIE
Mél : patrizia.tartarino@agr.uniba.it

Pour plus d'infos : www.qualigouv.eu

De haut en bas :

Photo 1 :
Sessions de débriefing à la Province de Tarente dans le cadre du projet Med Qualigouv

Photo 2 :
Vue du territoire du Parc *Terra delle Gravine* depuis le belvédère de la *Gravine* de Laterza

Photo 3 :
Le centre d'accueil de l'*Oasi Lipu* sur le territoire du Parc

Photos David Gasc

Regional nature parks in the Apulia region of Italy: the example of the “Terra delle Gravine” nature park

Summary

by Patrizia TARTARINO

The Apulia region in mainland Italy's far south is characterised by the presence of numerous natural areas with important ecological or landscape value. A large part of this region is involved in the establishment of protected zones with various levels of protection.

The region includes:

- 2 national parks, with a total area of 188,580 hectares;
- 65 regional nature parks, with a total area of 59,953 ha;
- 16 national nature reserves, with a total area of 11,183 ha;
- 37 regional nature reserves, with a total area of 5,890 ha;
- 94 Natura 2000 sites, with a total area of 688,770 ha.

Of the newly created regional nature parks, the Terra delle Gravine Park is the object of an international cooperation programme called “Qualigouv”.

The park, set up in 2005 at the initiative of the Regional Government Council, covers some 28,000 ha in 13 municipalities in an area featuring gorges that are home to some very special ecosystems.

Mediterranean Forest Week of Avignon



Before the park was formed, a process of concertation with the local population, organised by the Region, led to a very extensive territory with a very irregular perimeter being earmarked for inclusion. The legislation formally establishing the park gave the possibility to the population to request exclusion from the park zone; the result was that the area of the park was significantly reduced.

The management of the Terra delle Gravine Park has been given provisionally to the Province of Taranto, though this authority has not got adequate resources, either human or financial, to carry out the task.

In taking part in the Qualigouv project, the Province is seeking to acquire a tool for governance which will facilitate the acceptance by the local inhabitants of the classifying of the designated territory as a regional nature park.

A "Plan for ecological forestry management", which could well answer this need has been tested on a pilot site covering some 7,500 ha of which about 4,500 ha are forested.

The process of involving the stakeholders and other parties concerned is well under way and the approach, once tested and validated, will be extended to the remainder of the Park.

P.T.

Patrizia TARTARINO

University of Bari ITALY

Email : patrizia.tartarino@agr.uniba.it

For more information : www.qualigouv.eu

From top to bottom:

Picture 1:

Debriefing session in the Province of Taranto during the MED Qualigouv project

Picture 2:

View over Park territory from the observation platform of the Lazera Gravina

Picture 3:

Oasi Lipu Reception Centre within Park territory

Photos David Gasc

Participation citoyenne à la gestion forestière et recommandations

Etude de cas à Mersin (Turquie)

par Ahmet ŞENYAZ, Melekber SÜLÜŞOĞLU et Ersin YILMAZ

Plusieurs initiatives et projets internationaux ont fourni à la Turquie l'occasion de mener une étude sur la situation de villageois forestiers et de faire quelques recommandations pour l'amélioration de leurs conditions de vie. Prenant comme exemple des études de cas analysant la contribution des forêts au développement durable dans les pays méditerranéens, la Turquie a mené, en 2005, une enquête auprès de sept villages forestiers dans le secteur de Mersin. Les principaux problèmes liés à la gestion participative des forêts dans ces villages ont été identifiés et des recommandations pour son amélioration ont été proposées.

Méthode utilisée par les consultants

Une méthode participative mise en place dans le cadre de la préparation du programme forestier national (PFN) turc a été utilisée par des consultants pour mener une enquête dans des villages forestiers sélectionnés dans la région de Mersin en Turquie. Ces enquêtes de terrain ont été effectuées afin d'intégrer les attentes villageoises dans le PFN. Alors que les anciens plans forestiers étaient dominés par les propositions de l'administration forestière et de son personnel (approche *top-down*), le PFN turc essaie de prendre en compte aujourd'hui l'opinion de tous les acteurs, dès le stade de la formulation (approche *bottom-up*). Cette approche a été utilisée pour la première fois dans la planification forestière turque.

L'étude de cas a commencé par une réunion inaugurale avec les consultants du projet et les techniciens forestiers à la Direction régionale des forêts à Mersin. Lors de la réunion, sept villages forestiers ont été sélectionnés. Une première visite auprès de ces villages forestiers a été effectuée par les techniciens et les consultants du projet, afin d'obtenir des informations générales sur les villages et de confirmer les zones à enquêter (Cf. Photos 1).

Semaine forestière méditerranéenne d'Avignon



Photos 1 :
Réunions avec
le personnel forestier
et les habitants
des villages forestiers



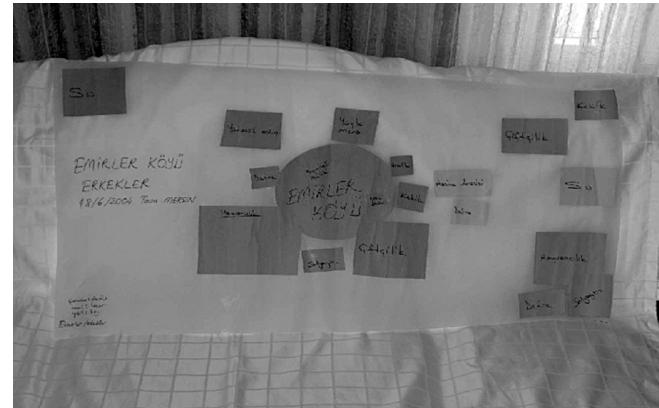
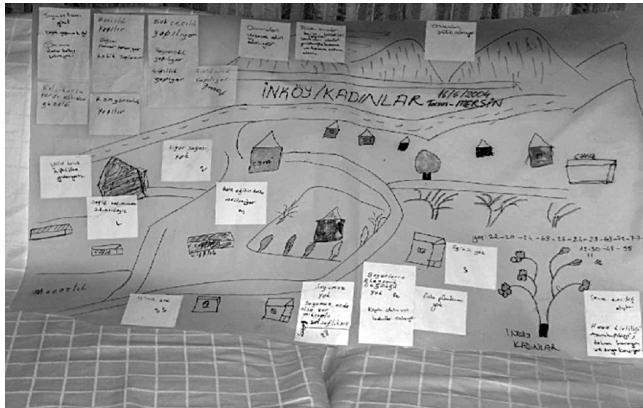
Après l'identification des villages pilotes, les consultants nationaux ont mené des enquêtes participatives de terrains dans ces villages (Cf. Photos 2). Les femmes, les hommes et les enfants ont été impliqués dans l'enquête. Lors des réunions de village, d'une part, les villageois ont été regroupés et ont dû dessiner ensemble une carte du village et localiser (selon eux) les ressources naturelles importantes, leurs intérêts et leurs attentes associées. D'autre part, afin de définir leurs relations avec les institutions et les autres acteurs, un diagramme de Venn a été élaboré et leurs relations avec les institutions ont été discutées. Enfin, l'opinion des habitants sur les ressources forestières et l'administration forestière a été considérée et après avoir mis en évidence leurs opinions positives et négatives, leurs suggestions de gestion des forêts ont été répertoriées et discutées.

Photos 2 :
Enquêtes participatives
de terrain dans les villages
forestiers

par des consultants de l'Institut de Recherche Forestière de Méditerranée Orientale. En complément de la réunion avec les villageois, des réunions participatives avec les représentants des administrations et institutions locales ont été organisées et leurs opinions ont été prises en compte.

A la suite de ces réunions, un rapport a été rédigé et les principales conclusions ont été présentées lors d'un atelier. La disponibilité des ressources, les principaux acteurs pour l'utilisation des ressources, les conditions socio-économiques des villageois, leurs liens avec d'autres secteurs, les principaux problèmes de développement dans la région, etc ont été discutés lors de cet atelier. Tous les acteurs concernés y ont été invités. Deux scénarios, noir et rose, ont été définis à cette occasion. Dans le cas du scénario rose (optimiste), des mesures nécessaires devant être prises par les institutions et les acteurs, ainsi que leurs responsabilités, ont été précisées.





Par ailleurs, une visite de sensibilisation a été organisée dans deux villages de l'échapperoie, Üçtepe et Küstülü, qui possèdent des histoires de réussite en matière de développement rural. Les autorités locales et les représentants d'institutions publiques, le personnel forestier, des représentants de sept villages de l'enquête, des représentants d'ONG ont participé à la visite. Les actions réussies dans le passé dans ces villages ont été présentées et des améliorations ont été proposées par les participants. Les villageois forestiers provenant des sept villages forestiers ont ainsi eu l'occasion de voir des réalisations concrètes en parcourant ces deux villages d'accueil.

Analyse participative des problèmes dans les villages

Cela concernait la cartographie mentale du village et la représentation d'un diagramme de Venn et d'un diagramme H (diagrammes d'Euler). Durant l'enquête, les villageois doivent dessiner leur village sur un papier et inscrire les ressources et les activités importantes (espaces boisés, terres cultivées, les routes, les ponts, les ressources en eau, d'autres installations, etc). La cartographie du village forestier permet aux villageois de se concentrer sur ses ressources forestières et ses autres ressources naturelles et de percevoir les principaux problèmes et les points de blocage associés. De cette façon, la représentation du village et de ses ressources par la cartographie rend possible et facilite la participation des femmes et des enfants, même de villageois illettrés, à des discussions sur l'utilisation des res-

sources naturelles dans le village (Cf. Photos 3).

Le dessin d'un diagramme de Venn permet aux villageois de déterminer les relations avec les institutions, en fournissant un outil simple d'analyse des logiques d'acteurs. Dans le centre du papier, les villageois ont été dessinés. Chaque participant au jeu était représenté par une forme et une couleur. La taille des figures indique le pouvoir d'influence des différents acteurs, tandis que la distance entre les formes donne une opinion sur le niveau de relation entre les parties.

À la troisième étape de l'analyse de la situation, les consultants ont demandé aux villageois de dessiner un diagramme H et d'écrire un intitulé dans son centre, par exemple "le statut et la performance de l'administration forestière dans le village" et de la noter entre 0 et 10. Les lignes du H ont synthétisé les scores. Plus tard, en fonction de leur score, ils énumèrent leurs opinions négatives sur le côté gauche de la forme H, tout en résumant les positifs sur le côté droit. Enfin, ils ont inscrit leurs recommandations sous la ligne de score (Cf. Photo 4).

Photos 3 :

Représentation d'un village et diagramme de Venn réalisés par les villageois

Photo 4 :
Diagramme H rempli
par les villageois



Principaux acteurs dans la région

Avant de commencer les activités relatives à l'étude de cas, les principaux acteurs sont identifiés. Ce sont les gouverneurs locaux, les municipalités, le département des forêts, le département de l'agriculture, le département de l'éducation, le département de la santé, le département de la religion, les services ruraux, les entreprises avicoles et les ONG de la région. Durant l'enquête, la contribution du département des forêts a été très élevée, parce que tous les villages sélectionnés pour l'enquête sont considérés comme des villages forestiers, donc leurs relations avec le Département des forêts a été très dense. Tous les acteurs ont été interviewés respectivement, et des informations sur leurs activités dans les villages intégrées dans un rapport. Les conclusions du rapport ont été présentées et discutées avec les intervenants lors d'un atelier participatif. Lors de l'atelier, tous les intervenants ont eu l'occasion de comprendre ce que les villageois forestiers attendent d'eux et d'échanger des informations sur leurs activités dans les villages.

Lors de l'atelier, deux scénarios ont été imaginés sur une période de 20 ans. Le scénario noir prévoit que les villageois continueront à utiliser toutes les ressources non durables et ils ne feront pas des efforts pour développer de nouvelles opportunités générant de nouveaux revenus, et, finalement, devront se migrer vers les zones urbaines. Le scénario rose prévoit que les villageois auront assez de soutien financier et technique pour leur développement. En prenant comme exemple les deux *success stories* de la région, ils seront en mesure d'augmenter leurs revenus. Les rôles des différents acteurs locaux dans le développement des villages ont alors été discutés en vue de concrétiser ce scénario rose.

A la fin de l'atelier, deux exemples de villages riches dans la région ont été visités par l'ensemble des acteurs au cours d'un séjour de sensibilisation. Des bonnes pratiques et histoires de développement ont été présentées et leurs résultats ont été largement discutés avec les participants.

Identification des principales sources de revenus et des obstacles au développement des villages

Pendant l'enquête, des similarités comme des différences entre chaque village ont pu être identifiées. L'altitude moyenne des villages est de 1000 m et tandis que les trois villages (Ardıçlı, Olukkayağı, İnköy) sont situés sur la partie ouest de Mersin, quatre autres (Keşli, Eminlik, Kuşçular, Emirler) étaient situés à l'est.

Les principales activités liées à la foresterie sont la récolte, la collecte de bois de chauffage, le pâturage de bétail dans les zones boisées et la collecte de produits forestiers non ligneux. D'autre part, il y a un nombre limité d'activités autres que la foresterie dans les villages telles que les grandes cultures, l'élevage (vaches laitières, chèvres, brebis, volailles, apiculture), l'horticulture et le maraîchage.

Les principaux problèmes de développement dans les villages sont liés à la faible productivité des terres agricoles et forestières improductives, aux risques d'érosion, au manque de terres de parcours pour les chèvres dans les forêts, aux revenus insuffisants générés par la forêt, au manque d'assurance pour les travailleurs forestiers, au coût élevé de bois de chauffage, au manque de produits forestiers non-ligneux (PFNL), au manque d'opportunités et de compétences commerciales et à l'incapacité des villageois à mobiliser le potentiel des autres sources de revenus. Le manque de terres agricoles, le coût élevé des intrants pour la production de légumes et de fruits et le coût élevé de l'activité d'élevage peuvent être ajoutés à cette liste.

Conclusion

Alors que beaucoup de progrès et des résultats positifs ont été obtenus depuis l'année où l'enquête a été réalisée, certains blocages subsistent toujours dans la zone d'étude. Ils concernent le manque d'engagement réel pour la gestion forestière participative, les affirmations selon lesquelles les approches participatives sont trop coûteuses

et fastidieuses, le manque de confiance en la capacité des populations locales non formées à gérer les ressources, la tendance à ignorer les institutions locales et les mécanismes de décision. Aussi l'adéquation entre une politique forestière participative, incluant des éléments juridiques et techniques, avec la culture de la région constitue un des principaux enjeux de réussite et de progrès.

Dans la gestion participative des forêts, les gens sont considérés comme un agent principal de réussite, plutôt que d'échec. Il y a encore hésitation et débat sur le niveau de participation des villageois forestiers dans la gestion forestière. La propriété et le droit d'usage sont des questions importantes à considérer lors de la formulation de la gestion participative des forêts. Alors que la propriété forestière appartient à l'Etat, certaines des avancées du droit d'usage des villageois ont déjà été acceptées dans la législation forestière turc. Des autorisations pour le pâturage des animaux, la collecte de certains PFNL par les villageois sont quelques exemples. Des services forestiers accrus doivent être proposés par l'administration forestière.

Les populations doivent croire qu'elles peuvent jouer un rôle dans l'amélioration de la situation locale. Que ce soit dans les villages ou dans d'autres institutions, les populations doivent être ouvertes aux nouvelles idées liées à la gestion collaborative et au partenariat. À ce stade, la formation du personnel forestier est un enjeu important. Pour le développement forestier, des gens très qualifiés formés aux enjeux sociaux sont requis. Le personnel forestier doit comprendre que la gestion des ressources forestières ne concerne pas seulement la production de bois, mais aussi la relation avec les populations pour satisfaire leurs besoins économiques, sociaux et environnementaux. Il est nécessaire de renforcer les capacités du personnel d'Etat par une formation pratique et des ateliers spécifiques.

Malgré l'importance de la participation des populations dans la gestion des forêts turques, le Département des forêts reconnaît que la mise en application de la gestion participative des forêts va prendre du temps. Les efforts du Département des forêts pour améliorer les conditions de vie des villageois forestiers ne sont pas suffisants. Il ne fait aucun doute que la réduction de la pauvreté des communautés forestières ne peut pas être traitée de façon isolée. Cela tend à être

rélié à d'autres usages, en particulier l'agriculture, l'élevage et les systèmes mixtes de cultures et d'arboriculture. Une approche multisectorielle est plus que jamais nécessaire et les autorités locales doivent en être les promoteurs de premier plan.

Les femmes jouent un rôle important dans la gestion des ressources forestières. Elles sont non seulement impliqués dans les travaux ménagers, mais aussi dans des activités génératrices de revenus. Elles doivent avoir leur mot à dire dans la gestion des ressources naturelles villageoises.

Enfin, les expériences réussies sont essentielles pour les villageois qui ont besoin de voir quelques réalisations bénéfiques concrètes. Cela permet aussi de développer la coopération avec d'autres villageois qui ont obtenu des succès, et de convaincre et encourager les villageois les plus sceptiques.

Dr. Ahmet ŞENYAZ
Dr. Melekber
SÜLÜŞOĞLU
Dr. Ersin YILMAZ
Ministry of
Environment and
Forestry Söğütözü
Cad. 14/E 06560
Ankara, Turquie
Mél :
asenyaz@cob.gov.tr

A.S., M.S., E.Y.

Bibliographie

- Dönmez E., 2000: A Consultant Report on Development of Forest Villagers in Turkey.
- Düzung M., 2003: Advancement of Forest Village Communities through Effective Participation and Partnership in State-Owned Forestry Administration; Turkey's Case.
- MOF, 2004: Ministry of Environment and Forestry, National Forest Programme 2004-2023.
- Şenyz A., Sülüşoğlu, M., and Yilmaz E., 2005: Assessment of Socio-Economic Structure and Forestry Activities in Forest Villages in Mersin Province from the Point of Mediterranean Forestry (Olukkoyağı, İnköy, Ardıçlı, Keşli, Emirler, Eminlik and Kuşcular Villages).
- TBMM, 2003: Commision Report of Turkish Grand National Assembly Commission on Determination of Problems of Forest Vilagers and Measures Needed for the Development of Forest Villages.

Résumé

Les forêts turques constituent l'une des plus importantes ressources naturelles du pays, couvrant environ 27 % de la superficie totale. Bien que cette superficie boisée reste stable depuis plusieurs années, on constate ces dernières années, une demande croissante pour les fonctions sociales et environnementales des forêts ainsi que pour les produits forestiers de base. Alors que les habitants des zones urbaines recherchent principalement des services de protection et des équipements récréatifs, les villageois qui vivent dans la forêt ou à proximité des forêts, sont directement dépendants des forêts pour leur subsistance. La population des villages forestiers en Turquie, 10 % de la population totale du pays, représente le segment le plus vulnérable de la population.

Étant donné l'importance du développement et de la satisfaction des besoins des villageois forestiers, la constitution turque et d'autres législations relatives aux forêts ont des dispositions spéciales pour les villageois de forêt. Toutefois, le soutien limité du Département des forêts à destination des villageois forestiers et le manque d'intégration adéquate d'autres compagnies dans le développement des villages forestiers constituent les principaux obstacles qu'il s'agit de surmonter.

En complément d'enquêtes menées au niveau national, les initiatives et projets internationaux fournissent une excellente occasion de déterminer la situation des villageois forestiers et de faire quelques recommandations pour l'amélioration de leurs conditions. Un projet nommé «Contribution de la foresterie au développement durable» a été formulé par la FAO (Comité Silva Mediterranea) et le Plan Bleu afin de mener des études de cas analysant la contribution des forêts au développement durable dans les pays méditerranéens. En vertu de ce projet, l'une des études de cas a été menée en Turquie. Ainsi, en 2005, sept villages forestiers ont été sélectionnés pour l'étude de cas dans le secteur de Mersin. Les principaux problèmes liés à la gestion participative des forêts dans les villages ont été identifiés et des recommandations pour son amélioration ont été proposées.

Summary

People's Participation in Forest Management and Some Recommendations The Case Study of Mersin (Turkey)

Turkish forests are one of the most important natural resources of the country, covering about 27 percent of total land area. While the size of forested area remains steady for years, expectations from Turkish forests are multiplying over time. In recent years, there is an increasing demand for social and environmental functions of the forests as well as the basic forest goods. While people in the urban areas mostly demand for protective services and recreational amenities from forests, forest villagers living within or in vicinity of forests are directly dependent on the forests for their subsistence. Population of forest villagers in Turkey, which is 10 percent of the total population of the country, represents the most vulnerable segment of the community.

Given the importance of forest villager's development needs, the Turkish constitution and other forest related codes have special provisions for forest villagers. However, the limited contribution by forestry department to the forest villages and lack inadequate integration of other line agencies into forest village development are the main challenges.

In addition to surveys conducted at national level, international initiatives and projects provide great opportunity to determine the situation of forest villagers and make some recommendations for improvement of their conditions. A project named "Contribution of Forestry to Sustainable Development" was formulated by FAO Silvamediterranea and Plan Bleu in order to conduct case studies seeking for the contributions of the forestry to sustainable development in the Mediterranean countries. Under this project, one of the case studies was decided to conduct in Turkey. 7 forest villages were selected for the case study in Mersin provenance in 2005. Main problems related to participatory forest management in the villages are defined and some recommendations for its improvement are made.

People's Participation in Forest Management and Some Recommendations

The Case Study of Mersin (Turkey)

by Ahmet ŞENYAZ, Melekber SÜLÜŞOĞLU and Ersin YILMAZ

Several initiatives and projects of international scope have enabled Turkey to undertake a study of the situation of forest villagers and to make certain recommendations for the improvement of their living conditions. Based on the precedent of case studies of the contribution of forests to sustainable development done elsewhere around the Mediterranean Rim, Turkey in 2005 carried out a study of seven forest villages in the Mersin region. The main problems related to the participatory management of the forests and woodlands in these villages were identified, with subsequent recommendations for improvements.

Method Used by Consultants

A participatory method was used by consultants to conduct a survey on selected forest villages. This method was also used during the preparation of Turkish National Forest Programme. During the formulation of National Forest Programme (NFP), field surveys were conducted forest villages in order to integrate villager's opinions into NFP. While former forestry plans were dominated by the proposals of forestry administration and its staff (top down approach), Turkish NFP included all stakeholders' opinion in the formulation stage (bottom up approach). This approach was used for the first time in Turkish forestry planning.

The case study started with an inception meeting together with forestry staff and project consultants at the Forest Regional Directorate in Mersin. At the meeting, 7 forest villages were determined to conduct surveys. First trip to selected forest villages were taken by foresters and project consultants in order to get some general information about the villages and confirm the survey areas (Pictures 1).

Mediterranean Forest Week of Avignon



Pictures 1:

Meetings with forestry staff and forest villagers

After the determination of survey villages, national consultants conducted special participatory field surveys in the villages (Pictures 2). Women, men and children were involved in the survey. At the village meetings, firstly, people were grouped and asked to draw a map of village and to mark important natural resources, their benefits and expectations from them. Secondly, in order to define their relations with the institutions and other stakeholders a Venn diagramme was drawn and their relations with the institutions were discussed. Thirdly, people's opinion on forest resources and forest administration were taken and after declaring their positive and negative opinion, their suggestions for forest management were listed and discussed.

A complementary work of socio-economic conditions of the villagers and literature survey were done by the consultants at the East Mediterranean Forestry Research Institute.

In addition to the meeting with villagers, participatory meetings with representatives from local administrations and institutions were organized and their opinions were taken.

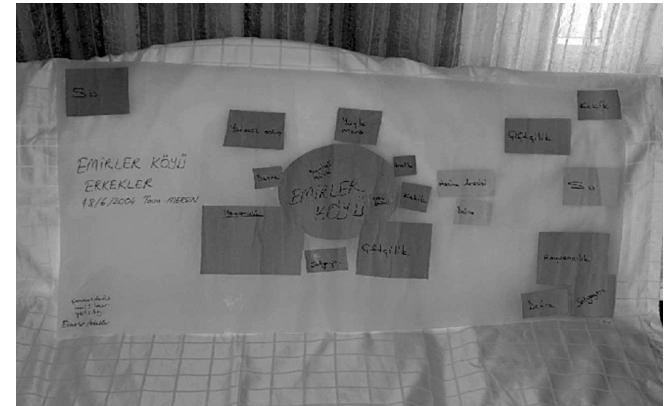
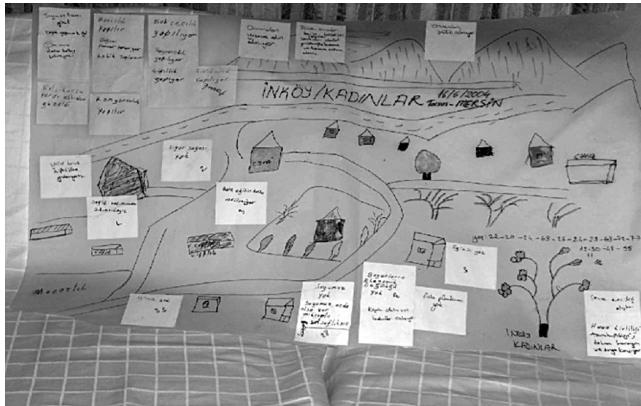
As a result of participatory meetings with stakeholders, a report was written and main findings of the report were presented in a stakeholder workshop. Resource availabilities, main actors for resource use, socio-economic conditions of the villagers, their links with other sectors, main development problems in the region etc. were discussed in the workshop. All related actors were invited to the workshop. Two scenarios, black and pink, were defined at the workshop. In order to realize pink scenario, measures to be taken by the institutions and actors and their responsibilities were identified.

Moreover, an awareness visit was organized to two sample villages, Üçtepe and Küstülü, which have success stories on rural

Pictures 2:

Participatory field surveys in the forest villagers





development. Local authorities and representatives from public institutions, forestry staff, representatives from 7 survey villages, representatives from NGOs attended the field trip. Success stories in these villages were listened and improvements were observed by the participants. Forest villagers coming from 7 forest villages had an opportunity to see the achievements made by host villages.

Participatory Problem Analysis in the Villages

This activity includes mapping of the village and drawing a Venn diagramme and drawing a H form. During the survey, consultants required villagers to draw their village on a paper and to mark important resources and activities (forested area, crop lands, roads, bridges, water resources, other facilities etc.). Mapping of a forest village enables forest villagers to concentrate on their forest resources and other natural resources and perceive the main problems and bottlenecks related to them. In this way imagination of the village and its resources by mapping makes it simple for women and children, even for illiterate villagers, to participate in discussions about natural resource use in the village (Pictures 3).

Drawing a Venn diagramme enables villagers to determine the relations with institutions, providing a tool for simple stakeholder analysis. In the center of the paper forest villagers were attached. Every stakeholder was represented by a shape and color.

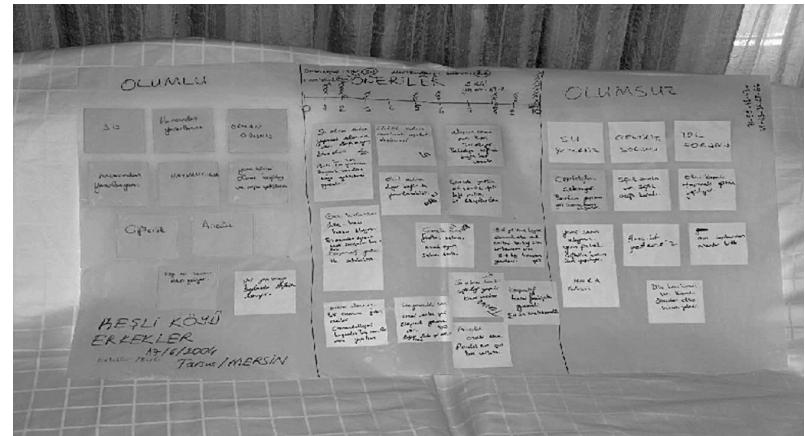
The size of the figures indicates the influential power of the stakeholders, while distance between the shapes give some opinion about the relation level between the parties.

At the third stage of the situation analysis, consultants required villagers to draw an H shape and write a heading on the center like "status and performance of forest administration at the village" and to score it between 0 and 10. Horizontal line on the H was used as a score line. Later, according to their score, they list their negative opinions on the left hand side of the H shape, while summarizing positive ones on the right hand side. Finally they list their recommendations under the score line (Pictures 4).

Pictures 3:
Village map and Venn diagramme drawn by the villagers

Pictures 4:

H form filled by forest villagers



Main Stakeholders in the Region

Before starting the case study activities, main stakeholders are determined. These are local governors, municipalities, forestry department, agricultural department, education department, health department, religion department, rural services, poultry firms and NGOs in the Region. During the survey, contribution of forestry department was very high, because all the villages selected for survey are considered as forest village and their relations with forestry department was very firm. All stakeholders were negotiated respectively and information about stakeholder activities in the villages was integrated into a report. The report findings were presented and discussed with stakeholders in a participatory workshop. At the workshop all stakeholders had an opportunity to see forest villagers' expectations from them and to exchange information about their activities in the villages.

At the workshop two scenarios were foreseen for 20- year outlook. Black scenario foresees that villagers will continue to use all resources unsustainable and they won't try to deal with new income generating activities, finally they will have to move to urban areas. Pink scenario foresees that villagers will have enough financial and technical support for their development. Taking as an example of two success stories in the Region, they will be able to increase their income. The roles of stakeholders in the development of villages were also discussed in order to realize pink scenario.

At the end of the workshop, two sample wealthy villages in the Region were decided to visit together with all stakeholders. An awareness trip to these villages was organized with the participation of stakeholders. Good development samples and stories were demonstrated and their results were discussed with the participants.

Main Income Sources and Development Problems Defined in the Villages

During the survey, it was observed that every village has both common and different

characteristics with each other. Average altitude of the villages is 1000 m and while three villages (Ardıçlı, Olukkayağı, İnköy) are located on the western part of Mersin, other four (Keşli, Eminlik, Kuşçular, Emirler) were located on the eastern side.

Main activities related to forestry are harvesting, fuelwood collecting, grazing animals in the forested areas and collecting non-wood forest products. On the other hand, there are limited number of activities other than forestry in the villages such as crop production, animal husbandry (dairy cattle, goats, sheep, poultry, bee-keeping) vegetable and fruit growing.

Main development problems in the villages are summarised as unproductive agricultural and forest lands, erosion risk, lack of pasture land and goat grazing in the forests, insufficient incomes from forest, lack of insurance for forest workers, high cost of fuel woods, lack of non-wood forest products (NWFPs), lack of opportunities and marketing skills and failure to mobilize the potential of other income sources by the villagers. Also, lack of agricultural land and high input costs for vegetable and fruit production, high costs for livestock breeding can be mentioned as important problem.

Conclusion

While a lot of positive progress and results have been made since the year where survey conducted, some bottlenecks remained unresolved in the survey area. Lack of real commitment to participatory forest management, assumptions that participatory approaches are too costly and time-consuming, lack of confidence in the ability of untrained local people to manage resources, tendency to ignore local institutions and local decision-making mechanism are main bottlenecks. Also the politics of participation, legal aspects and conformity of participatory forest management philosophy with culture in the region are the main issues that influence participatory forest management.

In the participatory forest management, people are seen as a main agent for success, rather than the cause of failure. There is still hesitancy and debate on the participation level of forest villagers to forest management. Ownership and use right are impor-

tant issues in formulating participatory forest management. While the forest ownership belongs to the government, some improvements for use right in Turkish forest law have already been accepted. Permissions for animal grazing, collecting some NWFPs from forest by the villagers can be mentioned. Forestry extension services must be provided by forestry administration.

People should believe they can do more. Not only in the villages but also in other institutions people must be open to new ideas related to collaborative management and partnership. At this point training of forestry staff is important issue. Forestry extension requires people well qualified with social development issues. Forestry staff should understand that managing forest resources are not only producing timber but also interacting with people for providing them with economic, social and environmental needs. It is necessary to strengthen state staff capabilities by practical training and workshops.

Despite the importance of people's participation in the forest management is being recognized by the forestry department, it is likely that putting participatory forest management into practice will take time. Efforts of forestry department to improve living conditions of the forest villagers are not enough. There is no doubt that forest-based poverty alleviation can't be carried out in isolation. It tends to be linked to other land uses, in particular agriculture, grazing and mixed systems of crop and tree growing. Multi-sectoral approach is needed and local authorities must be key supporters.

Women are important stake in managing forest resources. They are not only involved in household works but also in income generating activities. They must have a say in natural resource management in the village.

Finally success stories are vital to villagers who want to see some beneficial and promote collaboration with other villagers who have success stories will enable skeptical villagers to be encouraged and convinced.

References

- Dönmez E., 2000: A Consultant Report on Development of Forest Villagers in Turkey.
- Düzung M., 2003: Advancement of Forest Village Communities through Effective Participation and Partnership in State-Owned Forestry Administration; Turkey's Case.
- MOF, 2004: Ministry of Environment and Forestry, National Forest Programme 2004-2023.
- Şenyaz A., Sülüçoğlu, M., and Yılmaz E., 2005: Assessment of Socio-Economic Structure and Forestry Activities in Forest Villages in Mersin Province from the Point of Mediterranean Forestry (Olukkoyağı, İnköy, Ardıçlı, Keşli, Emirler, Eminlik and Kuşcular Villages).
- TBMM, 2003: Commision Report of Turkish Grand National Assembly Commission on Determination of Problems of Forest Vilagers and Measures Needed for the Development of Forest Villages.

Dr. Ahmet ŞENYAZ
Dr. Melekber
SÜLÜÇOĞLU
Dr. Ersin YILMAZ
Ministry of
Environment and
Forestry Söyütozü
Cad. 14/E 06560
Ankara, Turquie
Mél:
asenyz@cob.gov.tr

A.S., M.S., E.Y.

Summary

People's Participation in Forest Management and Some Recommendations for its Improvement: The Case Study of Mersin

Turkish forests are one of the most important natural resources of the country, covering about 27 percent of total land area. While the size of forested area remains steady for years, expectations from Turkish forests are multiplying over time. In recent years, there is an increasing demand for social and environmental functions of the forests as well as the basic forest goods. While people in the urban areas mostly demand for protective services and recreational amenities from forests, forest villagers living within or in vicinity of forests are directly dependent on the forests for their subsistence. Population of forest villagers in Turkey, which is 10 percent of the total population of the country, represents the most vulnerable segment of the community.

Given the importance of forest villager's development needs, the Turkish constitution and other forest related codes have special provisions for forest villagers. However, the limited contribution by forestry department to the forest villages and lack inadequate integration of other line agencies into forest village development are the main challenges.

In addition to surveys conducted at national level, international initiatives and projects provide great opportunity to determine the situation of forest villagers and make some recommendations for improvement of their conditions. A project named "Contribution of Forestry to Sustainable Development" was formulated by FAO Silvamediterranea and Plan Bleu in order to conduct case studies seeking for the contributions of the forestry to sustainable development in the Mediterranean countries. Under this project, one of the case studies was decided to conduct in Turkey. 7 forest villages were selected for the case study in Mersin provenance in 2005. Main problems related to participatory forest management in the villages are defined and some recommendations for its improvement are made.

Résumé

Participation citoyenne à la gestion forestière et recommandations - Etude de cas à Mersin (Turquie)

Les forêts turques constituent l'une des plus importantes ressources naturelles du pays, couvrant environ 27 % de la superficie totale. Bien que cette superficie boisée reste stable depuis plusieurs années, on constate ces dernières années, une demande croissante pour les fonctions sociales et environnementales des forêts ainsi que pour les produits forestiers de base. Alors que les habitants des zones urbaines recherchent principalement des services de protection et des équipements récréatifs, les villageois qui vivent dans la forêt ou à proximité des forêts, sont directement dépendants des forêts pour leur subsistance. La population des villages forestiers en Turquie, 10 % de la population totale du pays, représente le segment le plus vulnérable de la population.

Étant donné l'importance du développement et de la satisfaction des besoins des villageois forestiers, la constitution turque et d'autres législations relatives aux forêts ont des dispositions spéciales pour les villageois de forêt. Toutefois, le soutien limité du Département des forêts à destination des villageois forestiers et le manque d'intégration adéquate d'autres compagnies dans le développement des villages forestiers constituent les principaux obstacles qu'il s'agit de surmonter.

En complément d'enquêtes menées au niveau national, les initiatives et projets internationaux fournissent une excellente occasion de déterminer la situation des villageois forestiers et de faire quelques recommandations pour l'amélioration de leurs conditions. Un projet nommé «Contribution de la foresterie au développement durable» a été formulé par la FAO (Comité Silva Mediterranea) et le Plan Bleu afin de mener des études de cas analysant la contribution des forêts au développement durable dans les pays méditerranéens. En vertu de ce projet, l'une des études de cas a été menée en Turquie. Ainsi, en 2005, sept villages forestiers ont été sélectionnés pour l'étude de cas dans le secteur de Mersin. Les principaux problèmes liés à la gestion participative des forêts dans les villages ont été identifiés et des recommandations pour son amélioration ont été proposées.

Retours d'expériences et perspectives d'utilisation de la méthode "Imagine" Analyse systémique et prospective de durabilité

par Julien LE TELLIER et Marion BRIENS

La montée en puissance des préoccupations environnementales se traduit par des demandes sociale et politique en faveur de la participation du public à la conception et la mise en œuvre de stratégies territoriales de long terme. Dans ce contexte, le Plan Bleu a développé, expérimenté et consolidé une méthode d'analyse systémique et prospective territoriale, "Imagine", qui propose des outils pour décrire, évaluer et explorer le niveau de durabilité d'un éco-socio-système, à travers une approche participative considérant les acteurs locaux comme experts de leur territoire.

Au début des années 2000, le Plan Bleu a développé, expérimenté et consolidé la méthode *Imagine* d'analyse systémique et de prospective de durabilité. Cherchant à fédérer les acteurs et parties prenantes d'un même territoire, *Imagine* propose divers outils pour décrire, évaluer et explorer le niveau de durabilité d'un éco-socio-système dans le passé, le présent et l'avenir, au moyen d'indicateurs et à travers une approche participative considérant les acteurs locaux comme experts de et dans leur territoire d'intervention (PLAN BLEU, 2006 ; COUDERT et LARID, 2006).

La méthode *Imagine* a été mise en œuvre par le Plan Bleu dans le cadre des programmes d'aménagement côtier (PAC) initiés par le Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM) à Malte (2000-2002), au Liban (2002-2003), en Algérie (2003-2004), en Slovénie (2005) et à Chypre (2006-2007). Dans ce contexte, le rôle du Plan Bleu était de faciliter et d'accompagner l'appropriation et l'application de la méthode *Imagine* par les équipes locales gestionnaires et utilisatrices des milieux côtiers objets des PAC. La méthode pourra également être mobilisée dans le cadre de l'application du protocole relatif à la gestion intégrée des zones côtières de la Méditerranée (Protocole GIZC rattaché à la Convention de Barcelone et entré en vigueur en 2011), dont le but est d'encourager la gestion durable des zones côtières en prenant en compte leurs vulnérabilités et la multiplicité de leurs usage(s) et de leurs interactions

Les préoccupations croissantes pour la préservation des ressources et espaces naturels méditerranéens se traduisent par une demande grandissante d'accompagnement des projets de territoire : *Imagine* est l'un des outils de cet accompagnement. L'ambition de cet article est de synthétiser les atouts de la méthode *Imagine* à partir de retours d'expériences de son utilisation dans le cadre des PAC, et de montrer l'intérêt de la méthode pour l'élaboration de projets de territoires, en s'efforçant de mettre en lumière ses caractères adaptable et ajustable à différentes problématiques et à divers contextes territoriaux – y compris forestiers.

Approches systémiques et prospectives du Plan Bleu

Depuis plus de vingt ans, les approches systémiques et prospectives du Plan Bleu consistent à étudier les impacts passés, actuels et à venir du développement sur l'environnement et les ressources naturelles pour éclairer la décision : il s'agit d'accompagner les gestionnaires de territoires à s'approprier les outils de l'analyse systémique et prospective pour dessiner des futurs possibles en fonction des tendances passées et actuelles, puis de les aider à définir et partager des plans d'actions permettant de se rapprocher des futurs souhaitables et soutenables. Destinée à penser et anticiper le territoire à la lumière des actions et dynamiques passées et présentes, la prospective

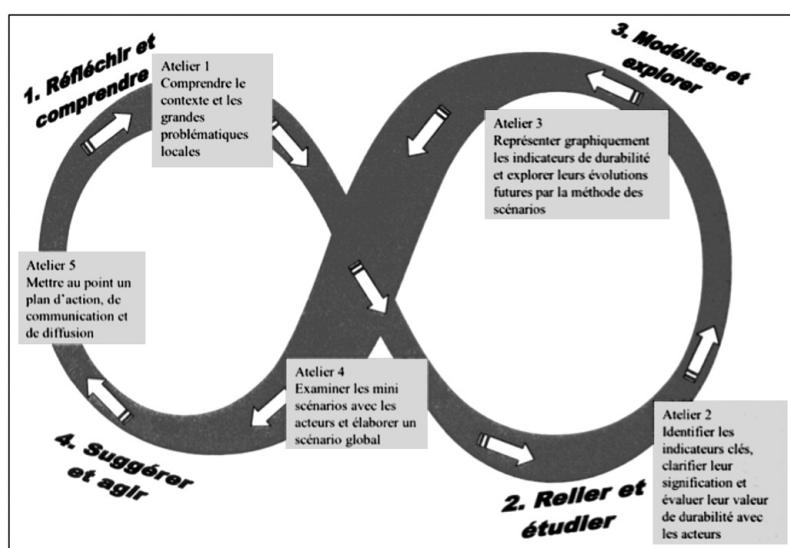
Fig. 1 :
Les quatre phases de la méthode *Imagine*

représente un outil précieux d'aide à la décision : en imaginant des futurs possibles (souhaitables ou non), le raisonnement à rebours et hypothétique permet de définir le chemin pouvant mener à des avenirs souhaitables.

Pour explorer les interactions entre développement et environnement, l'approche prospective du Plan Bleu s'appuie (i) sur l'analyse des systèmes et (ii) sur la méthode des scénarios. D'une part, en tenant compte des interactions entre diverses composantes interdépendantes, l'approche systémique permet d'analyser un territoire et son devenir dans sa globalité, de comprendre les processus liés à chaque élément et surtout les relations et interactions entre les différents éléments du système. D'autre part, la méthode des scénarios permet de dessiner les futurs possibles d'un système territorial préalablement défini et en constante évolution. Les scénarios comportent une image initiale de départ, un choix d'hypothèses d'évolution, un cheminement jusqu'à l'horizon choisi, une image de la situation finale, le tout étant lié par une logique interne et cohérente qui découle de la combinaison d'hypothèses d'évolutions et de leurs conséquences (« Si..., alors... »). La construction des scénarios offre aux décideurs et autres parties prenantes un panel d'alternatives possibles et différentes images du futur, permettant de mieux appréhender les enjeux et les risques liés aux tendances observées et de fixer des objectifs mesurables de progrès à moyen et long termes.

En vue d'améliorer, d'adapter et de renouveler les outils de prospective, le Plan Bleu a initié, expérimenté et diffusé, en association avec Simon Bell (Open Systems Research Group, Open University, Royaume-Uni), la méthode systémique et participative de prospective de durabilité *Imagine*, qui s'appuie sur quatre principes majeurs :

- l'approche systémique permet de considérer le territoire étudié dans sa globalité, de partager une image construite collectivement d'un territoire donné ;
- la prospective et la méthode des scénarios visent à orienter les stratégies à la lumière d'images tendancielles et alternatives du futur ;
- les indicateurs et les seuils de durabilité ont vocation à suivre et projeter les évolutions au regard du développement durable ;
- les méthodes participatives misent sur l'expertise des acteurs locaux pour concevoir



et maîtriser les projets d'aménagement et de développement, les « projets de territoire ».

Ainsi, *Imagine* permet de décrire, évaluer et explorer le niveau de durabilité d'un système dans le passé, le présent et l'avenir, à l'aide d'indicateurs et à travers quatre phases successives et cinq ateliers réunissant les parties prenantes du territoire concerné (Cf. Fig. 1) :

1.- réfléchir sur et comprendre le contexte et les grandes problématiques locales, à travers divers exercices (PLAN BLEU, 2006 ; COUDERT et LARID, 2006) ;

2.- relier et étudier les différents éléments en interactions, en identifiant les indicateurs clés de durabilité, en clarifiant leur définition et en évaluant leur valeur de durabilité ;

3.- modéliser et explorer en représentant graphiquement les indicateurs de durabilité et en imaginant leurs évolutions futures au moyen de scénarios ;

4.- suggérer et agir en mettant au point un plan d'action et de communication.

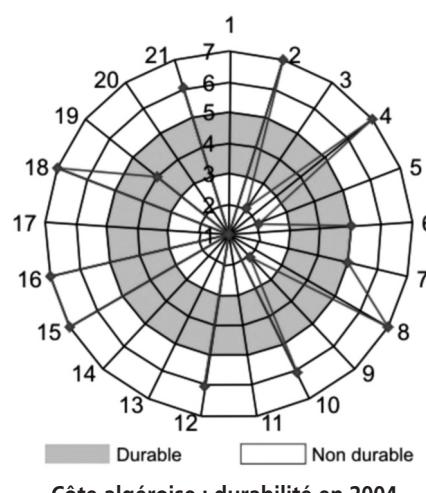
La figure 2 présente un exemple de graphes issus de l'étape de modélisation et d'exploration des scénarios (phase 3) : à partir de la description du système (phase 1), des indicateurs de durabilité et des valeurs seuil associées — valeurs extrêmes et valeurs limites de durabilité par déficit ou excès (phase 2) — sont construits des graphes permettant de visualiser la situation présente et des futurs possibles.

Retours d'expérience : *Imagine* et la gestion des zones côtières

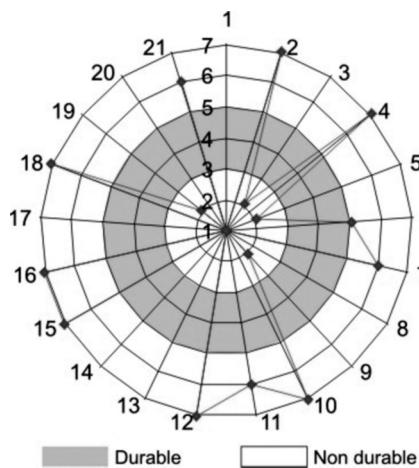
Imagine constitue un outil d'aide à la décision basé sur la participation et s'est révélé particulièrement adapté aux initiatives de gestion intégrée des zones côtières en Méditerranée. Cette méthode a permis de mobiliser et de fédérer les capacités d'expertise des acteurs locaux et parties prenantes pour construire collectivement des projets d'aménagement et définir des actions à entreprendre en vue d'améliorer la soutenabilité de la gestion des territoires concernés.

Imagine : rassembler pour mieux décider, un outil mobilisateur et de décloisonnement sectoriel

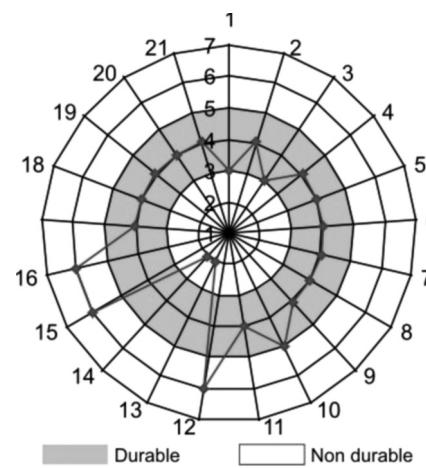
Au vu des expériences *Imagine* coordonnées par le Plan Bleu et de l'avis des représentants locaux des PAC, il apparaît essen-



Côte algéroise : durabilité en 2004



Scénario tendanciel à 2015



Scénario alternatif à 2015

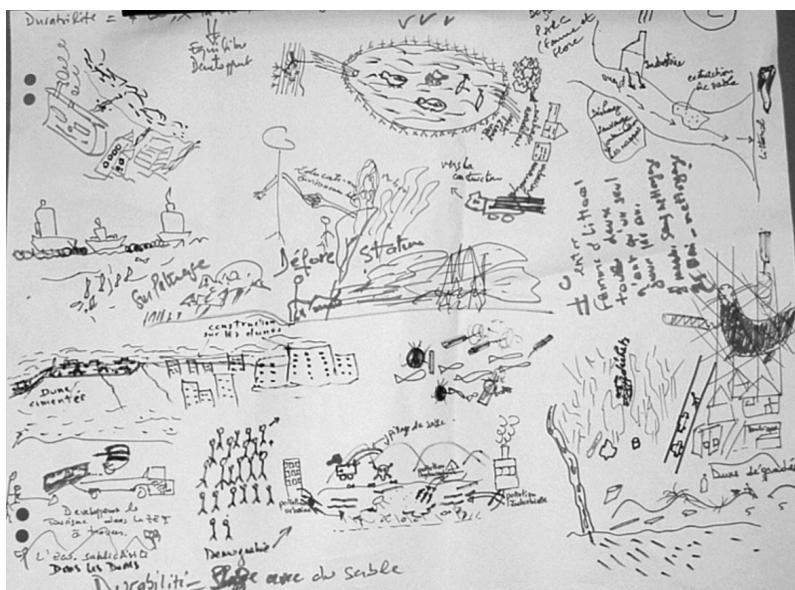
Fig. 2 :
Graphiques « Amoeba » représentant la situation actuelle et deux scénarios futurs possibles, au regard des critères de durabilité préalablement définis

iel d'impliquer les parties prenantes (décideurs, gestionnaires, scientifiques, techniciens, fonctionnaires, praticiens, représentants de la société civile et de secteurs économiques), de rassembler et faire travailler ensemble différents secteurs et spécialités. Dans le contexte des PAC, la méthode *Imagine* a eu un effet mobilisateur et de décloisonnement : les ateliers locaux *Imagine* ont offert de rares occasions de discuter et de débattre de projets et problèmes communs. La mise en œuvre simple et conviviale a permis de “briser la glace” entre participants et d’appréhender sereinement la complexité des systèmes territoriaux étudiés, par exemple à travers la création “d’images fertiles” (Cf. Fig. 3). Ces espaces publics de participation ont facilité la mutualisation des préoccupations et l’engagement d’une dynamique intersectorielle. Ainsi, « *la méthode a montré ses capacités à décloisonner le travail des acteurs sur un territoire, à les faire travailler ensemble pour penser et définir un avenir durable commun, à donner une information attractive sur des situations complexes [...]*. De même *la méthode a démontré qu’elle pouvait donner un aspect ludique à des exercices compliqués et difficiles, qu’elle était porteuse de convivialité et utilisable à plusieurs échelles* » (Compte-rendu du séminaire « *Imagine* », PLAN BLEU, 2008).

évolutions et perspectives, sur la base desquels doivent être prises les décisions, et sur les conséquences possibles de ces décisions. De plus, les approches prospectives territorialisées du Plan Bleu mettent l'accent sur les aspects socio-institutionnels : les parties prenantes et acteurs locaux sont au centre des réflexions sur la compréhension de leurs propres interactions et sur les systèmes territoriaux dans lesquels ils évoluent et interagissent. En ce sens, *Imagine* représente un outil de médiation pour aider à solutionner des conflits intersectoriels. En effet, il semble important de connaître (et aider à résoudre) les conflits d'usage. Il est tout autant primordial de dresser un panorama des positions et stratégies des parties prenantes pour identifier et tenir compte des facteurs d'inertie et conflits d'usage sur les territoires. Cette démarche permet *in fine* de baliser des pistes pour le changement afin que de véritables alternatives émergent et puissent être engagées. La participation des parties prenantes en interaction — et souvent en concurrence, la facilitation des débats et des échanges d'opinions, la recherche d'un langage commun et de compromis, la réflexion pluridisciplinaire, sont autant de composantes complémentaires de ce que nous appellerons ici et en première approximation « prospective participative ».

Imagine, outil flexible de médiation et d'aide à la décision

En tant qu'outil d'aide à la décision, l'effort prospectif de la méthode *Imagine* apporte des éclairages sur le contexte territorial, ses



Imagine, un outil évolutif

Si la mise en œuvre de la méthode *Imagine* s'est révélée fructueuse et a été appréciée par la majorité des parties prenantes, elle n'en demeure pas moins perfectible. Il conviendrait de prendre en considération quelques écueils pour améliorer encore les résultats de futures applications.

En ce qui concerne la participation des acteurs, il semble que leur renouvellement conséquent d'un atelier à l'autre soit un frein au dynamisme et au bon fonctionnement du groupe dans la durée. L'hétérogénéité des niveaux de pouvoir, d'influence et de représentation peut également poser problème. Par ailleurs, un portage politique continu est un pré-requis essentiel pour que l'exercice de prospective débouche sur des mesures concrètes, en facilitant notamment l'adoption officielle du plan d'actions issu des ateliers ainsi que la mobilisation de moyens financiers adéquats. Enfin, la démarche prospective gagnerait à être renforcée en aval, à travers la normalisation du suivi et de

l'évaluation de la mise en œuvre des actions, une communication et une médiatisation renforcées, et la valorisation des résultats pour des initiatives similaires. En ce qui concerne les indicateurs de durabilité, au cœur de l'exercice, certaines difficultés techniques restent à surmonter : d'une part la détermination de l'intervalle de valeurs correspondant à un état de durabilité s'avère parfois controversée, d'autre part il peut être difficile de renseigner certains indicateurs (manque de données).

Imagine, un outil pertinent pour accompagner les démarches de gestion durable des espaces forestiers

Du fait de la multifonctionnalité des forêts méditerranéennes (fonctions écologiques, production de produits ligneux et non ligneux, paysages, espaces récréatifs... dont les usages peuvent être concurrents et conflictuels) et de l'intégration des enjeux forestiers au sein de problématiques plus larges de préservation de l'environnement et de développement socio-économique, la gestion des espaces boisés en Méditerranée requiert une approche systémique. Une telle approche nécessite une collaboration renforcée non seulement entre le secteur forestier et les autres secteurs concernés par la gestion des espaces boisés (eau, agriculture, énergie, tourisme, environnement, aménagement du territoire, etc.), mais aussi la concertation des différents acteurs territoriaux (propriétaires forestiers, éleveurs, agriculteurs, associations environnementalistes, élus locaux, gestionnaires d'espaces naturels, grand public, etc.), ce qui plaide en faveur de modes de gouvernance participatifs des territoires ruraux. La dimension temporelle propre à la gestion forestière appelle par ailleurs à l'appréhender avec une vision de long terme.

Ainsi, à travers les succès ou échecs d'initiatives variées visant à mettre en place une gestion durable d'un territoire forestier, ressortent des besoins et attentes récurrents de la part des parties prenantes, tels que la participation d'un maximum d'acteurs pertinents, en vue de répondre au mieux à leurs préoccupations et de garantir une bonne



appropriation du projet ou des actions de gestion, le renforcement du dialogue et le décloisonnement entre secteurs d'activités, le tout dans la durée.

La méthode *Imagine*, en associant la production de connaissances partagées sur un territoire, pour différentes échelles de temps (diagnostic, scénarios à moyen et long termes), et la participation des parties prenantes, expertes de ce territoire (apprentissage collectif, large délibération autour de consensus négociés), semble être un outil approprié pour faciliter la mise en œuvre d'une gestion durable des espaces forestiers et plus largement ruraux. Si la méthode a été initialement développée pour et appliquée à des zones côtières, elle est cependant flexible par nature et ajustable à des contextes territoriaux et des problématiques variées : au niveau de son périmètre géographique et des parties prenantes à impliquer, des diagnostics, indicateurs de durabilité et scénarios prospectifs, qui sont construits localement et collectivement, ainsi qu'à tra-

Fig. 4 :
Ateliers *Imagine* dans le cadre du Programme d'Aménagement Côtier en Slovénie

Julien LE TELLIER
Marion BRIENS
Plan Bleu – PNUE/PAM
15, rue Ludwig Van
Beethoven
06560 Valbonne
France
Mél :
mbriens@planbleu.org
Site web :
www.planbleu.org

vers la mise en œuvre effective des stratégies et actions adoptées, qui peuvent mobiliser les outils d'aménagement et de gestion adéquats ; dans le cas d'un espace forestier, il peut alors s'agir d'un parc naturel régional, d'une charte de gestion forestière ou encore d'un plan d'aménagement de massif. Il revient donc aux acteurs des territoires boisés, soucieux de renouveler et d'améliorer les modes et outils de gouvernance de ces espaces, de s'approprier cette méthode systémique et prospective afin d'en tirer les meilleurs bénéfices.

par des communautés locales —une côte, un massif forestier — mais aussi dans une perspective plus large de développement territorial, et en particulier de réduction des clivages socio-économiques entre des territoires différenciés et spécialisés (zones côtières « balnéarisées » ou zones urbaines vs. espaces ruraux ou naturels) ou de réduction de la pauvreté et des inégalités au sein d'un territoire.

J.L., M.B.

Bibliographie

- AIFM et Plan Bleu, 2011, Compte rendu des sessions « Forêts, sociétés, territoires », Avignon (France), 5 et 8 avril 2011, 2^e Semaine forestière méditerranéenne. Disponible à : http://www.planbleu.org/actualite/fr/SessionsPB_AIFM_SemaineForestiereMed.html
- Bell S. et E. Coudert, 2006, Guide d'utilisation de *Imagine* : analyse systémique et prospective de durabilité, Les Cahiers du Plan Bleu n°3, Sophia-Antipolis, 50 pages. Disponible à : <http://www.planbleu.org/publications/prospective.html>
- Benoit G. et A. Comeau, (dir.), 2005, Méditerranée, Les perspectives du Plan Bleu sur l'environnement et le développement, Éditions de l'Aube et Plan Bleu, 432 pages. Disponible à : <http://www.planbleu.org/publications/prospective.html>
- Billé R., « Gestion intégrée des zones côtières: quatre illusions bien ancrées », VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 7 Numéro 3 - décembre 2006. URL : <http://vertigo.revues.org/1555> ; DOI : 10.4000/vertigo.1555
- Coudert E. et M. Larid, *IMAGINE* : un ensemble de méthodes et d'outils pour contribuer à la gestion intégrée des zones côtières en Méditerranée, VertigO, Volume 7 Numéro 3, décembre 2006
- Godet M., 2004, Manuel de prospective stratégique. 2^e éd. Paris : Dunod.

Conclusion

Avec la montée en puissance des questions liées à l'environnement et au développement durable, et notamment des enjeux du changement climatique, les demandes sociale et politique se traduisent par une plus grande participation du public aux débats, à la conception et à la mise en œuvre des stratégies territoriales de long terme. Dans ce contexte, la méthode *Imagine* articule deux composantes essentielles : (a) la production de connaissances territorialisées et articulées à différentes échelles de temps (prospective, méthode des scénarios) et (b) la participation des parties prenantes. Il s'agit, d'une part, d'améliorer la connaissance nécessaire à la décision stratégique de long terme, en explorant des futurs possibles à travers la méthode des scénarios et, d'autre part, renforcer la mobilisation des acteurs locaux et parties prenantes, à travers le travail collaboratif et l'apprentissage collectif permettant des consensus négociés. De telles approches font sens non seulement pour appuyer la gestion durable d'espaces ou de ressources

Résumé

La montée en puissance des préoccupations environnementales se traduit par des demandes sociale et politique en faveur de la participation du public à la conception et la mise en œuvre de stratégies territoriales de long terme. Dans ce contexte, le Plan Bleu a développé, expérimenté et consolidé une méthode d'analyse systémique et prospective territoriale, *Imagine*, qui propose des outils pour décrire, évaluer et explorer le niveau de durabilité d'un éco-socio-système dans le passé, le présent et l'avenir, au moyen d'indicateurs et à travers une approche participative considérant les acteurs locaux comme experts de leur territoire. Cette méthode a démontré ses atouts en termes de production de connaissances partagées sur un territoire (diagnostic, scénarios) et de participation des parties prenantes, permettant ainsi d'identifier des futurs souhaitables et d'élaborer des plans d'actions collégialement définis et approuvés. De par sa nature flexible et évolutive, *Imagine* s'avère applicable à divers contextes et problématiques, notamment à la gestion durable de territoires forestiers.

Feedback and potential uses of the “Imagine” method: A systemic and predictive analysis of sustainability

by Julien LE TELLIER and Marion BRIENS

Preoccupation with the environment has gained increasing prominence, reflected in social and political demands for general public participation in the conception and implementation of long-term strategy for defined geographical or administrative areas. In this context, the Blue Plan has developed, tested and consolidated a method of systematic, predictive and proactive analysis “Imagine”, that proposes tools for describing, evaluating and investigating the degree of sustainability of a socio-ecosystem. It is based on a participatory approach that considers local stakeholders and others involved as experts in their area.

In the Noughties at the beginning of this century, the Blue Plan developed, verified and consolidated the *Imagine* method of systemic and predictive analysis of sustainability. With the aim of bringing together stakeholders and others actively involved in a given area, *Imagine* proposes a variety of tools for describing, assessing and exploring the degree of sustainability of a socio-ecosystem in its past, present and future forms. It is based on certain indicators and a participatory approach that assumes that the local people involved are indeed experts in and about the area they are active in.

The *Imagine* method was implemented by the Blue Plan, within the framework of coastal development programmes (CDP) initiated by the Action Plan for the Mediterranean (MAP), in Malta (2000-2002), the Lebanon (2002-2003), Algeria (2003-2004), Slovenia (2005) and Cyprus (2006-2007). The role of the Blue Plan in this context was to facilitate and follow up the implementation of the *Imagine* method by local management teams operating in the coastal environments which are the focus of the CDPs. The method could equally well be applied within the framework of the protocol concerning the integrated management of Mediterranean coastal areas (the IGCZ Protocol annexed to the Barcelona Convention that came into effect in 2011) whose objective is to encourage the sustainable management of coastal areas, taking into account their vulnerability and the multiplicity of their users and how they interact.

The ever-increasing concern for the preservation of natural resources and areas around the Mediterranean Rim can take the form of an increased demand for back-up in “area” projects in defined territories. *Imagine* is one of the tools available for such back-up. This article seeks to provide a synthesis of *Imagine*’s strengths as borne out by the feedback from its application in CDPs and to show the advantages of *Imagine* for designing “area” projects in defined territories by highlighting this method’s adaptable or adjustable features that suit it for a range of issues and diverse regional contexts – including woodlands and forests.

The Blue Plan’s systemic and predictive approaches

For more than twenty years, the Blue Plan’s systemic and predictive approaches have been based on a study of the past, present and future impact of development on the environment and natural resources, in order to enhance the decision-making process. This means helping those responsible for managing a defined area first to acquire the tools for systemic and predictive analysis so that they can envisage future developments in the light of past and current tendencies, and then collectively to design and carry out action plans to obtain the sustainable results desired for the future. Predictive, proactive analysis, seeking to foresee the likely destiny of a defined area in the light of past and

present action and dynamics, represents an effective tool for facilitating decision-making: by imagining alternatives for the future (sustainable or not), this reasoning process of “backtracking” to generate hypotheses makes it possible to define the way forward to the desired future(s).

To investigate the interplay between development and the environment, the Blue Plan’s predictive approach is based on i) an analysis of systems, and ii) the scenario method. First of all, by taking into account the interaction between the various interdependent elements involved, the systemic approach makes it possible to obtain an overall analysis of a whole territory and its likely future and to understand the processes connected to each element in the system and, above all, to the relationships and interaction between such elements. Thereafter, the scenario method makes it possible to envisage the future(s) for a system at the scale of a defined territory that will evolve constantly from its initial configuration. A scenario consists of this initial form, selected hypotheses for its evolution, a pathway to the chosen horizon and a vision of the final situation. All these stages are linked by a coherent, internal logic which derives from the hypotheses for evolution and their consequences (“If..., then...”). Building up scenarios provides the decision-makers and other people involved with a spectrum of possible alternatives along with different visions of the future which will enable them to better understand the issues and the risks involved in the tendencies observed and to define measurable goals for development over the short and middle terms.

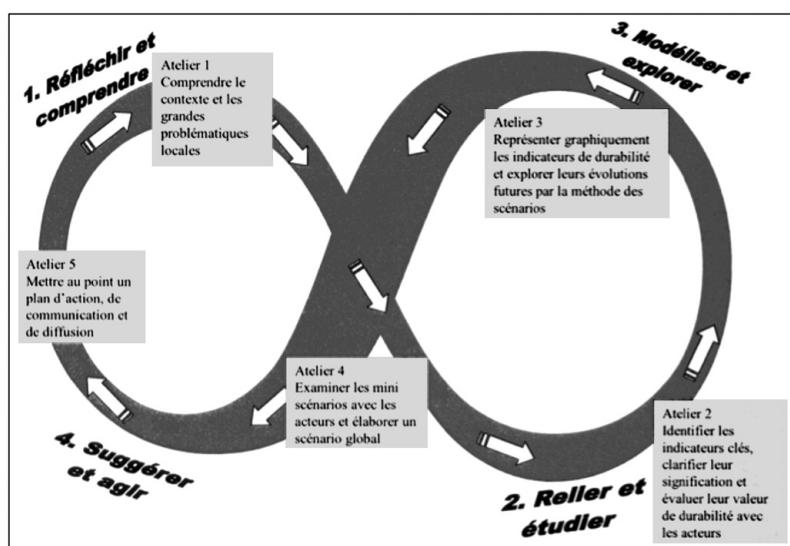
With a view to improving, adapting and renewing predictive proactive tools, the Blue Plan, in association with Simon Bell (Open Systems Research Group, open University, G.-B.), has initiated, tested and made available the participatory *Imagine* method of systemic and predictive analysis of sustainability which is based on four main principles:

- The systemic approach enables people to view the defined area under study in its entirety, to share the collectively-built-up image of a defined area.

- Predictive, proactive analysis and the scenario method seek to orient strategy in the light of alternative visions of the future emerging from tendencies.

Fig. 1 :

The four stages of the *Imagine* method



– The indicators and thresholds of sustainability serve to monitor and foresee evolution in the light of sustainable development.

– Participatory methods count on the skills and knowledge of locally-involved stakeholders and others in the conception and effective running of land use and development projects i.e. area projects for defined territories.

Imagine facilitates describing, assessing and exploring the degree of sustainability of a system in its past, present and future forms, using certain indicators and via four successive stages and five workshops, bringing together the stakeholders and others involved in the defined area concerned (Figure 1):

1.– Thinking about and understanding the local context and its main issues using various exercises (BLUE PLAN, 2006 COUDERT and LARID, 2006).

2.– Linking up and studying the different interacting elements, identifying the key indicators of sustainability while clarifying their definition and assessing their degree of sustainability.

3.– Using graphs, modelling and investigating indicators of sustainability and imagining their future evolution using scenarios.

4.– Making suggestions and carrying out measures via an action and communications plan.

Figure 2 shows examples of graphs resulting from the scenario-modelling and investigative stage (stage 3): starting with a description of the system (stage 1), indicators of sustainability and the associated threshold levels – extreme and threshold sustainability levels based on excess or lack (stage 2) – are built up from graphs that give a vision of the present and possible future situations.

Feedback: *Imagine* and the management of coastal areas

Imagine provides a participatory tool for assisting the decision-making process and has shown itself to be particularly well-adapted to the integrated management of Mediterranean coastal areas. The method has made it possible to mobilise and coalesce the skills and know-how of stakeholders and others actively involved locally in putting

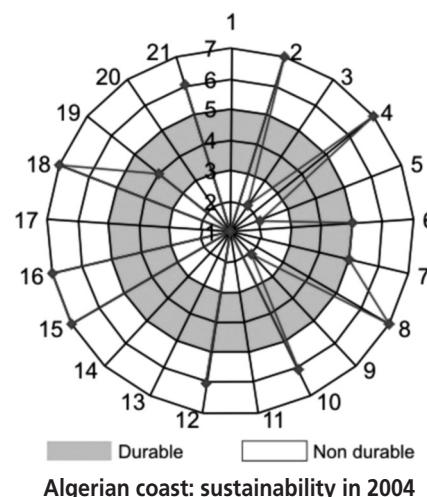
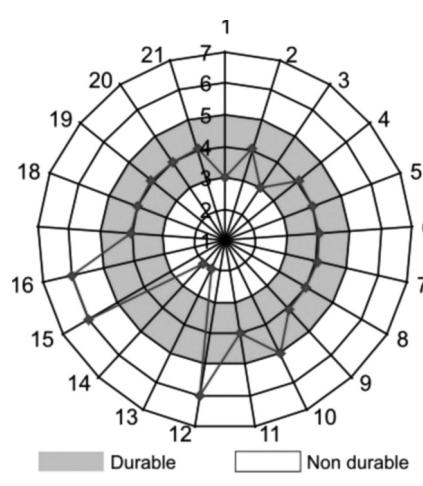
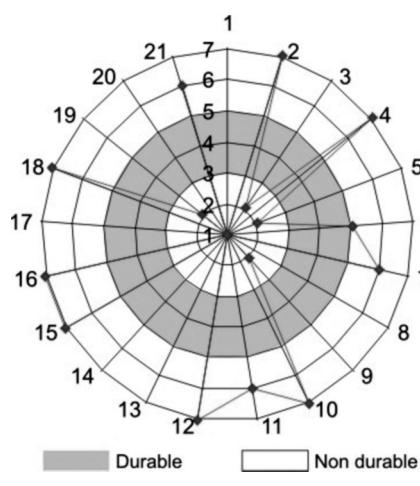


Fig. 2 :
"Amoeba" graphs, representing the present situation and two possible scenarios for the future in the light of previously-defined criteria for sustainability



together collectively land use and development projects and define the action to be undertaken with a view to enhancing the sustainability of management for the defined areas concerned.

Imagine: working together for better decision-making, a tool that mobilises and breaks down sectorial barriers

In the light of the experience acquired with *Imagine*, coordinated by the Blue Plan, along with the opinions of local representatives of CDPs, it clearly emerges that it is crucial for stakeholders and other locals (decision-makers, managers, scientists, technicians, civil servants, professionals, representatives of wider society and economic sectors) to be involved, that people must be got together and different sectors and specialists work hand-in-hand. Within the framework of the CDPs, the *Imagine* method has a mobilising effect and breaks down barriers: the local workshops under *Imagine*'s aegis provided what were rare opportunities for discussion and debate about common projects and problems. Their simple and convivial format made it easy to break the ice among participants and to calmly get to grips with the complexities of the systems of the given areas under study, using, for example, "fertile images" (Figure 3). These public forums for participation facilitated the pooling of

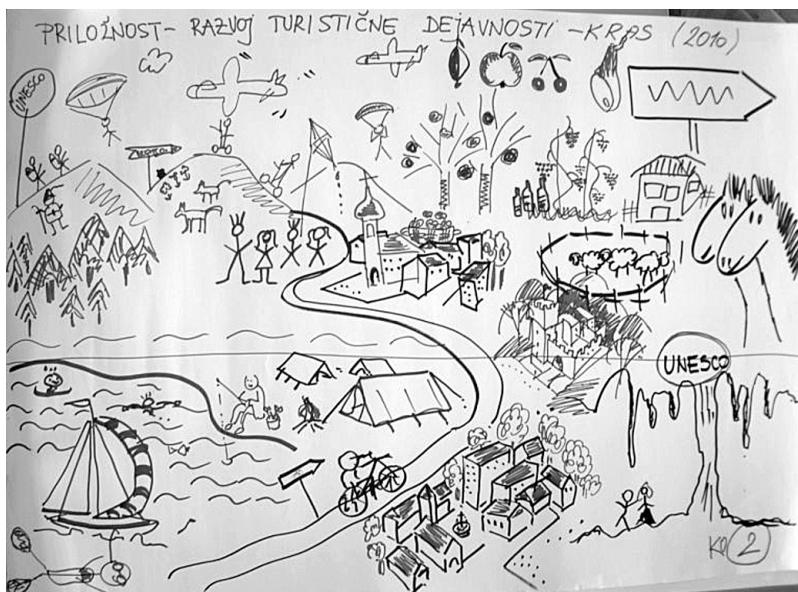
issues of mutual concern and the emergence of a dynamic across sector boundaries. Thus, "*the method has shown that it is capable of overcoming barriers between the work of the various stakeholders and others involved in the defined area, of getting them to work together to think about and define a common sustainable future, and of providing attractive information about complex situations [...]. The same method has shown that it can bring an enjoyable dimension to complicated and difficult tasks, that it fosters convivial relations and is applicable at different levels*" (Report on the *Imagine* seminar, BLUE PLAN, 2008).

Imagine: flexible tool as facilitator in resolving conflict and help in decision-making

As a tool for help in decision-making, the predictive and proactive impetus of *Imagine* reveals further aspects of the context, evolution and perspectives of a defined area, on the basis of which decisions must be made. It also indicates the possible consequences of such decisions. Moreover, the forward-looking approach of the Blue Plan at the level of the defined area emphasises the social and institutional dimensions: the stakeholders and others involved themselves form the nucleus of reflection about how they interact together and the area-wide systems within which they evolve and interact. In this way, *Imagine* represents a facilitating tool for resolving conflict between different sectors. It does in fact appear important to understand (and help to resolve) such regular conflicts. It is equally vital to get an overview of the positions and strategies adopted by the various stakeholders and others involved in order to keep in mind the factors underlying inertia and recurring conflict throughout a defined area. The result of the whole undertaking should be to provide guidelines for change so that in the end, real alternatives emerge that can then be put into effect. The interactive participation of the various stakeholders and others involved –often in competition amongst themselves-, the facilitating of debate and the exchange of opinion, the attempt to define mutually-agreed language and compromise and interdisciplinary reflection are all constituents that, as complements to each other, make up a process that we will here call, as a first rough term, "participatory, predictive and proactive".

Fig. 3:

Fertile image identifying the opportunities for tourist development around 2010 on the Slovenian coast.



Imagine: a tool made to evolve

Though the implementation of the *Imagine* method has proved to be fruitful, and welcomed by most of those involved, it can nevertheless be improved. A certain number of pitfalls should be kept in mind in order to obtain ever-improved results in the future.

Concerning the participation of stakeholders and others involved, the changeover in participants from one workshop to the next was, over the longer term, a hindrance to group dynamics and the smooth running of the group. The disparities in the levels of power, influence and representation can also be a problem. On a different matter, continuous political back-up is an essential prerequisite if the predictive and proactive process is to achieve concrete results, notably through facilitating official acceptance of the action plans that emerge from the workshop sessions and, also, their requisite funding. And finally, the predictive, proactive undertaking would benefit from further input downstream by standardising follow-up and an evaluation of implementation, reinforced communication and media exposure, and effective exploitation of the results in other similar initiatives. Concerning the indicators of sustainability at the core of the process, some technical difficulties remain to be overcome: determining what length of time corresponds to a state of sustainability is sometimes a source of real disagreement; and it can be difficult to apply certain indicators (lack of data).

Imagine: an effective tool in undertaking the sustainable management of forested areas

The fact that Mediterranean forests and woodlands are multi-purpose (roles in ecology, wood and non-wood production, landscapes, recreational areas...), roles at times in competition or in conflict with each other) and that key forestry matters are now integrated into the wider issues of environmental conservation and socio-economic development, means that the management of Mediterranean forests and woodlands demands a systemic approach. Such an approach requires not only enhanced collaboration between the forestry sector and those



others involved in the management of woodland areas (water, agriculture, energy, tourism, planning etc.); it also requires concertation between the various parties involved locally (forest landowners, livestock farmers, other farmers, environmental associations, elected representatives, managers of natural areas, the general public...). This situation obviously argues in favour of participatory modes of governance for rural areas. The time span necessarily involved in forestry management also tends towards a long-term vision.

Thus, there have emerged from the successes and failures of the various initiatives aiming at the sustainable management of forested areas, recurrent needs and expectations on the part of all those involved. These include: the participation of the maximum number of the relevant stakeholders and people involved, in order to get responses corresponding as perfectly as possible to

Fig. 4:
Imagine workshops
during the Coastal
Development Programme
in Slovenia

their preoccupations and to ensure that the project, or management action, is widely embraced; improvement in dialogue; and the breaking-down of barriers between the various sectors of activity. And all over the long term.

The *Imagine* method associates the obtaining of shared knowledge and understanding about a defined area within various time frames (initial diagnosis, scenarios for the middle and long terms) with the participation of the stakeholders and others involved, generally expert in local matters (collective learning process, broad discussion and reflection around agreed consensuses). In this way, the method now appears as a suitable tool for facilitating the implementation of sustainable management of woodlands and forested areas and, indeed, of rural areas in general. Though the method was originally developed for coastal regions and first applied there, it is flexible by its very nature and can be adjusted to handle a range of territorial contexts and issues, whether concerning the extent of the geographical area and the stakeholders to be taken into account, diagnostic assessment, indicators of sustainability and predictive scenarios which are built up locally, as well as the effective implementation of the adopted strategy and action which can call on suitable means for land use planning, development and management –in the case of forests, this might mean a regional nature park, a forest management charter or a master plan for a mountain massif. In the final analysis, it is up to the people involved in a particular woodland and forest area with a concern for the renewal and improvement of modes of governance there and for the requisite tools, who must take this systemic, proactive method to heart and get the utmost benefit out of it.

Conclusion

As issues related to the environment and to sustainable development gain increasing attention, particularly the challenges of climate change, related social and political demands manifest themselves by greater public participation in debate and in the conception and implementation of long-term strategy for the defined area. In such a context, the *Imagine* method revolves around

two essential component features: a) the acquisition of knowledge and understanding, at the level of the given defined area and organised within different time frames (predictive proactive process, scenarios), and b) the participation of stakeholders and other parties concerned. The purpose here is to improve the knowledge and understanding needed for decision-making about long-term strategy through the use of the scenario method and, also, to reinforce the mobilisation of stakeholders and other local parties via collaborative work and a shared apprenticeship leading to a negotiated consensus. These approaches are valid not only for underpinning the sustainable management by the local communities of their areas or resources –a coast, a forest massif- but, also, in the wider perspective of regional development, notably for the reduction of the socio-economic cleavages between the clearly-differentiated regions or regions with specialist activities (seaside regions developed for tourism or urbanised areas vs. natural or rural areas) or the reduction of poverty and inequality in a given defined area.

J.L., M.B.

Bibliography

- AIFM et Plan Bleu, 2011, Compte rendu des sessions « Forêts, sociétés, territoires », Avignon (France), 5 et 8 avril 2011, 2^e Semaine forestière méditerranéenne. Disponible à : http://www.planbleu.org/actualite/fr/SessionsPB_AIFM_SemaineForestiereMed.html
- Bell S. et E. Coudert, 2006, Guide d'utilisation de *Imagine* : analyse systémique et prospective de durabilité, Les Cahiers du Plan Bleu n°3, Sophia-Antipolis, 50 pages. Disponible à : <http://www.planbleu.org/publications/prospective.html>
- Benoit G. et A. Comeau, (dir.), 2005, Méditerranée, Les perspectives du Plan Bleu sur l'environnement et le développement, Éditions de l'Aube et Plan Bleu, 432 pages. Disponible à : <http://www.planbleu.org/publications/prospective.html>
- Billé R., « Gestion intégrée des zones côtières: quatre illusions bien ancrées », VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 7 Numéro 3 - décembre 2006. URL : <http://vertigo.revues.org/1555> ; DOI : 10.4000/vertigo.1555
- Coudert E. et M. Larid, *IMAGINE* : un ensemble de méthodes et d'outils pour contribuer à la gestion intégrée des zones côtières en Méditerranée, VertigO, Volume 7 Numéro 3, décembre 2006
- Godet M., 2004, Manuel de prospective stratégique. 2^e éd. Paris : Dunod.

La Forêt Modèle : un nouvel outil de gouvernance territoriale

par Riccardo CASTELLINI

Nées au Canada au début des années 1990, les Forêts Modèles sont des initiatives associatives à participation volontaire qui lient la foresterie, la recherche, l'agriculture, les activités récréatives et d'autres valeurs et intérêts dans un paysage donné. Aujourd'hui le programme compte un réseau international et, plus spécifiquement, un réseau méditerranéen qui concourent à l'atteinte d'un but commun : la gestion durable des paysages forestiers et des ressources naturelles.

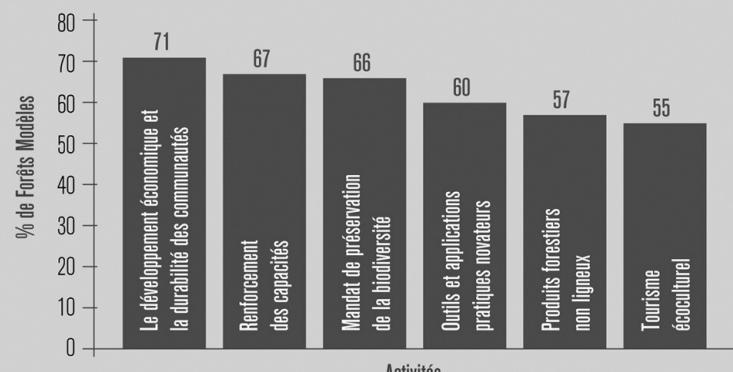
Au début des années 1990, l'une des réactions canadiennes au problème posé par l'adoption des principes de développement durable en foresterie (une pratique désormais connue sous le nom de « gestion durable des forêts ») a consisté à la mise sur pied du programme de Forêts Modèles. Le but du programme était de rassembler diverses organisations et individus pour qu'ils mettent au point certaines approches novatrices de gestion à l'échelle du paysage local. Ces approches fondées sur la science seraient en mesure d'intégrer la réglementation sur la gestion des forêts et sa mise en œuvre sur le terrain.

Lors de la création d'une Forêt Modèle, les individus et groupes soutenant diverses valeurs attribuables aux forêts acceptent de collaborer pour concevoir et démontrer des moyens de gérer des paysages forestiers et autres ressources naturelles en fonction d'approches de gestion, à la fois acceptables localement et applicables nationalement.

Une Forêt Modèle est une association volontaire de personnes qui vivent ou qui sont impliquées dans un territoire, qui cherchent à le décrire, le distinguer, l'améliorer et garantir sa viabilité et qui partagent leurs expériences et leurs connaissances afin de contribuer aux objectifs environnementaux globaux.

Dans une Forêt Modèle, diverses personnes forment un partenariat neutre pour atteindre le but suivant : gérer leurs propres ressources naturelles de la manière la plus logique pour eux, compte tenu de leur histoire, de leur situation économique et de leur identité.

Répartition des activités les plus fréquentes des Forêts Modèles (2010)



Échanger des idées et des connaissances, intégrer les diverses valeurs dans la gestion, évoluer suivant les capacités locales d'utilisation des approches de gestion durable, sont autant de règles fondamentales d'action que se sont données les Forêts Modèles. Grâce à la recherche, des outils et des approches de gestion durable des paysages sont mis au point, puis transmis aux praticiens. La gestion d'une Forêt Modèle repose sur le consensus selon lequel tous les participants ont leur mot à dire sur les questions de gestion abordées et les activités qui en découlent. La souplesse de structure de gestion adoptée facilite l'adaptation aux réalités économiques, politiques, sociales et culturelles du lieu où se trouve une Forêt Modèle donnée.

Le partenariat définit l'acception du terme « durabilité » dans son propre contexte, fixe

un but commun, établit une structure de gouvernance et dresse un plan stratégique, puis les membres collaborent à l'atteinte des objectifs énoncés dans le plan.

Les objectifs des Forêts Modèles se concentrent sur l'éducation, la recherche, la protection de la biodiversité ou l'élaboration d'indicateurs locaux. En outre, les partenariats des Forêts Modèles s'avèrent particulièrement efficaces dans la recherche des débouchés économiques. Vue sous cet angle, une Forêt Modèle est davantage un processus à long terme qu'un projet.

Sur le plan géographique, la Forêt Modèle doit représenter la grande diversité d'utilisations et de valeurs qui entrent en jeu dans un paysage donné.

Les Forêts Modèle fixent leurs propres priorités pour la conservation de la biodiversité, la sensibilisation transculturelle, la diversification économique et l'éducation du public.

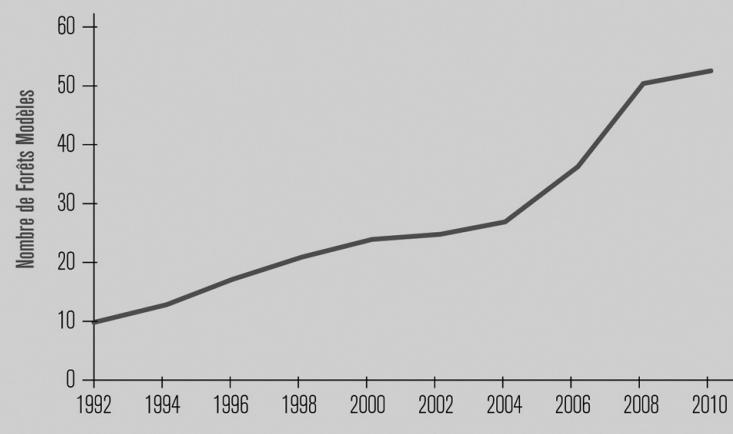
En partant de 10 Forêts Modèles initiales au Canada en 1992, le RIFM (Réseau international des Forêts Modèles) s'est développé pour comprendre plus de 55 stations dans plus de 24 pays, réparties dans cinq continents et impliquant des milliers d'organisations partenaires. Et les chiffres ne cessent d'augmenter.

L'ensemble des Forêts Modèles et leurs réseaux régionaux forment donc le RIFM, ce réseau international d'activités, dont la structure de gestion souple et partagée facilite le partage des leçons tirées des régions et d'autres organisations. Depuis presque 20 ans maintenant, les parties prenantes du monde entier dépendantes des forêts ont réussi, sur une base bénévole et grâce aux Forêts Modèles, à mettre en œuvre des politiques de gestion des ressources naturelles et les priorités qu'elles s'étaient fixées.

Elles sont aussi uniques et diverses que les pays et cultures auxquels elles appartiennent. Chaque Forêt Modèle partage la même philosophie à l'échelle mondiale, mais chacune établit ses propres priorités de programmation et sa propre structure de gouvernance. Toutes les Forêts Modèles partent d'une philosophie constituée de six principes qui assurent la cohérence du RIFM tout en jetant les bases des réseaux et des échanges de connaissances :

1. *Partenariat de grande ampleur* : chaque Forêt Modèle constitue un forum neutre basé sur la participation bénévole de représen-

Croissance du RIFM (de 1992 à 2010)



tants des intérêts des parties prenantes et des valeurs sur les paysages forestiers.

2. *Importance de l'environnement* : chaque Forêt Modèle constitue une énorme zone bio-physique représentant une très grande variété de valeurs forestières, notamment celles de nature environnementale, économique, culturelle et sociale.

3. *Engagement envers la durabilité* : les parties prenantes s'engagent à préserver et à gérer de façon durable les ressources naturelles ainsi que les paysages forestiers.

4. *Gouvernance experte* : l'approche de gestion des Forêts Modèles en est une de représentation, collaborative, transparente et réfléchie, axée sur le travail coopératif des parties prenantes.

5. *Vaste programme d'activités* : les activités entreprises dans le cadre des Forêts Modèles traduisent leur vision de satisfaction des besoins des parties prenantes, de respect des valeurs et de relève de défis que pose la gestion.

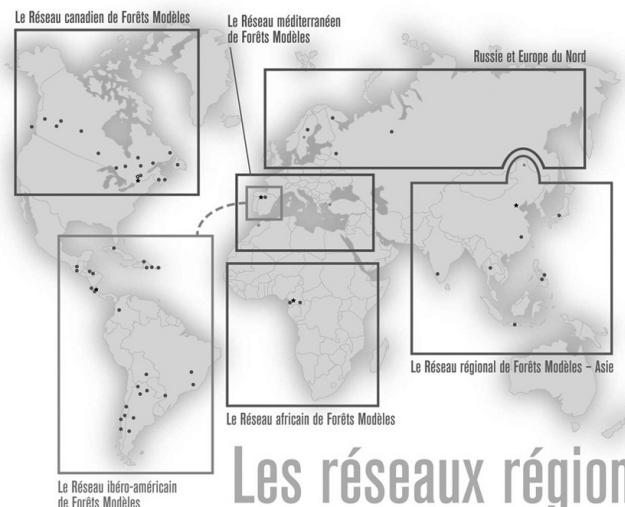
6. *Engagement à faire part des connaissances et à faire évoluer les capacités et la mise en réseau* : une Forêt Modèle permet de faire évoluer les capacités des parties prenantes, de se lancer dans la gestion durable des ressources naturelles, et ce, tout en permettant l'échange de résultats et des leçons tirées de tout un chacun.

Le Réseau international et méditerranéen de Forêts Modèles (RIFM et RMFM) sont des



Réseau international de Forêts Modèles

- membre
- candidate
- ★ Secrétariat du réseau régional
- ☆ Secrétariat du RIFM

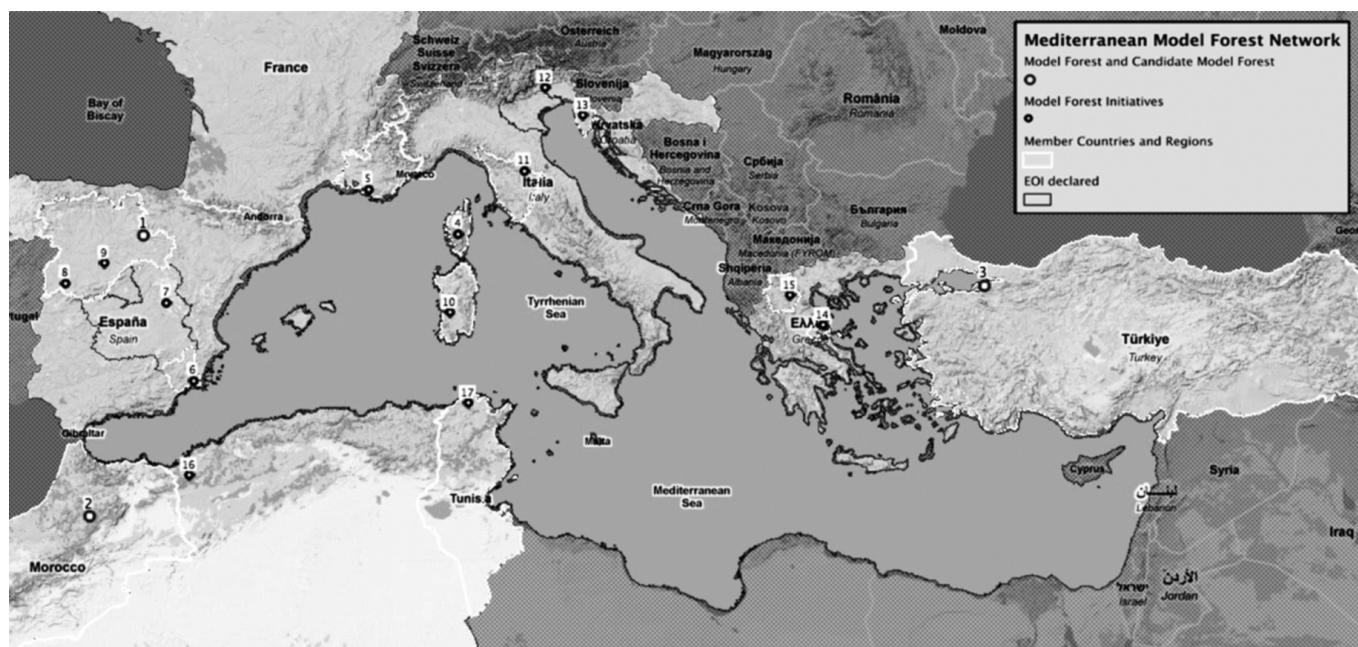


Les réseaux régionaux

associations volontaires qui concourent à l'atteinte d'un but commun : la gestion durable des paysages forestiers et des ressources naturelles.

Dans le Réseau méditerranéen de Forêts Modèles, nous étudions les particularités de la région méditerranéenne. Nous définissons des objectifs communs, promouvons une dynamique de travail et établissons des modèles de collaboration entre les membres.

Nous favorisons aussi l'échange de connaissances, la coopération dans des domaines d'intérêt commun et le développement de capacités collectives favorisant l'in-



Semaine forestière méditerranéenne d'Avignon

Riccardo CASTELLINI
European project
Manager
Area de Cooperación
Internacional
GSM (0034)
666 918 723
Tél. : (0034) 983304181
Fax : (0034) 983308671
E-mail : riccardo.castellini@cesefor.com
www.cesefor.com

Plus d'information :
www.imfn.net
www.mmfni.info

novation. Le réseau et ses Forêts Modèles coopèrent pour l'élaboration de leurs programmes d'activités. Ils sont en communication permanente afin d'éviter les conflits environnementaux et visent à augmenter les possibilités d'atteindre le développement durable global dans le cadre des engagements et accords internationaux.

Nos objectifs sont promouvoir le concept de Forêt Modèle, promouvoir et soutenir le développement de Forêts Modèles dans la région méditerranéenne et profiter des opportunités que le réseau offre, partager les connaissances, promouvoir les initiatives innovatrices et unir les efforts pour la construction d'un monde plus durable.

Nous sommes engagés pour assurer que chaque Forêt Modèle représente pleinement les caractéristiques environnementales, sociales et économiques du territoire ou du paysage sur lequel elle est développée, assurer un équilibre entre les concepts de durabilité territoriale et globale, et promouvoir le travail d'équipe, l'échange culturel et de connaissances et le développement de nou-

velles méthodes d'apprentissage et de collaboration entre les membres du réseau.

Nous intégrons les spécificités de chaque territoire tout en avançant vers un objectif global qui se reflète dans les principes du Réseau international de Forêts Modèles. Le travail en réseau permet aux Forêts Modèles d'avoir un rôle déterminant dans la génération, l'échange et la diffusion de connaissances qui contribuent à l'atteinte des objectifs environnementaux mondiaux.

Les membres du Réseau méditerranéen des Forêts Modèles sont les régions de l'Union Européenne et des pays candidats et, dans les autres pays, les autorités publiques nationales ayant compétence en matière de développement basé sur la forêt, et les Forêts Modèles de la région méditerranéenne.

R.C.

Résumé

Les Forêts Modèles sont des initiatives associatives à participation volontaire qui lient la foresterie, la recherche, l'agriculture, les activités récréatives et d'autres valeurs et intérêts dans un paysage donné. Elles reposent sur une démarche novatrice qui allie les besoins sociaux, culturels et économiques des collectivités locales et la durabilité à long terme des vastes paysages dont les forêts constituent un élément important.

Dans une Forêt Modèle, diverses personnes forment un partenariat neutre pour atteindre le but suivant : gérer leurs propres ressources naturelles de la manière la plus logique pour eux, compte tenu de leur histoire, de leur situation économique et de leur identité.

Le partenariat définit l'acception du terme « durabilité » dans son propre contexte, fixe un but commun, établit une structure de gouvernance et dresse un plan stratégique, puis les membres collaborent à l'atteinte des objectifs énoncés dans le plan.

Les objectifs des Forêts Modèles se concentrent sur l'éducation, la recherche, la protection de la biodiversité ou l'élaboration d'indicateurs locaux. En outre, les partenariats des Forêts Modèles s'avèrent particulièrement efficaces dans la recherche des débouchés économiques. Vue sous cet angle, une Forêt Modèle est davantage un processus à long terme qu'un projet.

Sur le plan géographique, la Forêt Modèle doit représenter la grande diversité d'utilisations et de valeurs qui entrent en jeu dans un paysage donné.

Les Forêts Modèles fixent leurs propres priorités pour la conservation de la biodiversité, la sensibilisation transculturelle, la diversification économique et l'éducation du public.

Le Réseau international et méditerranéen de Forêts Modèles (RIFM et RMFM) sont des associations volontaires qui concourent à l'atteinte d'un but commun : la gestion durable des paysages forestiers et des ressources naturelles.

The Model Forest: a new tool for governance

by Riccardo CASTELLINI

Created in Canada, in the early 1990s, Model Forests are voluntary associative initiatives linking forestry, research, agriculture, recreation and other values and interests in a landscape. Today, the Model Forest program comprises one International and one, more specific, Mediterranean Network. Both are voluntary associations of partners working toward a common goal: the sustainable management of forest-based landscapes and natural resources.

In the early 1990s, one of Canada's responses to the challenge of integrating the principles of sustainable development into forestry — a practice now known as sustainable forest management — was the creation of the Model Forest Program. The aim of the program was to bring diverse organizations and people together to develop innovative local, landscape-scale approaches to integrating forest management policy, with on-the-ground implementation supported by sound science.

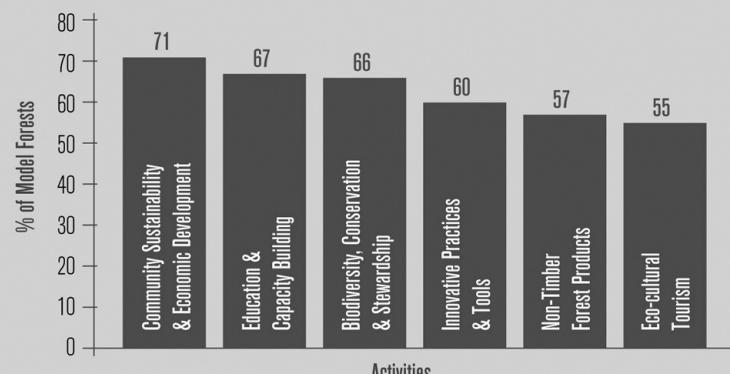
In creating a Model Forest, individuals and groups supporting a wide range of forest values agree to collaborate to devise and demonstrate ways to manage forest-based landscapes and natural resources, using approaches that are both locally acceptable and nationally relevant.

A Model Forest is a voluntary association of people that live in a particular territory, and are interested in discovering, defining, enhancing and guarantying its sustainability; and in sharing their experiences and their knowledge to contribute to global environmental goals.

In a Model Forest different people form a partnership to achieve the following goal: manage their own natural resources in the most logical way for them, considering their history, their economic situation and their identity.

The partnership defines the meaning of the term "sustainability" in its own context, sets a common purpose, establishes a governance structure and provides a strategic plan: members work together to achieve the objectives set out in the plan.

Distribution of Most Frequently Occurring Model Forest Activities (2010)



Sharing ideas and knowledge, incorporating multiple values into management, and enhancing local capacities for engaging in sustainable management practices are all fundamental principles of Model Forests. Through research, tools and approaches to sustainable landscape management are also developed and transferred to practitioners.

Governance of a Model Forest is based on consensus, allowing for participants to have a say in the issues to be addressed and activities undertaken. The governance structure is highly flexible and is designed to reflect the cultural, social, political and economic realities of the area within which a Model Forest operates.

Model Forest objectives focus on education, research, protection of biodiversity and the development of local needs. In addition, the

Model Forest partnerships are particularly effective in the search for economic opportunities. From this perspective, a Model Forest is more a process than a long-term project.

Geographically, the Model Forest should represent the diversity of uses and values of a large landscape.

Model Forests set their own priorities for the conservation of biodiversity, cultural awareness, economic diversification and public education.

From an initial 10 Model Forests in Canada in 1992, the IMFN has grown to include more than 55 sites in over 24 countries on five continents, with thousands of partner organizations – and the numbers continue to grow.

Together, all of the Model Forests and their regional networks make up the IMFN, a global community of practice whose flexible shared framework facilitates the exchange of lessons learned across the regions and with other organizations.

For nearly 20 years now, forest-dependent stakeholders around the world have been voluntarily translating sustainable natural resource management priorities and policies into action on the ground through the Model Forest approach.

Model Forests around the world are as unique and diverse as the countries and cultures they belong to. While each Model Forest sets its own programming priorities and governance structure, on a global scale Model Forests are linked through a common philosophy. All Model Forests share a core set of six principles that give the IMFN coherence and provide the basis for networking and knowledge sharing:

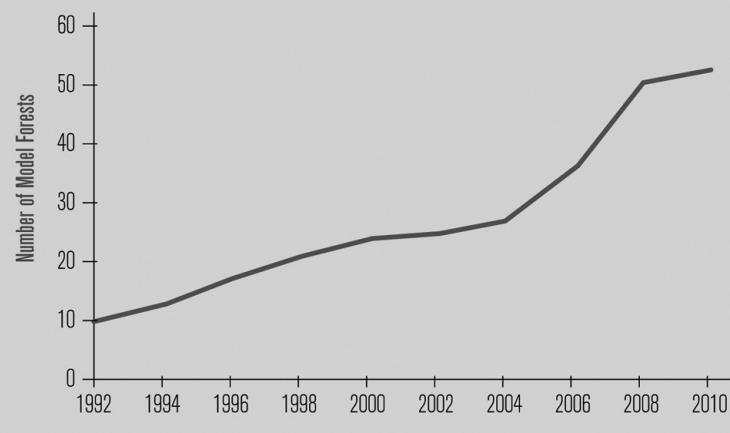
- 1. Broad-based partnership:* each Model Forest is a neutral forum that welcomes voluntary participation of representatives of stakeholder interests and values on the landscape.

- 2. Large landscape:* each Model Forest is a large biophysical area representing a broad range of forest values, including social, cultural, economic and environmental concerns.

- 3. Commitment to sustainability:* stakeholders are committed to the conservation and sustainable management of natural resources and the forested landscape.

- 4. Good governance:* the Model Forest management process is representative, participatory, transparent and accountable, and

IMFN Growth (1992–2010)



promotes collaborative work among stakeholders.

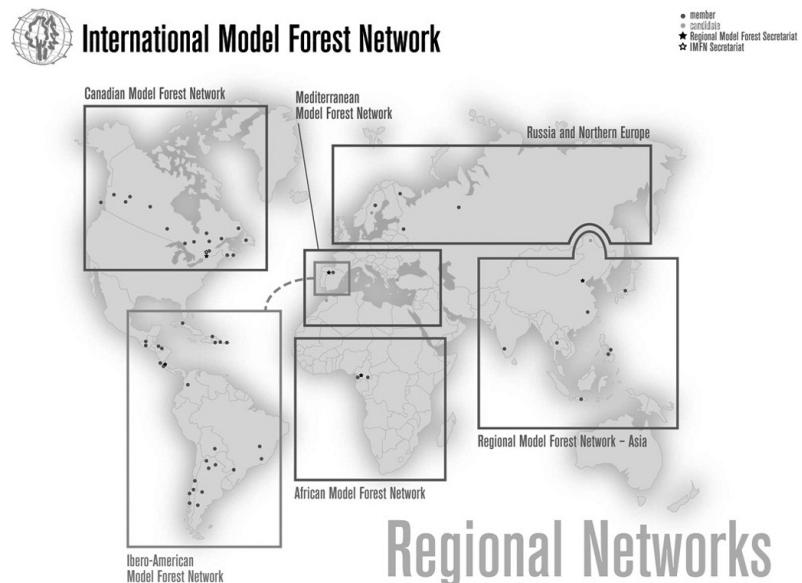
5. Broad program of activities: activities undertaken by a Model Forest reflect the Model Forests' vision and stakeholder needs, values and management challenges.

6. Commitment to knowledge sharing, capacity building and networking: a Model Forest builds stakeholder capacity to engage in the sustainable management of natural resources, collaborate, and share results and lessons learned through networking.

The International and the Mediterranean Model Forest Network (IMFN and MMFN) are voluntary associations of partners working toward a common goal: the sustainable management of forest-based landscapes and natural resources.

In the Mediterranean Model Forest Network we study the particularities of the Mediterranean region. We develop common objectives, we generate dynamic work environments, and we establish patterns of collaboration between members. We promote the exchange of knowledge, cooperate in common interest areas, and collectively develop innovative capacities.

The Network and its Model Forest cooperate in the development of their activity programs. They are in permanent communication to avoid environmental conflicts and they aim to promote global sustainable development opportunities, in the frame-



Regional Networks

work of international commitments and agreements.

Our objectives are to promote the Model Forest concept, to promote and support the development of Model Forest in the Mediterranean region and to take advantage of the opportunities that networking provides, to share knowledge, to promote innovative initiatives and to join efforts to work in the development of a more sustainable world.

Our goals are to ensure that each Model Forest fully represents the environmental, social and economic characteristics of each



Mediterranean Forest Week of Avignon

Riccardo CASTELLINI
European project
Manager
Area de Cooperación
Internacional
GSM (0034)
666 918 723
Tél. : (0034) 983304181
Fax : (0034) 983308671
E-mail : riccardo.castellini@cesefor.com
www.cesefor.com

For more information:
www.imfn.net
www.mmfnet.info

territory or landscape on which it is developed, to ensure a balance between the concepts of territorial sustainability and global scale sustainability and to promote teamwork, cultural and knowledge exchange and the development of new ways of learning and collaboration among Network members.

We integrate the specificities of each territory without losing the overall focus that is reflected by the Principles and Attributes of the International Model Forest Network. Networking contributes to Model Forests being able to share knowledge that in turn helps to achieve global environmental objectives.

The members of the Mediterranean Model Forest Network are the regions in the European Union and candidate countries and, in other countries, national government bodies having competencies over forest-based development, and the Model Forests in the Mediterranean region.

R.C.

Summary

Model Forests are voluntary associative initiatives linking forestry, research, agriculture, recreation and other values and interests in a landscape. They are based on an innovative approach that combines the social, cultural and economic local and long-term sustainability of vast landscapes in which forests are an important part.

In a Model Forest different people form a partnership to achieve the following goal: manage their own natural resources in the most logical way for them, considering their history, their economic situation and their identity.

The partnership defines the meaning of the term "sustainability" in its own context, sets a common purpose, establishes a governance structure and provides a strategic plan: members work together to achieve the objectives set out in the plan.

Model Forest objectives focus on education, research, protection of biodiversity and the development of local needs. In addition, the Model Forest partnerships are particularly effective in the search for economic opportunities. From this perspective, a Model Forest is more a process than a long-term project. Geographically, the Model Forest should represent the diversity of uses and values of a large landscape. Model Forests set their own priorities for the conservation of biodiversity, cultural awareness, economic diversification and public education.

The International and the Mediterranean Model Forest Network (IMFN and MMFN) are voluntary associations of partners working toward a common goal: the sustainable management of forest-based landscapes and natural resources.

La politique forestière territoriale en France (résumé)

par David DEVYNCK

Si la politique forestière reste de la compétence de l'Etat, les collectivités publiques et les acteurs locaux de la filière forêt-bois peuvent s'appuyer sur trois outils de gouvernance territoriale complémentaires : la Charte forestière de territoire, le Plan d'approvisionnement territorial et le Plan de développement de massif, pour inventer une nouvelle approche de la forêt, outils particulièrement adaptés à la multifonctionnalité de la forêt méditerranéenne.

Si la politique forestière reste de la compétence de l'Etat, les lois de décentralisation successives survenues en France dans les années 2000 (Loi Voynet, Loi d'orientation forestière) ont laissé la possibilité aux élus locaux d'inventer une nouvelle approche de la forêt. Elle consiste à intégrer la forêt dans les politiques de développement des territoires, en appréhendant ses fonctions économiques, sociales et environnementales. C'est la prise en compte de la « multifonctionnalité » de la forêt.

Dans cette perspective, les collectivités publiques et les acteurs de la filière forêt-bois ont mis sur pied un véritable schéma de développement forestier, local et durable. Ce modèle s'appuie sur trois outils de gouvernance territoriale complémentaires : la Charte forestière de territoire (CFT), le Plan d'approvisionnement territorial (PAT) et le Plan de développement de massif (PDM). Ces outils qui visent des objectifs et des zones d'interventions différents rencontrent un vif succès sur le pourtour méditerranéen français : 23 CFT, 8 PAT en cours d'exécution dans les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon.

La Charte forestière de territoire (CFT)

C'est une démarche volontaire qui vise à construire une politique forestière partagée par les usagers de la forêt à l'échelle d'un bassin de vie. Elle est issue d'une réflexion collective sur les besoins et les enjeux en matière d'économie forestière du territoire, mais aussi des relations forêt et tourisme, ressource en eau, biodiversité, agriculture... La CFT se concrétise par la mise en œuvre d'un programme d'actions pluriannuel que chaque acteur du territoire s'approprie en fonction de ses compétences. Dans la mesure où la CFT est un cadre qui garantit la cohérence et l'articulation des projets forestiers sur un territoire, elle constitue idéalement le préalable aux autres outils de gouvernance territoriale citée ci-dessous.

Le Plan d'approvisionnement territorial (PAT)

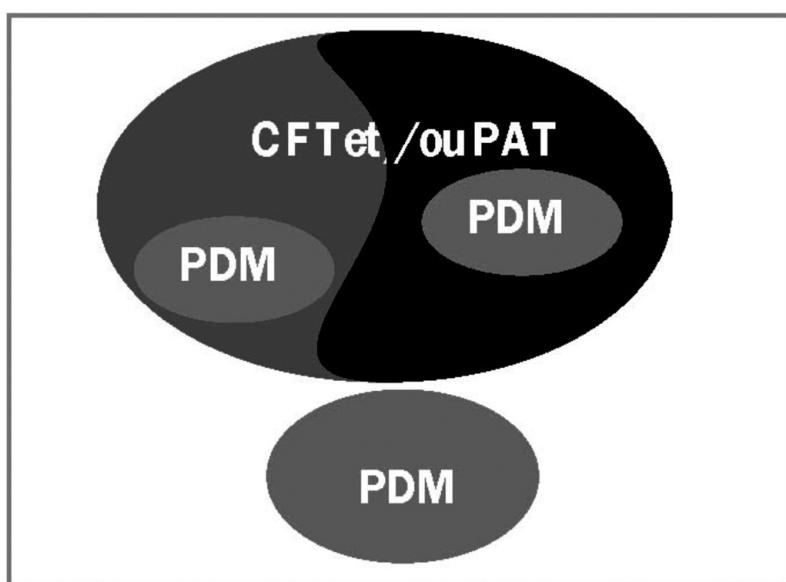
Le PAT est un outil d'aide à la décision, au service des élus, pour structurer une filière bois énergie et bois d'œuvre en circuit court. Il confronte l'offre et la demande en bois d'un territoire, identifie le coût de mobilisation de la ressource et en déduit les investissements adéquats pour optimiser le développement

de la filière. La démarche associe les acteurs de la filière forêt bois du territoire, les élus et les financeurs du projet, par le biais d'organe de gouvernance. Ils alimentent ainsi les réflexions, valident les conclusions de travail et assurent le lien avec la politique de développement du territoire qui peut prendre la forme d'une CFT.

Le Plan de développement forestier (PDM)

Le PDM est un outil qui s'applique à la forêt privée. Il définit à partir de l'analyse des potentialités d'un massif forestier (4000 ha environ), un plan d'actions pour la mobilisation de bois et la reprise de la gestion des forêts privées. Ce travail est piloté par un organe de gouvernance regroupant les acteurs forestiers, les élus du secteur ainsi que les financeurs de l'opération. Le PDM peut émerger de manière indépendante ou des programmes d'actions CFT ou PAT, lorsqu'un besoin d'animation particulier a été identifié par ces outils.

Ce modèle de développement forestier territorial, qui se base sur l'imbrication d'outils de gouvernance territoriale complémentaires trouve sa finalité dans l'émergence de « pôle bois ». Il s'agit d'unité de transformation du bois de haute technologie (centre de tri, de séchage, de classement mécanique, de rabotage...) issue de partenariats publics / privés entre collectivités locales et professionnels de la filière forêt-bois. Ces pôles bois signent la concrétisation et la réussite des politiques forestières territoriales en France.



David DEVYNCK
OFME
Pavillon du Roy René
CD7 Valabre 13120 Gardanne France
Email : paca@communesforestieres.org

France's regional forestry policy

Summary

by David DEVYNCK

In France, while forestry policy is in the hands of central Government, local and regional authorities and local stakeholders in the forestry and wood industries have three further tools available as additional back-up for the governance of defined areas: the Forestry Charter, the Supply Plan, both for a Defined Area, and the Development Plan for a Mountain Zone. Designed to foster a new approach to forests, these tools are particularly well adapted to the multi-purpose nature of Mediterranean forests and woodlands.

While forestry policy in France remains the reserve of the country's national government, the series of laws on decentralisation in the 2000s (the Voynet Act, the framework Act on Forestry) gave local and regional elected representatives the possibility of coming up with a new outlook on forests and woodlands. This approach involves integrating forests and woodlands into regional development policy by taking into account their economic, social and environmental functions. In other words, accepting the "multi-purpose" nature of forests.

In this perspective, the regional and local elected authorities and others involved in the forest and wood sector have put into place a genuine framework scheme for forestry development that is local and sustainable. The basis for this model is composed of three complementary tools for regional governance: the Forestry Charter for Defined Areas (in French CFT), the Defined Area Supply Plan (in French PAT) and the Massif Development Plan (in French PDM). These tools, each with its own different purpose and areas of intervention, have met with real success in the Mediterranean regions of France: 23 CFTs, 8 PATs are under way in the two Regions of Provence-Alpes-Côte d'Azur and Languedoc-Roussillon.

Forestry Charter for Defined Areas (CFT)

This is a voluntary undertaking whose aim is to bring about a commonly-held forestry policy shared by all the users of the forests and woodlands living or involved in an effectively cohesive area. It is the result of a collective reflection about the needs and challenges of the forestry economy of the given area but, also, about the relationships between forests and tourism, the water resource, biodiversity, agriculture... the CFT has concrete expression through the implementation of a pluri-annual programme of action which each person involved in the defined area responds to and adopts in the light of individual skills and know-how. Insofar as the CFT is a framework guaranteeing the coherence and effective interplay of forestry projects in the whole area, it ideally constitutes the point of departure for the other tools of regional governance referred to above.

Defined Area Supply Plan (PAT)

The PAT is a tool for assistance in decision-making, as back-up for elected representatives in structuring both the fuel wood sector and the timber and saw wood trade for local and regional sales. It marshals the supply and demand for wood in a defined area, identifying the costs for exploiting the resource and deducing the level of invest-

ments required to optimise the development of the sector through a body for governance.

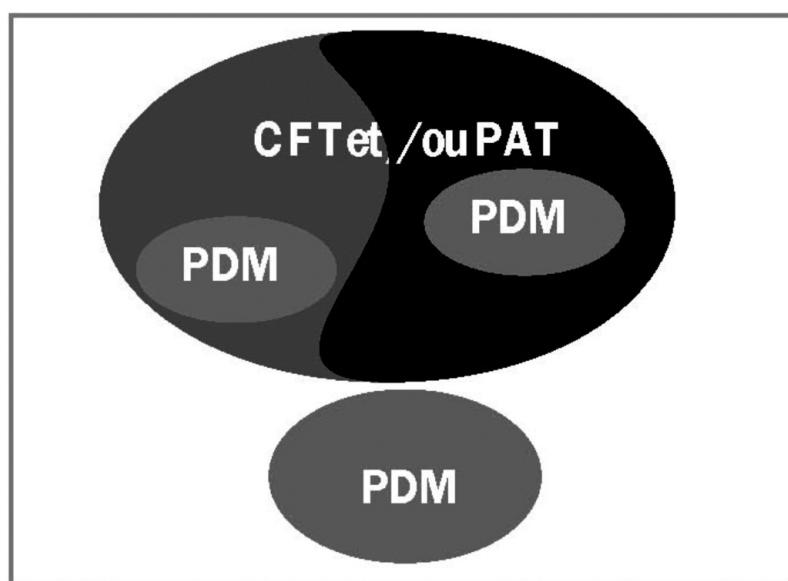
This undertaking associates the stakeholders and others involved in the forest and wood industry sector in the defined area with elected government councillors and the financial backers of the project. In doing so, it enhances reflection and thought, validates the conclusions emerging from work done and ensures the link with territorial development policy which may take the form of a CFT.

Development Plan for a Mountain Zone (PDM)

The PDM is a tool designed for private forest landowners. On the basis of an analysis of the potential strengths of a forested mountain zone (4,000 ha roughly), it defines an action plan for mobilising the wood resource and reviving the management of private holdings. This work is carried out by a body for governance bringing together forestry stakeholders, elected representatives and the financers of the operation. The PDM can take form independently or via CFT or PAT action programmes whenever these other tools have identified a particular need for help with a dynamic and leadership.

This model for territorial development in a defied area, based on the interlocking of complementary tools for regional governance, finds concrete justification in the emergence of a "wood hub". This takes the form of a high-technology unit for the transformation of wood (sorting facility, drying workshop, mechanical classification unit, planing workshop...) resulting from public / private partnerships between local and regional elected governments and professionals in the forest and wood industries. These wood hubs represent the tangible stamp of success of France's local and regional forestry policies.

D.D.



Plans directeurs dans le Parc naturel de Sierra Espuña et le paysage protégé de Gebas (Murcie, Espagne)

*La planification participative au service
du développement socio-économique
et de la conservation écologique*

par Mario VELAMAZÁN, Cristina LÓPEZ, Francisco FLORES
& Juan de DIOS CABEZAS

Le projet européen Qualigouv a pour objectif principal de renforcer l'interaction entre les gestionnaires et les populations, à travers la conception et l'expérimentation de stratégies et d'outils innovants pour améliorer la gouvernance et la gestion intégrée des forêts méditerranéennes dans les espaces protégés. C'est dans ce cadre-là, qu'un projet local a été développé dans la région de Murcie, en Espagne, à travers la mise en place de plans directeurs pour le développement socio-économique et la conservation écologique.

Introduction

La protection des espaces forestiers et leur gestion a considérablement évolué au cours des dernières décennies, à travers des politiques générales appliquées aux territoires, ou «*top-down*» et des mesures technocratiques ne visant pas suffisamment des objectifs de conservation de la nature. Différentes thématiques, telles que la co-gestion ou la gouvernance de l'environnement, sont devenues de plus en plus importantes au point de conduire à des politiques intégrant les différents enjeux socio-économiques affectant l'environnement (EUROPARC-ESPAGNE, 2007 ; WILSON, G.A., 2009).

Suite à cela, la compréhension des interactions entre l'espace protégé et les communautés locales environnantes devient une étape préliminaire et indispensable pour gérer efficacement les espaces protégés. Il est essentiel de bien connaître le patrimoine naturel et culturel et ses enjeux de conservation, mais aussi d'analyser les relations socio-économiques en œuvre, pour être en mesure d'optimiser les interactions entre les gestionnaires et la société (GÓMEZ LIMÓN *et al*, 2000).

Depuis 2008, plusieurs administrations et ONG méditerranéennes sont impliquées dans un projet européen appelé QUALIGOUV, dont l'objectif principal est de renforcer l'interaction entre les gestionnaires et les populations, à travers la conception et l'expérimentation de stratégies à différents niveaux et des outils innovants afin d'améliorer la gouvernance et la gestion intégrée des forêts méditerranéennes dans les espaces protégés. Coordonné par la Région de Murcie, le partenariat est constitué par l'Association Internationale Forêts Méditerranéennes (AIFM), le Parc naturel régional du Luberon, le Parc naturel régional des Alpilles, l'Office national des forêts (en France), le WWF (au Portugal), la Generalitat Valenciana (en Espagne) et la Province de Tarente (en Italie).

Le projet général Qualigouv, qui a été concrétisé à travers plusieurs actions pilotes suivies et évaluées, s'est centré sur le "Plan directeur pour le développement socio-économique et la conservation écologique" dans la Région de Murcie. Ces plans visent à améliorer la qualité de vie des gens dans quatre villages ruraux dans les environs du Parc naturel de Sierra Espuña et du Paysage protégé de Gebas, tout en étant cohérent avec le cadre de protection de l'environnement et de développement durable.

Localisation

Le Parc naturel de Sierra Espuña et le Paysage protégé de Gebas sont situés dans le centre géographique de la Région de Murcie, dans le sud-est de l'Espagne. Ce territoire a

été l'une des premières zones de grand reboisement en Espagne. Au début du XX^e siècle, la plupart de ses montagnes ont été reboisées, transformant un désert en forêts biodives qui sont aujourd'hui protégées pour leurs valeurs culturelles et naturelles. Il couvre 17 804 hectares à travers les municipalités de Alhama de Murcia, Totana, Aledo et Mula. En 1931, il a été désigné comme un "site d'intérêt national", et en 1992 a été protégé en tant que "parc naturel". Il est également classé comme ZPS (Zone de protection spéciale) en raison de sa population d'oiseaux et comme ZSC (Zone spéciale de conservation) grâce à ses habitats et ses espèces à caractère remarquable. Il contient près de 1000 espèces floristiques différentes, 36 d'entre elles sont protégées par des lois régionales et nationales. L'essence forestière dominante est le pin Carrasco (*Pinus halepensis*) et il y a 123 espèces d'oiseaux, 38 de mammifères et une vaste gamme d'insectes, d'amphibiens et de reptiles.

L'équipe de gestion de Sierra Espuña a gagné la Certification nationale espagnole "Q pour un Tourisme de Qualité" pour le Parc naturel en mars 2005, et sa gestion forestière a obtenu les labels PEFC (Programme de reconnaissance des certifications forestières) et FSC (Forest Stewardship Council).

Le paysage protégé de Gebas a été créé par la loi régionale 4 / 1992. Il couvre 1 875 ha sur les municipalités d'Alhama de Murcia et de Librilla. Les ravins de Gebas sont l'un des meilleurs exemples typiques d'un territoire aride, une succession impressionnante de "badlands". La popularité internationale de cette zone est due à ses ressources géomorphologiques et paysagères, ainsi que la singularité des communautés végétales.

Le même plan de gestion concerne les deux zones citées ci-dessus depuis 1995 (loi régionale 13/1995) et en accord avec ses règles, les plans directeurs socio-économiques et écologiques continuent à être développés depuis 2008 pour mettre en œuvre des processus participatifs au niveau local dans les quatre villages autour du Parc naturel de Sierra Espuña et du Paysage protégé de Gebas. Ces petits villages sont : Gebas (Alhama de Murcia), El Berro (Alhama de Murcia-Mula), Casas Nuevas (Mula) et El Purgatorio (Totana).



Photo 1 : Paysage de la Sierra Espuña
Photo Juan Tomas Gondia Sanchez

Les villages pilotes

El Berro (Alhama de Murcia et Mula) compte 200 habitants. Il est situé entre la forêt et la campagne, la montagne et la vallée.

Casas Nuevas est un autre petit village de Mula avec 215 habitants. Il est le dernier village fondé dans la municipalité Mula. Il est situé dans la zone nord de la zone protégée.

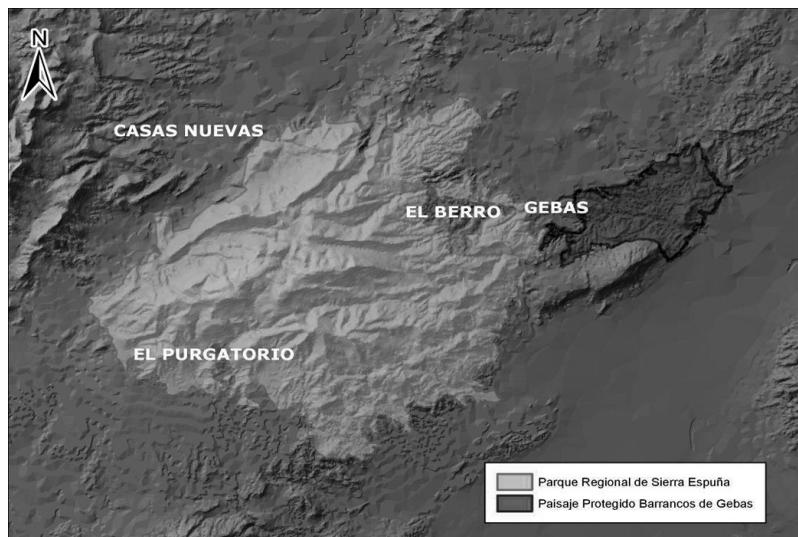
Gebas (Alhama de Murcia) comptant moins de 100 habitants, est situé entre le Paysage protégé des "mauvaises terres" ou "badlands" et la Sierra Espuña.

El Purgatorio est situé dans le nord-ouest de la municipalité de Totana, appartenant au hameau de La Sierra. Il compte 56 résidents recensés en 2009.

Bien que les quatre villages et hameaux concernés par le projet sont plutôt petits, ils sont très influents dans la gestion du Parc naturel, étant donné que les moyens de subsistance des habitants sont le tourisme, l'agriculture ou la foresterie, secteurs qui ont une grande influence sur la faune, la flore et d'autres ressources naturelles protégées dans la région. La diminution des populations résidentes, qui était très rapide il y a quelques décennies, s'est récemment ralentie. En dehors de ce constat, il y a un pourcentage important de personnes qui vivent dans d'autres municipalités qui reviennent le week-end ou en vacances (BARAZA MARTÍNEZ *et al.*, 2003).

Méthodologie

La méthodologie a été appliquée à ces quatre villages ruraux. Le premier objectif était d'apprendre à connaître et analyser les caractéristiques des municipalités qui composent les zones protégées. Les informations sur le statut socio-économique des villages ont été collectées (enquêtes, longues interviews avec les élus locaux et réunions participatives) afin de comprendre l'influence des zones protégées sur les municipalités et leur environnement, de définir les actions qui pourraient être mises en œuvre pour promouvoir la croissance économique dans un cadre de conservation et d'être capable de créer des mécanismes qui pourraient améliorer la communication entre les communautés locales et l'Administration de l'environnement.



Résultats

A ce jour, trois processus ont été achevés et le quatrième arrive à la dernière étape. Les réactions des gens ont été très positives en raison du fait qu'elles n'avaient jamais été consultées sur la planification de la gestion des terres dans leurs territoires. Cependant, la mise en œuvre s'est avérée être l'étape la plus difficile, car l'éventail de l'attente locale était tel que les besoins et les suggestions identifiées ont nécessité d'impliquer ensuite différentes administrations et gestionnaires, ce qui a provoqué plus de délais de réponse que ne l'espérait la population locale.

Les actions qui ont été identifiées lors des réunions participatives dans les différents hameaux sont incluses dans les différentes lignes d'action suivantes :

Fig. 1 :
Villages du Parc naturel
où des Plans directeurs
ont été mis en place

Photo 2 :
Les Barrancos de Gebas
Photo J.T. Gandia
Sanchez





Photo 3 :

El Berro

Photo Lydia Lorca Cava

- promotion de la participation sociale ;
- valorisation du patrimoine naturel et rural ;
- restauration et valorisation du patrimoine culturel ;
- formation et conseil pour le développement rural ;
- promotion de systèmes de production locaux ;
- création ou amélioration des infrastructures et des équipements.
- créer des structures de coordination institutionnelle.

Photo 4 :

Réunion participative
à Casas Nuevas

Photo Juan José Andújar
Díaz

La plupart des personnes enquêtées ont pu voter pour des actions spécifiques. Ainsi, les actions prioritaires sont les suivantes : amé-

lioration de la santé et des transports dans les hameaux, amélioration des infrastructures (routes, égouts...), recrutement d'un agent de développement local, soutien aux associations locales, organisation de plusieurs conférences (formation, dynamisation des populations...), appui technique aux agriculteurs pour développer un «label naturel» pour les produits du territoire, modification des déclarations légales de certaines zones...

Conclusions

Après trois ans, plusieurs leçons ont été tirées de ces processus, ajoutés aux autres développés par le partenariat du projet Qualigouv. En conséquence, de nouvelles procédures ont été conçues de manière à créer les conditions favorables pour le transfert dans d'autres espaces protégés méditerranéens. Premièrement, bien que l'échelle du village offre des informations très détaillées et précises sur les mesures proposées, les actions et les zones d'application se chevauchent souvent. Un unique plan socio-économique pour l'ensemble de la zone protégée, incluant tous les villages concernés, est considéré comme une meilleure option.

Deuxièmement, les administrations et les institutions qui seront responsables de l'application des mesures devraient participer dès le début du processus, afin d'être en mesure d'intégrer les actions correspondantes dans leurs propres programmes d'activités. Cela permettrait de faire coïncider davantage les mesures espérées par les populations et les budgets disponibles et éviter ainsi de faux espoirs de la population locale.

Enfin, une mise en œuvre dynamique et un suivi local sont essentiels. C'est la raison pour laquelle les bureaux locaux, le rôle dynamiseur du Plan directeur et des comités de suivi impliquant les gestionnaires, les techniciens, les élus et la participation des acteurs locaux sont très importants, ainsi que la coordination de ces comités. Les quatre comités, concentrés sur les villages, auront à intégrer la coordination avec d'autres processus participatifs tels que « Forêts Modèles » (échelle plus étendue), le Conseil du Parc (incluant des objectifs de gestion) ou Charte européenne du Tourisme Durable (encadrant certaines activités concrètes).



En conclusion, la méthodologie du Plan directeur est un outil très efficace, en faisant prendre conscience aux populations de l'intérêt de développer des relations plus étroites entre elles et l'administration. Les habitants des zones rurales ne sont pas trop inquiets au sujet des limitations découlant des exigences de protection. Par contre, dans un contexte de durabilité, ils exigent une administration qui soit en mesure de travailler tous ensemble pour parvenir à un réel développement territorial, protégé ou non.

M.V.

Bibliographie

Ambiental S.L. 2011 "Masterplan estratégico de gestión ecológica y socioeconómica de Casas Nuevas y su entorno". Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Región de Murcia.

Baraza Martínez, Francisca et al 2003 "Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN). Sierra Espuña y Barrancos de Gebas". Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Dirección General del Medio Natural. Región de Murcia. 2003.

Cáscales López, Pedro L. 2010 "Alhama de Murcia. Vecinos de Gebas 1777-1960". Ayuntamiento de Alhama de Murcia. Murcia.

Ecoespuna, S.L. 2009 "Masterplan Estratégico de Gestión Ecológica y Socioeconómica del Paisaje Protegido de los Barrancos de Gebas y su entorno". Consejería de Agricultura y Agua. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Región de Murcia.

Ecoespuna, S.L. 2011 "Masterplan Estratégico de Gestión Ecológica y Socioeconómica de El Berro". Consejería de Agricultura y Agua. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Región de Murcia.



Ecopatrimonio S.L.U. 2010 "Masterplan Estratégico del Desarrollo Ecológico y Socioeconómico de El Purgatorio. Introducción al análisis territorial". Consejería de Agricultura y Agua. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Región de Murcia.

Esparc 2005. "Actas del XI Congreso de EUROPARC-España. Comunicar los beneficios de los espacios protegidos a la sociedad". Cangas de Nalcea, 8 al 12 de junio de 2005.

EUROPARC-España. 2007 "EnReDando. Herramientas para la comunicación y la participación social en la gestión de la red natura 2000". Fundación Fernando González Bernáldez. Madrid.

Gómez-Limón et al. 2000 "De la declaración a la gestión activa: Los Espacios Naturales Protegidos en el umbral del siglo XXI". Fundación González Bernáldez. Madrid.

IUCN. 1994 "Parks for life: Action plan for protected areas in Europe. Gland". IUCN. 1994.

Wilson, Geoff A. 2009 Rethinking Environmental Management— Ten Years Later: A view from the author. Environments Journal Volume 36(3) 2009

Photo 5 :
Casas Nuevas
Photo Juan José Andújar
Díaz

Résumé

Depuis 2008, plusieurs administrations et organisations non gouvernementales méditerranéennes sont impliquées dans un projet MED appelé Qualigouv, dont l'objectif principal est de renforcer l'interaction entre les gestionnaires et les populations, à travers la conception et l'expérimentation de stratégies à différents niveaux et des outils innovants afin d'améliorer la gouvernance et la gestion intégrée des forêts méditerranéennes dans les espaces protégés. Le projet local développé à Murcie se concentre sur les plans directeurs pour le développement socio-économique et la conservation écologique. Ces plans visent à améliorer la qualité de vie des personnes en conformité avec la conservation de l'environnement et le développement durable dans quatre villages ruraux autour du Parc naturel de Sierra Espuña et du Paysage protégé de Gebas. Grâce à un processus participatif, des informations sur la situation socio-économique dans les villages ont été recueillies (par des enquêtes, des interviews ouvertes aux décideurs et des réunions de concertation) afin de comprendre l'influence des espaces protégés sur les municipalités et leur environnement, pour définir des actions qui pourraient être mises en œuvre pour promouvoir la croissance économique dans un cadre de conservation et d'être capable de créer des mécanismes qui permettraient d'améliorer la communication entre les communautés locales et l'Administration de l'environnement. Après trois ans, plusieurs leçons ont été tirées de ces expérimentations et d'autres incluses dans le projet Qualigouv. Par conséquent, bien que les Plans directeurs se sont avérés être un outil très efficace, de nouvelles procédures ont été partagées et améliorées afin de créer les conditions de réussite future dans d'autres espaces protégés méditerranéens.

Mario VELAMAZÁN,
Cristina LÓPEZ,
Francisco FLORES
Juan de Dios
CABEZAS
General Directorate
for the Environment,
Murcia Region
Spain

Email :
mario.velamazan.ros
@gmail.com

Pour en savoir plus :
www.qualigouv.eu

Master Plans in Sierra Espuña Natural Park and Gebas Protected Landscape (Murcia, Spain)

*Participative planning
for socio-economical development
and ecological conservation*

by Mario VELAMAZÁN, Cristina LÓPEZ, Francisco FLORES
& Juan de DIOS CABEZAS

The main objective of the European Project Qualigouv, is to strengthen the interaction between managers and people, through designing and testing strategies and innovative tools to improve governance and integral management of Mediterranean forest in protected areas. Within the framework of this program, a local project in Murcia (Spain) is focused in the Master Plans for socio-economical development and ecological conservation.

Introduction

The protection of Forestry areas and its management has evolved significantly during the recent decades, with “top-down” policies and technocratic measures that were not aimed enough at environmental conservation objectives. Different topics, such as co-management or environmental governance, have increased in their importance in order to develop inclusive policies for the different socio-economical agents interested in environment (EUROPARC-ESPAÑA, 2007; WILSON, G.A., 2009).

Following this, understanding the interactions between a protected area and the local communities of its surrounding areas is a preliminary and essential step to actively manage protected areas. It is essential to analyze the natural and cultural heritage and its conservation requirements, but also the socio-economical relationships and flows, to be able to optimize interactions between managers and society (GÓMEZ LIMÓN *et al.*, 2000).

Since 2008, some Mediterranean Administrations and NGOs have been conducting a European Project called Qualigouv, whose main objective is to strengthen the interaction between managers and people, through designing and testing strategies at different levels and using innovative tools to improve governance and the integral management of Mediterranean forest in protected areas. Coordinated by Murcia Region, the members are the International Association for Mediterranean Forests (AIFM), the Parc Naturel Regional du Luberon, the Parc Naturel Regional des Alpilles, WWF, Generalitat Valenciana, the french Office Nationales des Forêts and Taranto Province in Italy.

The Qualigouv project, which has been developed through several monitored and evaluated pilot project actions, is focused on the Region of Murcia in the "Master Plans for socio-economical development and ecological conservation". These plans aim to improve people's quality of life in four small rural towns in the surroundings of Sierra Espuña Natural Park and Gebas Protected Landscape whilst being consistent with environmental conservation and sustainable development.

Location

Sierra Espuña Regional Park and the Gebas Protected Landscape are located in the geographical center of the Murcia Region, in the South-east of Spain. This territory was one of the first great reforestation areas in Spain. At the beginning of the 20th century, most of its mountains were reforested, transforming a wasteland into the biodiverse forest that it is nowadays, protected by its cultural and natural values. It covers 17,804 hectares across the municipalities of Alhama de Murcia, Totana, Aledo and Mula. In 1931, it was designated as a "Place of National Interest", and in 1992 it was protected as a "Natural Park". It is also classified as a SPA (Special Protection Area) because of its bird population and as a SAC (Special Area of Conservation) due to its important habitats and species. It holds around 1000 different species of flora, 36 of them protected by Regional and National laws. The predominant tree is the Carrasco pine and there are 123 species of birds, 38 of

mammals and a vast array of insects, amphibians and reptiles.

The Sierra Espuña Management team earned the Spanish National Certification "Q for Quality Tourism" for the Natural Park in March 2005, and its forest management has been certified by the PEFC (Programme for Endorsement of Forest Certification Schemes) and FSC (Forest Stewardship Council) systems.

Gebas Protected Landscape was established by the Regional Law 4/1992. It covers 1.875 ha across Alhama de Murcia and Librilla municipalities. Gebas creeks are one of the best examples of a typical arid territory, an impressive succession of "bad lands". The international popularity of this area is due to its geomorphological resources and landscape, together with the singularity of the plant communities.

The same Management Plan is working for both areas since 1995 (Regional Law 13/1995) and according to its rules, the socioeconomic and ecological Master Plans are continuing to be developed since 2008 in order to implement participative processes at a local level in the four small villages around Sierra Espuña Regional Park and the Gebas Protected Landscape. These small villages are: Gebas (Alhama de Murcia), El Berro (Alhama de Murcia-Mula), Casas Nuevas (Mula) and El Purgatorio (Totana).

Picture 1:
Sierra Espuña landscape
Juan Tomas Gandia Sanchez



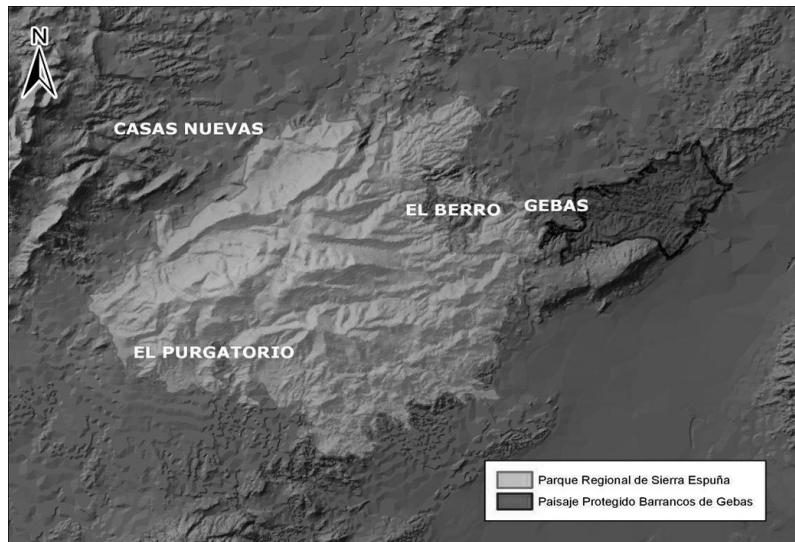


Figure 1:
Rural Villages in the
Natural Park where
Master Plans are being
implemented

The villages involved

El Berro (Alhama de Murcia and Mula) has 200 inhabitants. It is located within the forest and the country, the mountain and the valley.

Casas Nuevas is another small village in Mula with 215 inhabitants. It was the last village founded within the Mula municipality. It is located in the Northern area of the Protected Area.

Gebas (Alhama de Murcia) with less than 100 inhabitants, is located between the “bad lands” protected landscape and Sierra Espuña.

El Purgatorio is located in the North-West of the Totana municipality, belonging to the hamlet of La Sierra. It has 56 registered residents in 2009.

Picture 2:
Barrancos de Gebas
Juan Tomas Gandia Sanchez



Although the four villages and hamlets involved in the project are rather small, they are very influential in the Natural Park management, as the livelihoods of the inhabitants are from tourism, agriculture or forest management, which have a great influence over the fauna, flora and other natural protected resources in the area. The speed of inhabitant reduction, which was very rapid some decades ago, has decreased recently. Apart from this, there is an important percentage of people that live in other municipalities who return on weekends or on holidays (BARAZA MARTÍNEZ *et al*, 2003).

Methodology

The methodology was applied in four small rural villages that depend on the main municipalities: Gebas (Alhama de Murcia), El Berro (Alhama de Murcia y Mula), Casas Nuevas (Mula) and El Purgatorio (Totana). The first objective was to learn about and analyse the characteristics of the municipalities that compose the protected areas. Information on the socioeconomic status of the small towns was collected (through surveys, longue interviews with decision-makers and participatory meetings) in order to understand the influence of the protected areas on the municipalities and their environment, to define actions that could be implemented to promote economic growth in a conservation framework and to be able to create mechanisms that could improve communication among local communities and the Environmental Administration.

Results

At the moment, three processes have been completed and the forth one is facing the last step. People's responses have been very positive due to the fact that they had never previously been consulted about land management planning in their territories before. However, implementation has turned out to be the most difficult process because it was such a broad request that the needs and suggestions that were identified involved different administrations and managers, which has created difficulties in giving responses as promptly as the local population was expecting.

The actions that were extracted from the participatory meetings in different hamlets are included in the different working lines:

- Promotion of social participation.
- Valuing natural and rural heritage.
- Recovery and enhancement of cultural heritage.
- Training and advice for rural development.
- Promoting local production systems.
- Creation or improvement of infrastructure and equipment.
- Create structures for institutional coordination.

The most voted for actions, and therefore the highest priority, are to: improve the health and transport in the hamlets, improvement infrastructure (roads, sewage...), hire a local development agent, provide support for local associations, organize several conferences (training, the dynamization of the populations...), provide technical support to farmers to develop a "Natural Brand" for products from the area, undertake changes in the legal declaration of certain areas...

Conclusions

After three years, several lessons have been learnt from these and other processes included in the QUALIGOUV project. Consequently, new procedures have been devised in order to create conditions for future success in other Mediterranean protected areas. Firstly, although village scale provides very detailed and precise information about measures proposed, actions and areas where they would be implemented often overlap. A single socioeconomic plan, including all the villages involved, is considered to be a better option for the whole protected area.

Secondly, administrations and institutions that will be responsible for the implementation of measures should participate from the beginning of the process in order to be able to integrate corresponding actions into their own activities. This will enable the adjustment of measures to realistic budgets and avoid false expectations from the local population.

Finally, dynamic and local implementation and monitoring are essential. That is the



reason why local offices, the Master Plan dynamizer role and monitoring committees with managers, technicians, politicians and local stakeholders participation, are very important, as well as coordination of these committees. These four committees, focused in villages, will have to integrate coordination with other participatory processes such us Model Forest (larger scales), Park Council (with management objectives) or European Chart of Sustainable Tourism (focused in a concrete activity).

In conclusion, the Master Plan methodology is a very effective tool in making people

Picture 3:
El Berro
Lydia Lorca Cava

Picture 4:
Participatory meeting
in Casas Nuevas
Juan José Andújar Díaz





Picture 5:
Casas Nuevas
Juan José Andújar Díaz.

feel that a closer relationship with the administration is being developed. People from rural areas are not too worried about limitations derived from protection requirements. However, in a sustainability context, they are asking for an administration that is able to work together with them for their territory development, protected or not.

M.V.

Bibliography

Ambiental S.L. 2011 "Masterplan estratégico de gestión ecológica y socioeconómica de Casas Nuevas y su entorno". Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Región de Murcia.

Baraza Martínez, Francisca et al 2003 "Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN). Sierra Espuña y Barrancos de Gebas". Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Dirección General del Medio Natural. Región de Murcia. 2003.

Cáscales López, Pedro L. 2010 "Alhama de Murcia. Vecinos de Gebas 1777-1960". Ayuntamiento de Alhama de Murcia. Murcia.

Ecoespuna, S.L.2009 "Masterplan Estratégico de Gestión Ecológica y Socioeconómica del Paisaje Protegido de los Barrancos de Gebas y su entorno". Consejería de Agricultura y Agua. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Región de Murcia.

Ecoespuna, S.L. 2011 "Masterplan Estratégico de Gestión Ecológica y Socioeconómica de El Berro". Consejería de Agricultura y Agua. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Región de Murcia.

Ecopatrimonio S.L.U. 2010 "Masterplan Estratégico del Desarrollo Ecológico y Socioeconómico de El Purgatorio. Introducción al análisis territorial". Consejería de Agricultura y Agua. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Región de Murcia.

Esparc 2005. "Actas del XI Congreso de EUROPARC-España. Comunicar los beneficios de los espacios protegidos a la sociedad". Cangas de Nancea, 8 al 12 de junio de 2005.

EUROPARC-España. 2007 "EnReDando. Herramientas para la comunicación y la participación social en la gestión de la red natura 2000". Fundación Fernando González Bernáldez. Madrid.

Goméz-Limón et al. 2000 "De la declaración a la gestión activa: Los Espacios Naturales Protegidos en el umbral del siglo XXI". Fundación González Bernáldez. Madrid.

IUCN. 1994 "Parks for life: Action plan for protected areas in Europe. Gland". IUCN. 1994.

Wilson, Geoff A. 2009 Rethinking Environmental Management– Ten Years Later: A view from the author. Environments Journal Volume 36(3) 2009

Summary

**Mario VELAMAZÁN,
Cristina LÓPEZ,
Francisco FLORES
Juan de Dios
CABEZAS**

General Directorate
for the Environment,

Murcia Region
Spain

Email:
mario.velamazan.ros
@gmail.com
For more information:
www.qualigouv.eu

Since 2008, some Mediterranean Administrations and Non Governmental Organizations (NGO) are conducting a European Project MED called Qualigouv, whose main objective is to strengthen the interaction between managers and people, through designing and testing strategies at different levels and innovative tools to improve governance and integral management of Mediterranean forest in protected areas. The local project in Murcia is focused in the Master Plans for socio-economic development and ecological conservation. These plans are aimed to improve the life quality of people consistently with environmental conservation and sustainable development in four small rural towns around Sierra Espuña Natural Park and Gebas Protected Landscape.

Through a participatory process, information on the socioeconomic situation in the small towns was collected (through surveys, large interviews to decision-makers and participatory meetings) in order to understand the influence of the protected area on the municipalities and their environment, to define actions that could be implemented to promote economic growth in a conservation framework and to be able to create mechanisms that could improve communication among local communities and the Environmental Administration. After three years, several lessons have been learnt from these and other processes included in the QUALIGOUV project. Consequently, although the Master Plans have shown to be a very efficient tool, new procedures have been thought in order to create conditions for future success in other Mediterranean protected areas.

Forêts, sociétés et territoires en Méditerranée : pour une approche intégrée et participative de la place de la forêt dans les systèmes territoriaux

Conclusions et recommandations

par Pierre DÉRIOZ

***Les trois sessions intitulées
“Forêt, sociétés et territoires”,
organisées lors de la 2^e Semaine
forestière méditerranéenne,
ont permis, par l'exposé
de différentes expériences,
de mettre en avant une approche
territoriale et intersectorielle
de la gestion forestière
et des initiatives d'amélioration
de la gouvernance forestière.
Pierre Dérizoz présente ici
les conclusions et principales
recommandations de ces travaux.***

Au-delà de la reconnaissance, de plus en plus consensuelle, de la multifonctionnalité ancienne des forêts méditerranéennes, l'intégration de la question forestière au sein des problématiques globales du développement socio-économique — par exemple celle de la lutte contre la pauvreté par la promotion d'activités tirant parti des divers aspects de la ressource forestière, ou celle du développement des activités récréatives « de pleine nature » — conduit à l'appréhender dans un cadre systémique. Même si les limites des massifs forestiers ne s'ajustent jamais exactement aux limites administratives, et qu'il convient de tenir compte des cadres réglementaires et financiers mis en place par les Etats ou des échelons supranationaux (U.E.), l'échelle la plus appropriée dans laquelle inscrire cette réflexion intégrée semble être celle, intermédiaire, des territoires (« pays » à la française, parcs, communautés de communes, fédérations rurales, agglomérations...). Reliées de bien des manières aux sociétés locales — ressources, activités

Semaine forestière méditerranéenne d'Avignon



Photo 1 :

Pierre Dérioiz anime la session "Forêt, sociétés, territoires" de la 2^e Semaine forestière méditerranéenne d'Avignon
Photo DA

récréatives, risque incendie, paysages, etc. — les forêts méditerranéennes doivent être envisagées à travers la place qu'elles occupent au sein des systèmes territoriaux. Certaines constructions territoriales (Charte forestière de territoire, Plan de développement de massif, Plan d'approvisionnement territorial, Forêts Modèles) sont d'ailleurs susceptibles de résulter d'une entrée dans le territoire par la thématique forestière, mais, elles non plus, ne posent pas que des questions strictement forestières.

Cette approche complexe de la forêt permet de confronter d'emblée les ambitions de protection et de bonne gestion de la forêt à la réalité territoriale, à ses contraintes comme

à ses opportunités. Quels que soient les acteurs concernés, du propriétaire forestier peu impliqué aux administrations d'Etat en passant par les communes, la question de la gestion de la forêt et de ses objectifs (protection / production) se pose souvent crûment en termes économiques, à la rencontre entre l'évaluation des coûts qu'elle suppose et des revenus qu'elle engendre ou pourrait engendrer. Si les coûts sont multiples (celui de la gestion, mais aussi celui de la "non-gestion"), les formes de "bénéfices" peuvent l'être aussi : bois, produits non ligneux, tourisme, contribution à la fixation du CO₂ ou à la régulation des régimes hydriques, meilleure défense contre l'incendie avec des forêts gérées. La question se pose alors de la contribution des bénéficiaires (éventuellement l'ensemble de la société) aux coûts de la gestion. La pertinence, la pérennisation et l'éventuelle diffusion des expériences engagées, qui nécessitent un déploiement de moyens adaptés aux objectifs et garantis sur le moyen/long terme, supposent une large adhésion sociale et la participation à des démarches plutôt "*bottom-up*" de nombreux acteurs ou groupes d'acteurs différents.

Le développement de la concertation et de la démocratie participative semble aujourd'hui faire l'objet d'un large consensus en matière de gestion forestière. Cependant, les modalités de cette participation ne vont pas d'elles-mêmes, et soulèvent la question de la légitimité des acteurs impliqués (la question de l'appropriation est ici centrale, mais aussi celle des usages et des compétences gestionnaires). Par ailleurs, au-delà de la définition toujours problématique du "périmètre" social des acteurs à impliquer, le degré de la participation reste également à cerner : participation au diagnostic, à la définition des enjeux, à l'élaboration du projet, à la décision de sa mise en œuvre, à l'évaluation de son efficacité ? Il y a place ici pour de multiples malentendus et frustrations, de la "confiscation" du débat par les gestionnaires de premier plan au risque de voir le discours des experts de la forêt submergé par celui des acteurs qui ne la regardent que comme



Photo 2 :

De gauche à droite, Nisrin Alami, Patrizia Tartarino, Mohamed Saadieh et Ahmet Senyaz présentent leurs expériences de projet pilote dans le cadre du projet Med Qualigouv et d'autres initiatives
(2^e Semaine forestière méditerranéenne d'Avignon)
Photo DA

un enjeu secondaire. En France, le "périmètre" semble ainsi plutôt limité aux seuls acteurs de la forêt et de la filière-bois dans le cadre des Plans de développement de massif et des Plans d'approvisionnement territorial, alors que la négociation des Chartes forestières de territoire mobilise plus largement les acteurs du territoire.

Appliqués à des contextes territoriaux différents, les mêmes concepts (parc), les mêmes principes et les mêmes préoccupations apparentes (biodiversité) semblent donner des résultats assez différents, qui conduisent à s'interroger, à partir des retours d'expériences présentés pendant ces sessions, sur les éléments-clés de leur réussite. L'importance du pilotage de la démarche par des leaders reconnus (élus, professionnels ou associatifs), et le choix du bon périmètre social pour la démarche participative, en ayant garde d'y impliquer fortement dès le départ les élus et les administrations — qui en dernier ressort détiennent le pouvoir décisionnaire et sont des intercesseurs privilégiés vis-à-vis des partenaires financiers à d'autres échelles — rappellent l'un et l'autre le caractère incontournable d'un portage politique déterminé. Le choix de la « bonne » démarche et l'efficacité de l'animation, dont il importe qu'elle ait les moyens (humains et financiers) de son bon fonctionnement sur une durée relativement longue, vont de pair avec la pertinence du cadre territorial de ces projets, c'est-à-dire la finesse de leur ajustement aux contextes locaux, leur cohérence géographique, administrative, sociale (notion de "bassin de vie"). Ces échelles médianes permettent en effet la subsidiarité et la proximité des acteurs, parfois avec la nécessité d'impliquer les acteurs des centres urbains proches, compte-tenu de l'imbrication des espaces urbanisés, agricoles et forestiers en Méditerranée (Dannieh, Provence). Cette pertinence locale toutefois,



De haut en bas :
Trois des sites pilotes du projet MED Qualigouv

Photo 3 :
Le Parc Terre delle Gravine dans la Province de Tarante en Italie

Photo 4 :
Forêt de *Juniperus thurifera* millénaires dans la région de Valence en Espagne

Photo 5 :
Site Natura 2000 dans le Parc naturel régional des Alpilles en France
Photos David Gasc / AIFM

Semaine forestière méditerranéenne d'Avignon

Pierre DÉRIOZ
Géographe
UMR Espace-Dev 228
IRD
Université d'Avignon
et des Pays de
Vaucluse
Email : pierre.derioz@
univ-avignon.fr

qui passe par la qualité et la précision des diagnostics préalables, ne dispense pas de l'existence d'un cadre juridique approprié, susceptible d'offrir les bons outils (Parc naturel régional, syndicat mixte...) ou, dans le cas contraire, de compromettre les démarches (cf. les "ratés" du droit pour le parc *Terra delle Gravine*).

Le déploiement de ces initiatives dans la durée, qui permet la construction progressive d'une culture locale partagée de la forêt et/ou de la concertation, par "apprentissage collectif" et évolution vers des formes de "gestion adaptive", découle de l'honnêteté de la démarche participative, c'est-à-dire de son ouverture y compris à l'expression de positions très éloignées de celles souhaitées par les promoteurs de la démarche, telles que les besoins pressants des populations locales en bois de chauffage ou en espace pastoral ou le désengagement et le désintérêt de certains propriétaires forestiers. La transparence des procédures de communication et de circulation de l'information est l'un des aspects majeurs de cette "honnêteté", ainsi que la clarté dans la définition du rôle assigné aux participants, la juste place accordée à la connaissance scientifique, qui doit informer le débat tout en le laissant vivre, et les exigences de sincérité des procédures de suivi-évaluation, qui doivent servir efficacement au pilotage. L'ouverture sur l'extérieur, au sein de réseaux comme

l'AIFM et le projet QUALIGOUV qu'elle anime, le réseau du Plan Bleu, le Réseau Méditerranéen des Forêts Modèles ou celui du comité Silva Mediterranea, permet les échanges d'idées et de méthodes, les transferts de bonnes pratiques — avec le souci de les transposer en les adaptant aux spécificités de chaque contexte — et produit les outils adéquats pour fédérer les initiatives et les territoires : les vertus incontestables des rencontres et des structures qui permettent de "croiser les regards" devraient pousser à la structuration rapide d'un "méta-réseau" (un réseau des réseaux), auquel les projets de coopération et cette 2^e Semaine forestière méditerranéenne ont probablement utilement contribué.

Lorsque toutes les conditions sont réunies, que les outils d'animation mis en œuvre fonctionnent (cartes fertiles, méthodes Imagine ou du Masterplan, voyages d'études...), que les acteurs sont mobilisés, que le projet est cohérent (spatialement, socialement, techniquement, mais aussi dans son phasage), quelques signes de réussite (visible) dès les premières actions ne saueraient en outre faire de tort — d'où l'importance stratégique de leur choix au plan opérationnel, et d'une bonne appréhension des attentes premières des acteurs.

P.D.



Les sessions "Forêts, sociétés et territoires" ont été financées par le Fonds européen de développement régional à travers la participation du projet MED Qualigouv.

www.qualigouv.eu



Forests, societies and territories in the Mediterranean: towards an integrated, participatory approach to the role of forests within territorial systems

Conclusions and recommendations

by Pierre DÉRIOZ

Three sessions entitled “Forests, societies and territories” during the 2nd Mediterranean Forest Week, allowed an interesting cross-sharing of various experiences and pointed out the importance of a territorial and intersectorial forest management and successful initiatives improving forest governance.
Pierre Dérizoz gives here the main conclusions and recommendations of these works.

Besides the increasingly widespread recognition of the long-standing multi-functional role played by Mediterranean forests, the mainstreaming of forestry questions within global socio-economic development issues (such as combating poverty by promoting activities which valorise forest resources, or developing leisure outdoor activities) means that they are now being addressed within a systemic context. Although forest boundaries never perfectly match administrative borders and the regulatory and financial systems established by States or supra-national bodies (EU) have to be borne in mind, the intermediate level of the « territory » (French-style « pays », parks, groups of municipalities, rural federations, cities...) would appear to be the most appropriate one at which to follow this integrated approach. Linked in a myriad of ways to local societies – resources, recreational activities, fire hazard, landscape, etc. – Mediterranean forests should be considered in terms of their role within territorial systems. While certain territorial structures (Territorial Forest Charter, Massif and Territorial



Picture 1:

Pierre Dério moderates the "Forest, societies and territories" session of the 2nd Mediterranean Forest Week of Avignon
Photo DA

Development Plans, Model Forests) are likely to arise from a forest-based approach, the issues they raise also extend beyond strictly woodland matters.

Adopting this type of multi-faceted approach to woodlands means that from the outset the aims of forest protection and good management can be faced up to the situation on the ground, its constraints and possibilities. Whatever the stakeholders – from the forest owner with little involvement to the State administration and the municipalities – the issue of forest management and its objectives (protection / production) often arises in blunt economic terms, with the income it generates or could potentially create being compared with the costs involved.

Just as the costs are multiple (the costs of management but also « non-management »), so « benefits » may also come in numerous guises: wood, non-wood products, tourism, carbon fixation and storage, regulation of water regimes, or improved fire defences with managed forests. This raises the question of what contribution beneficiaries (possibly society as a whole) should make to management costs. The relevance, sustainability and potential spread of experimentation underway, which calls for the deployment of means tailored to the objectives and guaranteed for the medium/long term, require broad social backing and the participation of many different players or groups of players in approaches of a more « bottom-up » nature.

Broad-ranging consensus would appear to have been reached on the forest management front regarding the development of consultation and participatory democracy. The terms for such participation are not a given, however, and raise questions regarding the legitimacy of the players involved (the issue of appropriation is crucial in this respect, as are uses and management competences). Moreover, besides the eternally tricky task of defining social parameters for the players to be included, the extent of participation also has to be clarified: participation in the diagnosis, in determining the stakes, in drawing up the project, in deciding on its implementation and assessing its effectiveness? There is scope here for huge misunderstanding and frustration and for seeing the debate monopolised by frontline managers, with the risk that the views of forestry experts may be steam-rollered by those of players for whom forests are a matter of secondary importance. Thus in France, the scope would appear to be limited solely to stakeholders from the forestry and timber sectors in the case of Massif and Territorial Development Plans, whereas the negotiation of Territorial Forest Charters tends to involve a wider range of territorial stakeholders.



Picture 2:

From left to right, Nisrin Alami, Patrizia Tartarino, Mohamed Saadieh and Ahmet Senyaz presenting their case studies of pilot sites from the Med Qualigouv project and other initiatives (2nd Mediterranean Forest Week of Avignon)
Photo DA

Applied to different territorial contexts, the same concepts (park), principles and apparent concerns (biodiversity) seem to produce somewhat divergent results which, according to the feedback collected during the sessions, raise questions about the key elements in their success. The importance of recognised leaders assuming guidance of the approach (councillors, professionals or members of associations) and selecting the appropriate social perimeters for the participatory approach, ensuring that councillors and administrations are highly involved from the outset (since they are ultimately responsible for making decisions and acting as the favoured mediators vis-à-vis financial partners on other levels), both call to mind the crucial significance of determined political backing. Choosing the « right » approach and providing for effective leadership with adequate means (human and financial) to ensure correct functioning over a relatively long period go hand in hand with the relevance of the territorial backdrop to the projects, in other words fine-tuning them to the local context, their geographical, administrative and social coherence (notion of « population catchment area »). It is indeed these median levels which provide for subsidiarity and stakeholder proximity, with the occasional need to also involve stakeholders from nearby urban centres, given the inter-linkage between built-up, agricultural and woodland areas in the Mediterranean (Dannieh, Provence). Yet for all this local relevance, which is dependent upon the quality and accuracy of the initial diagnoses, the appropriate legal framework is still of the essence - able to provide the correct instruments (Regional Nature Park, joint syndicate...) or on the contrary to jeopardise the approach (cf. The legal « duds » in the case of the *Terra delle Gravine* park).

Three pilot sites of the MED Qualigouv project
From top to bottom:

Picture 3:

The *Terre delle Gravine* regional Park in the Province
of Taranto in Italy

Picture 4:

Juniperus thurifera old-growth tree in the region
of Valence in Spain

Picture 5:

Natura 2000 site in the regional Park of Alpilles
in France

Photos David Gasc



Mediterranean Forest Week of Avignon

Pierre DÉRIOZ
Géographe
UMR Espace-Dev 228
IRD
Université d'Avignon
et des Pays de
Vaucluse
FRANCE
Email: pierre.derioz@
univ-avignon.fr

Picture 6:

The AIFM's team widely involved in the "Forest, societies and territories" sessions and in the whole Mediterranean Forest Week event, in the "Palais des Papes" courtyard in Avignon.
Photo DA

The long-term rollout of such initiatives sets the scene for the gradual emergence of a joint local culture on forest and/or consultation through « collective learning », evolving towards forms of « adaptive management ». It depends on the openness of the participatory approach, in other words its readiness to embrace a potentially very different stance to that of the approach backers, such as local people's dire need for firewood or grazing land or the disengagement and lack of interest on the part of some forest owners. A key element in this « openness » involves providing for transparency of communication and procedures for circulating information, as well as clearly defining the roles attributed to participants, leaving scope for scientific knowledge to feed into the debate without stifling it, and ensuring the accuracy of the monitoring/assessment procedures required to provide effective guidance. Through networks open on the outward, such as the AIFM and its Qualigouv project, the Plan Bleu, Mediterranean Network of Model Forests and Silva Mediterranea committee networks, ideas and methods can be exchanged and good practices transferred

(ensuring that they are suitably adapted to each specific context before being transposed) and appropriate tools produced for creating synergy between initiatives and territories: the indisputable virtues of meetings and structures which allow for cross-analysis should prompt the rapid creation of a « metanetwork » (a « network of networks »), to which cooperation projects and this 2nd Mediterranean Forestry Week have probably made a useful contribution.

Once all of these conditions are present, leadership tools are operational (rich pictures, Imagine or Masterplan methods, study trips...), stakeholders are on board and the project hangs together (spatially, socially, technically, but also in terms of its phasing), some (visible) signs of success as of the first steps would not go amiss— hence the strategic importance of their choice at operational level and of correctly gauging stakeholders' initial expectations.

P.D.



The sessions "Forests, societies and territories" were cofinanced by the European Regional Development Funds through the participation of the MED Qualigouv project.

www.qualigouv.eu



Document de référence

Prévention des incendies de forêts en Méditerranée

Une clef pour réduire l'augmentation des risques d'incendies de forêts en Méditerranée dans le contexte du changement climatique

**Ce document de plaidoyer
pour la prévention des incendies
de forêts a été approuvé
par les principaux acteurs
méditerranéens de la gestion
des forêts lors de la seconde
Semaine Forestière
Méditerranéenne organisée
à Avignon du 5 au 8 avril 2011.
Ce document est une occasion
d'aborder la prévention
des incendies de forêts dans
le contexte du changement
climatique et de promouvoir
la mise en œuvre de ces recom-
mandations dans tous les pays
du pourtour de la Méditerranée.**

Introduction

Une occasion unique de sensibiliser au niveau international sur la prévention des incendies de forêts s'est présentée à l'occasion de deux ateliers organisés récemment : l'un sur "les feux de forêts dans la région méditerranéenne : la prévention et la coopération régionale" qui s'est tenue à Sabaudia en Italie en 2008¹ et un autre sur «l'évaluation des risques incendies de forêts et les stratégies novatrices pour la prévention des incendies», tenu à Rhodes, en Grèce en 2010².

Les objectifs de ces ateliers ont été l'examen des systèmes actuels de prévention dans les pays méditerranéens, l'identification de nouvelles stratégies et politiques nécessaires dans ce domaine et la formulation de conclusions et de recommandations sur la prévention des incendies de forêts. Une synthèse de ces conclusions et recommandations sont disponibles dans le présent document de plaidoyer sur les feux de forêts.

1 - Cf. Rapport atelier de Sabaudia sur :
<http://www.ec.europa.eu/environment/forests/studies.htm>

2 - Cf. Rapport atelier de Rhodes sur : http://www.foresteurope.org/filestore/foresteurope/Publications/pdf/FOREST_EUROPE_Forest_Fires_Report.pdf

Contexte et justification de ce document de plaidoyer

Pourquoi les feux de forêts sont un thème pertinent en Méditerranée ?

Les feux de forêts détruisent la biodiversité, favorisent la désertification, affectent la qualité de l'air, le bilan des gaz à effet de serre et les ressources en eau. Les feux de forêts peuvent en outre avoir des effets négatifs sur la vie humaine et la santé (Les feux de forêts en Grèce en 2007 ont causé la mort de 84 personnes), sur le bien-être, sur le patrimoine culturel et naturel, sur l'emploi, les loisirs, les infrastructures économiques et sociales ainsi que sur de nombreuses activités humaines.

Les feux de forêts détruisent environ 500 000 hectares chaque année dans l'Union européenne et de 0,7 à 1 million d'hectares dans le bassin méditerranéen. Ces feux de forêts ont un impact sérieux sur l'environnement et sur les activités socio-économiques, surtout dans le sud de l'Europe et l'Afrique du Nord.

Groupe de travail de Silva Mediterranea sur les Feux de Forêts

Silva Mediterranea constitue un forum international, qui au fil des années a permis le partage d'expériences et de connaissances ainsi que la coordination des efforts pour prévenir et combattre les incendies de forêts. Ce rôle important a été développé à travers la construction d'un réseau entre tous les pays du bassin méditerranéen. Durant les dernières décennies, le travail de Silva Mediterranea s'est focalisé sur la promotion de l'échange d'informations sur les incendies de forêts entre les pays du bassin méditerranéen. Mettant à profit le lancement du système européen d'information sur les feux de forêts (EFFIS) par la Commission européenne, la FAO, avec l'aide de Silva Mediterranea et d'autres partenaires clés, a organisé plusieurs séminaires visant à promouvoir le recueil des données qui permettront une meilleure connaissance des incendies de forêts dans la région. Les centres internationaux de recherche ont conjugué leurs efforts pour atteindre cet objectif, comme le CIHEAM qui a coordonné, avec Silva Mediterranea, l'organisation de plusieurs séminaires en France, Grèce, Espagne, Tunisie et Maroc. Aujourd'hui, le comité Silva Mediterranea travaille toujours sur ces échanges d'expériences, convaincu de l'importance de disposer des connaissances sur les incendies de forêts pour faire face au défi de la manière la plus efficace possible : avec une base de données commune et décentralisée, compatible avec celles des pays méditerranéens membres de l'Union européenne, ce qui permettra l'échange et l'analyse des données pour aider à l'établissement de stratégies opérationnelles de prévention et de lutte contre les incendies de forêts. Dans cette perspective, le Groupe de travail de Silva Mediterranea sur les feux de forêts a élaboré un plan d'action pour la période 2009 à 2012. Le principal objectif de ce plan d'action est l'extension d'EFFIS à tous les pays du bassin méditerranéen, membres et non-membres de l'Union européenne, pour créer cette base de données décentralisée et commune sur les feux de forêts.

Un des plus grands défis pour la gestion durable des forêts dans le bassin méditerranéen est la lutte contre les incendies, une menace toujours présente et croissante en raison du changement climatique.

Les causes des feux de forêts et de l'augmentation des risques en Méditerranée

Contexte et changements sociaux

L'une des principales causes de feux de forêts est liée à une tradition ancienne, répandue "partout dans le monde", qui consiste à utiliser le feu comme un outil de gestion de la végétation par les agriculteurs et les éleveurs. Les populations rurales ont encore besoin de contrôler la végétation pour entretenir les parcours ou les autres terres nécessitant d'être débroussaillées. Pour ce faire, ils utilisent toujours le feu comme le mode principal d'entretien des terres.

La perception du risque est faible parce que les forêts sont considérées comme des agro-écosystèmes de faible valeur. Ces pratiques augmentent le risque d'incendies de forêts dans le bassin méditerranéen. En outre, l'état actuel de la végétation maintient et renforce même l'intérêt pour les utilisations traditionnelles du feu, parce que cette végétation est peu favorable à d'autres usages traditionnels comme le pâturage.

L'évolution en cours de la végétation sur le pourtour de la Méditerranée est étroitement corrélée avec le nombre d'incendies et avec leur gravité. La gestion de la biomasse combustible est l'un des principaux facteurs pour mieux contrôler les feux de forêts. Ni le nombre ni la gravité des incendies de forêts ne peuvent être compris sans une bonne compréhension de l'état actuel de la végétation.

L'évolution des conditions socio-économiques et environnementales dans de nombreux territoires ruraux européens (par exemple l'embroussaillage et le vieillissement de la population rurale) ont augmenté les risques liés à l'utilisation du feu traditionnel qui, à son tour, peut entraîner des incendies de forêts dommageables. Le feu est également utilisé comme un outil de gestion pour contrôler et orienter le type de végétation, mais parfois, il peut échapper au contrôle conduisant à des incendies de forêts de grande ampleur avec des impacts négatifs dans la région méditerranéenne, ainsi que

dans d'autres pays ayant des caractéristiques climatiques semblables.

L'urbanisation intense de nos sociétés, l'abandon de terres rurales et des activités rurales — comme la gestion de la forêt — avec l'expansion rapide des interfaces ville / forêts sont des facteurs clés pour les feux de forêts en Europe et en Méditerranée.

Végétation et dynamique de la végétation

Le climat, la structure des forêts, les types de végétation et d'activités humaines depuis des siècles ont transformé les forêts méditerranéennes en systèmes très complexes en constante évolution et, par conséquent, nécessitant une gestion spécifique adaptée.

En raison de l'abandon des territoires ruraux et de l'évolution des modèles de production qui ont été appliqués lors du dernier demi-siècle dans de nombreuses régions méditerranéennes, la végétation est dans une phase de développement très défavorable. Cette évolution augmente les risques d'incendies de forêts notamment dans le contexte de forte urbanisation de la région méditerranéenne. Dans de nombreuses régions, on observe de grandes surfaces avec des quantités de biomasse combustible élevées sans aucune discontinuité. Cela conduit à un risque très élevé de grands feux de forêts difficilement maîtrisables. Cette situation va s'étendre à l'avenir dans toutes les zones où l'urbanisation est aujourd'hui croissante et dans les territoires où la déprise rurale est en cours.

Conditions climatiques et changement climatique

Les écosystèmes, tout autour du bassin méditerranéen, sont fortement dépendants du climat méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs. Ils sont très différents écologiquement des autres écosystèmes. Ils ont donc besoin d'approches spécifiques.

Le changement climatique n'aura pas seulement un impact sur les conditions de croissance des forêts méditerranéennes, il aura également un effet important sur la sévérité des perturbations, surtout celles dépendant de périodes de températures plus élevées et de sécheresses plus longues qui pourraient devenir plus fréquentes dans certaines zones du pourtour de la Méditerranée.

Le Centre Commun de Recherche de l'Union européenne à Ispra reconnaît que l'augmentation des risques d'incendies de forêts liés au changement climatique va devenir une préoccupation majeure du XXI^e siècle dans le pourtour de la Méditerranée.

Un besoin urgent de prévention des feux de forêts dans la région méditerranéenne

Il a été largement reconnu que la prévention est le moyen le plus efficace pour faire face aux feux de forêts. Les recommandations volontaires de la FAO sur la gestion des feux de forêts stipulent que : la prévention des incendies peut être le moyen d'atténuation la plus rentable et le plus efficace qu'un organisme ou une communauté peuvent mettre en œuvre. Prévenir les feux de forêts est toujours moins coûteux que les éteindre. Même dans les régions avec des services de sapeurs-pompiers bien préparés, avec des équipements terrestres et aériens sophistiqués, ainsi qu'un nombre important de sapeurs-pompiers, un certain nombre de grands feux catastrophiques n'ont pu être maîtrisés ces dernières années. Après plusieurs décennies axées sur l'extinction des incendies de forêts, tant au niveau national qu'international, actuellement, on observe une carence importante dans la prévention des feux de forêts.

Bien qu'il soit largement admis que la prévention est plus efficace que la lutte contre les incendies de forêts, il est urgent de donner une plus grande importance à la prévention des incendies de forêts en particulier avec la priorité suivante : la prévention devrait être axée sur la gestion durable des forêts et sur la gestion durable des espaces ruraux, pour limiter les risques de feux de forêts dans le bassin méditerranéen, en particulier, dans le contexte du changement climatique.

Pourquoi l'intégration régionale est-elle nécessaire entre l'Europe et le Sud de la Méditerranée ?

En raison de la nature transfrontalière des incendies de forêts, la planification de leur prévention doit être envisagée avec une pers-

Impact du changement climatique sur les risques de feux de forêts

Dans les différents scénarios présentés par le GIEC, la région méditerranéenne est confrontée à une forte augmentation de l'aridité de son climat. Même si la réponse des écosystèmes reste difficile à anticiper, l'augmentation des risques de feux de forêts, la désertification et la perte de biodiversité sont des tendances aujourd'hui démontrées. Par ailleurs, de nouvelles contraintes pèsent sur les agriculteurs, en particulier la rareté des ressources en eau. La gestion des forêts et des espaces naturels devra être plus économique en eau d'autant plus que nous ne savons pas où situer les seuils de résilience des écosystèmes au-delà desquels une détérioration irréversible pourrait survenir. Il est de plus en plus admis que la gestion durable doit être fondée sur la bonne gouvernance à travers la mise en œuvre des principes directeurs suivants : la subsidiarité, la délégation de l'autorité, l'évaluation, la responsabilité et la transparence, la participation de tous les intervenants et tous les publics concernés. Même si ces principes sont relativement simples à formuler, ils ne sont pas si faciles à mettre en pratique : il y a souvent de nombreux obstacles administratifs, juridiques et même psychologiques et sociologiques qui compliquent leur mise en œuvre. Le changement climatique va contribuer à augmenter les risques des grands feux de forêts dans le pourtour de la Méditerranée. Afin de réduire ces risques d'incendies de forêts, il est nécessaire de prendre en compte les deux facteurs suivants : le nombre d'incendies et la structure actuelle de la végétation. Comme le nombre de feux est étroitement lié à l'état de la végétation, une solution efficace serait de modifier la structure de la végétation actuelle. Ceci est un problème urgent à prendre en compte au niveau des paysages et avec une approche écosystémique. Une structure appropriée de la végétation pourrait également donner plus de valeur économique aux écosystèmes forestiers méditerranéens.

pective régionale à la fois européenne et méditerranéenne. Comme le signale le « *Livre vert sur la protection des forêts et sur l'information forestière dans l'Union européenne* » (Commission européenne), les efforts de prévention importants qui ont été faits par l'Union européenne et ses États membres ont été axés sur la formation, la recherche des causes, la sensibilisation et l'équipement des massifs. Aujourd'hui, ces efforts doivent être encore intensifiés pour faire face aux conséquences du changement climatique. Dans ce contexte de changement climatique, la corrélation entre la gestion active des forêts et la réduction des incendies est cruciale.

Les réseaux (Groupe de Travail de Silva Mediterranea sur les Feux de Forêts, Groupe d'expert de la Commission Européenne sur les incendies de forêts et l'EFFIS, Equipe de spécialistes des incendies de forêts de UNECE/FAO, etc.) ont constitué des forums internationaux efficaces pour le partage d'expériences et de connaissances ainsi que pour la coordination des efforts pour prévenir et combattre les incendies de forêts au cours des dernières décennies.

Les écosystèmes forestiers jouent un rôle très important dans la fourniture de multiples biens et services à tous les habitants du pourtour de la Méditerranée. Leur conservation mérite donc un soutien fort de l'Union européenne. Des appuis financiers sont nécessaires pour fournir des outils régionaux comme, par exemple, le Réseau des aires protégées "Natura 2000" (Fonds structurels et Fonds pour le Développement Rural).

Conclusions

Reconnaissant la pertinence de la prévention des incendies de forêts aux niveaux pan-européen et pan-méditerranéen et, sur la base des conclusions de plusieurs événements récents organisés dans la région Méditerranéenne pour améliorer la prévention des incendies de forêts, les principales conclusions de ce document de synthèse adopté lors de la Seconde Semaine Forestière Méditerranéenne sont :

– l'abandon des espaces ruraux et le déclin de l'économie forestière dans le bassin méditerranéen sont des préoccupations majeures alors que, dans le même temps, le changement climatique risque d'aggraver les risques d'incendies de forêts ;

– la priorité doit être donnée aux approches participatives pour la prévention des feux de forêts, en particulier en associant la population locale, acteur principal pour garantir une prévention des incendies de forêts efficace, et en impliquant les acteurs publics et privés du secteur forestier (approche locale, actions locales et analyse locale des causes) ;

– dans le contexte du changement climatique, la protection des écosystèmes forestiers et autres terres boisées en Europe et dans le bassin méditerranéen ne peut être efficace que si les stratégies de prévention des feux de forêts sont bien intégrées dans les programmes forestiers nationaux et régionaux, ainsi que dans les politiques forestières nationales ;

– la prévention des incendies de forêts doit être considérée comme une partie importante de la gestion forestière durable et devrait intégrer une approche territoriale en tenant mieux compte des différentes utilisations des terres ;

– les feux de forêts dans les zones périurbaines constituent un problème difficile à gérer dans le contexte des changements socio-économiques, ce qui nécessite des approches spécifiques dans le pourtour de la Méditerranée ;

– le traitement approprié de la biomasse combustible (réduction de la biomasse) est un facteur clé pour réduire les risques d'incendies de forêts. Une sylviculture préventive, qui éviterait les feux de cimes en traitant les combustibles aériens et en privilégiant les faibles densités ainsi que les discontinuités dans les peuplements forestiers, devrait intégrer une approche territoriale et un choix des espèces appropriées en vue d'accroître la résilience des écosystèmes forestiers aux incendies de forêts. La rentabilité des écosystèmes forestiers (biens et services, paiement des services environnementaux) doit être encouragée afin d'éviter les causes humaines des incendies de forêts.

La prévention des incendies de forêts est l'outil le plus efficace dans un contexte de ressources financières limitées”

«Les investissements en matière de prévention sont nécessaires pour l'adaptation des écosystèmes forestiers méditerranéens au changement climatique»

Organismes supportant ce document de synthèse

– Les représentants des membres du Partenariat de Collaboration sur les Forêts Méditerranéennes (CPMF Organisations et Algérie, Liban, Maroc, Syrie, Tunisie et Turquie).

– Les membres du Comité Exécutif Élargi de Silva Mediterranea comprenant des représentants des États membres suivants : Bulgarie, France, Maroc, Portugal et Turquie ainsi que les coordonnateurs des six groupes de travail du Comité Silva Mediterranea.

– Les membres du Groupe de travail de la FAO sur les incendies de forêts coordonné par l'Espagne (GT1).

– Le Département des forêts de la FAO et le Secrétariat du Comité Silva Mediterranea.

Pertinence de la prévention des incendies dans le contexte du changement climatique

Les incendies de forêts causent de graves dommages écologiques, des impacts considérables sur (i) les moyens de subsistance, (ii) les infrastructures, (iii) le tourisme et peuvent avoir un bilan dramatique en terme de vies humaines. Malgré les progrès récents réalisés (i) dans les initiatives internationales (Recommandations volontaires de la FAO, Revue des cadres réglementaires sur les incendies de forêts de la FAO), (ii) sur l'information forestière et la surveillance (Système européen d'information sur les feux de forêts – EFFIS), (iii) dans les résultats des grands projets de recherche financés par la Commission européenne (FIRE PARADOX), et (iv) en terme de publications (EFIMED “Vivre avec feux de forêts : ce que la science peut nous dire ?”), la prévention — pour de multiples raisons — ne capte toujours qu'une petite fraction des budgets disponibles pour la gestion des feux de forêts, qu'une petite part de l'attention du public et n'a presque pas de place dans les médias. Le soutien financier direct pour la prévention des feux de forêts est faible et fragmenté (même si, dans le passé, l'UE a dépensé des millions d'euros pour la prévention des incendies de forêts dans le cadre du règlement pour le développement rural). Les cadres juridiques ne sont pas harmonisés entre les pays et, l'absence d'un instrument financier approprié ne permet pas l'échange des meilleures pratiques d'une région à l'autre. Il y a donc une marge considérable de progrès pour améliorer et innover dans les programmes de prévention sur feux de forêts. Plusieurs domaines d'innovation ont déjà été identifiés : (i) les approches globales et participatives, (ii) la sensibilisation des politiques et du grand public sur la potentialité et l'efficacité de la prévention, (iii) les nouveaux instruments financiers et les nouvelles politiques, (iv) l'évaluation des risques et les technologies de détection précoce et (v) la coopération internationale au niveau européen et au niveau du pourtour de la Méditerranée.

- Le Plan Bleu (UNEP/MAP).
- Le bureau Méditerranée de l'Institut Européen des Forêts (EFIMED).
- L'Unité de Recherches Écologie des Forêts Méditerranéennes (INRA).
- L'Association Internationale Forêts Méditerranéennes (AIFM).
- Le Centre Internationale des Hautes Études Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM).
- Le Fonds Mondial pour la Nature (WWF)
- Bureau du Programme Méditerranéen.
- L'Association des Propriétaires Forestiers de Méditerranée (ARCMED).
- L'Union Syndicale des Forestiers du Sud de l'Europe (USSE).
- L'Agence Allemande de Coopération Internationale pour le Développement (GIZ).
- Le Réseau Méditerranéen des Forêts Modèles (MMFN).
- Le Centre des technologies forestières de Catalogne (CTFC).

Document de référence (Résumé)

Prévention des incendies de forêt en Méditerranée

Une clef pour réduire l'augmentation des risques d'incendies de forêts en Méditerranée dans le contexte du changement climatique

Alors que les incendies de forêts sont déjà une préoccupation forte dans la région méditerranéenne, à la lumière des diagnostics du monde scientifique et des nouveaux scénarios climatiques, les gestionnaires forestiers vont être confrontés à une tendance générale d'augmentation des superficies brûlées ainsi qu'à une augmentation de la fréquence, de l'intensité et de la gravité des incendies de forêts (un incendie de forêt est tout feu incontrôlé de la végétation combustible qui se produit dans l'espace rural ou le milieu naturel. D'autres noms tels que feu de broussailles, feux de brousse, feux de forêts, feu d'herbe, feu de tourbière, incendie de végétation peuvent être utilisés pour décrire le même phénomène en fonction du type de végétation brûlée).

D'importants efforts de prévention ont déjà été axés sur la formation, la recherche des causes, la sensibilisation et l'équipement des massifs. En conséquence des processus de changements socio-économiques (exode rural, vieillissement des populations rurales, changements dans la gestion des systèmes de production, etc.), la structure de la végétation a déjà radicalement changé augmentant le risque d'une utilisation traditionnelle du feu dans la région méditerranéenne (le feu traditionnel est l'utilisation du feu par les communautés rurales à des fins de gestion des terres et des ressources naturelles. Il est basé sur un savoir-faire traditionnel).

Cependant, ces efforts de prévention doivent être intensifiés pour faire face aux conséquences du changement climatique.

Les occasions d'aborder la prévention des incendies de forêts au niveau international ont été identifiées dans le cadre de :

1. La 4^e Conférence internationale sur les incendies de forêts à Séville, Espagne (2007) ;
2. L'atelier de la FAO sur les "feux de forêts dans la région méditerranéenne", Sabaudia, Italie (2008) ;
3. L'atelier sur "L'évaluation des risques d'incendies de forêts et sur les stratégies novatrices pour la prévention des incendies", Rhodes, Grèce (2010).

Durant ces ateliers, plusieurs recommandations sur la prévention des incendies ont été produites par des experts des pays méditerranéens. Le présent document de plaidoyer a été préparé sur la base des conclusions et recommandations de ces événements antérieurs organisés dans la région méditerranéenne.

Les principales recommandations de ce document de plaidoyer sur la prévention des incendies de forêts dans la région méditerranéenne sont axées sur les priorités suivantes :

1. Amélioration de la coopération internationale sur la prévention des incendies de forêts ;
2. Intégration de la prévention des incendies de forêts dans les programmes forestiers nationaux / les politiques et stratégies nationales d'adaptation au changement climatique ;
3. Promotion de la connaissance et de l'enseignement sur la prévention des incendies de forêts ;
4. Amélioration des mécanismes de financement pour la prévention des incendies de forêts ;
5. Amélioration et harmonisation des systèmes d'information pour faire face aux risques nouveaux d'incendie de forêts.

Ce document de plaidoyer pour la prévention des incendies de forêts a été approuvé par les principaux acteurs méditerranéens de la gestion des forêts lors de la seconde Semaine Forestière Méditerranéenne organisée à Avignon du 5 au 8 avril 2011. Ce document est une occasion d'aborder la prévention des incendies de forêts dans le contexte du changement climatique et de promouvoir la mise en œuvre de ces recommandations dans tous les pays du pourtour de la Méditerranée. Il a également été présenté comme la position des acteurs méditerranéens au cours des séances régionales de la 5^e Conférence internationale sur les incendies de forêts qui s'est déroulé en Afrique du Sud (Sun City), le 11 mai 2011.

Position Paper

Wildfire Prevention in the Mediterranean

A key issue to reduce the increasing risks of Mediterranean wildfires in the context of Climate Change

This position paper on Wildfire Prevention was endorsed by the main Mediterranean stakeholders during the Second Mediterranean Forest Week organized in Avignon from 5 to 8 April 2011.
This document is an opportunity to address wildfire prevention in the context of climate change and to implement these recommendations in all countries of the Mediterranean.

Introduction

A unique opportunity to raise awareness at international level on wildfire prevention was presented by two recent workshops: one on “Forest Fires in the Mediterranean Region: Prevention and Regional Cooperation”, held in Sabaudia, Italy in 2008¹ and another on “Assessment of Forest Fire Risks and Innovative Strategies for Fire Prevention”, held in Rhodes, Greece in 2010². The workshops’ objectives were the review of current prevention systems in Mediterranean countries, the identification of new strategies and policies needed in this area and the formulation of conclusions and recommendations on prevention of wildfires. A synthesis of these conclusions and recommendations are available in this Position Paper, which will be presented during the regional sessions of the 5th International Wildland Fire Conference (IWFC) in South Africa (Sun City – 11th May 2011).

1 - See report of Sabaudia workshop on:
<http://www.ec.europa.eu/environment/forests/studies.htm>

2 - See report of Rhodes workshop on: http://www.forest-europe.org/filestore/forest-europe/Publications/pdf/FOREST_EUROPE_Forest_Fires_Report.pdf

Background and justification for this Position Paper

Why are wildfires so relevant in the Mediterranean?

Wildfires destroy biodiversity, increase desertification, affect air quality, the balance of greenhouse gases and water resources. Wildfires can further have negative effects on human life and health (wildfires in Greece in 2007 caused the death of 84 people) human property and wellbeing, cultural and natural heritage, employment, recreation, economic and social infrastructures and activities,

In the light of the scientific world's diagnosis of new climatic scenarios, managers are faced with a general trend of increased burnt areas and a rise in the frequency, intensity and severity of fires, as well as a prolonged risk seasons. Wildfires destroy around 500.000 hectares every year in the European Union, 0.7 to 1 million hectares in the Mediterranean basin. This has a serious

impact on the environment and on socio-economic activities, especially in southern Europe and Northern Africa.

One of the greatest challenges of sustainable forest management in the Mediterranean Basin is the fight against wildfires, an ever present and increasing threat because of climate change.

Causes of wildfires and increased risks in the Mediterranean

Social context and social change

One of the main causes for wildfires lies rooted in an old tradition widespread "all over the world" that uses fire as a vegetation management tool by farmers and overall stockbreeders. Rural populations still need to control the vegetation for maintaining grasslands or other lands free of scrubs. For this purpose, they use fire as a primary form of land clearing.

The perception of risk is low because forests are considered as agro ecosystems of low value. This traditional use increases the risk of wildfire in the Mediterranean (In addition, the current state of vegetation maintains and reinforces the need for traditional use of fire because its conditions make it unfavourable for traditional uses like pasturages. The current state of evolution of the Mediterranean is closely connected with the number of wildfires and with their severity. Fuel management is one of the main factors for controlling wildfires. Neither the number nor the severity of the fires can be understood without understanding the actual state of vegetation).

The changing of socio-economic and environmental conditions in many European rural areas (e.g. Vegetation encroachment and the aging of rural population) have increased the risk related to traditional fire use which, in turn, can result in damaging wildfires. Fire is also used as a management tool to control and define the type of vegetation cover, but sometimes it can spread out of control leading to large-scale wildfires with negative impacts in the Mediterranean region as well as in other countries with similar climatic characteristics.

The intense urbanization of our societies, the abandonment of rural lands and rural activities – such as forest management –

Silva Mediterranea Forest Fires Working Group

Silva Mediterranea constitutes an international forum, which through the years has allowed sharing experiences and knowledge as well as combining and coordinating efforts to prevent and fight wildfires. These important roles have been developed through the build up of a network between all the Mediterranean Basin countries. During the last decades, the work of Silva Mediterranea has kept promoting the exchange of information about wildfires between countries in the Mediterranean Basin. Taking into advantage the launching of the European Forest Fire Information System (EFFIS) by the European Commission, FAO, with the help of Silva Mediterranea and other key partners, organized several seminars to promote the idea of the necessity of gathering data that will allow a better knowledge of wildfires in the region. International Research Centres added their efforts to this objective, like the CIHEAM that coordinates, with Silva Mediterranea, the organization of seminars in France, Greece, Spain, Tunisia and Morocco. Nowadays, we are still working on this exchanges of experiences, sure that the importance of extending the knowledge on wildfires to face the battle in the most efficient way: this is, with a common decentralized data base, compatible with the ones the Mediterranean European countries have, which will enable the exchange and analysis of data to help the establishment of suppression and prevention strategies. As a response, the Silva Mediterranea Forest Fires Working Group developed a work plan for the period 2009 to 2012. Among its objectives is the extension of EFFIS to all the countries of the Mediterranean Basin, members and non-members of the European Union, to create a decentralized and common database on wildfires.

along with the rapidly expanding of urban/forest interface are key drivers for wildfires in Europe and in the Mediterranean region.

Vegetation and vegetation dynamics

Weather, forest structure, types of vegetation and human activity for centuries have turned the Mediterranean forests into a very complex system in constant evolution and requiring a specific suitable management.

Due to rural abandonment and to changes in production models (which have taken place in the last half century in many Mediterranean regions) vegetation is in a phase of very unfavourable development. This increases wildfire risks especially in the context of urbanization in the Mediterranean region (In many regions, there are large areas with high fuel loads without discontinuities. Vertical structure is also prone to high crown fires due to the high share of fine fraction both living and dead. This leads to a very high risk of catastrophic fire. This situation will be reproduced in all areas where increased urbanization and rural abandonment take place in the near future).

Climate and climate change

Ecosystems, all around the Mediterranean Rim, are strongly conditioned by the Mediterranean climate, characterized by hot and dry summer. They are ecologically very different from other ecosystems. Hence, these Mediterranean ecosystems need specific approaches and treatment.

Climate change will not only impact growth conditions for Mediterranean forests, it will also have an important effect on disturbance patterns, mainly those related to periods of higher temperature and longer drought that may become more frequent in parts of the Mediterranean region.

The Joint Research Centre of the European Union in Ispra recognizes that changes in wildfire risks due to climate change will become a clear focus for the XXI Century (Future trends of wildfire risks in the Mediterranean region, as a consequence of climate change, will lead to the increase of temperature in the East and West of the Mediterranean, with drought and precipitations especially concentrated in other parts of the region).

An urgent need for wildfire prevention in the Mediterranean

It has been widely recognized that prevention is the most effective approach to face wildfires. FAO's Fire management Voluntary Guidelines state that: "Fire prevention may be the most cost-effective and efficient mitigation programme an agency or community can implement". Preventing unwanted, damaging fires is always less costly than suppressing them. Even regions with well-prepared fire brigades, equipped with sophisticated ground and aerial equipment and a substantial number of fire fighters have been unable to stop a number of large-scale disastrous wildfires in recent years. After several decades focused on wildfire suppression both at national and international level, currently, there is a considerable deficiency in wildfire prevention.

Although it is accepted that prevention is more efficient than suppression in wildfire fighting, it is urgent to give a major boost to wildfire prevention in particular with the following priority: prevention should be focused on "sustainable forest management" and on "sustainable rural areas management", to limit the risk of wildfires in the Mediterranean, particularly, in the context of climate change.

Why is regional integration needed between Europe and the South of the Mediterranean?

Owing to the transboundary nature of wildfires, the planning for their prevention should be addressed from an European and Mediterranean regional perspective. As the "Green Book on Forest Protection and Forest Information in the European Union" (European Commission) notes, significant prevention efforts made by the EU and its member states have been focused on training, investigation, awareness and structural prevention.

However, these efforts need to be intensified to deal with the consequences of climate change. In this context the correlation between active forest management and reduction of fires is crucial.

Impact of climate change on risks of wildfires

In the various scenarios presented by the IPCC, the Mediterranean region has to cope with a great increase in the aridity of its climate. Even if the response of the ecosystems remains difficult to anticipate, it is certain a very considerable increase in the threat of wildfire, desertification and loss of biodiversity. Furthermore, new constraints hang over farmers, in particular the scarcity of water resources. The management of forestry and natural land will have to be more careful as we do not know where to situate the ecosystems' thresholds of resiliency beyond which irreversible deterioration could occur. It is increasingly accepted that sustainable management must be grounded on good governance, implementing guiding principles of: subsidiarity, devolution of authority, evaluation ex ante and ex post, responsibility and accountability, participation of all stakeholders and all publics concerned or involved. Even if these principles are relatively simple to state, they are not so easy to put into practice: they are often numerous administrative, legal and even psychological and sociological obstacles that hinder their implementation. Climate change will contribute to raise the catastrophic wildfire risk in the Mediterranean. To reduce the risk of catastrophic wildfires it is required to manage the two following factors: the number of fires and the current vegetation structure. As the number of fires is closely related with the vegetation state a key solution would be to modify the current vegetation structure. This is an urgent issue to be addressed at a landscape level and with an ecosystem approach. An appropriate vegetation structure would also add economical value to Mediterranean forest ecosystems.

Networks (Silva Mediterranea working group on Forest Fires, EU Commission Expert Group on Forest Fires and EFFIS, UNECE FAO Team of Specialists on Forest Fires, etc.) constitute international fora, sharing experiences and knowledge as well as combining and coordinating efforts to prevent and fight wildfires during the last decades.

Forest ecosystems play a very important role in providing multiple goods and services to all inhabitants of the Mediterranean. Hence their conservation deserves a strong support from the European Union. Financial grants are needed to provide regional tools as, for example, the Network of Protected Areas "Natura 2000" (Structural Funds and Rural Development Funds).

Main conclusions of this Position Paper

Recognizing the relevance of prevention of wildfires at the Pan European and Pan Mediterranean levels and based on a synthesis of conclusions of several recent events organized in the Mediterranean for improving prevention of wildfires the main conclusions of this Position Paper adopted during the II Mediterranean Forest Week are:

- Rural abandonment and decline of forest economy in the Mediterranean Basin are a major concern as climate change may aggravate the natural conditions of wildfire risks;
- Priority has to be given to a participatory approach for wildfire prevention, in particular, to local population, as primary players in making prevention of wildfires effective, and to public and private stakeholders of the forest sector (local approach, local actions and local analysis of causes);
- Protection of forest ecosystems or other wooded lands in Europe and the Mediterranean Basin cannot be effective if wildfire prevention strategies are not integrated in national and regional forest programs/policies in the context of climate change;
- Wildfire prevention should be considered as an important part of sustainable forest management and should integrate a landscape approach taking into account different land uses;
- Wildfire in the urban interface area constitute a difficult issue to cope with in the context of socio-economic changes, which requires specific approaches in the Mediterranean;
- The appropriate fuel treatment (biomass reduction) is a key factor to decrease wildfire risks. Preventive silviculture, which main target is crown fire avoidance by treating surface fuels and promoting low density and vertically discontinuous stands, should integrate the landscape approach and the choice of proper species in order to increase the resilience of forest ecosystems to wildfires. The profitability of forest ecosystems (goods and services – payment for environmental services) has to be promoted in order to avoid human causes of wildfires.

Prevention of wildfires is the most effective tool in a context of limited resources

Investments on prevention are needed for adaptation of Mediterranean forest ecosystems to climate change

List of supporting organizations of this Position Paper on prevention of wildfires

This position paper on wildfire prevention in the Mediterranean is endorsed by:

– Representatives of members of the Collaborative Partnership on Mediterranean Forests (CPMF Organizations and Morocco, Algeria, Syria, Tunisia, Lebanon and Turkey).

– Members of the FAO - Silva Mediterranea Enlarged Executive Committee including representatives from the following member states (Bulgaria, France, Morocco, Turkey and Portugal) and coordinators of the six working groups.

– Members of the FAO Working Group on Forest Fires coordinated by Spain (WG1).

– Forestry Department of FAO and the Secretariat of the Committee Silva Mediterranea.

– Plan Bleu (UNEP/MAP).

– EFIMED, Mediterranean Office of the European Forest Institute (EFI).

– INRA - Research Unit on Mediterranean Forest Ecology.

– International Association for Mediterranean Forests (AIFM).

– International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM).

– WWF (World Wildlife Fund) Mediterranean Programme Office.

– ARCMED: Forest Owners Association of the Mediterranean.

– USSE: Union de Sivcultores del Sur de Europa.

– Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

– Mediterranean Model Forest Network (MMFN).

– Centre Tecnologic Forestal de Catalunya (CTFC).

Relevance of wildfire prevention in the context of climate change

It has been widely recognized that prevention is the most effective approach to face wildfires. FAO's Fire Management Voluntary Guidelines state that: "Fire prevention may be the most cost-effective and efficient mitigation programme an agency or community can implement". Preventing unwanted, damaging wildfires is always less costly than suppressing them. Even regions with well-prepared fire brigades, equipped with sophisticated ground and aerial equipment and a substantial number of fire fighters have been unable to stop a number of large-scale disastrous wildfires in recent years. Those fires caused severe ecological damages, tremendous impacts on livelihoods, infrastructure, tourism and even a dramatic toll in human lives. Despite recent advancements in international initiatives (e.g. FAO's Voluntary Guidelines, Forest Fires and The Law Review FAO), forest information and monitoring (e.g. European Forest Fire Information System - EFFIS- at the European level), results of large scale research projects financed by the European Commission (e.g. FIRE PARADOX), and publications (e.g. EFIMED "*Living with Wildfires: what science can tell us?*"), still, for multiple causes, prevention captures a small fraction of the budgets available for wildfire management, a small share of public attention and almost no place in the news. Direct financial support for wildfire prevention is weak and fragmented (even if in the past EU spent millions of euro for forest fire prevention under Rural Development Regulation). Legal frameworks are not harmonized among countries and there is a lack of comprehensive financial instruments while best practices do not expand easily from one region to another. Thus, there is a considerable room for improving and innovating in wildfire prevention programs and activities. This improvement will revert on positive effects on wildfire management. Several innovation areas have already been identified: (i) Comprehensive and participatory approaches; (ii) Political and public awareness on the potentiality and effectiveness of prevention; (iii) New financial and policy instruments; (iv) Risk assessment and early detection technologies and (v) International cooperation at the pan European & Mediterranean level.

Position Paper - Executive summary

Wildfire Prevention in the Mediterranean

A key issue to reduce the increasing risks of Mediterranean wildfires in the context of Climate Change

While wildfires are already a preoccupation in the Mediterranean, in the light of the scientific world's diagnosis of new climatic scenarios, managers are faced with a general trend of increased burnt areas and a rise in the frequency, intensity and severity of fires (a wildfire is any uncontrolled fire in combustible vegetation that occurs in the countryside or a wilderness area).

Other names such as brush fire, bushfire, forest fire, grass fire, hill fire, peat fire, vegetation fire, veldfire and wildland fire may be used to describe the same phenomenon depending on the type of vegetation being burned). Significant prevention efforts have been focused on training, investigation, awareness raising and structural prevention. As a consequence of social economic processes (rural abandonment, aging of rural populations, changing management of production system, etc.), the vegetation structure has already changed drastically increasing the risk of a traditional fire use (traditional fire is the use of fire by rural communities for land and resource management purposes based on traditional know-how).

However, these efforts need to be intensified to deal with the consequences of climate change.

The opportunities to address wildfire prevention at international level were identified within the framework of:

1. The 4th International Conference on Wildland Fire in Seville, Spain (2007);
2. The FAO Workshop on "Forest Fires in the Mediterranean Region", Sabaudia, Italy (2008);
3. The workshop on "Assessment of Forest Fire Risks and Innovative Strategies for Fire Prevention", Rhodes, Greece (2010).

During those workshops, several recommendations on wildfire prevention were provided by experts from Mediterranean countries. The present position paper was prepared on the basis of the conclusions and recommendations of these previous events in the Mediterranean.

The main recommendations of this position paper on wildfire prevention are focused on:

1. Enhancement of the international cooperation on wildfire prevention;
2. Integration of wildfire prevention in National Forest Programs/Policies and in National Strategies for Adaptation to climate change;
3. Promotion of knowledge and education on wildfire prevention;
4. Enhancement of sustainable financial mechanisms for prevention of wildfires;
5. Enhancement of harmonized Information Systems to deal with new wildfire risks.

This position paper on Wildfire Prevention was endorsed by the main Mediterranean stakeholders during the Second Mediterranean Forest Week organized in Avignon from 5 to 8 April 2011. This document is an opportunity to address wildfire prevention in the context of climate change and to implement these recommendations in all countries of the Mediterranean. It will also be presented as the position of Mediterranean stakeholders during regional sessions of the 5th International Wildland Fire Conference to be held in South Africa (Sun City) on May 11, 2011.

Liste des participants

List of participants

- Juan Luis ABIAN - Centre de la Propietat Forestal
de la Generalitat de Catalunya - Espagne
ajabipe@gencat.cat
- Walaa ADRA - CEMAGREF - France
walaa.adra@cemagref.fr
- Denise AFXANTIDIS - Forêt Méditerranéenne - France
denise.afxantidis@foret-mediterraneenne.org
- Tomás AGUILERA - Propietarios Forestales de
Murcia - Espagne
- Nisrin ALAMI - Région Tanger-Tétouan - Maroc
nisrin_parc@yahoo.fr
- Gerard ALFONSI - Propriétaires Forestiers de Corse
- France
- Catherine ALIAGA - Chemin de la Méditerranée -
France aliaga.cathy@gmail.com
- Maria Jose ALLIER
- Louis AMANDIER - Centre régional de la propriété
forestière Provence-Alpes-Côte d'Azur - France
louis.amandier@crpf.fr
- Christine AMRANE - Collobrière - France
- Jacques ANDRIEU - MAAPRAT - France
jacques.andrieu@agriculture.gouv.fr
- Núria AQUILUE - Forest Sciences Center of
Catalonia (CTFC) - Espagne nuria.aquilue@ctfc.es
- Marguerite ARAGON - Propriétaire forestier - France
- Fouad ASSALI - HCEFLCD - Maroc
assalifouad@gmail.com
- Jean-Marc AUBAN - CRPF Montpellier - France
- Teresa BAIGES - Centre de la Propietat Forestal
Espagne tbaiges@gencat.cat
- Yeshayahu BAR-OR - Israel Ministry of
Environmental Protection - Israël ybo@sviva.gov.il
- Michel BARITEAU - INRA - France
michel.bariteau@avignon.inra.fr
- Elsa BARRANDON - Parc du Luberon - France
- Emi Zeki BASKENT - Karadeniz Technical
University - Turquie baskent@ktu.edu.tr
- Jean-Pascal BASSINO - World Bank
- Laurent BAUBY - SPFPO - France
l.bauby@wanadoo.fr
- Ismail BELEN - General Directorate of Forestry -
Turquie ismailbelen@ogm.gov.tr
- Raquel BENAVIDES - Consejo Superior de
Investigaciones Científicas (CSIC) - Espagne
raquel.benavides@ccma.csic.es
- Saïd BENJIRA - HCEFLCD - Maroc
saidbejira@yahoo.fr
- Nora BERRAHMOUNI - FAO Forestry Officer Arid
Zones - Nora.Berrahmouni@fao.org
- Christophe BESACIER - FAO
christophe.besacier@fao.org
- Romain BIAU - Alès - Myriapolis - France
- Yves BIROT - EFIMED - yves.birot@wanadoo.fr
- Pierre BLANC - La-Mure-sur-Argens - France
- Jacques BLONDEL - CEFE-CNRS - France
jacques.blondel@cefe.cnrs.fr
- Denis BOGLIO - Forest Sciences Center of Catalonia
(CTFC) ARCMED - Espagne Denis.Boglio@ctfc.cat
- José Antonio BONET - Forest Sciences Center of
Catalonia - Espagne jantonio.bonet@ctfc.es
- Jerôme BONNET - Communes forestières PACA -
France jerome.bonnet@communesforestieres.org
- Jean BONNIER - AIFM - France
solimaje@wanadoo.fr
- Jose BORGES - ISA - Portugal joseborges@isa.utl.pt
- Caroline BOSTROM - CEPF - Belgique
caroline.bostrom@cepf-eu.org
- Joan BOTEY SERRA - Centre de la propietat
forestal - Espagne llcasas@gencat.cat
- Marie-Claude BOUHEDI - INRA - France
- Daniel BOURGOUIN - Ministère de l'Agriculture,
DDTM des Pyrénées-Orientales - France
daniel.bourgouin@pyrenees-orientales.gouv.fr
- Olivier BOUYER - ONF - France
olivier.bouyer@onf.fr
- Zakia BOUZOUBAA - Centre de la Recherche
Agronomique - Maroc bouzoubaa_zakia@yahoo.fr
- Gilberto BRAGATO - CRA - Consiglio per la Ricerca
in Agricoltura - Italie gilberto.bragato@entecra.it
- Felipe BRAVO - Sustainable Forest Management
Research Institute -University of Valladolid -
Espagne fbravo@pvs.uva.es
- Marion BRIENS - Plan Bleu mbriens@planbleu.org
- Nello BROGLIO - Communes forestières du Var -
France contact83@communesforestieres.org
- Jacques BRUN - Pays des Maures - France
- Abdullah BÜBER - GDF - Turkey
abdullahbuber@ogm.gov.tr
- Míriam BUITRAGO - Espagne
miriam_buitrago@hotmail.com
- Bernard CASSAGNE - Forêt Ressources
Management - France frm@frm-france.com
- Riccardo CASTELLINI - MMFN - CESEFOR -
Espagne riccardo.castellini@cesefor.com
- Gianluca CATULLO - WWF Mediterranean
Programme Office - Italie g.catullo@wwf.it
- Senay CELIK - Ministry of Environment and Forest
- Turquie senaycelik@ogm.gov.tr
- Chao-Ting CHANG - CREAF - Espagne
chaoting@creaf.uab.es
- Alain CHAUDRON - MAAPRAT France
alain.chaudron@agriculture.gouv.fr

Mediterranean Forest Week of Avignon

Yousssef CHEBLI - INRA - Maroc
chebli.youssef@gmail.com

Lluís COLL - Forest Sciences Center of Catalonia (CTFC) - Espagne ctfc.lluis@gmail.com

Grégory CORNILLAC - Communes forestières 83 - France

Tânia COSTA - ISA - Portugal taniascosta@isa.utl.pt

Bruno GIAMINARDI - Mazaugues - France

Francis CROS - Communes forestières du Languedoc-Roussillon - France

Thomas CURT - CEMAGREF - France thomas.curt@cemagref.fr

Hamed DALY HASSEN - INRGREF - Tunisie dalyhassen.hamed@iresa.agrinet.tn

Luc DASSONVILLE - Direction Régionale de l'Environnement Provence Alpes Côte d'Azur - France luc.dassonville@developpement-durable.gouv.fr

Jean de MONTGOLFIER - AIFM - France jean@montgolfier.info

Haifa DEBOUK - Liban H_debouk@hotmail.com

Laura DEL MORAL - Ministry of Environment - Espagne Lmoral@mma.es

Pierre DELABRAZE - HCEFLCD - France

Olivier DELAPRISON - ONF - France

Philippe DEMARcq - ONF Méditerranée - France philippe.demarcq@onf.fr

Jerome DEPASSE - DEPASSE Conseil - France jerome.depasse@gmail.com

Pierre DERIOZ - Université d'Avignon - France pierre.derioz@univ-avignon.fr

Patrick DERONZIER - MAAPRAT - France patrick.deronzier@agriculture.gouv.fr

David DEVYNCK - Communes Forestières PACA - France david.devynck@communesforestieres.org

Yasar DINCSOY - Ministry of Environment and Forest - Turquie yasar@dsi.gov.tr

Enrique DOBLAS MIRANDA - Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals - Espagne e.doblas@creaf.uab.es

Glòria DOMINGUEZ TORRES - Forest Sciences Center of Catalonia (CTFC) - Espagne gloria.dominguez@ctfc.es

Philippe DREYFUS - INRA France philippe.dreyfus@avignon.inra.fr

Mehdi DRISI - FAO

Fulvio DUCCI - CRA SEL - Italie fulvio.ducci@entecra.it

Jean-Louis DUCLUSAUD - CGEDD - France duclusaud@free.fr

Louis-Michel DUHEN - Centre Régional de la Propriété Forestière Provence Alpes Côte d'Azur - France louis-michel.duhen@crpf.fr

Mohammed EL KHANSA - Ministry of Agriculture - Liban mmkhansa1@hotmail.com

Nesat ERKAN - SAFRI - Turquie nesaterkan@yahoo.com

Miguel FABRA CRESPO AFOCA - ARCMED - Espagne mfabricrespo@yahoo.com

Virginie FABRE AYALA - Groupement Européen Forespir - France virginie.fabre@forespir.com

Bruno FADY - INRA - France bruno.fady@avignon.inra.fr

Habib FARES - Bkassine Municipality - Liban

Michel FAVRE - Saint-Jurs - France

Diego FLORIAN - University of Padova - Italie diego.florian@unipd.it

Annie FOLL - INRA - France

Ana FORNAZAR - Croatian Forest Research Institute - Croatie anaf@sumins.hr

Manuel FRAGOSO DE ALMEIDA - Portugal manuelfragoalmeida@sapo.pt

Ghazi GADER - GIZ - Tunisie ghazi.gader@giz.de

Aiacha GAIA

Pierre GAILLARD - Pays du Grand Briançonnais - France

Anne GANTEAUME - CEMAGREF - France anne.ganteaume@cemagref.fr

Catherine GARRETA - AFD - France garretac@afd.fr

David GASC - AIFM - France david.gasc@aifm.org

Thierry GAUQUELIN - IMEP - France thierry.gauquelin@univ-provence.fr

Chantal GILLET - Conseil Régional Provence Alpes Côte d'Azur - France cgillet@regionpaca.fr

?ükran GÖKDEMİR - Ministry of Environment and Forestry - Turquie s-gokdemir@hotmail.com

Rafael GOMEZ DEL ALAMO - Ministry of Environment - Espagne RGomezAl@mma.es

Santiago GONZALEZ - INIA - Espagne santiago.c.gonzalez.martinez@gmail.com

André GORLIER - Pays d'Aubagne - France andre.gorlier@agglo-paysdaubagne.fr

Elena GORRIZ - EFIMED elena.gorriz@efi.int

Carlos GRACIA - CREAF - Espagne cgracia@ub.edu

Wendelin GRAVENREUTH - CEPF - Belgique wendelin.gravenreuth@cepf-eu.org

Mohamed HAMDI GEOPHEN - Université de Caen - France hamdiarj@yahoo.fr

Abdelaziz HAMMOUDI - HCEFLCD - Maroc abhammoudi@yahoo.fr

Garabed HAROUTUNIAN - Ministry of Environment - Liban garo@moe.gov.lb

Elena HERNANDEZ PAREDES - Ministry of Environment - Espagne Ehernandezp@mma.es

Abderrahim HOUMY - HCEFLCD - Maroc ahoumy@hotmail.com

Roland HUC - INRA - France roland.huc@avignon.inra.fr

Lynn HUNTSINGER - University of California - USA huntsinger@berkeley.edu

Soraya IBOUKASSENE - Université Catholique de Louvain (UCL) - Belgique soraya.iboukasene@uclouvain.be

Anne JAMBOIS - INRA - France anne.jambois@nancy.inra.fr

Marielle JAPPIOT - CEMAGREF - France marielle.jappiot@cemagref.fr

Fethi JEMAI - DRE-Beja - Tunisie Jemaifethi17@yahoo.fr

Nicolas JOLY - CRPF - France

Habib KACHOURI - CRDA-Jendouba - Tunisie kachourih22@yahoo.com

Semaine forestière méditerranéenne d'Avignon

Chariton KALAITZIDIS - Mediterranean Agronomic Institute - Grèce
Alexander KASTL - GIZ - Allemagne r.kastl@giz.de
Kiymet KELESS - General Directorate Turkey - Turquie
Abdelhamid KHALDI - INRGREF - Tunisie khalditn@yahoo.fr
Aroussia KHAMASSI - National Office of the Tunisian Tourism - Tunisie laroussiaroussia@yahoo.fr
Mohamed Larbi KHOUJA - INRGREF - Tunisie Khouja.medlarbi@iresa.agrinet.tn
Etienne KLEIN - INRA - France etienne.klein@avignon.inra.fr
Jean LADIER - ONF - France jean.ladier@onf.fr
Michèle LAGACACHERIE - CRPF - France
Tonya LANDER - INRA Avignon (URFM) - France
Charles LAUGIER - Conseil Régional PACA - France
Jean-Paul LANLY - Académie d'Agriculture - France jean-paul.lanly@noos.fr
Nicole LANLY - France
Ana Rocío LANSAC MARTIN - MICINN - Espagne rocio.lansac@micinn.es
Mohamed LARBI CHAKROUN - AIFM - Tunisie l.chakroun@gnet.tn
François LEFEVRE - INRA - France francois.lefeuvre@avignon.inra.fr
Elkradi LEFI - Faculté des Sciences de Gafsa - Tunisie lefielkadri2@yahoo.fr
Xavier LEROUX - French Foundation for Research on Biodiversity (FRB) - France xavierleroux@hotmail.fr
Julien LE TELLIER - Plan Bleu - France jletellier@planbleu.org
Jacques LEVERT - MAAPRAT - DRAAF PACA Pôle Forêt - France jacques.levert@agriculture.gouv.fr
Thierry LIABASTRE - AFD - France liabastret@afd.fr
Ludwig LIAGRE - GIZ - Allemagne l.liagre@giz.de
Robert LINDECKERT - Pro Silva - France rlindeckert@orange.fr
Anna Maria LO PORTO - Italie lsaporito@regione.sicilia.it
Gouverne LOUISETTE - Agence 45 presse - France lg@45presse.com
Marc MAILHE - Parc naturel régional du Haut-Languedoc - France atechnique-education@parc-haut-languedoc.fr
Albert MAILLET - Centre Régional de la Propriété Forestière Provence Alpes Côte d'Azur - France albert.maillet@crpf.fr
Caterina MARCHETA - FAO caterinam@hotmail.com
Nicolas MARIOTTE - INRA - France
Jean-Marc MARTIN - INRA - France jean-marc.martin@nancy.inra.fr
Pablo MARTIN PINTO - University of Valladolid - Espagne pmpinto@pvs.uva.es
Valérie MARTINEZ - Conseil Régional Provence Alpes Côte d'Azur - France vmartinez@regionpaca.fr
Ginés MARTINEZ - Proprietarios forestales de Murica - Espagne
Inazio MARTINEZ DE ARANO - USSE - Espagne imarano@usse.es
Giorgio MATTEUCCI - National Research Council- Inst. for Agriculture and Forestry Systems in the Mediterranean - Italie giorgio.matteucci@isafom.cs.cnr.it
Abdessamad MERZOUK - Université ABOU BAKR BELKAID - Algérie as_merzouk@yahoo.fr
Mohand MESSAOUDENE - Institut National de la Recherche Forestière - Algérie messa805@yahoo.fr
Ameur MOKHTAR - Ministry of Agriculture and Environment - Tunisie ameur59@yahoo.fr
Francisco MOMBIELA - CIHEAM mombiel@ciheam.org
Jean-Claude MONIN - Communes Forestières - France
Bernard J. MONTEL - Union Régionale de la Forêt Privée de Languedoc-Roussillon - France
Laurent MOUGIN - INRA - France
Fouad MOUNIR - ENFI - Maroc mounirf@hotmail.com
Bart MUYS - K.U.Leuven - Belgique bart.muys@ees.kuleuven.be
Zouheir NASR - INRGREF - Tunisie safia_44@yahoo.fr
Ran NATHAN - University of Jerusalem - Israël rnathan@cc.huji.ac.il
Erika NGUYEN - Chambre de Commerce et d'Industrie de la Drôme - France e.nguyen@drome.cci.fr
Leónia NUNES - Agrarian School of Viseu - Portugal lunes@esav.ipv.pt
Sylvie ODDU-MURATORIO - INRA Avignon - France
Jorge OLIVAR - University of Valladolid - Espagne jolivar@pvs.uva.es
Markku OLLIKAINEN - University of Helsinki - Finlande mollikai@mappi.helsinki.fi
Christophe ORAZIO - EFIATLANTIC - France christophe.orazio@efi.int
Risto PÄIVINEN - EFI risto.paivinen@efi.int
Marc PALAHI - EFIMED marc.palahi@efi.int
Noemí PALERO - Centre de la Propietat Forestal - Espagne tbaiges@gencat.cat
Martin PERRIER - ONF International - France martin.perrier@onf.fr
Alain PERSUY - Centre régional de la propriété forestière de Poitou-Charentes - France alain.persuy@crpf.fr
Davide PETTENELLA - University of Padova - Italie davide.pettenella@unipd.it
Renaud PIAZZETTA - Institut Méditerranéen du Liège - France contact@institutduliege.com
Álvaro PICARDO - Consejería del Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León - Espagne PicNieAl@jcyt.es
Christian PICHOT - INRA - France christian.pichot@avignon.inra.fr
Míriam PIQUE-NICOLAU - Forest Sciences Center of Catalonia (CTFC) - Espagne miriam.pique@ctfc.es

Jean-Michel PIRASTRU - Parc Natural Régional des Alpilles- France
Jacques PLAN - COFOR-International - France
j.plan@fncofor.fr
Plácido PLAZA - CIHEAM plaza@ciheim.org
Laetitia POFFET - MAAPRAT - France
laetitia.poffet@agriculture.gouv.fr
Jose Antonio PRADO - FAO -
JoseAntonio.Prado@fao.org
Daniel QUILICI - CRPF PACA - France
Sonia RABASA - Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) - Espagne
sonia.rabasa@ccma.csic.es
Jose A. RAMIREZ - Polytechnical University of Madrid - Espagne
josealberto.ramirezvaliente@gmail.com
Aboura REDDA - Université ABOU BAKR BELKAID - Algérie aredda78@yahoo.fr
Narcís RIBES BESALU - Forest Sciences Center of Catalonia (CTFC) - Espagne narcis.ribes@ctfc.cat
Eric RIGOLOT - INRA - France
eric.rigolot@avignon.inra.fr
Rocío RODRIGUEZ - INRA - Avignon (URFM) France
Sonia ROIG-GOMEZ - Technical University of Madrid - Espagne sonia.roig@upm.es
Mercedes ROIS - EFIMED - mercedes.rois@efi.int
Eduardo ROJAS BRIALES - FAO -
Eduardo.Rojas@fao.org
Francisco ROVIRA - ARCMED - Espagne
francisco.rovira@arcmed.eu
Irene RUANO - University of Valladolid - Espagne irene@pvs.uva.es
Anu RUUSILA - EFI - anu.ruusila@efi.int
Mohamed SAADIEH - Communaute Urbaine de Dannieh - Liban president@dannieh.com
Levent SAKA - Ministry of Agriculture and Rural Affairs - Turquie
Roberto SALOMON - UPM - Espagne
rlsm@alumnos.upm.es
Christian SALVIGNOL - Centre Forestier PACA - France
Jesus SAN MIGUEL - JRC - Italie
jesus.san-miguel@jrc.ec.europa.eu
Giovanni SANTOPUOLI - University of Molise - Italie giovanni.santopuoli@efi.int
Luciano SAPORITO - Forestry Department of Sicily - Italie lsaporito@regione.sicilia.it
Giuseppe SCARASCIA - Agricultural Research Council (CRA) - Italie
giuseppe.scarascia@entecra.it
Matilde SCHIRRU DESA - University of Sassari - Italie matilde_schirru@hotmail.it
Ernst SCHULTE - EC DG Environment - Belgique
ernst.schulte@ec.europa.eu
Jean-Marie SEILLAN - MAAPRAT DRAAF PACA Pôle Forêt - France
Ahmet SENYAZ - Ministry of Environment and Forest - Turquie asenyaz@cob.gov.tr
Amel SERRADJ - Algeria cvmcoul@hotmail.fr
Monia SERRADJ ALI AHMED - Université Badji Mokhtar d'Annaba - Algérie
serradj.monia@gmail.com
Patricia SFEIR - Young Men's Christian Association - Liban patricia.sfeir@ymca-leb.org.lb
Margaret SHANNON - EFI -
margaret.shannon@efi.int
Zuheir SHATER - ACSAD - Syrie zshater@scs-net.org
Ninon SICARD - Centre Régional de la Propriété Forestière Provence-Alpes-Côte d'Azur - France
ninon.sicard@crpf.fr
Tina SIMONCIC - Slovenia Forest Service - Slovenie
Constantino SIRCA DESA - University of Sassari - Italie cosirca@uniss.it
Hagay SNIR - Ministry of Agriculture and Rural Development - Israël hagays@moag.gov.il
Ozan SOYDAS - Ministry of Energy and Naturel Resources - Turquie ozansoydas@gmail.com
Dominik SPERLICH - CREAF - Espagne
Dominik@creaf.uab.es
Jean STEPHAN YMCA - Lebanese University - Liban jeanstephan@hotmail.com
Patrizia TARTARINO - Université de Bari - Italie patrizia.tartarino@agr.uniba.it
Henri-Luc THIBAULT - Plan Bleu
hlthibault@planbleu.org
Gaëlle THIVET - Plan Bleu gthivet@planbleu.org
Abelmalek TITAH - Direction Generale des Forêts - Algérie dgf@wissal.dz
Spas TODOROV - Ministry of Agriculture and Foods - Bulgarie stodorov@dag.bg
Quentin TOFFOLINI - CRPF - France
Mariano TORRE ANTON - Junta de Castilla y León - Espagne
Sandra TORREBADELLA - Forest Sciences Center of Catalonia (CTFC) - Espagne
Sandra.Torrebadella@ctfc.cat
Suat TÜREYEN - GDF - Turquie
suattureyen@ogm.gov.tr
Marcos VALDERABANO - UICN - Espagne
Jean-Charles VALETTE - INRA Avignon (URFM) - France
Pieter VAN LIEROP - FAO
Pieter.VanLierop@fao.org
Jerry VANCLAY - Southern Cross University - Australie jerry.vanclay@scu.edu.au
Elsa VARELA - EFIMED
Maria-Carolina VARELA - Instituto Nacional de Recursos Biológicos - Portugal
mariacarolinavarela@gmail.com
Mario VELAMAZAN - Région de Murcie - Espagne
mario.velamazan.ros@gmail.com
Rémi VEYRAND - AIFM - France
remi.veyrand@aifm.org
Anne VIU - MAAPRAT DRAAF PACA Pôle Forêt - France
Günter WINCKLER - Moderator, Consult. - Allemagne guenter.winckler@eco-strat.de