




Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of some Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is a publisher's version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/16344>

To cite this version :

Cateau, Eugénie  and Parrot, Marie and Roux, Anthony and Reyna, Ken and Rossi, Magali and Bruccimacchie, Max and Vallauri, Daniel *Réseau d'îlots de vieux bois - Eléments de méthode et test dans les forêts publiques du Mont Ventoux*. (2013) [Report]

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator :
tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr



RAPPORT
2013



Réseau d'îlots de vieux bois

Éléments de méthode et test dans les forêts publiques du Mont-Ventoux

Eugénie Cateau, Marie Parrot, Anthony Roux, Ken Reyna,
Magali Rossi, Max Bruciamacchie, Daniel Vallauri

Citation conseillée :

Cateau E., Parrot M., Reyna K., Roux A., Rossi M., Bruciamacchie M., Vallauri D. 2013. Réseau d'îlots de vieux bois. Eléments de méthode et test dans les forêts publiques du Mont-Ventoux. Rapport, 66 pages.

REMERCIEMENTS

Les auteurs du rapport souhaitent plus particulièrement remercier :

- L'ensemble des naturalistes contactés lors de cette étude, pour leurs réponses et leur bonne volonté à nous aider à renseigner l'écologie des espèces du Mont-Ventoux (Louis Amandier, Olivier Bricaud, Hervé Brustel, Emmanuel Cosson, Benoît Dodelin, Vincent Hugonnot, Lilian Micas, Pierre-Arthur Moreau, Philippe Ponel, Franck Richard, Laurent Tillon, Olivier Vinet et Virgile Noble) ;
- David Tresmontant, Jeanne Dulac, Olivier Delaprisson et les agents patrimoniaux de l'ONF du Mont-Ventoux, pour leur participation active au projet, leur disponibilité et leurs conseils ;
- Philippe Dreyfus pour ses conseils sur la réflexion autour de la modélisation de la dynamique des îlots, ainsi que pour l'intérêt qu'il a porté à l'ensemble du projet ;
- Lise Wlérick et Sébastien Laguet (ONF Savoie) pour leur relecture de l'étude de cas qui concerne leur territoire ;
- Vincent Boulanger et Bernard Roman-Amat pour leurs avis et conseils à propos des stages FIF effectués en 2011 et 2012.

AVERTISSEMENT

La phase d'application test de cette méthodologie de mise en œuvre d'un réseau d'îlots de vieux bois a été conduite dans les forêts publiques du massif du Mont-Ventoux. Financé par le WWF, le projet a fait l'objet d'un partenariat tri-partite entre le Syndicat Mixte du Mont-Ventoux, l'ONF et le WWF durant deux années (2011 et 2012) pendant lesquelles chaque organisme a contribué au projet. Il a donné lieu à deux stages d'élèves ingénieurs FIF d'AgroParisTech co-encadrés par le WWF et de nombreux échanges localement. Il a été, pour l'ONF comme pour le WWF, le prolongement du projet Interreg Qualigouv s'intéressant à la qualité et gouvernance des forêts dans les espaces protégés. Dans cette étude, l'ONF a participé notamment à l'élaboration d'une méthode et à son expérimentation sur le Mont-Ventoux. A l'heure de la synthèse sur cette expérience originale et fructueuse, l'ONF n'a pas souhaité envisager de co-signer la publication, ce que les auteurs ne peuvent que regretter. Toutefois, l'ONF souhaite faire savoir que cette expérience sera prise en compte dans la réflexion nationale actuellement en cours à propos des îlots de vieux bois dans les forêts publiques.

SOMMAIRE

Résumé exécutif.....	04
INTRODUCTION	10
LA NATURE EN FORÊT : QUALITÉS CLÉS À CONSERVER ?	12
La biodiversité et les qualités des écosystèmes forestiers	12
Les principales modifications par la gestion.....	12
PHILOSOPHIE POUR LA CONSERVATION ET BOITE À OUTILS	16
Deux approches.....	16
Fondements actuels d'une protection de la nature.....	16
La boîte à outils actuelle.....	17
SPÉCIFICITÉS D'UN RÉSEAU D'ÎLOTS DE SÉNESCENCE	22
Nature d'un îlot	22
Surface de l'îlot	22
Quantité d'îlots	23
Quelle connectivité pour le réseau d'îlots ?	24
Quelques premières expériences de mise en œuvre	24
Lacunes et besoins.....	28
VERS UNE MÉTHODE PARTICIPATIVE ET ÉVALUÉE	30
Grandes orientations.....	30
Etape 1. Documentation des enjeux et définition des objectifs.....	30
Etape 2. Transcription technique du scénario.....	34
Etape 3. Pré-repérage puis description des îlots potentiels.....	35
Etape 4. Détermination du meilleur réseau d'îlots.....	35
Etape 5. Evaluation du réseau d'îlots obtenu.....	35
Etape 6. Mise en place des îlots.....	39
Etape 7. Suivi de l'état de conservation.....	39
APPLICATION AU MASSIF DU MONT-VENTOUX	40
Contexte et enjeux des forêts du Mont-Ventoux	40
Documentation des enjeux écologiques.....	41
Définition participative d'un scénario.....	42
Transcription technique du scénario.....	42
Identification et description des îlots.....	44
Analyse des résultats.....	45
Le réseau d'îlots obtenu.....	52
Evaluation multicritère élargie.....	57
Mise en place des îlots.....	58
Suivi de l'état de conservation.....	59
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	60
À propos de la méthode.....	60
Application aux forêts publiques du Ventoux.....	60
Questions à approfondir.....	61
RÉFÉRENCES	62
Annexes numériques.....	66

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

Introduction

Le réseau d'îlots de vieux bois est un outil nouveau pour conserver la riche biodiversité cavicole et saproxylique. L'instruction relative aux forêts publiques (ONF, 2009) fixe des objectifs. Cependant les choix du « comment », difficiles et variables d'une forêt à l'autre, sont laissés à l'interprétation du gestionnaire local.

Prenant exemple sur la littérature sur le sujet (notamment Gustafson *et al.*, 2010, 2012 ; Lachat *et al.*, 2007 ; Rouveyrol, 2009), les partenaires ont souhaité collaborer pour réfléchir à une méthodologie générique de mise en œuvre et la tester dans le grand massif du Mont-Ventoux.

Éléments pour une méthode

La méthode (figure 1) cherche : 1) à développer des outils utiles à chaque étape logique que se pose le gestionnaire soucieux d'un dispositif efficace et peu coûteux ; 2) à permettre d'évaluer la qualité et l'efficacité du réseau d'îlots obtenu en termes notamment de conservation. Elle comprend 7 étapes successives suivies ou non d'itérations.



© D. Villaurri

Documenter les enjeux

Il s'agit ici de lister tous les enjeux écologiques, économiques, sociaux et de gestion potentiellement présents et interagissant avec le réseau de conservation dans le contexte du massif étudié. Un outil d'analyse des enjeux écologiques est élaboré, fondé sur la relation de chaque espèce à enjeux avec les qualités du milieu nécessaires à sa survie (via des critères de naturalité). Cette base de données constituée dans le Ventoux avec l'aide des naturalistes régionaux gagnerait à être étendue et mise à disposition plus largement.

Définition participative des objectifs : le scénario

La définition d'un réseau d'îlots peut être fondée sur une série de scénarii différents formalisant les objectifs à atteindre. Un outil a été créé sous Excel afin d'aider les acteurs à préciser de manière interactive leurs souhaits et à s'assurer qu'ils possèdent une vision globale des enjeux. De la discussion émerge un scénario consensus qui synthétise l'ensemble des objectifs, leurs poids relatifs, les seuils de préférence, d'indifférence et veto pour l'ensemble des enjeux.

Dans le Ventoux, le scénario consensus issu de la discussion entre les acteurs (tableau 1) cherche à créer un réseau d'îlots de sénescence sur des critères indirects de naturalité (indigénat, maturité, ancienneté, connectivité), tout en ne négligeant ni le manque à gagner économique, ni la sécurité du public. La représentativité de tous les habitats du Mont-Ventoux doit être assurée. La surface des îlots doit être de 3% de la surface forestière en gestion.

La valeur écologique et le plus apporté par le réseau doit être avéré : le réseau doit participer à la restauration de la biodiversité du massif, et se fonder sur la biodiversité présente ou à restaurer (espèces cibles), sans négliger la connectivité du réseau.

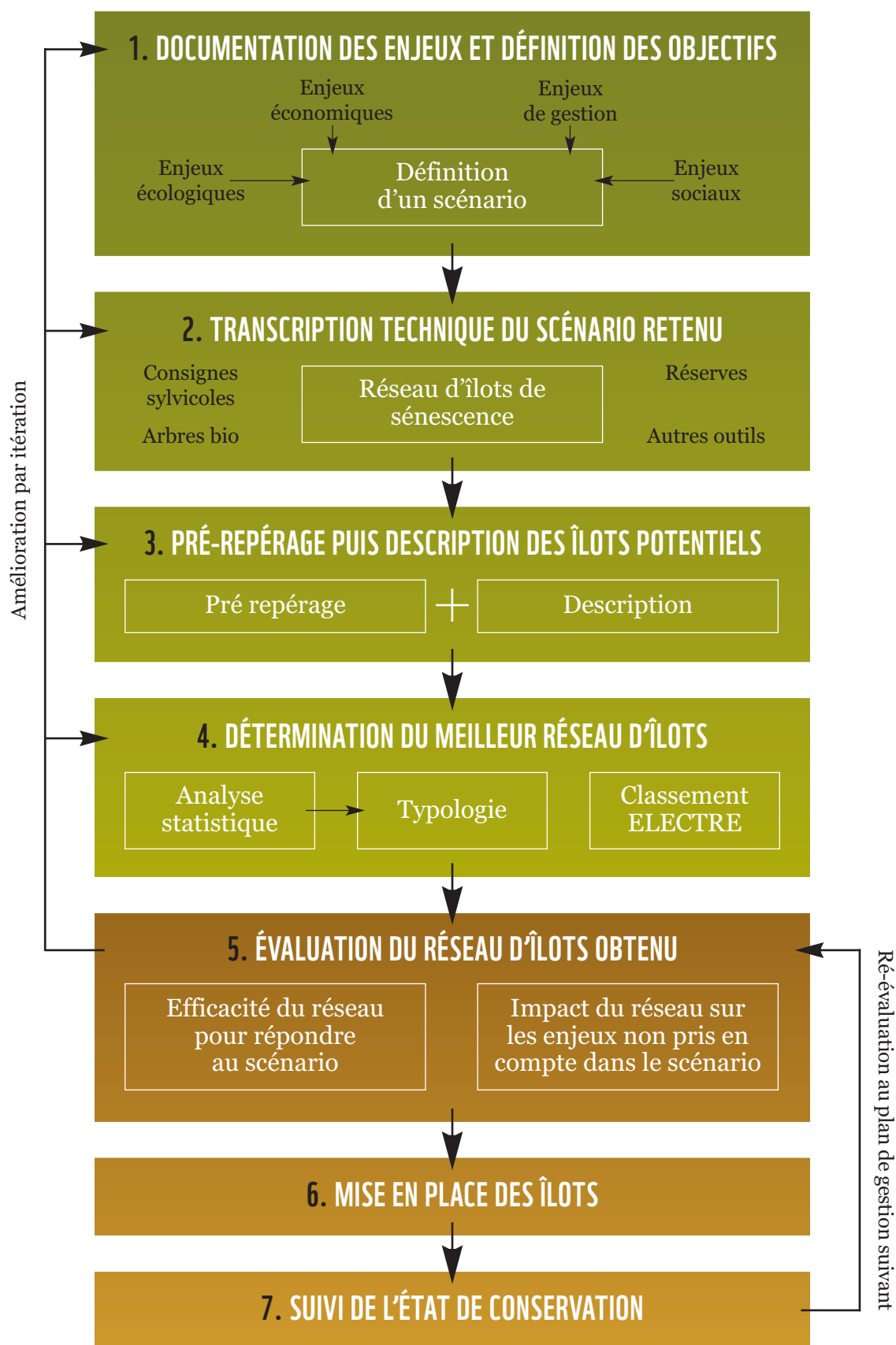


Figure 1. Présentation schématique des étapes et modules de la méthode de mise en œuvre d'un réseau d'îlots.

Tableau 1. Transcription technique du scénario retenu au Mont-Ventoux.

Poids	Critères	Consignes pour pré-repérer des îlots potentiels
10 (veto)	Surface totale des îlots	Impérativement = 3%
10 (veto)	Représentativité de tous les habitats	Au moins un îlot dans chaque habitat
10	Ancienneté	Autant que possible sur des terrains anciennement boisés sur la carte de l'état major
9,5	Indigénat	Autant que possible, couvert indigène >75%
9,5	Age estimé du peuplement	Supérieur à l'âge d'exploitabilité (au moins adulte)
9	Volume de bois mort	Autant que possible > 10 m ³ /ha
9 (veto)	Habitats favorables à <i>Osmoderma eremita</i> ou espèces associées	Tous les îlots avec cavités à terreau sont recherchés
9	Sécurité du public	Éloignés des chemins balisés (>30m) ou pas de risques pour le public
9	Taille des îlots	La plus grande possible
8,5 (veto)	Manque à gagner économique	Manque à gagner <500 €/ha/an
6	Nombre de microhabitats des arbres vivants	La plus grande diversité possible de microhabitats
6	Connectivité des îlots	Îlots les plus proches possible les uns des autres ; éviter autant que possible les îlots isolés (>500 m)

Transcription technique du scénario

Cette étape conduit à dresser un portrait robot des îlots recherchés, de façon aussi précise et opérationnelle que possible.

Pré-repérage puis description des îlots potentiels

Le pré-repérage (images aériennes, connaissances du terrain, parcours) permet de faire ressortir les zones susceptibles de correspondre au mieux au scénario. La connaissance de terrain des agents et des naturalistes est clé en la matière.

Dans le cadre du projet Interreg Qualigouv, l'ONF (2011) a pré-repéré 181 îlots potentiels. 132 îlots ont été décrits par l'étude, plus un îlot de référence en RBI.

Pour chaque îlot potentiel, une description est réalisée à partir d'un outil développé *ad hoc* (figure 2). La fiche, basée en partie sur le scénario, comporte des critères écologiques (naturalité, biodiversité et empreinte humaine), économiques, sociaux et de gestion.

Figure 2. La fiche est fondée sur le scénario et des indicateurs de naturalité.

Détermination du meilleur réseau d'îlots

La méthode ELECTRE III est utilisée pour classer les 133 îlots, au regard du scénario retenu (figure 3, tableau 2). Les veto qui ne peuvent être pris en compte automatiquement sont ajoutés manuellement (3% de la surface, représentativité des habitats).

Evaluation du réseau d'îlots obtenu

La méthode permet d'évaluer le réseau obtenu afin de discuter de son efficacité à répondre au scénario, des lacunes ou faiblesses du scénario, de l'acceptabilité globale du réseau obtenu. Le scénario est globalement respecté. Le réseau rassemble le maximum d'îlots à haute naturalité. Le manque à gagner de la mise en place du réseau est minimisé : il est inférieur à 1€/ha/an (calcul sur la zone productive de l'ensemble du massif). 66% des îlots retenus présentent un manque à gagner < 20 €/ha/an (29 €/ha/an en

Tableau 2. La valeur médiane de quelques caractéristiques du réseau d'îlots obtenu

Critères, indicateurs ou variables	Médiane
Part du couvert indigène	100%
Structure du peuplement	Futaie régulière
Surface terrière	15 à 20 m ² /ha
Diversité des microhabitats	4/10
Age du peuplement	Adulte (âge > 0,25 x longévité de l'essence)
GB vivant (/ha)	20 à 50
Volume de bois mort	1 à 5 m ³ /ha
Ancienneté	en limite de boisement ancien
Accessibilité à l'exploitation	Moyenne
Pressions potentielles	Faibles, 2/10
Risques	Aucun risque

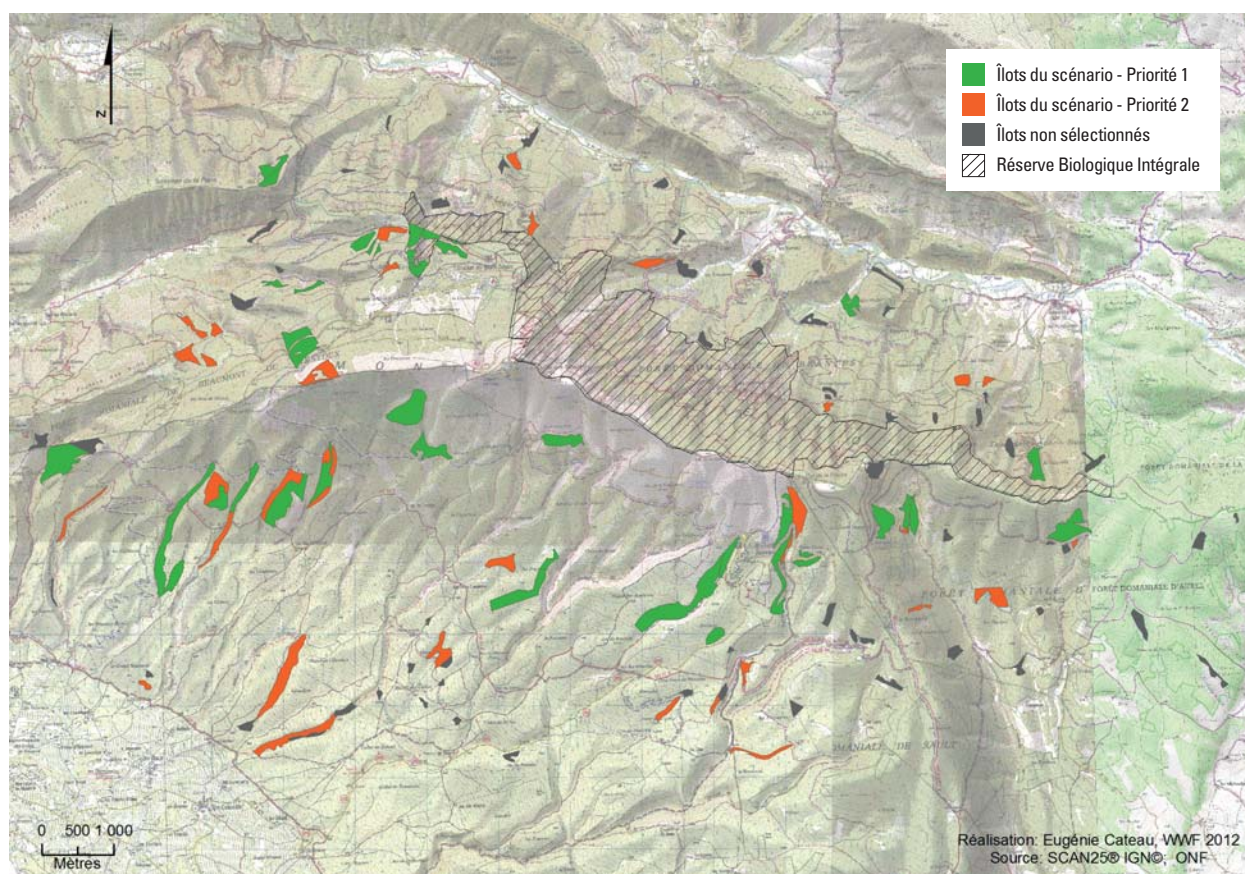


Figure 3. Le réseau d'îlots correspondant le mieux au scénario est composé de 74 îlots.

moyenne). Tous les critères sont respectés, sauf localement la connectivité et la sécurité du public (2 îlots à risque faible).

Une évaluation élargie à tous les enjeux écologiques, économiques ou sociaux permet de plus de montrer que :

- certains critères ne semblent pas particulièrement maximisés, comme le nombre de GB et la surface terrière ;
- les habitats potentiels de certaines espèces protégées non visées par le scénario sont tout de même bien conservés (Rosalie des Alpes, *Buxbaumia viridis*) ;
- 60% des îlots ont été jugés sensibles au changement climatique d'ici à 2050 ;
- dans chaque îlot retenu, en moyenne, 6 arbres à l'hectare sont finançables par Natura 2000.

Mise en place des îlots

La révision de l'aménagement de la forêt domaniale du Ventouret (2012) a permis la mise en place de 4 îlots. Un îlot en hêtraie a été financé par Natura 2000 (figure 4) ; il est situé dans une forêt pauvre en peuplement feuillu et très accessible. L'absence de contrat aurait certainement conduit à son exploitation partielle (coupe de bois de feu).

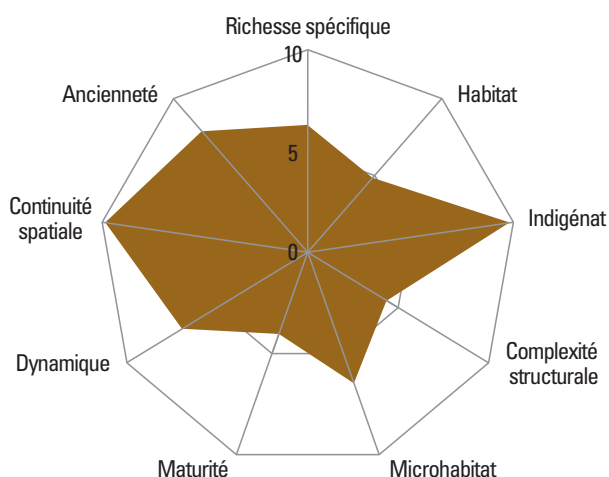


Figure 4. Valeurs de l'îlot de la Fayet puante. Classé 34e sur 132, il a été retenu pour un financement Natura 2000.

Perspectives

La méthode de mise en œuvre d'un réseau d'îlots de sénescence paraît adaptée aux conditions du Ventoux. Elle permet de bien évaluer et hiérarchiser l'intérêt de chaque îlot et de discuter de la notion de réseau.

Des questions demeurent toutefois à approfondir : connectivité et dynamique du réseau d'îlots, lien avec les autres outils de conservation et avec la sylviculture productive pratiquée en dehors des îlots.

La méthode a été testée dans les forêts du Ventoux. Elle a permis d'identifier les critères et qualités principales à rechercher et d'évaluer l'ensemble des outils proposés. L'expérience développée peut servir de base pour une discussion ou formation des nombreux acteurs intéressés par les trames de vieux bois.

→

L'îlot de la Fayet puante a fait l'objet d'un contrat Natura 2000



INTRODUCTION

Depuis une vingtaine d'années, la prise en compte progressivement plus affirmée de la dimension « biodiversité », comme l'un des piliers de la gestion durable multifonctionnelle des forêts, a donné lieu à de nombreux échanges et une évolution des approches de la gestion.

Les gestionnaires expérimentent des politiques et des réponses parfois nouvelles techniquement et créatives, fondées sur les concepts et les résultats des recherches en écologie (sylvicultures proche de la nature, marteloscope « biodiversité », aménagementoscope, indice de biodiversité potentielle ou de naturalité... pour ne citer que quelques exemples).

En France, pour les forêts publiques, les instructions sur la biodiversité (ONF, 1993, révisée en 2006 et 2007), sur les réserves biologiques (ONF, 1998), sur les réseaux d'îlots de vieux bois (ONF, 2009) consignent ces éléments de politique ou de doctrine. Si cette évolution progressive est favorable, il n'en demeure pas moins que certains points définissant les voies de la mise en œuvre ou quantifiant les objectifs restent à perfectionner pour être à la hauteur des enjeux. Ainsi, ce processus d'amélioration constante profitera, d'une part des fortes et réelles évolutions des connaissances scientifiques en ce domaine et d'autre part tirera toute l'expérience des années de mise en œuvre par les praticiens sur le terrain.

Le cas de la mise en place des réseaux d'îlots de vieux bois est à ce titre très illustratif. L'instruction (ONF, 2009) fixe des objectifs pour les réseaux d'îlots (parfois même assez précis, en terme de surfaces concernées par exemple), sans toutefois aider à la définition précise de l'objet à protéger et la marche à suivre pour la mise en œuvre sur le terrain. Les choix du « comment », certes difficiles et variables d'une forêt à l'autre, sont laissés à l'interprétation du gestionnaire local. Sans doute judicieuse dans un premier temps car pratique et laissant libre

court à l'innovation inspirée du terrain, ce choix conduit à des mises en œuvre disparates. Même si les choix inspirés du terrain peuvent être les bons, les solutions retenues semblent répondre à des logiques fort différentes, sans permettre d'évaluer réellement la pertinence et l'efficacité pour la biodiversité.

Aussi, à l'instar de ce qui a été initié par l'ONF en Savoie (Rouveyrol, 2009) ou à l'étranger (Lachat et Bütler, 2007), il semble utile d'aider à mutualiser l'expérience, de définir un cadre logique de mise en œuvre et des outils pratiques, ceci afin d'optimiser l'investissement que représentent les réseaux d'îlots, argumenter le choix de cet outil plutôt qu'un autre (réserve, changement de sylviculture, arbre bio...) et ainsi garantir l'utilité du dispositif pour la biodiversité.

C'est dans cette perspective, et dans le cadre du programme Forêts anciennes du WWF (www.foretsanciennes.fr), qui s'intéresse à tous les outils permettant de conserver les qualités écologiques des forêts, qu'elles soient productives et/ou protégées, que les partenaires réunis par ce rapport (ainsi que l'ONF sur le terrain en 2011-12, voir avertissement page 2) ont souhaité collaborer sur deux axes principaux :

- réfléchir à une méthodologie de mise en œuvre d'un réseau de conservation qui soit générale, incluant une approche participative de la définition des enjeux et scénarii, une transcription technique pratique des enjeux naturalistes, une évaluation des îlots à choisir pour un réseau optimal et son maintien en bon état de conservation ;
- faire une phase test sur une surface forestière suffisamment grande pour vérifier les difficultés et tirer un maximum d'enseignements pratiques.

Ce rapport est la synthèse de l'ensemble du travail réalisé depuis 2011, notamment au travers de deux stages d'élèves ingénieurs d'AgroParisTech

(Parrot, 2011, Cateau, 2012). Après un état de l'art sur les réseaux de conservation et les autres outils utilisés pour la conservation de la biodiversité des forêts, le rapport présentera successivement la méthode finale proposée et les résultats de la phase test dans les forêts publiques du Mont-Ventoux. Enfin, il discute les points restant à améliorer ou explorer et dresse des perspectives d'évolution pour les réseaux de vieux bois, et leur lien avec les autres outils disponibles pour mieux protéger la biodiversité.

© D. Vallauri



LA NATURE EN FORÊT : QUALITÉS CLÉS À CONSERVER ?

La biodiversité et les qualités des écosystèmes forestiers

Les dernières décennies de recherches en écologie conduisent à des synthèses (Franklin *et al.*, 1997 ; Lindenmayer et Franklin, 2002 ; Gosselin et Laroussinie, 2004) montrant de plus en plus clairement des clés de la structuration et de la viabilité des écosystèmes forestiers.

La nature dépend en forêt de qualités élémentaires que l'on retrouve spontanément dans les forêts naturelles (Vallauri, 2007) :

- Diversité des espèces, des peuplements et des habitats associés ;
- Indigénat des arbres et autres espèces participant à l'écosystème ;
- Structure du peuplement (stratification verticale et mosaïque horizontale) ;
- Microhabitats et habitats d'espèces ;
- Maturité du peuplement, incluant des notions d'âge et la nécromasse ;
- Dynamique et spontanéité (stades et phases de la sylvigénèse) ;
- Continuité dans l'espace (connectivité, trame) ;
- Continuité dans le temps (souvent nommée ancienneté).

Les principales modifications par la gestion

Dans le cadre d'une forêt de production, il convient de connaître et évaluer l'impact possible des choix de gestion sur chacune de ces qualités et, si nécessaire, de tenter de le réduire par des mesures appropriées.

Les transformations dues aux activités humaines sont de nature très différentes. Les principales sont résumées succinctement ci-après.

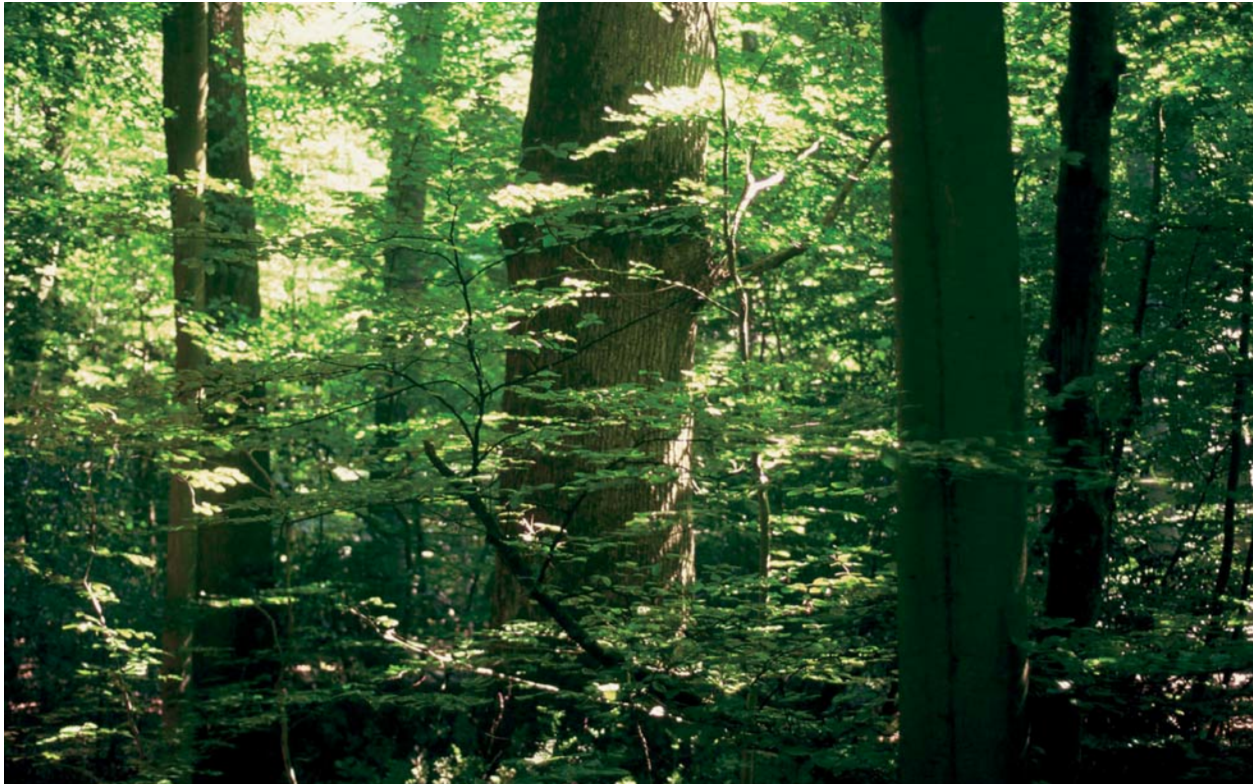
Modification de la diversité des arbres

Dans une forêt naturelle, les peuplements sont composés d'un mélange d'essences plus ou moins important en fonction de l'habitat considéré (généralement plus de 5 espèces). Les stades les plus stables sont principalement composés par des essences d'ombre ou de demi-ombre (Mosseler *et al.*, 2003, Bauhus *et al.*, 2009). La biodiversité associée augmente globalement avec le nombre d'essences indigènes présentes (Gosselin *et al.*, 2004).

Certains régimes de sylviculture sont capables d'avoir un impact limité sur la diversité des arbres : c'est le cas de la futaie irrégulière et continue qui peut maintenir un haut niveau d'essences accompagnant la ou les essences objectives (De Turkheim et Bruciamacchie, 2005). Toutefois, dans les forêts françaises aujourd'hui, 8% des peuplements sont composés d'essences non indigènes (acclimatées ou exotiques) et 51% des peuplements sont monospécifiques (DGPAAT/IFN, 2010).

Structure

Sans intervention humaine, les peuplements présentent une grande variabilité d'âge et les peuplements équiens sont rares et provoqués par des événements climatiques ou la mortalité naturelle (De Turkheim et Bruciamacchie, 2005, Bauhus *et al.*, 2009). Ces peuplements sont également caractérisés par une stratification verticale plus équilibrée que les forêts exploitées. La biodiversité, notamment la richesse spécifique avicole ou en Lépidotères, augmente avec le nombre de strates présentes (Larrieu *et al.*, 2009). Les forêts françaises, dominées par la futaie régulière ou le taillis (60% de la surface forestière française), conduisent à des peuplements uniformes et à la stratification verticale également souvent



La structure verticale, horizontale et la distribution des âges sont une clé de la biodiversité des forêts.

appauvrie. Seuls 4% de la surface forestière française présente une structure irrégulière en diamètre et en hauteur (DGPAAT/IFN, 2010).

Rajeunissement des forêts

Dans une forêt naturelle, tout le cycle sylvigénétique est représenté. Il est constitué d'une mosaïque de phases, comprenant des taches où dominant l'installation ou la régénération naturelle, à côté d'autres taches où les arbres sont en croissance, de taches d'arbres matures ou vieillissants, et enfin des taches où les arbres sont en cours d'écroulement et de décomposition. En particulier, une forêt naturelle est caractérisée par un fort volume de bois sur pied, et surtout par une part significative de très gros bois (De Turckheim et Brucciamacchie, 2005, Bauhus *et al.*, 2009).

En forêt de production, la récolte des bois se réalise avant que ceux-ci dépérissent et très souvent dans leur jeunesse : les âges d'exploitabilité sont rarement supérieurs à la moitié de la longévité naturelle de l'essence en peuple-

ment. Ainsi dans les forêts exploitées, on peut observer une sous-représentation, voire une absence totale, des très gros bois, des peuplements matures (>1/2 de la longévité) à âgés (>3/4 de la longévité) et des phases les plus avancées de la sylvigénèse. Bauhus *et al.* (2009) estime que les forêts exploitées ne couvrent que 10 à 40% du cycle sylvigénétique.

Deux tiers des espèces que l'on trouve dans les forêts naturelles ne sont présentes qu'après l'âge d'exploitabilité. Ainsi, la récolte des bois dans la sylviculture traditionnelle est cause de perte de biodiversité, en particulier pour les champignons et les coléoptères saproxyliques (Larrieu *et al.*, 2009) mais également pour toutes les espèces cavicoles (pics, chouette, chauve-souris).

Bois mort

Lorsque la forêt atteint plusieurs milliers d'hectares, on peut estimer la richesse spécifique à quelques 10 000 espèces présentes (Vallauri *et al.*, 2002). Or, on estime que plus de 25% de

ces espèces sont liées au bois mort (Vallauri *et al.*, 2002 ; Bobiec *et al.*, 2005 ; Stokland *et al.*, 2012), parmi lesquelles on retrouve trois guildes clé de la biodiversité des forêts : les xylophages, les détritivores et les cavicoles.

Dans les forêts où l’empreinte de l’homme est minime, on trouve au moins 40 m³/ha et jusqu’à 200 m³/ha de bois mort (Dudley & Vallauri, 2004 ; Vallauri *et al.*, 2005). De façon générale, le volume de bois mort varie entre 10 et 30% du volume de bois vivant dans les forêts naturelles tempérées comparables à la France. Il dépend essentiellement de la productivité de l’écosystème, du régime des perturbations et de l’ancienneté de l’exploitation (Vallauri *et al.*, 2002). Dans une forêt naturelle, le taux de mortalité est égal à l’accroissement annuel de bois vivant. Le taux et la vitesse de décomposition dépendent des essences et des stations. Pour un ordre d’idée, dans la forêt du parc national de Bialowieza, en réserve intégrale depuis 1921, Falinski (1978, in Vallauri *et al.*, 2002) estime à 2,9 m³/ha/an le taux de décomposition dans la tillaie-charmaie et la chênaie. Contrairement à une idée répandue, laisser du

bois mort en forêt n’augmente pas le taux de parasites et de maladies susceptibles de se propager (Gosselin *et al.*, 2004). En effet, le bois mort depuis plus d’un an n’est porteur que d’organismes incapables de s’attaquer aux cellules vivantes. Ces bois morts sont même bénéfiques pour la santé des forêts, car porteurs de nombreux parasitoïdes et de prédateurs des insectes ravageurs de bois vivant.

De nos jours, les forêts françaises sont appauvries en bois mort, du fait de l’histoire (pénurie de bois du XIX^e siècle) et des pratiques de gestion (« faire propre » reste une consigne prégnante). Elles contiennent en moyenne moins de 10 m³/ha de bois mort de diamètre >30 cm (DGPAAT/IFN, 2010). Ainsi la diminution, voire l’absence dans certains cas, de bois mort de diamètre supérieur à 30 cm dans nos forêts menace certaines espèces. Par exemple, 40% des coléoptères saproxyliques sont en danger en Europe (Speight, 1989).

Cet appauvrissement en très gros bois et nécro-masse n’est pas sans conséquences sur le fonctionnement des forêts, notamment pour la



© D. Vallauri

Le bois mort est l’habitat ou la nourriture de plus de 25% de la richesse spécifique d’une forêt naturelle. Il est réduit par l’exploitation du bois.

régénération et les cycles biogéochimiques (voir Luyssaert *et al.*, 2008 ; Nunery et Keeton, 2010 pour le cycle du carbone).

Réduction des microhabitats

Dans une forêt naturelle, les microhabitats utilisés par la faune, la fonge et la flore sont nombreux sur les arbres vivants : présence d'épiphytes, de cavités, de loges, de bois mort dans les houppiers, etc (Bauhus *et al.*, 2009). Or tous ces microhabitats sont souvent perçus par le gestionnaire et l'exploitant forestier comme un défaut de l'arbre qu'il faut éviter à tout prix pour que l'arbre ne perde pas de valeur économique. De plus, la diversité des microhabitats intéressants pour la biodiversité n'apparaît qu'avec la maturité des arbres (Larrieu *et al.*, 2009, Larrieu *et al.*, 2011). Ces deux paramètres font que les forêts actuellement gérées sont très appauvries en microhabitats, sauf dans le cas des sylvicultures visant un nombre significatif de très gros bois.

Fragmentation

Un paysage forestier peu anthropisé est caractérisé par une grande continuité spatiale pour toutes les espèces forestières. Une part de la connectivité écologique peut être conservée, même après des déboisements dans le paysage. Cependant, des effets de seuils, variables selon les espèces, apparaissent au fur et à mesure du remplacement de la forêt par des espaces plus ou moins artificialisés (agriculture extensive > agriculture intensive > urbanisation). Chaque population sensible se retrouve alors incapable de se déplacer d'une tache de forêt à l'autre dans le paysage : la forêt est écologiquement fragmentée, ce qui représente une forte menace pour son évolution à long terme.

Si « personne ne conteste plus aujourd'hui les effets néfastes de la fragmentation sur la biodiversité globale » (Gill, 2004) quand elle est liée aux infrastructures et à l'urbanisation (qui donne lieu à la politique de la trame verte et bleue), la question de la trame intra-forestière, notamment celle des espèces associées aux forêts les plus matures, commence à peine à

être prise en compte. Pourtant, des espèces emblématiques comme le Pique-prune sont très exigeantes et ont une capacité de dispersion très faible (< 200 m, Ranius & Hedin, 2001).

Empreinte humaine ancienne

L'écologie forestière se réfléchit à long terme. Or, nous avons vécu au XIX^e et XX^e siècle une révolution dans nos paysages (Vallauri *et al.*, 2012). Le déboisement passé a pour conséquence une diminution drastique des forêts à forte ancienneté, ainsi que des cortèges faunistiques et floristiques typiques qui les composent. De part leur faible pouvoir de dispersion ou de leur inadaptation aux nouvelles conditions de sol, certaines espèces n'ont pas la capacité de recoloniser rapidement les forêts nouvellement installées sur des terres agricoles.

La surface forestière n'a cessé de diminuer jusqu'au XIX^e siècle, mais elle a doublé depuis. Ainsi, selon les dates et les données considérées, de l'ordre du tiers des forêts actuelles seulement seraient anciennes en France, c'est-à-dire existant avec une continuité dans le temps de plus de 150 ans. Cela n'est pas sans conséquences sur la biodiversité. Certaines espèces sont inféodées aux forêts anciennes (Hermy et Verheyen, 2007 ; Dupouey *et al.*, 2002), comme le muguet en plaine.

Si l'histoire des usages des sols est irréversible (ou réversible à très long terme), il est important que la gestion actuelle des forêts : 1) protège durablement contre les déboisements les forêts anciennes ; 2) ne produise pas des impacts équivalents sur les sols (labour avant plantation, dessouchage).

Notons enfin pour terminer, que d'autres menaces pèsent sur la biodiversité forestière, en première ligne desquelles les espèces envahissantes et les changements climatiques. Si elles sont plus indépendantes de la gestion forestière, il est utile de rappeler que la diversité et le bon état de conservation des forêts sont un facteur clé de résistance et résilience face à ces menaces.

PHILOSOPHIE POUR LA CONSERVATION ET BOÎTE À OUTILS

Deux approches

Différentes propositions ont émergé ces vingt dernières années. Elles relèvent de deux approches radicalement différentes.

La première approche vise à des améliorations sylvicoles, conduisant de façon optimale vers une **gestion écosystémique**, continue, irrégulière, à très gros bois et proche de la nature. Les exemples de gestion actuels (Pro Silva) répondent souvent favorablement à cette préoccupation, en réduisant l'impact sur la diversité, la structure et la maturité. Ils présentent toutefois encore parfois des impacts forts notamment en terme de rajeunissement et de réduction de la nécromasse, qu'il s'agit alors d'atténuer par des mesures *ad hoc* (consignes de conservation du bois mort, mise en œuvre d'îlots de sénescence).

La seconde approche s'est mise en place au fur et à mesure de la prise de conscience au sujet de la biodiversité, notamment dans le contexte de mode de gestion à fort impact (coupes rases, sylvicultures régulières, plantations industrielles) (Gustafson *et al.*, 2010, 2012). Elle cherche à **compenser la réduction de la diversité**, la simplification des structures, le rajeunissement et la réduction drastique du bois mort, par exemple par le maintien d'arbres vétérans, habitats ou morts, qu'ils soient regroupés en îlots ou dans des réserves ou seulement conservés isolément.

Souvent opposées par les auteurs, ces deux approches pourraient bien s'avérer indispensables toutes les deux. Elles sont donc à mieux coordonner. De nombreux intermédiaires existent également.

Fondements actuels d'une protection de la nature

Il existe un ensemble cohérent de solutions pour conserver au mieux les qualités écologiques et ainsi réduire les principaux impacts évoqués ci-avant (Lindemayer & Franklin, 2002). La philosophie générale se fonde sur quatre façons d'agir complémentaires :

- **Dans la matrice** des forêts exploitées, il s'agit de s'approcher au plus près d'une **gestion d'écosystème**, de façon à tirer bénéfice des productions sans compromettre la biodiversité. Il s'agit là de choix sylvicoles, au sens classique du terme ;
- **Rétention partielle ponctuelle** de lieux de vies clé pour atténuer les impacts, quand cela n'est pas possible de les éviter (par exemple pour des raisons sociales ou économiques). Ceci est possible en conservant de façon ponctuelle des éléments importants pour la biodiversité, en quantité significative et suffisante, et par une approche à des échelles adaptées à l'objet à conserver (arbre individuel, îlot) ;
- **Mise en réserve** de certains espaces pour conserver l'intégrité de portions significatives des écosystèmes, comme réservoir de biodiversité et forêt de référence pour évaluer les pratiques de gestion. Il s'agit alors de mettre en place des réserves de tailles significatives qui ne seront plus exploitées ;
- **Maintien d'une trame vivante**, obtenue par un travail spécifique associant une réflexion à la fois sur la matrice des forêts exploitées, les rétentions partielles ponctuelles et les réserves. Cela vise à conserver la connectivité pour chaque espèce. De cette connectivité dépend la capacité évolutive des espèces et la résilience des écosystèmes.

Il va de soi que plus l'on s'éloigne d'une gestion écosystémique et proche de la nature de la

matrice forestière exploitée, plus la part d'éléments ponctuels ou de réserves nécessaires à maintenir la biodiversité sera grande et plus la connectivité sera difficile à obtenir.

La boîte à outils actuelle

La plupart des problématiques évoquées précédemment trouvent une déclinaison, souvent nouvelle, dans les forêts publiques françaises. La logique et la complémentarité entre les outils (figure 1) est bien sûr valable pour l'ensemble des forêts.

Sylvicultures de la matrice forestière exploitée

La matrice forestière de production représente en France 95% de la surface des forêts. Pour une grande part, ces forêts ont été modifiées dans leur composition et structure, rajeunies voire déboisées dans une histoire récente (XIX^e siècle). Au mieux, certaines parties devenues moins accessibles depuis le recours à la

mécanisation sont en croissance libre depuis 60 ans (en montagne principalement).

De ce constat découlent certaines lacunes (en bois mort, en peuplement mature) qu'il convient de corriger par des choix d'aménagement et des orientations sylvicoles adaptées.

Les outils en la matière existent et sont adaptés à l'écologie et à l'économie de la plupart des types de forêts en France. Parmi ceux-ci il est important de noter l'intérêt écologique :

- des sylvicultures de la maturité, visant à produire des très gros bois de qualité ;
- des sylvicultures continues, irrégulières et proches de la nature.

Ces sylvicultures sont toutefois peu utilisées, certaines directives officielles allant à l'encontre de ces objectifs (abaissement des diamètres d'exploitabilité notamment). Aujourd'hui, en France, les forêts de structure régulière (futaies régulières jeunes et taillis) dominent en forêt. Les forêts très âgées représentent de l'ordre de 3% de la surface forestière nationale (indicateur 4.3.1, DGPAAT/IFN, 2010, page 97).

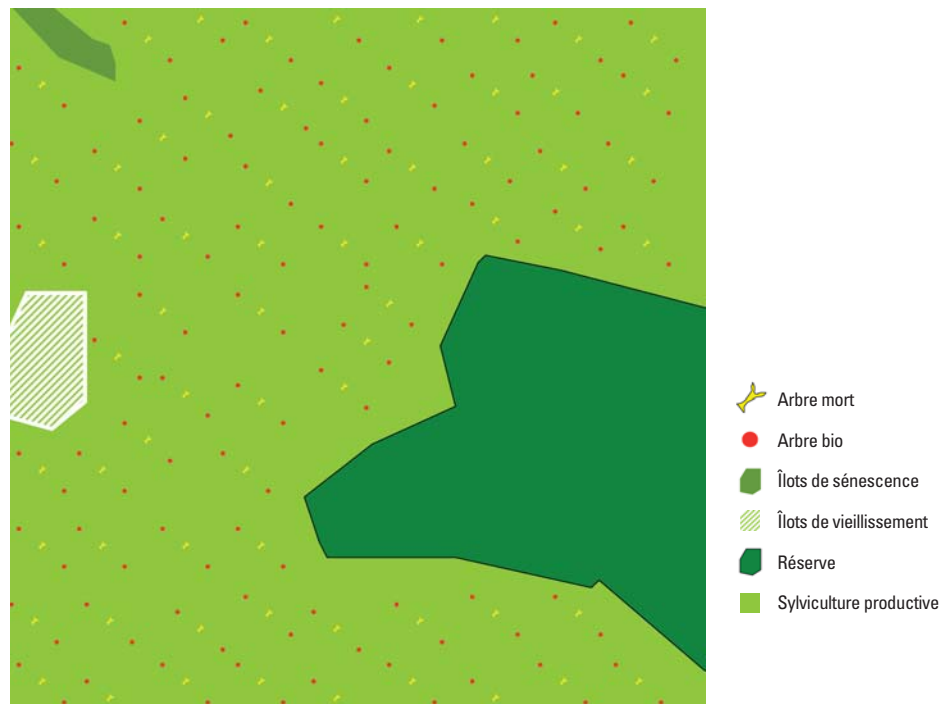


Figure 1. Présentation théorique des différents outils de conservation de la nature en forêt. Les éléments ne sont pas présentés à la taille réelle : arbres bio et arbre morts sont présentés aux densités respectives de 2/ha et 1/ha (leur dessin est grossi pour être visible) ; les îlots de sénescence et de vieillissement sont respectivement présentés à hauteur de 1% et 2% de la surface ; la réserve représente 15% de la surface boisée totale ; la surface en sylviculture productive est égale à 84%.



© D. Vallauri

Des choix sylvicoles, et des plus ou moins grandes simplifications induites, dépend le besoin de compenser les impacts sur la biodiversité par des réserves, îlots, arbres bio.

Les futaies irrégulières (selon la définition IFN) représentent moins de 5% de la surface forestière nationale, et sont surtout présentes en montagne. Heureusement plus de la moitié des forêts feuillues de plaine est encore fortement influencée par le traitement en taillis-sous-futaie. Ce dernier traitement présente l'inconvénient de faire une part trop forte à une biomasse de faible dimension, mais a permis le maintien d'une assez bonne diversité d'essences.

Un gros effort reste à faire pour mieux intégrer les conséquences en terme de naturalité de toute action sylvicole. De cet effort dépend réellement la qualité écologique des forêts, mais également la valorisation économique et la compétitivité de la forêt française (Neyroumande et Vallauri, 2011 ; Lefèvre *et al.*, 2011).

Arbres bio, arbre habitat et bois mort

Les consignes pour la préservation d'arbres « bio » ou « habitat » et d'arbres morts sont des outils largement utilisés de nos jours (Gustafson *et al.*, 2010). Ils visent notamment la conservation des habitats des espèces cavicoles et saproxyliques.

Ils peuvent être un habitat intermédiaire entre deux espaces à haute naturalité, et ainsi s'avérer indispensables pour la survie et le déplacement de ces espèces. Ces mesures de rétention d'arbres disséminés peuvent être efficaces pour des espèces généralistes et relativement mobiles. Elles sont considérées moins efficaces pour la biodiversité en général que le maintien d'îlots d'une certaine surface (Gustafson *et al.*, 2010). Toutefois, il faut noter que, pour un même taux de rétention, on maille une plus grande surface avec des arbres « bio » (Rosenvald & Lohmus, 2008). Ainsi, les arbres « bio » laissés à une densité adaptée (distance et nombre adéquat pour l'espèce) peuvent permettre de maintenir une

connexion sur de longues distances entre deux espaces naturels (Rosenvald & Lohmus, 2008).

Pour le propriétaire, ces consignes présentent l'avantage de ne pas (ou peu) représenter un manque à gagner de production, les arbres « bio » et le bois mort n'ayant généralement pas une valeur économique élémentaire forte.

En France, les consignes en forêts publiques sont de conserver au moins un arbre mort ou sénescant de plus de 35 cm de diamètre par hectare, et au moins deux arbres bio ou à cavités par hectare (ONF, 2009).

Dans le contexte français, ces consignes sont très largement insuffisantes pour la conservation de la biodiversité saproxylique. On estime qu'il est nécessaire pour une bonne conservation du plus grand nombre des espèces saproxyliques et cavicoles de conserver au moins 10 arbres à cavités par ha et 20 m³ de bois mort de gros diamètre par ha (Vallauri *et al.*, 2002 ; Dudley & Vallauri, 2004 ; Vallauri *et al.*, 2005).

Réseau d'îlots de vieux bois

Il est souvent plus pratique pour le gestionnaire et écologiquement plus efficace de conserver une surface bien délimitée. Complémentaires des consignes précédentes, les îlots de vieux bois confortent la continuité de la trame de vie pour les espèces, en créant un intermédiaire entre les arbres « bio » ou morts disséminés et les réserves : leur taille varie généralement entre 0,5 et 10 ha. L'objectif premier est de permettre la survie et le déplacement d'espèces inféodées aux stades de maturité et sénescence. Mais d'autres qualités écologiques pourraient être recherchées comme une structure diversifiée, la présence de micro-habitats particuliers, l'ancienneté de l'état boisé... (Gustafson *et al.*, 2010, 2012).

En France, il existe aujourd'hui pour les forêts publiques deux types d'îlots prévus par l'instruction INS-09-T-71 et la note de service NDC-09-T-310 (ONF, 2009 a et b). Ils présentent des objectifs et une efficacité pour la conservation de la biodiversité forts différents :

- îlot de vieillissement (> 2%). Les bois ne sont pas récoltés à leur âge d'exploitabilité habituel, mais jusqu'à deux fois cet âge. Les arbres conservent un objectif de production et sont dans tous les cas récoltés avant leur dépérissement. Ce type d'îlots permet l'installation transitoire de certaines espèces caractéristiques des gros bois, comme certaines espèces cavicoles, mais est potentiellement un piège pour la biodiversité saproxylique, notamment celle qui est peu mobile ;
- îlot de sénescence (> 1%). La forêt n'est plus exploitée. Ceci implique que les bois morts, au sol et sur pied, sont laissés sur place et l'intégralité du cycle sylvigénétique est conservé. Ces espaces visent à accueillir les espèces inféodées aux microhabitats et à être des puits de biodiversité. Ces îlots peuvent présenter un manque à gagner pour les propriétaires, et être contraignant vis-à-vis de l'accueil du public pour une question de sécurité.

Nous détaillerons dans la partie qui suit les spécificités et les arguments en faveur des réseaux d'îlots de sénescence.

Réserves

Les réserves (et les cœurs de parcs nationaux) sont des espaces où l'objectif premier est la conservation de la biodiversité et du fonctionnement naturel des écosystèmes.

Les Réserves Biologiques Intégrales sont des espaces mis volontairement hors exploitation. La récolte de bois est interdite à des fins commerciales pour une durée illimitée. Cela permet notamment de conserver ou restaurer les qualités généralement incompatibles avec l'exploitation du bois : très grande maturité des peuplements, processus sylvigénétique complet, grande quantité de bois mort, espace de quiétude pour la reproduction de la faune sensible, grande continuité dans l'espace et dans le temps...

Les réserves sont, pour la gestion productive, des lieux clés pour la compréhension de la sylvigénèse naturelle et de référence pour mesurer l'impact de tout choix de gestion. Par exemple, grâce aux plus anciennes réserves, on sait que :

- une petite hêtraie à haute naturalité (RNN de

la forêt de La Massane) est le milieu de vie de plus de 6000 espèces, dont plus de 25% dépendent du bois mort et des arbres à cavités ;

- qu'une hêtraie-chênaie de plaine (RBI de La Tillaie et du Gros Fouteau) vit et se renouvelle au rythme des perturbations naturelles (une tempête significative tous les 25 ans), qui ouvrent des trouées de faible surface en moyenne (200 m²) et maintiennent en permanence entre 5 et 20% de milieux dit ouverts.

En France, il existe différents types de réserves (RNN, RNR, RBI, RBD) et des cœurs de parc nationaux. 1,3% environ des forêts sont protégées par ces statuts (DGPAAT/IFN, 2010), ce qui est peu, d'autant qu'une grande partie de ces espaces restent tout de même soumis à l'exploitation forestière. Les sites sont nombreux mais souvent encore petits (majoritairement < 0,5 km²), irrégulièrement répartis sur le territoire et trop éloignés les uns des autres pour réellement être les noyaux soutenant une trame de vie.

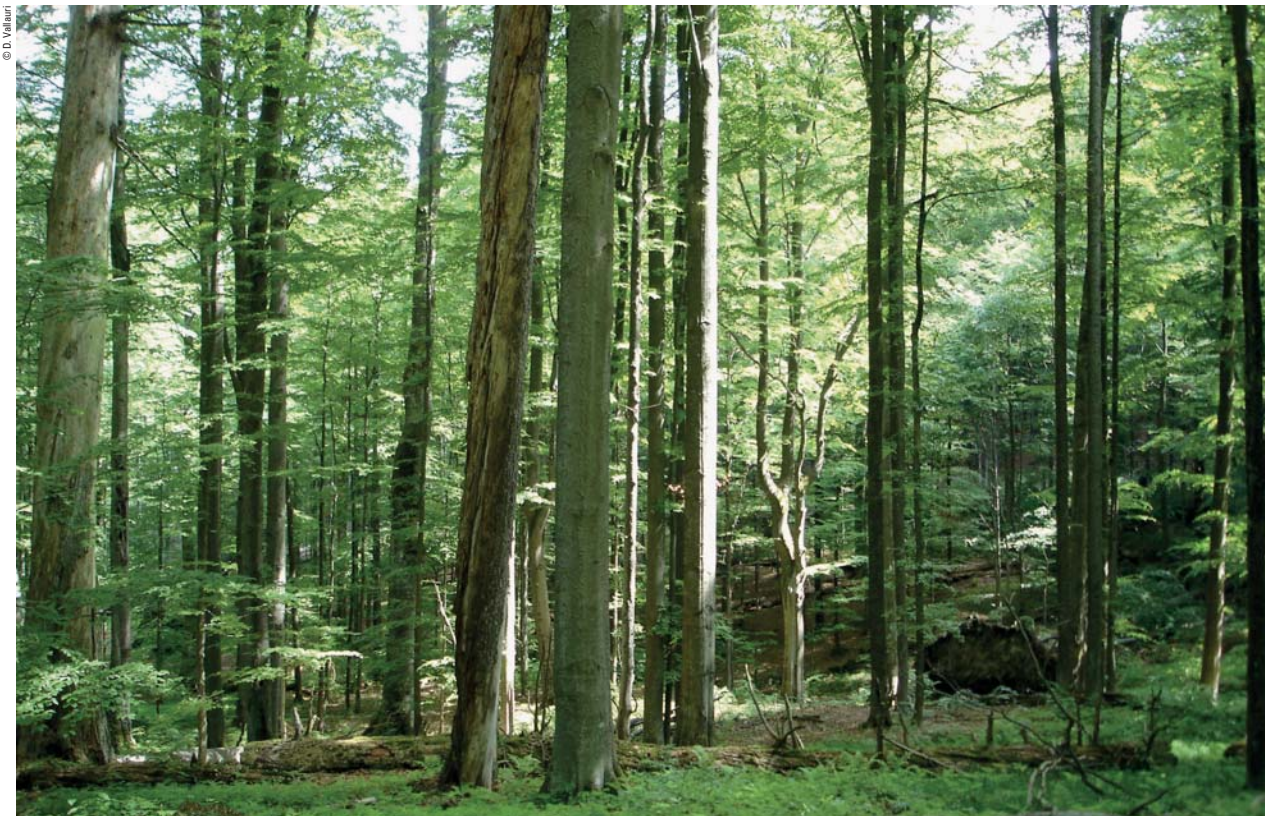
Schnitzler (2003) estime qu'un réseau de réserves intégrales ne peut être cohérent que

dans une matrice de forêts gérées de façon proche de la nature, et que la présence de corridor permettant de les relier est cruciale. La mise en place d'espaces protégés où la nature reprend peu à peu ses droits (1,3%) ne dispense pas d'une gestion durable de la matrice des forêts exploitées (98,7%).

Des corridors écologiques pour une trame vivante

Dans l'absolu, la forêt est un espace naturel constituant par définition une trame vivante (trame verte) pour les espèces. Cela est en partie vrai quelle que soit la nature de la forêt, notamment pour beaucoup de grandes espèces mobiles, y compris celles des milieux ouverts ne trouvant plus d'habitat de qualité dans l'espace agricole ou urbain.

Cependant, comme cela a été présenté précédemment, la qualité de la trame forestière exploitée est parfois vécue comme une source de fragmentation pour beaucoup des espèces



Les réserves sont des hauts lieux de biodiversité et naturalité, et un laboratoire vivant pour inspirer le sylviculteur.

forestières exigeantes, qui ne trouvent pas leur habitat (très vieux arbres, microhabitats rares, bois morts...) dans les forêts exploitées fortement ou rajeunies.

La notion de trame, de corridor et de connectivité est à réfléchir en fonction de l'écologie de chaque espèce forestière. Il convient ainsi de distinguer dans la réflexion générale :

- une trame verte (et bleue) tel que cela est conduit actuellement, pour définir les grandes infrastructures vertes nécessaires à la biodiversité à l'échelle régionale ou nationale, tous milieux confondus ;
- une trame intra-forestière, souvent en France dénommée « trame de vieux bois » et cherchant la connectivité pour les espèces forestières les plus exigeantes, notamment celles dépendant des forêts les plus préservées, à haute naturalité et matures.

D'autres surfaces ne font pas l'objet de sylviculture, de façon significative en montagne et en Méditerranée. Cela concerne des milieux ouverts, des rochers, des zones forestières inaccessibles à l'exploitation du bois mécanisée. Leur contribution peut être importante en terme de biodiversité, mais est très variable et rarement évaluée.

Connectivité et corridor écologique

La connectivité du réseau est nécessaire pour garantir la viabilité des populations en autorisant les échanges continus d'individus au sein d'une métapopulation (Bennett, 1998 ; Olson et Burnett, 2009). Elle nécessite de bien comprendre le rôle de chaque élément du réseau (Berthoud *et al.*, 2004 ; Berthoud, 2010) :

- les zones nodales où l'habitat est favorable et assez grand pour l'accomplissement de toutes les phases de développement d'une population animale ou végétale. C'est une zone source de la biodiversité ;
- les zones d'extensions, analogues aux zones nodales, mais dont la taille ou la qualité ne sont pas suffisantes pour contenir toutes les phases de développement d'une espèce ;
- les zones de développement, analogues en qualité et en surface aux zones nodales, mais qui sont déconnectées du réseau. Si le lien était rétabli elles deviendraient des zones nodales ;
- les corridors écologiques (Rosenberg *et al.*, 1997) : liens terrestres, aquatiques ou aériens, entre les différentes zones nodales. Ils sont libres d'obstacles.

SPÉCIFICITÉS D'UN RÉSEAU D'ÎLOTS DE SÉNESCENCE

La notion d'îlot pour la conservation de la biodiversité est récente (25 ans d'après Gustafson *et al.*, 2012). Même si les données manquent sur certaines questions, des résultats de recherches existent : nous allons essayer d'en résumer l'essentiel relatif aux îlots de sénescence.

Nature d'un îlot

Deux approches complémentaires peuvent être utilisées pour définir la nature des îlots à mettre en œuvre. L'une n'est pas plus efficace que l'autre, les deux sont d'ailleurs souvent combinées :

- une approche directe visant l'habitat d'une ou de plusieurs espèces à préserver. Cette approche est utilisée quelle que soit le type de forêt, quand une espèce emblématique est identifiée (par exemple une salamandre dans le cas de Wessel, 2005) ou lorsqu'une expertise collective est engagée avec les naturalistes (comme dans notre cas) ;
- une approche indirecte cherchant à préserver la naturalité des écosystèmes et les espèces y habitant potentiellement (Rouveyrol, 2009).

Sur le continent nord-américain, les îlots sont souvent des portions de forêts qui n'ont jamais été exploitées. La mise en place du réseau d'îlots porte d'emblée sur des habitats favorables à la biodiversité. Les espèces faunistiques, fongiques et floristiques visées sont souvent d'ores et déjà présentes.

En France, où la matrice des forêts a été plus anciennement transformée, les qualités écologiques de l'îlot mis en place sont souvent assez éloignées de l'idéal naturel. Décider des paramètres de choix des îlots dans une forêt donnée demande une réflexion plus importante. Faute d'une réflexion collective entre tous les acteurs (sous forme d'enquête comme dans Rouveyrol,

2009, ou ce travail), les critères retenus pour définir l'îlot idéal sont souvent assez restreints et discutables, surtout lorsqu'ils se limitent à des questions pratiques d'accessibilité à l'exploitation, de risque et d'économie.

Les îlots sont d'anciennes portions de forêts gérées qu'il convient de laisser vieillir à long terme de façon à maximiser :

- la maturité des peuplements, des diamètres des arbres, avec notamment une forte représentativité des TGB et TTGB ;
- la diversité des essences présentes et du mélange dans le peuplement dominant ;
- le volume de bois mort très favorable à la biodiversité (diamètre > 30 cm, > 20 m³/ha) ;
- l'hétérogénéité de la structure verticale ou horizontale du peuplement ;
- une grande abondance et diversité de microhabitats pour la faune et la flore.

Peu d'exemples de réalisation prennent en compte (en positif ou négatif) l'ancienneté de l'état boisé et l'indigénat ou des empreintes humaines pouvant poser problème à long terme comme la présence d'espèces exotiques envahissantes ou le devenir de l'environnement immédiat de l'îlot. Bien souvent, les îlots sont choisis parmi des surfaces en vieux peuplements, donc potentiellement contre des peuplements renouvelés au cours de l'aménagement.

Surface de l'îlot

Les données scientifiques concernant la surface optimale de l'îlot varient suivant les auteurs. La surface minimale varie de 0,25 à 1 ha (tableau 1). La valeur minimale de 0,5 ha est la valeur la plus fréquemment citée dans la littérature. Pour des raisons pratiques, c'est cette valeur minimale qui est généralement retenue pour les îlots dans les forêts publiques françaises.

Les surfaces maximales sont peu souvent citées dans la littérature scientifique et varient énormément suivant les contextes et les pays. Toutefois, tous les auteurs s'accordent à dire que plus l'îlot est grand, plus sa valeur intrinsèque pour la biodiversité augmente. La mise en place de petits îlots (< 1 ha) pose généralement des problèmes de matérialisation (pour les exploitants) et de suivi dans le temps.

Quantité d'îlots

La surface cumulée du réseau d'îlots est discutée dans la littérature scientifique (tableau 2). Elle varie énormément, notamment en fonction du contexte. Plus les données scientifiques sont précises et récentes, plus le pourcentage de forêt à mettre dans le réseau pour conserver la biodiversité est important. Les préconisations dans les forêts boréales ou nord américaines, soumises à de grandes coupes rases sur des forêts naturelles, sont généralement plus élevées que dans les forêts tempérées européennes.

En France, les choix des gestionnaires publics sont cadrés par l'instruction de l'ONF qui annonce, en 2009, sans argumentation précise et pour toute la France, quel que soit le contexte,

Tableau 1. Surface minimale de l'îlot dans la littérature, à partir d'études portant sur quelques espèces ou d'une expertise collective.

Surface minimale	Références	Argumentation
0,4 ha	Wessel, 2005	En comparaison avec 0,1 et 0,2 ha, une surface de 0,4 ha, présente un nombre d'espèces significativement plus important
0,5 ha	Lachat et Büttler, 2007 Gates <i>et al.</i> , 2009 Rouveyrol, 2009	Garantie la présence de vieux arbres et bois mort à tous les stades de décomposition Seuil pour maintenir la diversité des champignons macroscopiques Résultat d'une enquête auprès de naturalistes et gestionnaires
1 ha	Aubry <i>et al.</i> , 2009	Maintien une ambiance forestière lors de coupe rase ; et les arbres du centre de l'îlot sont protégés des effets lisières

Tableau 2. Quelques préconisations pour une surface efficace du réseau d'îlots de sénescence ou de conservation dans la littérature scientifique.

Surface du réseau préconisé (% de la forêt totale)	Références	Contexte
4 - 7 %	Lachat et Büttler, 2007	Suisse
10 - 20 %	Larrieu <i>et al.</i> , 2011	Pyrénées
5 - 10 %	Gustafson <i>et al.</i> , 2012	Synthèse mondiale
5 - 10 %	Pardini <i>et al.</i> , 2010	Contexte nord américain et nord européen (boréal) où les coupes rases de grande surface sont fréquentes
> 15 %	Aubry <i>et al.</i> , 2009	
> 15 %	Rosenvald & Lohmus, 2008	
> 15 %	Peterson & Anderson, 2009	

Tableau 3. Quelques préconisations de mise en œuvre pratique d'un réseau d'îlots de sénescence.

Réseau préconisé (% de la forêt totale)	Référence	Remarques
1-6%	Rouveyrol, 2009	Issu d'une enquête auprès de naturaliste et gestionnaire
3-7%	PN Cévennes, 2005	Voir la convention PNC-ONF 1990
>1%	ONF, 2009 a et b	En plus des 2% en îlots de vieillissement

que le réseau d'îlots de sénescence doit atteindre au moins 1% de la surface en gestion (tableau 3). Il s'agit « d'objectifs cibles [...] dont les valeurs doivent être considérées comme des objectifs à minima et [...] qui feront l'objet d'un réexamen en 2012 » (ONF, 2009). Dans des contextes plus argumentés et négociés, en Savoie et dans les Cévennes par exemple, ce taux peut atteindre 6 à 7% pour certaines forêts.

Quelle connectivité pour le réseau d'îlots ?

La connectivité du réseau est un paramètre à la fois difficile et généralement peu pris en compte. Cela conduit de façon pratique à déterminer :

- la position relative des îlots ;
- la distance moyenne entre les îlots. Certaines espèces ont une capacité de déplacement limitée. Par exemple, chez le Pique-prune, seuls 15% des individus quittent leur arbre d'origine (un chêne ou hêtre avec une cavité à terreau de grande dimension), et ne dépassent pas les 190m depuis celui-ci (Ranius & Hedin, 2001). À l'inverse, un autre insecte saproxylique, la Rosalie des Alpes est capable de voler jusqu'à 2 km. Pour certaines espèces, d'oiseaux cavicoles comme le pic noir par exemple, la distance entre les îlots ne sera pas un facteur limitant, contrairement à la maturité des peuplements ;
- la qualité de la matrice entre les îlots et l'affinité de l'espèce aux habitats qui la constituent jouent un rôle facilitant ou réduisant le potentiel de déplacement de certaines espèces (exemple des monocultures résineuses jeunes qui sont peu prospectées).

Quelques premières expériences de mise en œuvre

Différents réseaux d'îlots ont déjà été mis en place dans le monde. Comme cela a déjà été noté, les enjeux potentiels d'un réseau d'îlots sont nombreux, et fortement liés au contexte. Les trois études de cas rapportées ci-après concernent des contextes de forêts tempérées, et n'ont en aucun cas valeur d'exhaustivité. Profitant de l'expérience des gestionnaires ayant réfléchi à la mise en œuvre de réseau d'îlots, et de la littérature grise sur le sujet, un important retour d'expérience semble pouvoir être organisé aujourd'hui.

PARC NATIONAL DES CÉVENNES

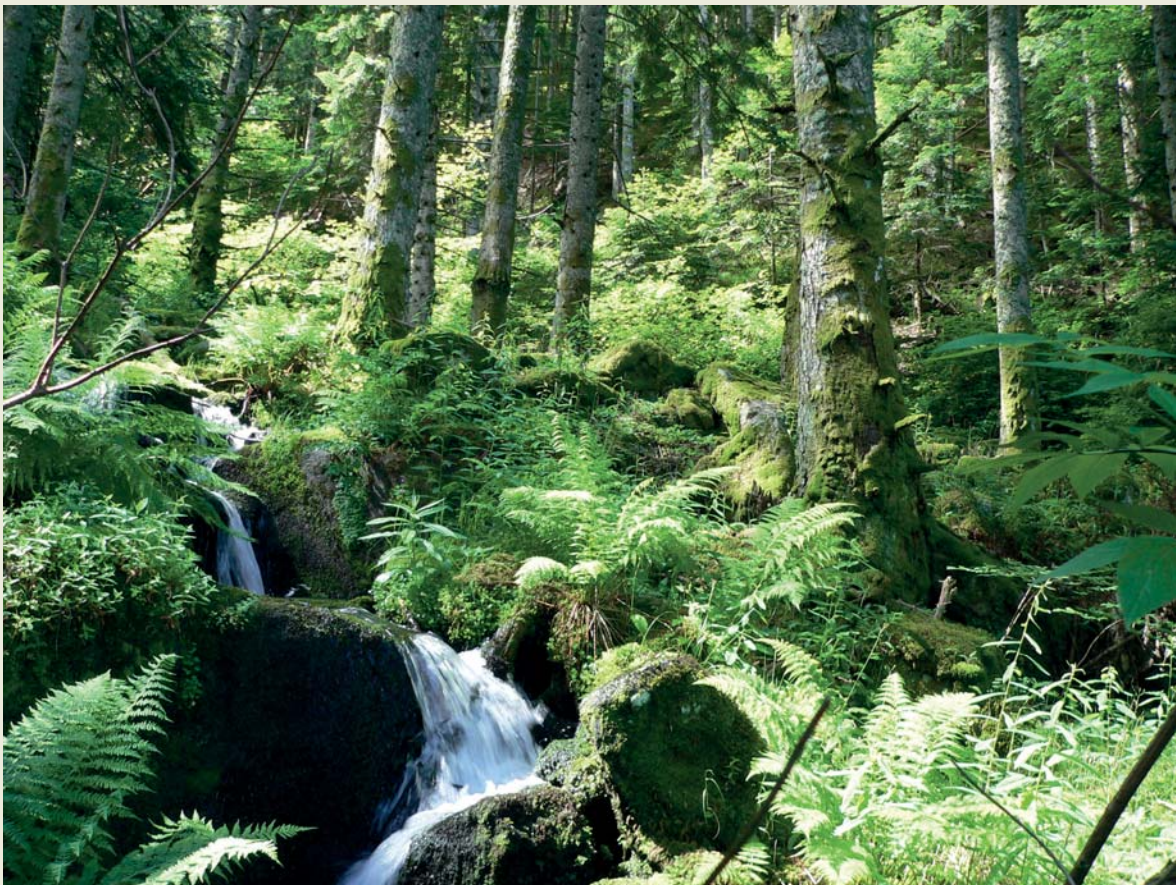
En France, la réflexion sur les îlots de vieillissement et de sénescence prend naissance dès 1989 dans les forêts publiques du Parc national des Cévennes (Nappée, 1991 *in* Nappée et Janssen, 2005, Janssen, 2004). Au sein du territoire du Parc national des Cévennes, et en particulier au sein du cœur du Parc, des îlots de sénescence ont été mis en place en 2005.

Ce réseau avait pour but de répondre à différents objectifs et contraintes :

- 2 à 4 îlots par groupe de 100 ha ;
- 3 à 7% de la surface forestière ;
- la surface individuelle des îlots est de 1 à 7 ha ;
- représentativité de tous les types de peuplements adultes ;

- représentativité de tous les types de stations forestière ;
- peuplements adultes arrivés à maturité ;
- essence autochtone ;
- peuplements rares (ripisylve, peuplement en situation exceptionnelle).

La détermination des îlots a été réalisée à la suite d'une concertation ONF/PNC et à l'aide de différents outils : 250 placettes MEEDM, la cartographie des forêts anciennes, des habitats et une analyse des pratiques passées. Le processus de sélection et négociation a abouti aujourd'hui à la création d'un réseau de 350 îlots sur 964 ha. Un suivi dans le temps par échantillonnage systématique a ensuite été proposé.



FORÊTS DOMANIALES DU CANTON SUISSE DU JURA (Freildli *et al.*, 2008)

En complément des mesures de protection de la nature (réserves, plantation et conservation d'espèces rares), une étude a été menée dans les forêts domaniales du canton et république du Jura pour mettre en place des îlots de vieux bois. Des îlots de grande taille (> 15 ha) avaient déjà été mis en place et inscrits dans l'aménagement. En complément, des îlots de petite taille (< 1 ha), qui n'avaient pas été inscrits formellement, ont été marqués sur le terrain.

Ceux-ci ont été sélectionnés pour répondre à différents enjeux :

- des valeurs naturelles, essences indigènes en station, bois à cavités, trous de pic déjà présents, diamètre des arbres déjà supérieur à 50 cm, bois mort et arbres dépérissants déjà présents, stratification verticale ;

- l'exploitation du bois alentour (situation en limite de transport, absence d'entrave à l'exploitation ;
- la sécurité, soit un éloignement des routes et chemins fréquentés, l'absence de danger pour les bûcherons lors de travaux ultérieurs ;
- des valeurs sociales comme la visibilité, afin de promouvoir ce genre de prestation auprès du public, et l'intérêt du point de vue du paysage.

Au final, 36 îlots allant de 2 ares à 1 ha ont été délimités suivant les connaissances du terrain pour répondre à ces critères. Ils représentent une surface cumulée de 67 ha, et s'ajoute aux 306 ha de forêts classées en réserve. Ainsi, depuis 2008, le réseau de conservation représente 15,4 % de la surface des forêts domaniales du Jura.



© J. Martin

FORÊT COMMUNALE DE LA MOTTE-SERVOLEX (SAVOIE)

Dans la forêt communale, qui s'étend sur 510 ha, l'ONF a mis en place en 2009 un réseau d'îlot de sénescence. La sélection des îlots a été établie suite à une enquête auprès des naturalistes et des gestionnaires suisse et français, ainsi que le service de Restauration des Terrains en Montagne (Rouveyrol, 2009). Les critères de sélection retenus sont au nombre de 9 : connectivité du réseau, degré d'emprise de la gestion, maturité des peuplements, volume de bois mort, présence d'arbres habitat, manque à gagner économique, accueil du public, risque naturel, risque sanitaire.

Deux scénarios (tableau 4) ont été élaborés à partir de ces critères, l'un avec les poids attribués par les naturalistes, l'autre avec les poids des gestionnaires.

Tableau 4. Deux scénarios potentiels pour le réseau d'îlot de sénescence du massif de La Motte-Servolex. Notons la différence importante des poids pour les critères économiques, d'accueil et de sécurité.

	Poids des naturalistes	Poids des gestionnaires
connectivité du réseau	2,3	2,2
degré de naturalité	3,2	2,9
maturité des peuplements	3,5	3
volume de bois mort	2,1	1,7
présence d'arbre habitat	2,5	2,9
manque à gagner économique	0,9	2,4
accueil du public	1	2,7
risque naturel	0,7	3,1
risque sanitaire	0,6	2,1

Un inventaire de 542 placettes relascopiques (soit 1/ha) a été réalisé lors du renouvellement du plan de gestion forestier.

Une variable composite représentant chacun des 9 critères est relevée. Par exemple, le volume de bois mort est apprécié par : volume résineux mort debout + 2 x volume feuillus mort debout + 3 x nombre arbre mort au sol. Les pondérations effectuées sur les volumes de feuillus morts debout et d'arbres morts à terre sont justifiées dans cet exemple par le fait que ces types de bois ne sont pas courants, mais très favorables à la biodiversité.

L'outil d'aide à la décision multicritère ELECTRE est utilisé pour classer les îlots correspondant au mieux aux poids affectés à chacun des 9 critères. Cela a abouti à la délimitation de 8 îlots de sénescence, représentant 5% de la surface de la forêt communale et ayant une taille moyenne de 3,2 ha.

Après prise en compte des contraintes d'accueil du public (pas de sentier à moins de 1 fois la hauteur du peuplement des îlots) et de connectivité avec les vieux peuplements forestiers riverains, la commune a validé 11 îlots, de surface comprise entre 0,3 et 5,6 ha et représentant 3,95% de la surface de la forêt (dont les 8 retenus au départ en totalité ou en partie). Ils sont représentatifs de toute les expositions, altitudes, types de stations, types de peuplements, en zone exploitable ou non. L'évaluation du réseau obtenu a été réalisée sur les 9 critères susdits. Ceci a permis de conclure que le réseau répondait correctement à ces objectifs.

La même méthode a été appliquée à l'échelle du massif de l'Épine (> 7 000 ha), dont fait partie la forêt de La Motte-Servolex. 53 îlots supplémentaires, de surface comprise entre 0,5 et 93 ha, ont été proposés. 95 ha sont en zone NATURA 2000.



© M. Rossi

Lacunes et besoins

L'étude de ces trois cas montre une trame méthodologique commune fondée sur :

- la définition des objectifs et des contraintes du réseau d'îlots ;
- la sélection des espaces les plus adaptés à ces contraintes et objectifs, à partir de données à dire d'expert ou d'inventaires.

La logique de mise en place du réseau suit globalement le même déroulement. Toutefois, certaines améliorations peuvent être proposées. Tout d'abord, nous pouvons noter l'absence de protocole précis et d'outils communs à ces différents exemples. Chaque gestionnaire a été obligé d'inventer sa démarche, de choisir ses critères et indicateurs, ses méthodes pour émettre des priorités de sélection des îlots... Cette mise en œuvre est donc lourde, et peut amener à une démarche uniquement empirique, faute de temps et d'outils appropriés. Ceci présente de plus l'inconvénient d'empêcher la comparaison effective des réseaux et de leur réelle efficacité.

Nous pouvons également noter de façon générale une absence d'évaluation du réseau établi. Au mieux les objectifs choisis (de façon collégiale ou pas), conduisent à choisir des critères

et indicateurs en nombre limités (et qui sont rarement orientés par des espèces cible), qui servent à classer les îlots les uns par rapport aux autres (méthode ELECTRE mise en œuvre par Rouveyrol, 2009). Le réseau a été établi pour correspondre aux objectifs et contraintes fixés, mais le réseau final répond-t-il efficacement à la conservation de la biodiversité ? Le réseau est-il fonctionnel (notamment en ce qui concerne la connectivité) ? Si oui, pour quelles espèces l'est-il ? Il est possible de douter parfois, dans d'autres cas que ceux présentés ici (réseau égal à seulement 1% de la surface totale de la forêt, îlots de moins de 1 ha, répartis de façon aléatoire et systématique), qu'il réponde efficacement à certaines problématiques ou espèces clés.

Etablir des réseaux d'îlots en suivant une même méthodologie à la fois rigoureuse et pratique, fondée sur une démarche d'évaluation, paraît indispensable pour accompagner une politique ambitieuse, qui présente un certain coût de mise en œuvre et un manque à gagner, et ainsi garantir une réelle amélioration de l'état de la biodiversité dans les forêts exploitées. Cela peut se fonder sur une mise en commun et un retour sur l'expérience des gestionnaires.



VERS UNE MÉTHODE PARTICIPATIVE ET ÉVALUÉE

Grandes orientations

- La méthode proposée ci-après a pour but :
- d'accompagner et d'optimiser la mise en œuvre d'un réseau de conservation. Elle est plus spécialement réfléchi pour la définition d'un réseau d'îlots de sénescence ;
 - de développer une réflexion pour des outils utiles à chaque étape logique que se pose le gestionnaire soucieux d'un dispositif efficace et peu coûteux ;
 - de mettre en place une méthode qui puisse permettre d'évaluer la qualité et l'efficacité du réseau d'îlots obtenu.

La figure 2 et le tableau 5 résument les différentes étapes de la méthode et les modules créés pour faciliter sa mise en œuvre.

ETAPE 1. Documentation des enjeux et définition des objectifs

Documenter les enjeux

La surface du réseau, la taille des îlots ou les qualités écologiques recherchées dépendent des espèces que l'on veut conserver, de la gestion pratiquée dans la forêt, des protections déjà existantes, des pressions et enjeux humains, des attentes des acteurs... Définir un réseau de conservation ou d'îlot est bien un acte d'aménagement, à intégrer lors de la réflexion d'aménagement de la forêt.

Lors de cette première étape, il s'agit ainsi de lister tous les enjeux potentiellement présents

Tableau 5. Les étapes et modules de la méthode de mise en œuvre d'un réseau d'îlots.

Étapes		Modules créés	Commentaires
Étape 1.	Documentation des enjeux et définition des objectifs	Documentation des enjeux écologiques	Module disponible dans les annexes numériques
		Définition participative des objectifs : le scénario	Module disponible dans les annexes numériques
Étape 2.	Transcription technique du scénario retenu		
Étape 3.	Pré-repérage puis description des îlots potentiels	Fiche de description d'un îlot	Module disponible dans les annexes numériques
Étape 4.	Détermination du meilleur réseau d'îlots	Classement des îlots avec les méthodes ELECTRE III	Module disponible dans les annexes numériques
Étape 5.	Évaluation du réseau d'îlots obtenu		
Étape 6.	Mise en place des îlots		
Étape 7.	Suivi de l'état de conservation		

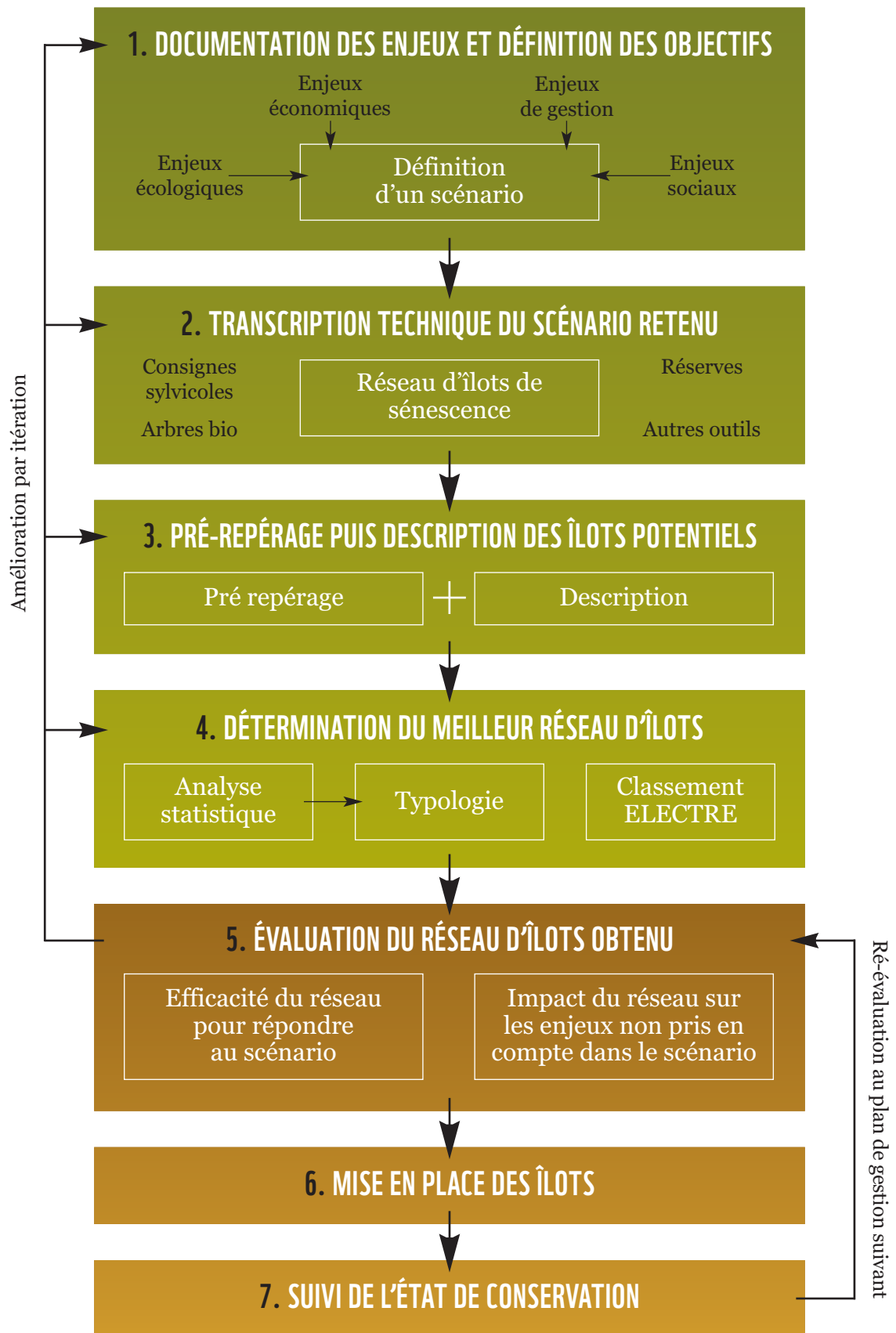


Figure 2. Présentation schématique des étapes et modules de la méthode de mise en œuvre d'un réseau d'îlots.

dans le contexte du massif étudié. Ces enjeux peuvent être regroupés en quatre grands groupes :

- les **enjeux économiques**, que cela soit le manque à gagner éventuel à négocier avec le propriétaire (du fait de l'absence d'exploitation si elle est avantageuse), mais également les financements disponibles pour la mise en place des îlots ;
- les **enjeux de gestion**, c'est-à-dire les contraintes ou avantages potentiels pour le gestionnaire, les modalités pratiques de mise en œuvre. Par exemple, les questions d'accessibilité, de sécurité, de délimitation ou de taille des îlots sont généralement d'importance pour faciliter la mise en place des îlots ;
- les **enjeux sociaux**. Souvent oubliés, ils traitent des avantages ou inconvénients des îlots vis-à-vis des attentes des acteurs usagés de la forêt, que cela soit pour des activités de loisir, la chasse, l'éducation à la nature etc., ou bien les questions de sécurité ;
- les **enjeux écologiques**, qui permettent de mieux répondre à la question du « pourquoi un réseau d'îlots ? », « pour qui ? Quelles espèces, fonctionnalités ou services des écosystèmes ? ».

Nous traiterons ci-après pour la définition des objectifs du scénario de l'ensemble de ces enjeux. Aucun outil n'est développé *ad hoc* pour documenter les enjeux économiques, de gestion et sociaux. Ils sont discutés de façon classique et gagnent à faire appel à une approche participative. En revanche, un outil d'analyse des enjeux écologiques est détaillé ci-après.

Documenter les enjeux écologiques

Parmi les enjeux écologiques, nous différencions :

- les enjeux portant sur les **caractéristiques du milieu** et du peuplement, que nous approchons via l'ensemble des qualités écologiques des écosystèmes classiquement regroupées sous le terme de naturalité (Vallauri, 2007). Cela comprend par exemple la diversité des essences, la maturité et structure du peuplement, le volume de bois mort à l'hectare, l'ancienneté de l'état boisé ou la surface de l'îlot...

- les **espèces à enjeux** répertoriées sur le site par les inventaires (ZNIEFF) et modalités de conservation existantes (dont Natura 2000, APB etc.).

Pour connaître les zones favorables à une espèce, l'information disponible est souvent incomplète et insuffisante. Le pré-repérage complémentaire n'est pas généralement à même de noter la présence des espèces à enjeux. En effet, cela demande un œil averti ainsi que, pour certaines espèces, une part de chance (oiseaux, chiroptères...) ou bien des relevés organisés en fonction du cycle de vie de l'espèce.

Par contre, documenter la relation de chaque taxon aux indicateurs de naturalité permet de préciser les qualités écologiques à favoriser, ou parfois de façon très précise l'habitat ou microhabitat à rechercher.

Pour établir ce lien, un outil sur Excel a été créé (tableau 6 et 7 ; voir annexes numériques). Ce classeur présente différents onglets. Le premier est un tableau à double entrée permettant de caractériser l'importance relative du lien de l'espèce aux indicateurs de naturalité (tableau 6). La première entrée de ce tableau est la liste des espèces présentes pour un groupe taxonomique donné (bryophytes, entomofaune etc.) ; elle est déterminée à partir des inventaires ZNIEFF et Natura 2000, ou toute autre source fiable localement. En seconde entrée se trouvent les indicateurs de naturalité décrivant les milieux (habitat forestier, volume de bois mort, présence de microhabitat etc.).

Les onglets suivants (un onglet par indicateur) permettent de préciser les modalités de présence de l'espèce pour les indicateurs de naturalité pertinents pour l'espèce. Les tableaux 6 et 7 illustrent pour trois espèces d'insectes saproxyliques la façon d'utiliser cet outil Excel. Le tableau complet se trouve dans les annexes numériques.

Cette documentation des enjeux écologiques est souvent peu accessible au gestionnaire pour le grand nombre d'espèces qui le concerne. Elle peut être toutefois construite à l'aide des connaissances des différents naturalistes sur les espèces et/ou la forêt.

Tableau 6. Documentation de la relation entre trois espèces d'insectes à enjeux dans les forêts du Mont-Ventoux et quatre critères de naturalité. L'onglet général de la feuille Excel vise à connaître les principales relations aux indicateurs de naturalité. Note 2 : indicateur clé pour la présence de l'espèce ; note 1 : indicateur important mais non obligatoire ; 0 : pas de relation nette.

Espèces (extrait, liste déroulante des espèces à enjeux)	Structure du peuplement	Stratification verticale	Gros bois vivants	Bois mort
<i>Eucnemis capucina</i>	0	0	0	2
<i>Lucanus cervus</i>	0	0	2	2
<i>Osmoderma eremita</i>	2	1	2	1

Tableau 7. Documentation des modalités du critère « Gros bois vivants » pour deux espèces d'insectes pour lesquelles le critère était discriminant dans le tableau précédent. o : optimal ; m : minimal.

Espèces (extrait, liste déroulante des espèces pour lequel le critère « gros bois vivants » est discriminant)	Diamètre des arbres				Age du peuplement					Essence hôte préférentielle
	petit bois > 20 cm	bois moyen > 30 cm	gros bois > 45 cm	très gros bois > 65 cm	Très jeune (< 1/8 longévité)	Jeune (< 1/4 longévité)	Adulte (< 1/2 longévité)	Mature (< 3/4 longévité)	Agé (> 3/4 longévité)	
<i>Lucanus cervus</i>		m	o	o		m	o	o	o	Chênes
<i>Osmoderma eremita</i>		m	o	o		m	o	o	o	Feuillus

Définition participative des objectifs : le scénario

Le réseau d'îlots est fondé sur un scénario rassemblant les objectifs à atteindre. Ce scénario peut s'élaborer suivant les cas avec quelques acteurs choisis sur décision souveraine du propriétaire. Il peut également être envisagé une approche plus participative s'appuyant sur de nombreux acteurs locaux, gestionnaires, naturalistes, élus, associations etc.

Afin de faciliter la discussion et de permettre à tous les acteurs d'avoir une perception globale des enjeux, il convient de leur présenter l'ensemble des objectifs possibles. Tous les enjeux doivent être formulés de façon compréhensible par chacun des acteurs. Un outil a été créé sous Excel (annexes numériques) regroupant l'ensemble des objectifs ou critères potentiels, à différents niveaux de détail. Dans le cadre d'une approche participative, l'animateur écoute les acteurs exprimer leurs préoccupa-

tions, aide à les formuler en objectifs, à hiérarchiser les priorités et les consignes au niveau de précision qui convient.

Le tableau 8 montre, sur un exemple, les niveaux emboîtés d'une portion des enjeux écologiques. Un non spécialiste pourra choisir comme critère de maximiser la protection des oiseaux en général, alors qu'un ornithologue proposera de travailler au profit d'une espèce donnée, parce qu'elle est protégée ou a une fonction de parapluie pour la conservation des autres oiseaux à enjeux (comme c'est le cas ici par exemple du pic noir).

Ce tableau permet à chacun d'entrer dans le détail de sa spécialité, des enjeux qu'il souhaite porter et voir intégrés comme objectif du scénario. Il les relie également aux autres enjeux de façon plus globale. Il en est de même pour les objectifs économiques, de gestion et sociaux à inclure dans le scénario.

Tableau 8. Consigner les objectifs de chaque acteur, en fonction de trois niveaux de précision. Exemple d'une partie de l'onglet « enjeux écologiques » du tableau d'aide à la définition du scénario (voir annexes numériques). Les espèces, critères ou indicateurs font partie de ceux découlant du test dans les forêts du Mont-Ventoux.

Niveau de précision 1	Niveau 2	Niveau 3
Espèces	Oiseaux	Grand-Duc d'Europe
		Pic noir
		...
	Insectes	Lucane cerf-volant
		Pique-prune
		...
...	...	
Naturalité	Richesse spécifique	L'habitat est-il patrimonial ?
		Nombre d'essences indigènes présentes
	Maturité des peuplements	Age estimé du peuplement
		Nombre de gros bois vivants (GB/ha)
		Densité de GB vivants finançables par Natura 2000
		Volume de bois mort (m ³ /ha)
		Nombre de stades de décomposition présents

Une fois les objectifs sélectionnés, il convient d'associer à chacun d'eux un poids relatif, c'est-à-dire l'importance que l'on y accorde par rapport aux autres. Cette discussion, d'autant plus riche que les parties prenantes de la discussion sont variées, complémentaires et représentatives, conduit à un scénario plus ou moins pertinent, durable et accepté. L'ensemble des objectifs, leurs poids relatifs, les seuils de préférence, d'indifférence et veto caractérisant leur variation (voir étape 4) constituent le scénario à mettre en place.

ETAPE 2. Transcription technique du scénario

Cette étape a pour objectif de donner la feuille de route des agents susceptibles de pré-repérer les îlots.

C'est l'occasion de préciser les valeurs techniques, les seuils, d'affiner la description des qualités auxquelles doivent répondre les îlots. Cette transcription conduit à dresser un portrait robot des îlots recherchés. Il conviendra d'indiquer pour chaque indicateur (nombre de gros ou très gros bois, volume de bois mort, surface terrière etc.) s'il y a une valeur minimale, objective, ou si cet indicateur peut admettre n'importe quelle valeur indifféremment.

Dans le scénario, certains indicateurs peuvent porter sur les îlots individuellement, d'autres sur le réseau global. Par exemple, la question de la distance entre îlot, de la qualité de la matrice séparant deux îlots ou bien de la surface totale du réseau, sont des paramètres qu'il est important également de définir clairement.

ETAPE 3. Pré-repérage puis description des îlots potentiels

Le pré-repérage, à partir de tous les moyens (images aériennes, connaissances du terrain, parcours) permet de faire ressortir les zones susceptibles de correspondre au mieux au scénario. La connaissance de terrain des agents et des naturalistes est clé en la matière.

Pour chaque îlot potentiel, une description est réalisée. Pour cela, une fiche de relevé *ad hoc* a été développée par Parrot (2011) et améliorée par Cateau (2012). Cette « fiche îlot » (figure 3 et voir les annexes numériques) est susceptible d'être adaptée en fonction du scénario. Elle cherche à renseigner des indicateurs clé permettant d'évaluer les qualités écologiques des écosystèmes. Des critères économiques, de gestion et sociaux sont également systématiquement relevés.

ETAPE 4. Détermination du meilleur réseau d'îlots

Analyse des données

La détermination du réseau optimal passe par l'analyse des données récoltées. Il est en effet important d'avoir une vision générale des qualités écologiques, économiques et sociales de l'échantillon d'îlots potentiels. Les outils utilisés pour l'analyse des données varient selon les contextes (nombre d'îlots notamment), les scénarios et les attentes des porteurs du projet.

Une analyse factorielle permet de mieux voir l'ensemble de l'échantillon dans le cas d'un réseau d'îlots complexe ou portant sur de grandes surfaces (ce sera le cas de l'application aux forêts publiques du grand massif du Ventoux ci-après). Cela permet également d'établir de façon objective une typologie des îlots.

Classement des îlots

Une fois l'ensemble des îlots potentiels décrits, les données sont utilisées pour construire le meilleur réseau d'îlots en fonction des critères, poids, veto, seuils de préférence et d'indifférence du scénario.

Ce classement est effectué grâce à la méthode ELECTRE III, qui est un outil de classification multicritère (voir encart page 40).

ETAPE 5. Evaluation du réseau d'îlots obtenu

L'ensemble de la méthode mise en œuvre a pour objectif d'évaluer le réseau obtenu afin de discuter :

- de son efficacité à répondre au scénario, en vérifiant ainsi à la fois qu'il est possible de trouver des îlots qui répondent aux objectifs du scénario et que les îlots retenus suffisent à les atteindre. Différents niveaux de précision pourront être utilisés en répondant aux questions : le critère a-t-il bien été maximisé ou minimisé ? Les valeurs seuils ou objectives ont-elles bien été respectées ?
- des lacunes ou faiblesses du scénario. Pour cela, il est nécessaire d'envisager une évaluation multicritère élargie à d'autres critères ou enjeux non considérés prioritaires par les acteurs ayant défini le scénario ;
- de l'acceptabilité globale du réseau obtenu ou de décider de son amélioration. Les évaluations sont l'occasion de lever les problèmes, les incohérences et les points de vigilances du réseau d'îlots obtenu. Une discussion devra ensuite avoir lieu avec le propriétaire et les autres acteurs concernés. Les objectifs sont-ils atteints ? Quels sont les problèmes du réseau ? Comment les résoudre ?

Les réponses à ces trois questions peuvent amener, dans certains cas, à une approche itérative pour affiner le scénario, en précisant ou ajoutant certains objectifs, et/ou rechercher des îlots complémentaires.



ÎLOT - GÉNÉRIQUE

Forêt :

Généralités

Identification	Numérotation : Pays Code postal aa mm jj n°				Photos de la parcelle : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	Rédacteur(s) / Organisme(s) :				
Localisation	Latitude :		Longitude :		
	Altitude moyenne (m) :		Pente (%) :		Exposition (°) :
	Type de prospection : <input type="checkbox"/> Virée <input type="checkbox"/> Placette circulaire		Coefficient de pente :		
Echantillonnage	Largeur : m		Longueur : m		Rayon : m
	Surface décrite (m²) :		Coefficient multiplicateur pour ramener les comptages à l'ha : x		
Consignes	Essence 1 :	Diamètres seuils ¹	Origine du seuil : <input type="checkbox"/> Natura 2000 <input type="checkbox"/> IBP <input type="checkbox"/> Autre		
	Essence 2 :		Essence 1 : cm	Essence 2 : cm	

Sentiment de Nature

1. LE NIVEAU DE NATURE RESENTI DANS CETTE PARCELLE EST-IL ?

Nul Faible Moyen Fort Très fort Exceptionnel

Nature

		DN
Diversité spécifique	2. HABITAT FORESTIER Nom : <input type="checkbox"/> Habitat patrimonial 10 <input type="checkbox"/> Autre 0	}
	3. PRÉSENCE D'ESPÈCE CIBLES Espèce 1 : <input type="checkbox"/> Impossible 0 <input type="checkbox"/> Potentielle 5 <input type="checkbox"/> Avérée 10 Espèce 2 : <input type="checkbox"/> Impossible 0 <input type="checkbox"/> Potentielle 5 <input type="checkbox"/> Avérée 10	
	4. ARBRES Nombre d'espèces indigènes : <input type="checkbox"/> 1 0 <input type="checkbox"/> [2-4] 3 <input type="checkbox"/> [5-6] 7 <input type="checkbox"/> ≥ 7 10	
Diversité des habitats associés	5. MILIEUX ROCHEUX Cocher si au moins 20 m² <input type="checkbox"/> Dalle 7 <input type="checkbox"/> Lapiaz 7 <input type="checkbox"/> Grotte et gouffre 7 <input type="checkbox"/> Éboulis stable, muret, etc. 7 <input type="checkbox"/> Éboulis instable 7 <input type="checkbox"/> Chaos de blocs 7 <input type="checkbox"/> Rocher 7 <input type="checkbox"/> Falaise 7	}
	6. MILIEUX HUMIDES <input type="checkbox"/> Source (et suintement) 7 <input type="checkbox"/> Ruisseau, fossé humide non entretenu et petit canal 7 <input type="checkbox"/> Petit cours d'eau 7 <input type="checkbox"/> Rivière et fleuve 7 <input type="checkbox"/> Mare (et autre petit point d'eau) 7 <input type="checkbox"/> Tourbière et zone humide 7 <input type="checkbox"/> Aucun 0	
	7. MILIEUX HERBACÉS (% surface cumulée) <input type="checkbox"/> [0-1] 0 <input type="checkbox"/> [1-5] 5 <input type="checkbox"/> [5-20] 10 <input type="checkbox"/> [20-50] 5 <input type="checkbox"/> > 50 0	
Indigénat	8. PART DANS LE COUVERT TOTAL DES ARBRES INDIGÈNES (%) <input type="checkbox"/> < 25 0 <input type="checkbox"/> [25-50[7 <input type="checkbox"/> [50-75[2 <input type="checkbox"/> [75-90[4 <input type="checkbox"/> [90-100[7 <input type="checkbox"/> 100 10	
Complexité structurale	9. STRUCTURE DU PEUPEMENT <input type="checkbox"/> Lande ou pâturage boisés 7 <input type="checkbox"/> Matorral, maquis 2 <input type="checkbox"/> Taillis 2 <input type="checkbox"/> Mélange futaie taillis ou futaie claire 3 <input type="checkbox"/> Futaie régulière ou régularisée 5 <input type="checkbox"/> Futaie irrégularisée en diamètre avec ou sans taillis 7 <input type="checkbox"/> Futaie irrégulière en diamètre et hauteur 10	}
	10. SURFACE TERRIÈRE (m²/ha) G = m²/ha <input type="checkbox"/> [0-10] 0 <input type="checkbox"/> [10-15] 7 <input type="checkbox"/> [15-20] 3 <input type="checkbox"/> [20-25] 5 <input type="checkbox"/> [25-30] 7 <input type="checkbox"/> > 30 10	
	11. STRATIFICATION VERTICALE (au moins 20% de la surface) <input type="checkbox"/> Arbustive basse 3 <input type="checkbox"/> Arbustive haute 3 <input type="checkbox"/> Arborescente basse 3 <input type="checkbox"/> Arborescente haute 7	

¹ Le choix se fait selon le contexte à partir soit des diamètres ouvrant à financement Natura 2000, soit de ceux de l'IBP, soit d'un seuil adapté localement.

² 5 + Somme des notes des types cochés. ³ Somme des strates cochées.

Figure 3. La fiche de description des îlots, version modifiée après test et usage dans le Mont-Ventoux. Cette version générique est conçue pour être adaptée à tous les contextes et simplifiable tout en conservant la capacité d'une évaluation multicritère. Une fiche simplifiée, adaptée au massif du Mont-Ventoux est également produite spécifiquement pour les besoins futur de l'ONF Vaucluse (voir annexes numériques).

Nature (suite)		DN
Dynamique	12. STADES DE SUCCESSION FORESTIÈRE¹	
	<input type="checkbox"/> Pionnier <input type="checkbox"/> Post-pionnier <input type="checkbox"/> Intermédiaire <input type="checkbox"/> Quasi complet ≤ 3 phases de la sylvigénèse <input type="checkbox"/> Complet ≥ 4 phases de la sylvigénèse 0 4 6 8 10	
Continuité spatiale	13. COUVERT FORESTIER AUTOUR DE L'ÎLOT (ha)	
	<input type="checkbox"/> < 10 <input type="checkbox"/> [10-100] <input type="checkbox"/> [100-1 000] <input type="checkbox"/> [1-10 000] <input type="checkbox"/> [10-100 000] <input type="checkbox"/> > 100 000 0 2 4 6 8 10	
	14. SURFACE DE L'ÎLOT (ha) S = _____ ha <input type="checkbox"/> < 0,5 <input type="checkbox"/> [0,5-5] <input type="checkbox"/> [5-10] <input type="checkbox"/> > 10 0 4 6 10	
	15. DISTANCE À L'ÎLOT LE PLUS PROCHE	
	<input type="checkbox"/> > 500 m <input type="checkbox"/> 200-500 m <input type="checkbox"/> < 200 m 0 5 10	
Microhabitats des arbres	16. MICROHABITATS DES ARBRES VIVANTS Cocher si présents	
	<input type="checkbox"/> Cavité creusée par les pics <input type="checkbox"/> Cavité de pied à fond dur <input type="checkbox"/> Plage de bois sans écorce non carié <input type="checkbox"/> Cavité évolutive de tronc <input type="checkbox"/> Cavité évolutive à terreau de pied <input type="checkbox"/> Cavité remplie d'eau <input type="checkbox"/> Fente et écorce décollée <input type="checkbox"/> Polypore <input type="checkbox"/> Coulée de sève active <input type="checkbox"/> Charpentière ou cime brisée <input type="checkbox"/> Bois mort dans le houpier <input type="checkbox"/> Lianes (et gui)	2
	17. LOGES DE PICS Pointage :	
	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> [1-5] <input type="checkbox"/> [5-10] <input type="checkbox"/> > 10 0 1 2 3	
Maturité	18. ÂGE ESTIMÉ DU PEUPEMENT En fonction de la longévité	
	<input type="checkbox"/> Très jeune <input type="checkbox"/> Jeune <input type="checkbox"/> Adulte <input type="checkbox"/> Mature <input type="checkbox"/> Âgé <input type="checkbox"/> Très vieux 0 1 1 3 4 4 10 8 2 4 5 2 7 4 10	
	19. TRÈS GROS BOIS VIVANTS Pointage essence 1 : Pointage essence 2 : Total (1+2) :	
	Diamètre max : cm <input type="checkbox"/> < 1 <input type="checkbox"/> [1-5] <input type="checkbox"/> [5-10] <input type="checkbox"/> ≥ 10 0 3 7 10	
	20. VOLUME DE BOIS MORT (Ø > 30 cm, m ³ /ha)	
	<input type="checkbox"/> < 1 <input type="checkbox"/> [1-5] <input type="checkbox"/> [5-10] <input type="checkbox"/> [10-20] <input type="checkbox"/> [20-50] <input type="checkbox"/> > 50 0 2 3 5 7 10	
Ancienneté	21. CONTINUITÉ DE L'ÉTAT BOISÉ	
	Milieu du XIX ^e (carte de l'état major) : <input type="checkbox"/> Labour, vigne, autre <input type="checkbox"/> Prairies, pâture <input type="checkbox"/> En limite de bois (< 100) <input type="checkbox"/> Bois Vers 1950 : <input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> Autre	
Empreinte humaine		
Après 1960	22. DATE DE LA DERNIÈRE COUPE (ans)	
	<input type="checkbox"/> < 20 <input type="checkbox"/> [20-40] <input type="checkbox"/> [40-60] <input type="checkbox"/> Aucune période 10 8 6 0	
Pour les 50 ans à venir	23. NATURE DES PRESSIONS POTENTIELLES SUR L'ÎLOT	
	<input type="checkbox"/> Urbanisation <input type="checkbox"/> Exploitation de bois <input type="checkbox"/> Espèces envahissantes <input type="checkbox"/> Changement climatique <input type="checkbox"/> Incendie <input type="checkbox"/> Défrichement <input type="checkbox"/> Chasse <input type="checkbox"/> Fréquentation	
Usages et pratiques		
Sécurité du public	24. DISTANCE À UN CHEMIN BALISÉ (m)	
	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 0-30 <input type="checkbox"/> 30-50 <input type="checkbox"/> > 50 0 4 7 10	
	25. RISQUE LIÉ AUX VIEUX ARBRES	
	<input type="checkbox"/> Fort <input type="checkbox"/> Moyen <input type="checkbox"/> Faible 0 5 10	
	26. RISQUE LIÉ À LA TOPOGRAPHIE	
	<input type="checkbox"/> Fort <input type="checkbox"/> Moyen <input type="checkbox"/> Faible 0 5 10	
Utilité	27. LA PARCELLE A-T-ELLE DES QUALITÉS PARTICULIÈRES POUR LES PRATIQUES SUIVANTES ?	
	<input type="checkbox"/> Production de ressources <input type="checkbox"/> Valeur pour les cours d'eau <input type="checkbox"/> Chasse <input type="checkbox"/> Cueillette <input type="checkbox"/> Randonnée <input type="checkbox"/> Valeur culturelle, patrimoniale <input type="checkbox"/> Education à la nature <input type="checkbox"/> Valeur esthétique <input type="checkbox"/> Stabilisation des sols <input type="checkbox"/> Valeur scientifique <input type="checkbox"/> Valeur pour la biodiversité <input type="checkbox"/> Autre	3

¹ A partir de la flore, évaluer l'équilibre relatif de la composition conditionnée par les seules variables abiotiques, à climat constant et à l'échelle humaine. ² Sommer les notes des types cochés, maximum 7. ³ Sommer les notes.

Les méthodes ELECTRE

Les méthodes ELECTRE sont des outils de classement de certaines actions en fonction de certains critères. Dans notre cas, les actions sont les îlots inventoriés qu'il s'agit de classer en fonction des critères du scénario.

Les critères du scénario sont déterminés par les acteurs participant à la réflexion sur la mise en place du réseau d'îlots de sénescence (gestionnaires, élus, naturalistes, associations...). À chacun de ces critères les acteurs associent différentes valeurs :

- un sens d'optimisation. La valeur +1 est attribuée lorsqu'il s'agit de maximiser le critère, elle est égale à -1 quand il est à minimiser ;
- un poids, représentant l'importance relative qu'ils accordent à ce critère ;
- un seuil d'indifférence en deçà duquel l'îlot A et l'îlot B ne sont pas différenciés ;

- un seuil de préférence en deçà duquel la préférence de l'îlot A par rapport à B est considérée comme faible. Au delà de ce seuil, la préférence est dite forte.

- un seuil de veto. L'îlot A est strictement meilleur que l'îlot B, quelles que soient ses performances sur les autres critères.

Le classement des îlots en fonction de ces différents seuils est illustré en figure 4. Pour effectuer le classement nous utilisons la méthode ELECTRE III. La méthode aboutit à deux classifications, l'une ascendante, l'autre descendante. Le classement définitif d'un îlot est réalisé en effectuant la moyenne de ses rangs dans chacune des classifications.

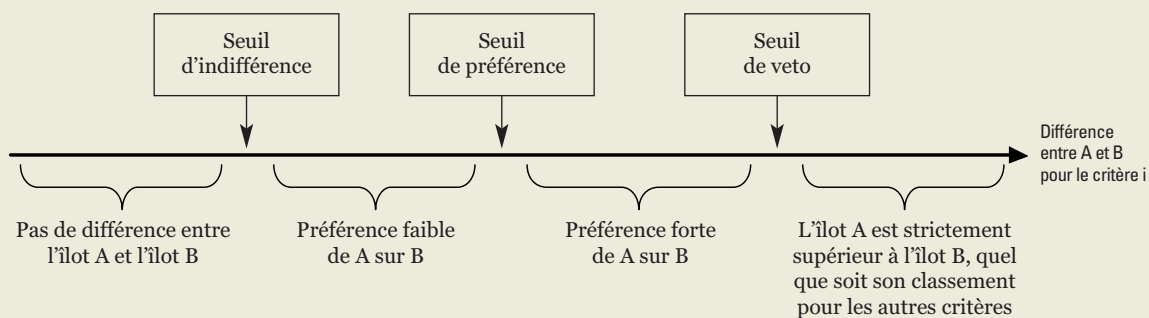


Figure 4. Classement de deux îlots A et B par les méthodes ELECTRE pour un critère donné (i).

ETAPE 6. Mise en place des îlots

Quand le réseau obtenu est satisfaisant, il s'agit de mettre en place le réseau de conservation. Ceci comprend notamment :

- son inscription dans l'aménagement, après négociation avec le propriétaire ;
- la mise en place de financement Natura 2000 sur les îlots où cela est judicieux et possible. Le processus administratif implique généralement des relevés terrain pour compléter avec précision les demandes de financement (géoréférencer les arbres finançables, noter les critères Natura 2000 des arbres finançables, etc.) ;
- la communication et la sensibilisation auprès du grand public, des élus et des associations ;
- la matérialisation des îlots sur le terrain et/ou sur SIG.

ETAPE 7. Suivi de l'état de conservation

Le réseau mis en place peut être suivi dans le temps et évalué. La périodicité du suivi s'estime en fonction de la vitesse d'évolution du peuplement. Les méthodes peuvent être variables selon l'objet du suivi. Les renseignements déjà collectés pour décrire l'îlot à l'étape 3 peuvent être ici réutilisés.

Cette étape est particulièrement importante dans des contextes dynamiques, comme c'est le cas des forêts du Mont-Ventoux, où l'histoire de la restauration de la biodiversité des forêts est encore en cours. Les forêts sont encore jeunes et vont fortement évoluer dans les 50 ans à venir, au fil du vieillissement et de l'expression naturelle des essences au sein des boisements artificiels d'une part et de l'impact attendu de pressions comme les changements climatiques d'autre part.



APPLICATION AU MASSIF DU MONT-VENTOUX

La phase d'application test de cette méthode de mise en œuvre d'un réseau d'îlots de sénescence a été conduite dans les forêts publiques du massif du Mont-Ventoux. Après une présentation succincte du contexte, seront présentés les principaux résultats de chacune des étapes de la méthode.

Contexte et enjeux des forêts du Mont-Ventoux

Le Mont-Ventoux est un massif montagneux isolé, entre Méditerranée et Alpes, qui culmine à 1909 m (figure 5). Il est marqué par une forte opposition de versant. Le versant sud offre un climat méditerranéen ainsi qu'une pente moyenne. Le versant nord présente un climat beaucoup plus

froid et des pentes raides. Le Ventoux subit également les influences de la vallée du Rhône à l'ouest tandis qu'à l'est la proximité des Alpes amène un climat plus froid et humide. À ces différentes influences s'ajoutent les nombreux micro-climats, en lien avec une topographie marquée par des combes, barres rocheuses etc.

Le massif du Ventoux présente un fort taux de boisement, avec 16 418 ha de forêt, soit 82% de la surface du massif. Les forêts sont majoritairement publiques : 49% de propriété communale, 28 % domaniale et 23% privée.

On y retrouve une grande diversité d'habitats forestiers (de l'étage mésoméditerranéen au subalpin). Les boisements sont marqués par l'histoire des dégradations anciennes (déboise-

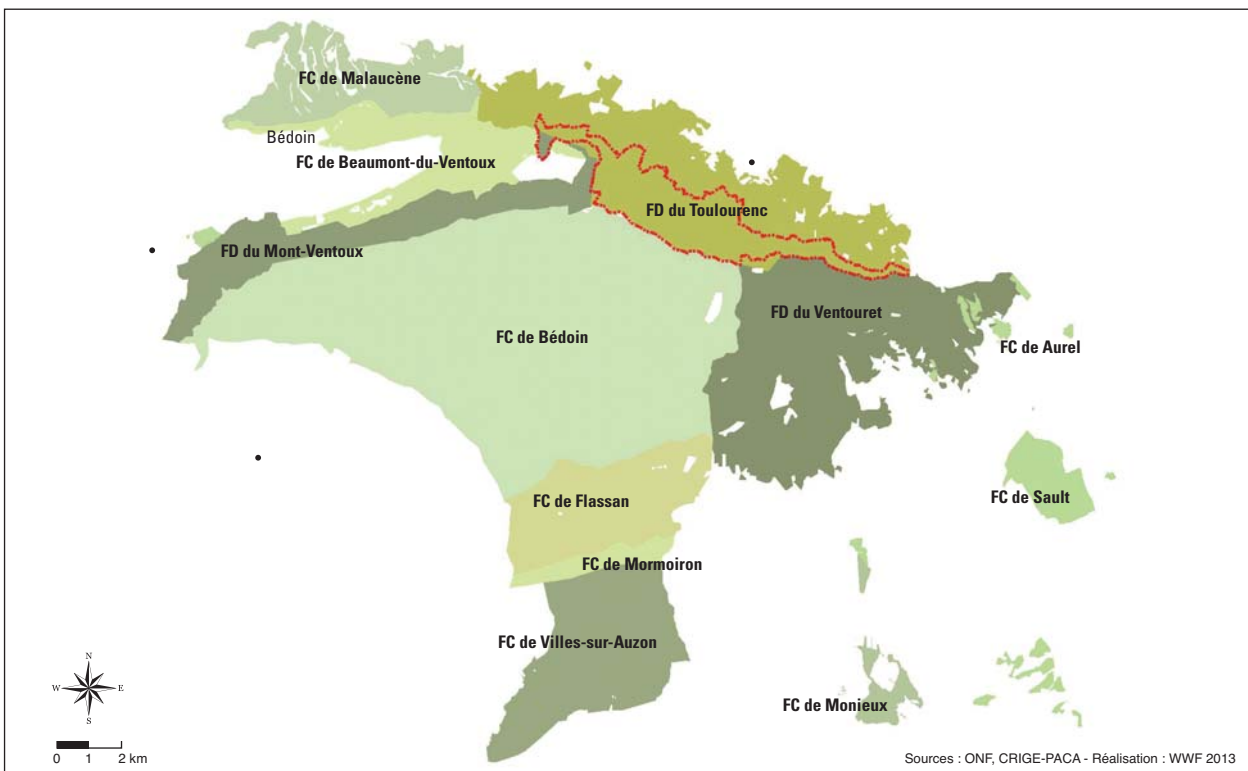


Figure 5. Carte de localisation des forêts du massif du Mont-Ventoux. En rouge, le contour de la RBI.

ment, surpâturage, érosion) et les campagnes de Restauration des Terrains de Montagnes (débutées en 1860) qui ont reconstitué le massif forestier, pour partie avec des essences non indigènes (pin noir, cèdre) (Dautier, 2007). À noter que la Cédraie de Roland fait l'objet d'un APB car c'est un écosystème contribuant à la survie d'espèces protégées, notamment d'oiseaux tels que l'Autour des Palombes, la Buse variable, la Chouette hulotte, etc. Les feuillus constituent 39% des forêts et sont essentiellement représentés par le chêne pubescent, le chêne vert et le hêtre. La structure des forêts est principalement régulière (futaie régulière 45%, taillis 35%).

Accueillant une biodiversité remarquable, le massif du Ventoux fait l'objet de différentes protections réglementaires (6 APPB, une RBI de 906 ha), ou inventaires (une ZNIEFF de type 2 et quatre ZNIEFF de type 1). Depuis 2000, un certain nombre d'actions de gestion sont mises en œuvre dans le cadre de l'intégration du massif au réseau Natura 2000. Le territoire du Mont-Ventoux est également labellisé Réserve de Biosphère par l'Unesco.

La montagne présente également des enjeux anthropiques particulièrement diversifiés et complexes. Elle est extrêmement marquée par le tourisme (ski, cyclisme, randonnée, escalade etc.) et l'accueil du public est un facteur majeur à prendre en compte dans tout choix de gestion. La chasse peut représenter jusqu'à deux tiers des revenus de la forêt (FD du Toulourenc et du Ventouret). Les pressions pastorales ont toujours été importantes sur le massif du Ventoux et ont été l'objet de nombreux conflits entre éleveurs et forestiers par le passé.

Documentation des enjeux écologiques

Le massif du Mont-Ventoux étant un haut lieu de la biodiversité méditerranéenne et alpine, les enjeux écologiques sont nombreux.

Les enjeux relatifs aux espèces sont issus de la compilation des listes d'espèces des DOCOB du Mont-Ventoux et des Gorges de la Nesque ainsi que des inventaires ZNIEFF. Les bryophytes et les champignons n'étant pas inventoriés dans

ces documents, il a été ajoutée une liste des bryophytes établie par les naturalistes compétents ; aucune liste n'a pas pu être établie pour la fonge, faute de données précises.

Parmi ces espèces seules les espèces forestières sont conservées. Au total, 127 espèces sont susceptibles de représenter un enjeu lors de la mise en place d'un îlot. Cette liste (voir annexe numériques) comprend un panel représentatif de la diversité forestière : 7 espèces de chiroptères, 15 plantes à fleurs, 3 bryophytes, 26 lichens, 39 insectes, 27 oiseaux, 10 reptiles et batraciens.

L'écologie de l'ensemble de ces taxons est renseignée par des spécialistes de chaque taxon, à l'aide de l'outil Excel (tableaux 6 et 7, annexe numérique). L'information est organisée en fonction des relations de chaque espèce aux indicateurs de naturalité importants (voir annexes numériques). Par exemple, la présence potentielle d'*Osmoderma eremita* est fortement influencée par l'habitat forestier (chênaie ou hêtraie), la présence de son microhabitat (cavité à terreau), la structure du peuplement (futaie ou arbres isolés), la présence de gros bois (adulte, diamètre > 45 cm), la dynamique du peuplement (intermédiaire ou complet) et les incendies (détruisant l'habitat de l'espèce)...

Les résultats obtenus pour 50% des taxons (lacunes : lichens, avifaune, reptiles et amphibien), montrent que l'approche par taxon permet parfois de définir très précisément l'habitat objectif recherché (exemple d'*Osmoderma eremita*). Quand cela est possible, cette connaissance peut conduire à intégrer dans les consignes de recherche d'un îlot un indice de présence d'une espèce cible (présence de *Buxbaumia viridis*, présence de cavités cariées pour *Osmoderma eremita* ou des espèces associées, de bois mort frais de hêtre pour *Rosalia alpina*, ou de loges de pic).

Toutes les espèces ne sont pas sensibles aux mêmes facteurs écologiques mais, à la lueur des résultats, certaines synergies existent. L'objectif peut ainsi être simplifié à la vue de l'écologie des espèces à enjeux. Par exemple, si l'on veut favoriser les insectes saproxyliques sans précisément cibler une seule espèce, il pourra être défini un objectif générique « favoriser la présence d'insectes saproxyliques ». Celui-ci sera

approximé par une maximisation d'indicateurs indirects plus faciles à apprécier pour le non-spécialiste : essences feuillues, volume de bois mort et maturité du peuplement par exemple. Inversement, la documentation des enjeux écologiques réalisée permet également de déterminer quels groupes favorisent un scénario bâti uniquement sur des indicateurs indirects.

Définition participative d'un scénario

Les outils préparés pour définir les objectifs du réseau d'îlots ont été utilisés dans une démarche participative restreinte à l'ONF, le SMAEMV et le WWF.

La définition d'un scénario s'est réalisée en deux temps :

- une enquête par courriel qui a été remplie par des représentants de l'ONF (Jeanne Dulac, responsable environnement pour l'agence Bouches-du-Rhône Vaucluse, en concertation avec Oliver Delaprisson, responsable d'UT et les agents), du SMAEMV (Ken Reyna, chef de projet Réserve de Biosphère du Mont-Ventoux, Anthony Roux, responsable Natura 2000), et du WWF (Magali Rossi, Daniel Vallauri). La sélection des indicateurs a été réalisée à partir du tableau des enjeux potentiels (voir annexes numériques). Chaque acteur choisit parmi l'ensemble des indicateurs ceux qui sont les plus importants et leur associe un poids.
- une réunion entre les partenaires (29 juin 2012) a permis de discuter des avis recueillis et de fixer les termes du scénario retenu.

Les souhaits de chacun des acteurs ne sont pas divergents. Ils sont retranscrits dans le scénario et hiérarchisés (tableau 9).

La volonté de l'ONF est de créer un réseau d'îlots de sénescence avec une valeur écologique avérée, sur des critères indirects de naturalité (indigénat, maturité, ancienneté), tout en ne négligeant ni le manque à gagner, ni la sécurité du public. La représentativité de tous les habitats du Mont-Ventoux doit être assurée. La surface des îlots doit être de 3% exactement.

Le SMAEMV souhaite que le réseau créé rassemble des îlots de sénescence, avec une valeur

écologique avérée, qui ne soient pas déjà hors exploitation par manque d'accessibilité.

Le WWF souhaite que le réseau d'îlots créé participe à la restauration de la biodiversité du massif, dans la suite logique de l'action de Restauration des Terrains en Montagne entreprise il y a plus d'un siècle (les forêts du Ventoux restent globalement jeunes au regard des enjeux de la biodiversité). Pour cela, il est important d'insister sur la biodiversité présente dont il est souhaitable de favoriser le redéploiement (espèces cibles), mais également sur l'ancienneté, la maturité des peuplements et la connectivité du réseau. Le réseau ou certains îlots doivent de plus pouvoir répondre à des enjeux sociaux (éducation par exemple).

Le scénario présente 12 indicateurs principaux et recouvre chacun des grands enjeux (tableau 9).

Nous pouvons remarquer que certains indicateurs sont communs à plusieurs enjeux, comme par exemple la maximisation de la surface de l'îlot. En effet, d'un point de vue écologique, il est plus intéressant d'avoir de grands îlots abritant potentiellement de plus grandes populations ; d'un point de vue de la gestion, il est plus facile d'avoir une grande zone de non gestion plutôt que beaucoup de petits îlots disséminés. En revanche, augmenter la surface des îlots et donc en diminuer le nombre dans notre cas (en raison de la limite des 3% de la surface boisée) implique des contraintes d'un point de vue de la connectivité. Les îlots seront potentiellement plus éloignés que si l'on choisissait un nombre important de petits îlots.

D'une façon générale, la pondération entre les indicateurs du scénario est assez identique (variation de 6 à 10, et surtout 9 et 10 sur les critères principaux), ce qui montre une absence de choix tranchés.

Transcription technique du scénario

Le scénario retenu est transcrit en termes techniques, de façon à préciser pour les agents chargés du repérage des îlots sur le terrain un portrait-robot de l'îlot idéal.

Tableau 9. Le scénario retenu : indicateurs, sens de variation et poids.

Enjeux	Indicateurs	Sens	Préférence si	Veto	Nature de la décision	Poids	Commentaires
Ecologie	Ancienneté	+	Boisé en 1860		Unanimité	10	Biodiversité associée au sol
	Indigénat	+	Couvert indigène > 75%			9.5	Moindre biodiversité actuelle des reboisements en exotiques (notamment en pin noir). Par ailleurs, ils sont généralement exploités en priorité.
	Age estimé du peuplement	+	> âge d'exploitabilité			9.5	Peuplements globalement jeunes
	Volume de bois mort	+	> 10 m ³ /ha			9	Riche biodiversité saproxylique à favoriser par la mise en îlot de sénescence
	Habitats favorables à <i>Osmoderma eremita</i> ou espèces associées	+		oui		9	Espèce emblématique, dont la présence n'est pas confirmée récemment, mais qui est maintenue notamment comme espèce parapluie de la biodiversité des forêts matures.
Ecologie et gestion	Diversité des microhabitats des arbres vivants	+			6	Biodiversité associée	
	Connectivité des îlots	+	Distance la plus faible		6	Dans les trois classes de distances <100 m, 100-500 m, > 500 m, préférence est donnée à la plus petite.	
	Taille des îlots	+	Différence > 1 ha		9	Pour des raisons pratiques comme écologiques, les grands îlots sont privilégiés	
Gestion	Représentativité de tous les habitats	+		oui	Volonté de l'ONF	10	Collection d'habitat à suivre à long terme
	Surface totale des îlots	+		oui		10	3% de la surface boisée
Economie	Manque à gagner économique	-	Différence > 20€/ha/an	oui		8.5	Veto à 500 €/ha/an, seuil de préférence faible car rentabilité faible des peuplements
Social	Sécurité du public	+	Pas de risques			9	Eloignement des chemins ou pas de risques (pas de bois mort debout près des chemins)

Les consignes par critère (tableau 10) sont à suivre « autant que possible », sauf pour les critères à veto qui sont à respecter strictement.

Identification et description des îlots

Pré-repérage des îlots potentiels

La phase de pré-repérage des îlots s'est appuyée sur des travaux, préalables à la présente étude. Réalisés par l'ONF dans le cadre du projet Interreg Qualigouv (ONF, 2011), ce pré-repérage des îlots a mobilisé la connaissance du terrain de l'ensemble des agents de l'unité territoriale du Mont-Ventoux et de personnes ayant une pratique du site (INRA, naturalistes, animateur Natura 2000). Il s'est également appuyé sur les diagnostics et zonages présents dans certains aménagements forestiers. Il a

délimité 181 îlots potentiels sur le massif du Ventoux et les Gorges de la Nesque. Ces îlots sont répartis sur l'ensemble du massif et représentent au mieux sa diversité topoclimatique.

De fait, ce pré-repérage, sur lequel nous avons travaillé par la suite, n'a pas été réalisé en suivant les consignes définies précédemment. Les consignes étaient proches, mais moins formalisées à l'époque. Ceci a eu pour conséquence que chaque agent effectuant le pré-repérage a défini les îlots potentiels suivant des critères proches mais non identiques. Une certaine hétérogénéité existe dans l'échantillon de départ, ce qui n'est pas un problème en soit pour la phase de test de la méthode.

Description des îlots

Parmi les 181 îlots pré-repérés, nous avons choisi d'inventorier en priorité les îlots pré-

Tableau 10. Transcription technique du scénario retenu.

Poids	Critères	Consignes pour le choix des îlots potentiels
10 (veto)	Surface totale des îlots	Impérativement = 3%
10 (veto)	Représentativité de tous les habitats	Au moins un îlot dans chaque habitat
10	Ancienneté	Autant que possible sur des terrains anciennement boisés sur la carte de l'état major
9,5	Indigénat	Autant que possible, couvert indigène >75%
9,5	Age estimé du peuplement	Supérieur à l'âge d'exploitabilité (au moins adulte)
9	Volume de bois mort	Autant que possible > 10 m ³ /ha
9 (veto)	Habitats favorables à <i>Osmoderma eremita</i> ou espèces associées	Tous les îlots avec cavités à terreau sont recherchés
9	Sécurité du public	Éloignés des chemins balisés (>30m) ou pas de risques pour le public
9	Taille des îlots	La plus grande possible
8,5 (veto)	Manque à gagner économique	Manque à gagner <500 €/ha/an
6	Nombre de microhabitats des arbres vivants	La plus grande diversité possible de microhabitats
6	Connectivité des îlots	Îlots le plus proches possible les uns des autres ; éviter autant que possible les îlots isolés (>500 m)

sents au centre du massif, dans les forêts communales de Bédoin, Beaumont du Ventoux, Malaucène ainsi que les forêts domaniales du Mont-Ventoux, du Toulourenc et du Ventouret. Ce choix a été fait pour préserver une cohérence spatiale et faciliter la réflexion sur la connectivité du réseau.

En utilisant la fiche développée *ad hoc*, une partie des îlots a été décrite. Parrot (2011) a décrit 48 îlots, essentiellement aux étages montagnard et subalpin. Elle a ajouté 4 îlots nouveaux à la liste ONF. Cateau (2012) a inventorié 81 îlots (dont un îlot de référence en RBI), principalement à basse altitude et sur le versant sud du Mont-Ventoux. Un total de 133 îlots est ainsi décrit.

La figure 6 présente les 132 îlots pré-repérés et décrits dans cette étude, l'îlot de référence en RBI n'étant pas représenté.

Analyse des résultats

Premier aperçu par les îlots extrêmes

Les îlots présentent une grande variabilité de caractéristiques écologiques, économiques et sociales. Pour illustrer ces variations, le tableau 11 présente les deux îlots extrêmes. Entre ces deux extrêmes, la répartition le long du gradient de naturalité est assez continue.

Explication de la variabilité entre les îlots

Une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été réalisée (tableau 12, figure 7) sur l'ensemble des données (133 îlots, 28 variables).

L'essence principale est une variable qui joue un rôle prépondérant. Cette variable est liée à la fois à la naturalité et à la valeur économique.

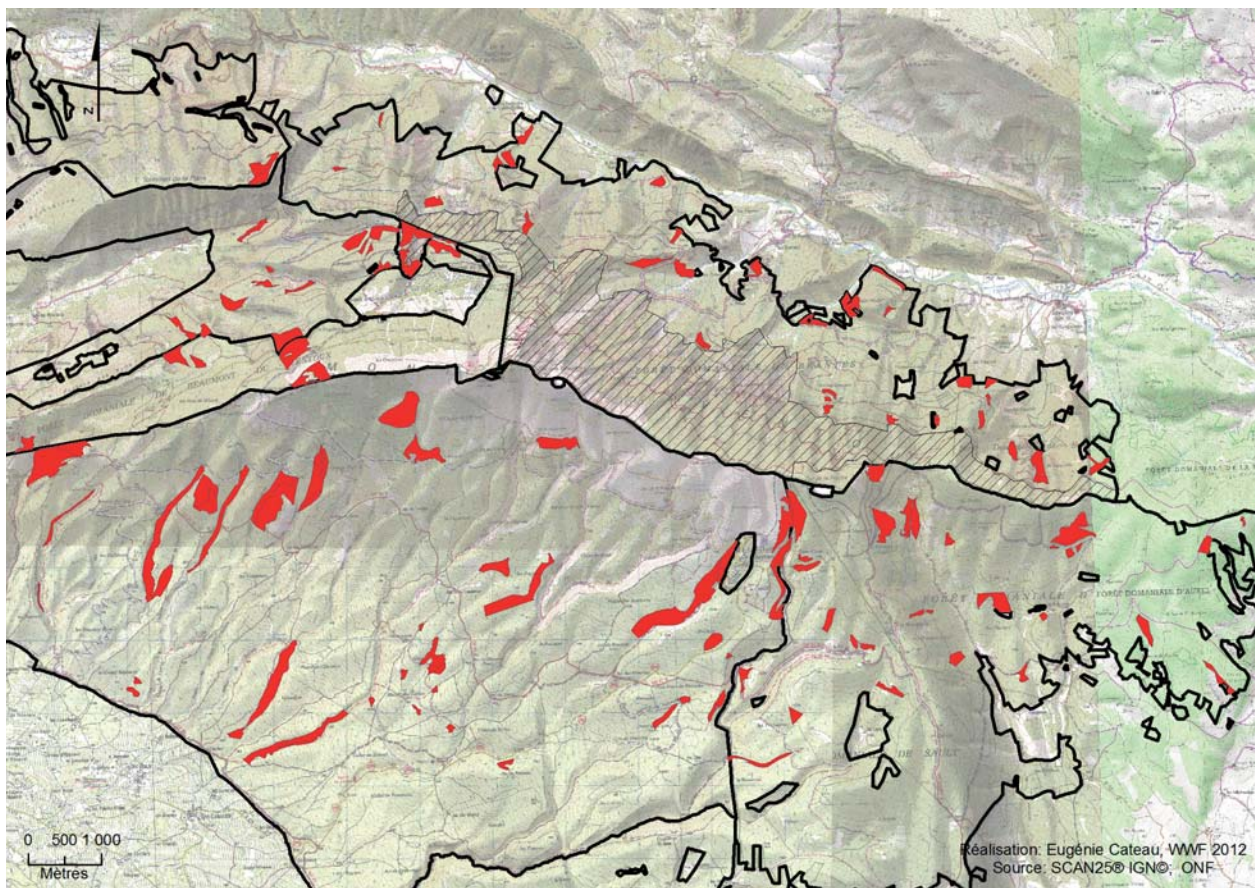


Figure 6. Localisation des 132 îlots décrits dans le massif du Mont-Ventoux. Un dernier îlot a été décrit comme référence dans la RBI (zone hachurée).

Tableau 11. Valeur des indicateurs pour les deux îlots extrêmes : un îlot de sapin et pin sylvestre à haute naturalité en FC de Beaumont du Ventoux et un îlot à faible intérêt écologique en cédraie rajeunie en FC de Bédoin.

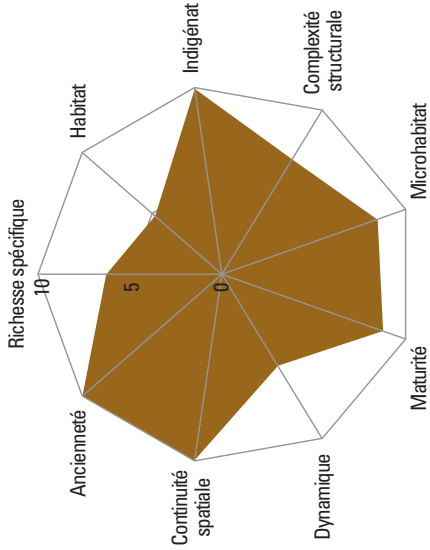
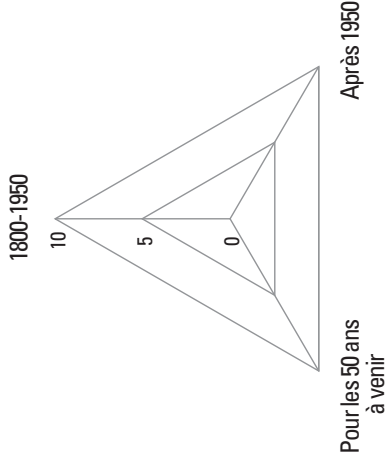
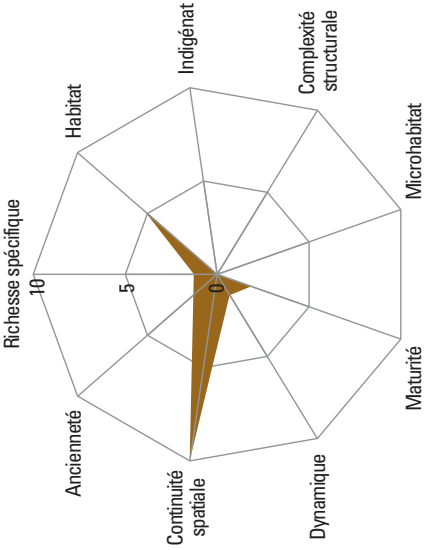
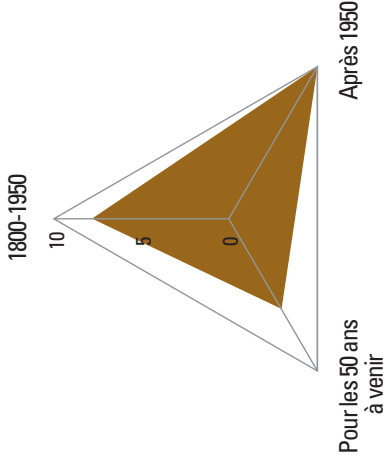
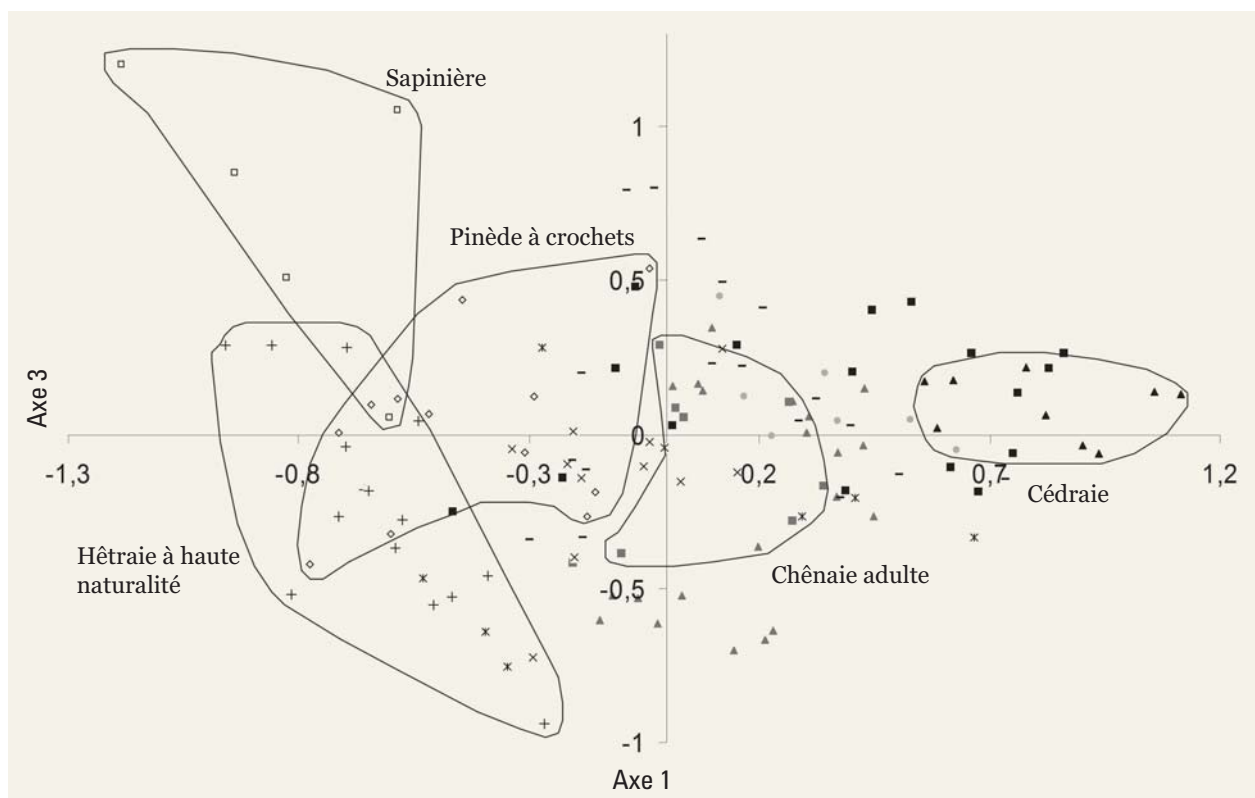
Îlot	Indicateur de naturalité	Indicateur d’empreinte humaine
<p>Îlot de sapin et pin sylvestre en FC de Beaumont du Ventoux</p>		
<p>Îlot de cédres jeunes en FC de Bédoin</p>		

Tableau 12. Analyse factorielle des correspondances sur l'ensemble des variables descriptives des îlots (diversité, naturalité, empreinte). La contribution de chaque modalité aux axes est indiquée en %.

F1 Microhabitats des arbres 6,9%		F2 Potentiel économique 4,7%		F3 Structure et maturité du peuplement 4,3%	
Indicateur	Contribution au sein de l'axe (%)	Indicateur	Contribution au sein de l'axe (%)	Indicateur	Contribution au sein de l'axe (%)
Microhabitats	11,09	Essence principale	12,55	Structure	8,95
Loge de pics	8,15	Valeur des bois	11,23	Age du peuplement	7,88
Essence principale	7,49	Indigénat	7,95	Sylvigénèse	7,68
Indigénat	5,83	Pressions potentielles	7,87	Volume de bois mort	7,40
Pressions potentielles	5,49	Milieux rocheux	7,42	Gros bois	6,85
Stratification	5,01	Microhabitats	6,84	Essence principale	5,90
Ancienneté	4,77	Surface terrière	6,57	Accessibilité piéton	5,56

Figure 6. Présentation de l'échantillon selon l'axe 1 (microhabitats) et 3 (maturité, structure, bois mort) de l'AFC.



Dans le contexte très contrasté du Mont-Ventoux (étagement et histoire des boisements), les peuplements de plus haute naturalité (feuillus généralement) n'ont qu'une faible valeur économique (bois de feu) ; inversement les peuplements exotiques font l'objet d'une sylviculture et commercialisation plus forte.

L'axe F1 (6,9% de l'inertie) explique principalement la variation de la diversité des microhabitats des arbres et le nombre de loges de pics (sens positif).

L'axe F2 (4,7%) exprime le potentiel de valorisation économique. Les peuplements résineux non indigènes présentent relativement la meilleure valorisation économique, même si elle reste faible dans le contexte du Ventoux.

L'axe F3 (4,3%) est un gradient de naturalité, combinant structure, maturité, bois mort et sylvigénèse (sens positif).

Typologie des îlots

Les résultats de l'AFC sont utilisés pour réaliser une classification ascendante hiérarchique (CAH) et définir une typologie, dans le but :

- de présenter la variabilité des îlots rencontrés ;
- de rassembler les îlots aux caractéristiques proches ;
- de simplifier la démarche de gestion à l'avenir et notamment la recherche de très bons îlots complémentaires.

La CAH isole 11 types d'îlots aux caractéristiques proches (figure 8). Une présentation de chaque type est transcrite sous forme de fiches descriptives (figure 9 et 10, et annexes numériques). Ces dernières permettent de mieux définir le portrait-robot des grands types d'îlots présents sur le Mont-Ventoux et de dégager un intérêt relatif en fonction de leur naturalité.

Les deux types de forêts d'essences introduites (Cédraie et Pineraie de pin noir d'Autriche) se démarquent par une faible naturalité et une empreinte humaine importante. Ceci est cohérent avec ce qui a pu être constaté sur le terrain. Les îlots de Cèdre et de Pin noir sont

exploités, ce sont des boisements récents, en futaie régulière, avec très peu de microhabitats et de bois mort.

La seconde dichotomie se fait sur l'étage de végétation dans lequel se situe l'îlot.

Le type « chênaie verte et pinède d'Alep » regroupe 6 îlots de faible maturité et intérêt écologique.

Deux types de chênaies sont ensuite distingués suivant leur maturité. Le type « chênaie pubescente jeune » comprend des peuplements particulièrement ouverts (surface terrière inférieure à 15 m²/ha), avec souvent une abondance d'éboulis, très peu de gros bois et de bois mort. Le type « chênaie pubescente adulte » se caractérise par une surface terrière supérieure à 15 m²/ha, une maturité plus avancée et, le plus souvent, une forte abondance de buis en sous étage.

Le type « pinède sylvestre » forme un groupe assez hétérogène, présentant des qualités écologiques plutôt moyennes.

Le type « pineraie à crochet » présente une abondance de microhabitats intéressante (toujours plus de 10 loges de pics à l'hectare), mais les autres caractéristiques sont assez variables.

Les îlots de hêtraie sont séparés en 3 types. Le type « hêtraie jeune » regroupe des peuplements jeunes souvent issus de boisement récent et présente des qualités écologiques moyennes (bois mort < 5 m³/ha, peu de microhabitats, etc.). Le type « hêtraie adulte » est composé de peuplements un peu plus âgés, le plus souvent adultes (> 150 ans), et présente des qualités écologiques légèrement meilleures (jusqu'à 10 m³/ha de bois mort, un nombre de gros bois supérieur à 20/ha). Le type « hêtraie à haute naturalité » présente quant à lui des caractéristiques écologiques qui le distinguent nettement des deux groupes précédents : une ancienneté certaine, un nombre de loges de pics toujours supérieures à 10/ha, un volume de bois mort allant jusqu'à 50 m³/ha.

Les meilleurs îlots d'un point de vue écologique, sont regroupés dans un type « sapinière », dont fait partie l'îlot de référence inventorié en RBI.

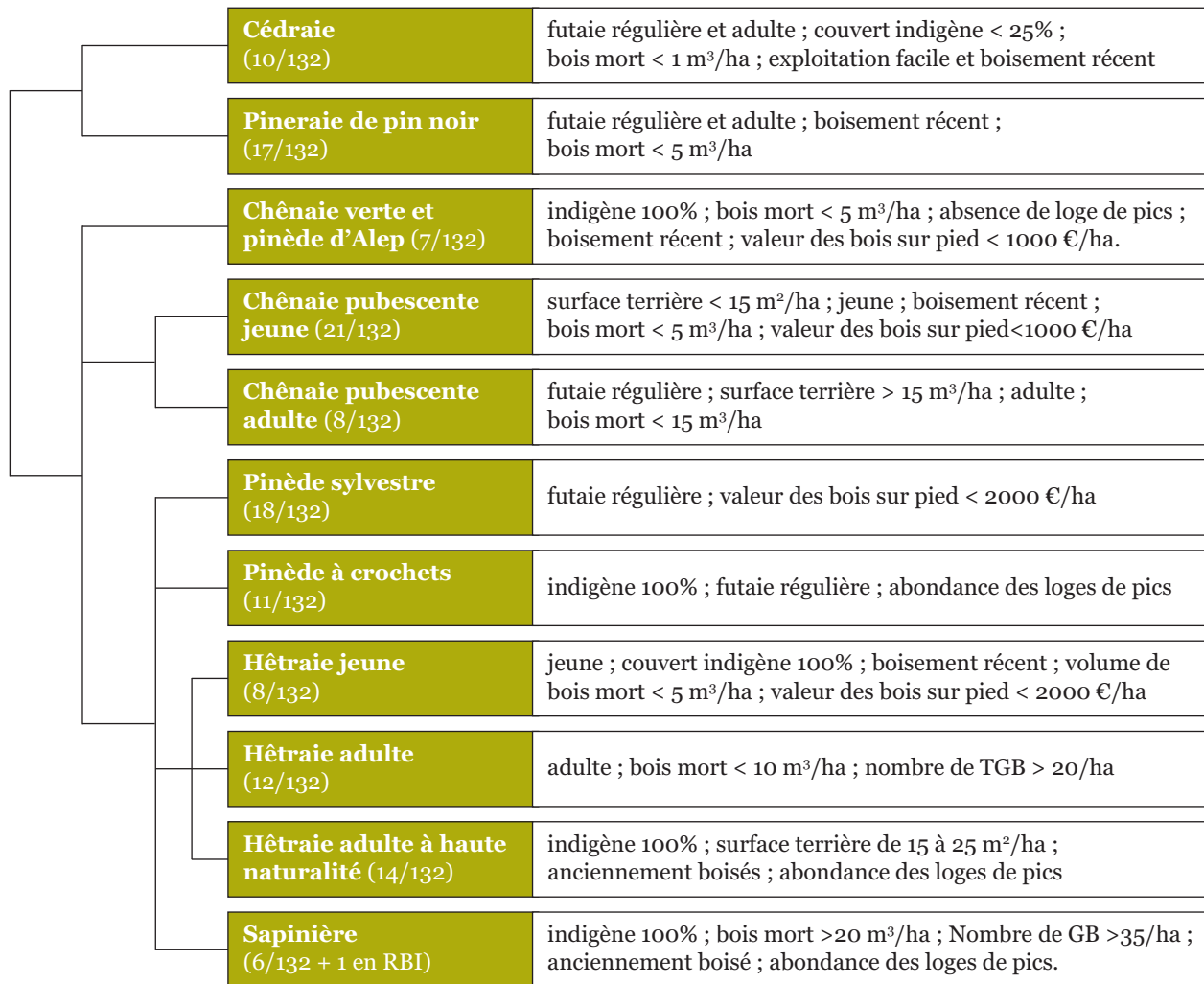


Figure 8. Les 11 types d'îlots définis par la CAH et les principales variables les définissant.

Ces îlots, issus de boisement ancien, présentent une maturité élevée (nombre de gros bois > 35/ha ; volume de bois mort toujours supérieur à 20 m³/ha), une grande diversité de microhabitats (toujours plus de 10 loges de pics par ha) et une structure de futaie irrégulière pour 66% des îlots. Ces caractéristiques écologiques remarquables sont certainement liées aux conditions d'accès très difficiles des îlots. Par ailleurs, il faut noter que le sapin étant en limite sud de son aire de répartition et vivant dans des stations ingrates, il supporte mal les années de forte sécheresse comme 2003. L'important volume de bois mort de ces îlots est directement lié à cet aléa climatique.

Notons enfin que cette typologie présente également une dimension dynamique importante, certains types peuvent évoluer à terme vers un

autre au fil du temps et accroître leur valeur écologique (exemple du type hêtraie adulte qui dans 50 ans passerait en type hêtre à haute naturalité).

Classement et sélection des îlots

La méthode ELECTRE III est utilisée pour classer, au regard des indicateurs du scénario retenu, les 133 îlots. Le classement est dans les annexes numériques.

Manuellement, les vetos qui ne peuvent être pris en compte automatiquement sont ajoutés :
 - l'impératif de retenir 3% de la surface conduit à retenir les 74 premiers îlots du classement ;
 - l'impératif de représentativité de tous les habitats implique de « repêcher » le meilleur

TYPE :

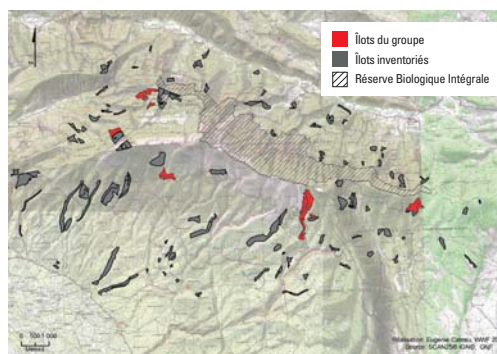
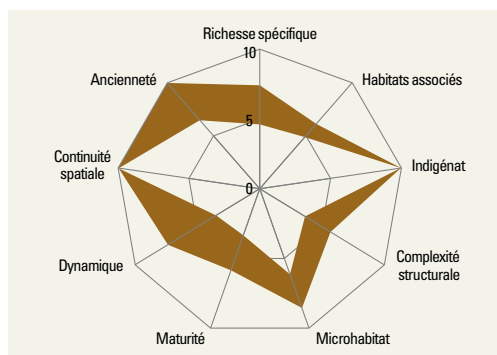
Hêtraie adulte à haute naturalité

Nombre d'îlots : 14/132

Caractéristiques discriminantes

- Couvert indigène 100%
- Surface terrière de 15 à 25 m²/ha
- Abondance des loges des pics
- Anciennement boisé

Indicateur	Valeurs
Essence principale	HET
Essence secondaire	PC
Nombre d'essence indigène	1 à 4
Couvert indigène	100%
Structure	Taillis - FR - FI
Surface terrière	15 à 25 m ² /ha
Diversité des microhabitats	3 à 7 (/10)
Abondance des loges de pics	> 10/ha
Age du peuplement	Adulte
GB	Toutes les valeurs
Volume de bois mort	Jusqu'à 50 m ³ /ha
Ancienneté	Anciennement boisé
Accessibilité à l'exploitation	Facile à difficile
Valeur des bois	1 000 à 3 000 €/ha
Pressions potentielles	Aucune
Sécurité du public	Aucun risque



Intérêts et contraintes de la mise en îlot

Écologique :

- **Naturalité** : couvert indigène, ancienneté, abondance de loge de pics, bois mort potentiellement abondant ; peut présenter une structure irrégulière.
- **Habitat potentiel pour des espèces remarquables** : Androsace de chaix ; Lys martagon ; Mélampyre du Vaucluse ; Néottie nid d'oiseau ; Céphalantaire à grande feuille ; If commun ; Orchis pâle ; Houx ; Rosalie des Alpes ; Pique prune ; Petit rhinolophe ; Murin de Bechstein ; Murin à oreilles échancrées ; Oreillard roux.

Économique : perte économique moyenne à élevée.

Social : aucun.

Gestion : accessibilité parfois difficile.

Figure 9. Fiche du type « hêtraie à haute naturalité ».

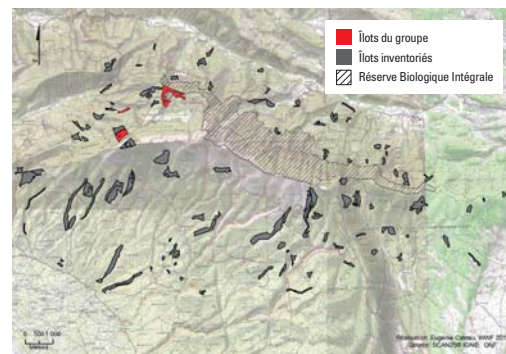
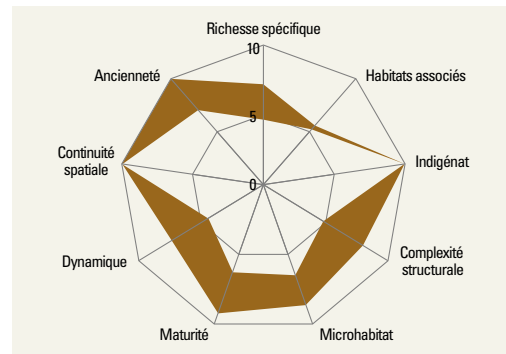
TYPE : Sapinière

Nombre d'îlots : 6/132 + 1 en RBI

Caractéristiques discriminantes

- Couvert indigène 100%
- Abondance des loges de pics
- Nombre de GB > 35/ha
- Volume de bois mort > 20 m³/ha
- Anciennement boisé

Indicateur	Valeurs
Essence principale	SAP
Essence secondaire	HET - PS
Nombre d'essence indigène	1 à 4
Couvert indigène	100%
Structure	FR- FI
Surface terrière	15 à 30 m ² /ha
Diversité des microhabitats	4 à 8 (/10)
Abondance des loges de pics	> 10/ha
Age du peuplement	Adulte - mature
GB (tiges/ha)	> 35
Volume de bois mort	> 20 m ³ /ha
Ancienneté	Anciennement boisé
Accessibilité à l'exploitation	Difficile à très difficile
Valeur des bois	> 1 000 €/ha
Pressions potentielles	Changement climatique
Sécurité du public	Risques moyens
Utilité de la parcelle	Randonnée, stabilisation des sols et éducation



Intérêts et contraintes de la mise en îlot

Écologique :

- **Naturalité** : couvert indigène, structure potentiellement en F I ; diversité des microhabitats et abondance des loges de pics ; peuplement adulte à mature ; grand nombre de GB et important volume de bois mort ; boisement ancien.
- **Habitat potentiel pour des espèces remarquables** : *Buxbaumia viridis*.

Économique : perte économique non négligeable.

Social : éducation à la nature.

Gestion : accessibilité à l'exploitation difficile.

Figure 10. Fiche descriptive du type « sapinière ».

îlot dominé par le pin d'Alep. Le meilleur îlot de cet habitat est classé 83^e. Il remplace l'îlot classé 74^e (de type « chênaie pubescente jeune »). Cet îlot de pin d'Alep est pourtant écologiquement moyennement intéressant.

Le réseau d'îlots obtenu

Présentation succincte

Le réseau d'îlots obtenu est présenté spatialement à la figure 11. Les principales caractéristiques du réseau sont résumées dans le tableau 13.

Lien avec la typologie

La répartition de chaque type dans le réseau d'îlots obtenu est présentée à la figure 12.

D'évidence, les types « *hêtraie à haute naturalité* » et « *sapinière* » répondent très bien au scénario : 100% des îlots ont été sélectionnés. Les types « *cédraie* », « *pineraie de Pin noir* », et « *hêtraie jeune* » correspondent globalement moins bien au scénario : dans le meilleur cas, seuls 15 % des îlots de ces types sont conservés. En ce qui concerne les autres types, la relation est plus mitigée : 40 à 60% des îlots sont retenus pour chaque type. La typologie, fondée par la CAH sur l'ensemble des îlots et des variables, ordonne les îlots de façon différente du scénario fondé sur 12 critères seulement, avec des préférences et des vetos.

D'un point de vue méthodologique, cette réalité est importante et a plusieurs implications : - d'une part, cela veut dire que le scénario ne prend pas en compte certaines variables importantes, explicatives de la variabilité entre les îlots décrits (structure, sylvigénèse, gros bois par exemple). Ce choix volontaire n'est pas un problème en soit mais un élé-

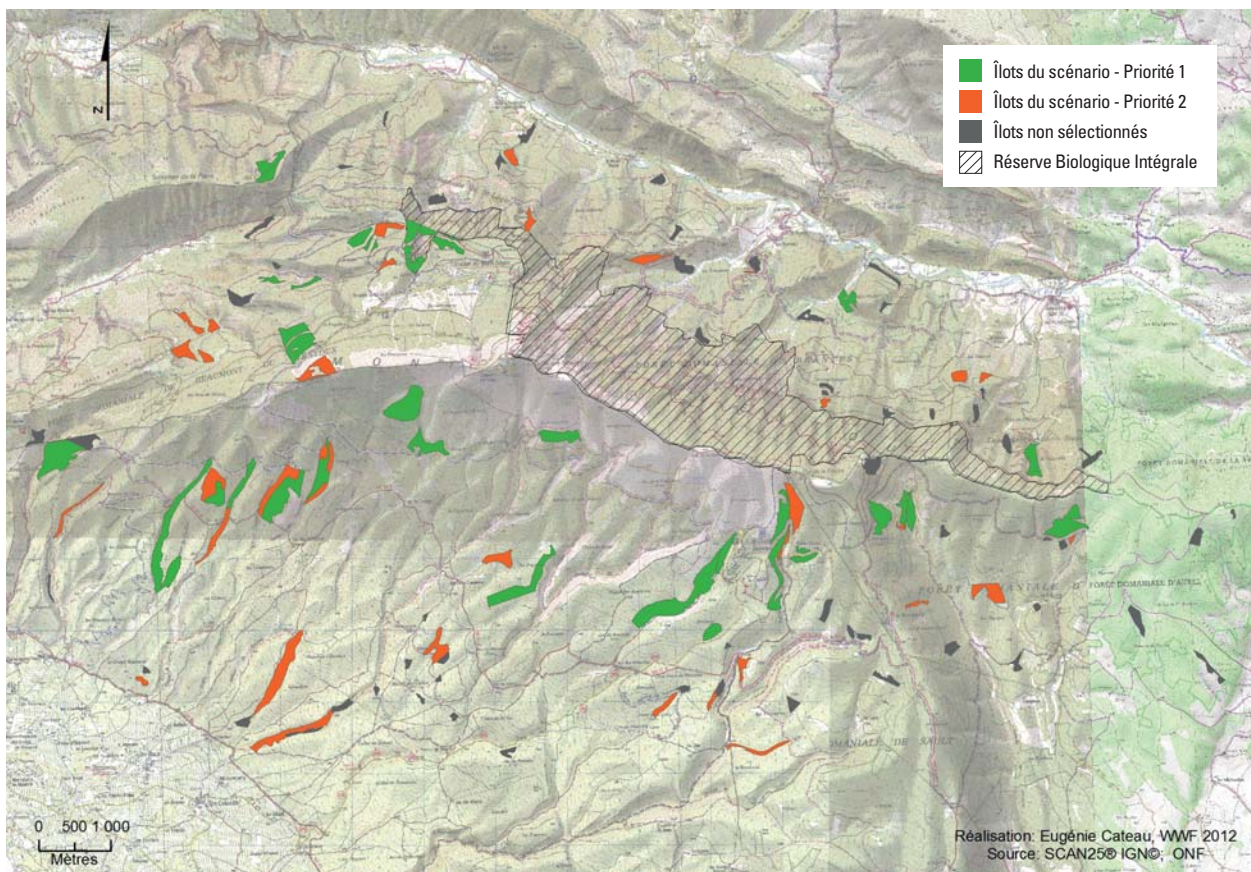
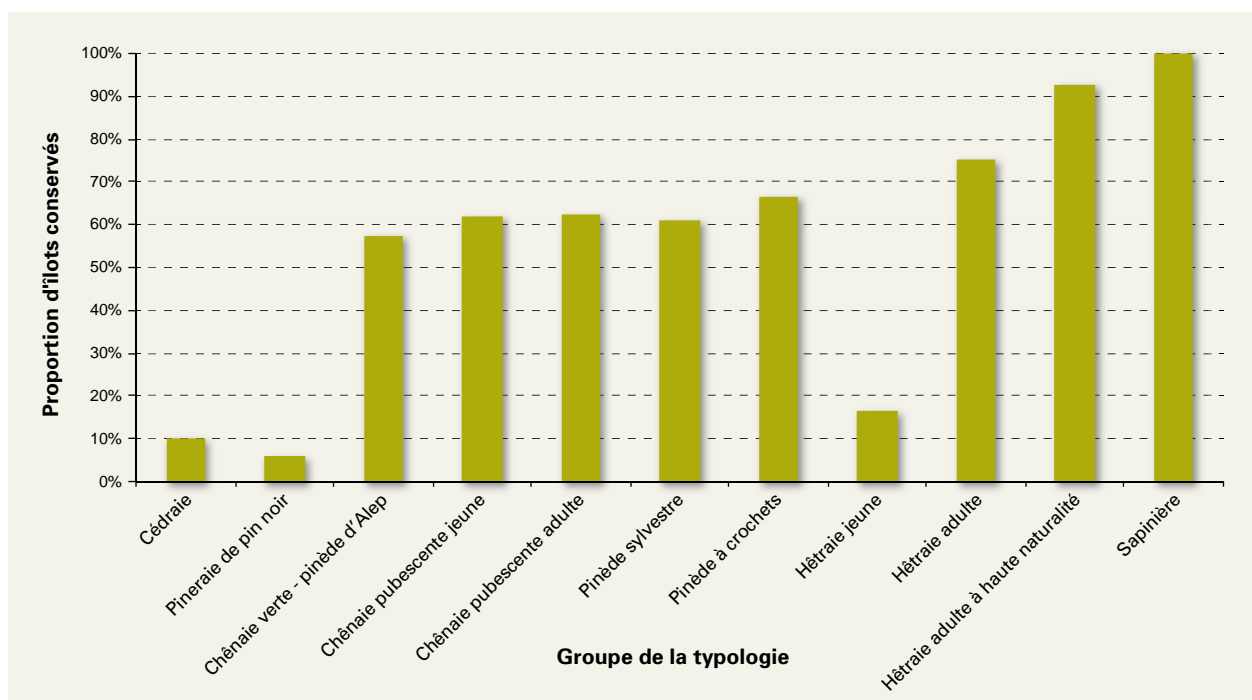


Figure 11. Le réseau d'îlots correspondant le mieux au scénario retenu. Il est composé de 74 îlots.

Tableau 13. Principales caractéristiques du réseau d'îlots obtenu.

Indicateurs ou variables	Minimum	Maximum	Médiane
Nombre d'espèces indigènes	Toutes les valeurs		1 à 4 espèces
Part du couvert en peuplement indigène	Toutes les valeurs		100%
Structure du peuplement	Toutes les valeurs		Futaie régulière
Surface terrière	<10 m ² /ha	30 à 35 m ² /ha	15 à 20 m ² /ha
Diversité des microhabitats (note sur 10)	0	8	4
Age du peuplement	Jeune	Mature	Adulte
GB vivant (/ha)	Toutes les valeurs		20 à 50
Volume de bois mort (m ³ /ha)	Toutes les valeurs		1 à 5
Stade de la succession forestière	Toutes les valeurs		Complet
Stades de la sylvigénèse présents	Toutes les valeurs		Deux stades
Ancienneté	Toutes les valeurs		En limite de boisement ancien
Accessibilité à l'exploitation	Toutes les valeurs		Moyenne
Pressions potentielles (note sur 10)	aucune	5	2
Risques	Toutes les valeurs		Aucun risque
Accessibilité pour les piétons	Toutes les valeurs		Facile
Utilité de la parcelle	Toutes les valeurs		3 usages potentiels différents

**Figure 12.** Proportion d'îlots conservés pour le réseau obtenu pour chaque type d'îlots.

ment à discuter pour évaluer la pertinence du scénario ou du réseau obtenu en général (voir ci-après) ;

- d'autre part, des critères importants dans le scénario (distance entre les îlots par exemple) ne sont pas pris en compte dans la CAH pour bâtir la typologie. Ils expliquent une partie des divergences entre les deux approches. Sans la définition précise d'un scénario (ce qui dans l'absolu peut être un scénario en tant que tel si les acteurs le souhaitent), la sélection serait différente ;
- Enfin, si l'on ne souhaite pas utiliser les méthodes ELECTRE, il est envisageable d'utiliser la CAH pour construire une typologie fondée uniquement sur les critères du scénario retenu. Les types s'ordonneraient ainsi en fonction de leur proximité au scénario, sans toutefois pouvoir faire intervenir de vetos, ni la précision apportée par les différents seuils de la méthode ELECTRE.

Evaluation du réseau d'îlots obtenu

Efficacité à répondre au scénario

Comment le réseau d'îlots obtenu répond au scénario retenu ? Le tableau 14 résume l'adéquation entre le réseau obtenu et chaque critère du scénario.

Le scénario est globalement respecté. En effet, tous les critères sont respectés, sauf :

- la connectivité, qui mérite d'être étudiée avec des outils différents (voir ci-après) ;
- la sécurité du public. Basée sur un jugement de terrain du danger liés aux arbres et à l'accessibilité de l'îlot pour le public, ce critère n'a pas été mis en veto dans le scénario (mais poids = 9). Cela conduit à conserver 2 îlots présentant un risque faible (sur les 4 inventoriés à risques faibles) du fait d'une valeur écologique particulièrement élevée (grands îlots matures).

Les enjeux écologiques du scénario, connectivité mise à part, sont bien respectés. En comparant la répartition des modalités de tous les indicateurs écologiques du scénario avec celle

de l'ensemble des îlots inventoriés, nous voyons que le scénario rassemble le maximum d'îlots à haute naturalité.

La figure 13 montre l'exemple de l'indicateur « ancienneté de l'état boisé ». La proportion d'îlots anciennement boisés conservés est plus élevée que pour les îlots récemment boisés : la préférence exprimée apparaît respectée, sauf dans le cas de 3 îlots. Malgré le poids de 10 pour l'ancienneté de l'état boisé, ces trois îlots ne sont pas conservés car leurs peuplements sont jeunes, en partie d'essence non indigène et avec un volume de bois mort inférieur à 1 m³/ha (ces trois critères ont un poids compris entre 9 et 9,5).

Les résultats sont logiques mais confirment que le choix des poids et vetos est une étape clé pour la définition du scénario (et la bonne utilisation d'ELECTRE). À tout moment, à la vue des résultats notamment, ces paramètres peuvent être affinés.

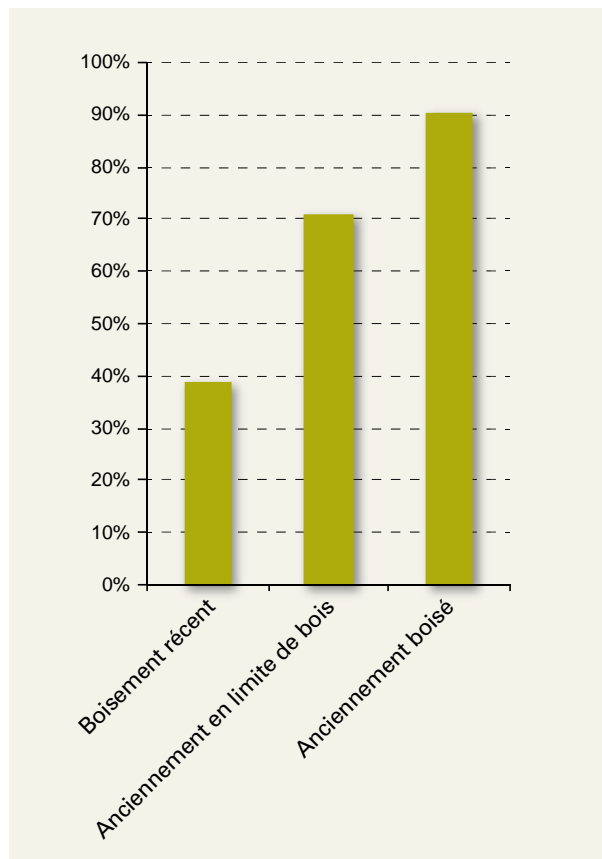


Figure 13. Proportion des îlots retenus suivant les modalités de l'indicateur ancienneté.

Tableau 14. Eléments attestant l'efficacité de mise en œuvre du scénario.

	Critères	Scénario respecté	Etat dans le réseau d'îlot obtenu	Commentaires
Ecologie	Ancienneté	Oui	Tous les îlots anciens sauf 3 sont conservés	
	Indigénat	Oui	80% des îlots dont le couvert est à 100% indigène et seulement 5% des îlots de peuplements exotiques sont conservés	Les deux îlots de pin noir et de cèdre présentant des microhabitats et des volumes de bois mort intéressants sont conservés
	Age estimé du peuplement	Oui	100% des îlots « matures » sont conservés, et aucun îlot « très jeune » ne l'est.	Bien que n'ayant pas un poids de 10, cet indicateur est maximisé
	Volume de bois mort	Oui	100% des îlots présentant plus de 20 m ³ /ha sont retenus ; 35% des îlots avec moins d'1 m ³ /ha sont conservés tout de même	Dans le contexte du Ventoux, le bois mort est très rare
	Habitats favorables à <i>Osmoderma eremita</i> ou espèces associées	Oui	Tous les îlots avec des cavités à terreaux potentielles sont sélectionnés	
	Nombre de microhabitats des arbres vivants	Oui	70% de tous les microhabitats recensés sont conservés	La proportion de microhabitats conservée est plus importante lorsque ceux-ci sont rares (cavité de pied, charpentière ou cime brisée etc.)
	Connectivité des îlots		Détaillé ci-après	
Ecologie gestion	Taille des îlots	Oui	96% des îlots de plus de 5 ha sont conservés	
Economie	Manque à gagner économique	Oui	Le manque à gagner de la mise en place du réseau est minimisé : il est inférieur à 1€/ha/an (calcul sur la zone productive de l'ensemble du massif). 66% des îlots du réseau retenu présente un manque à gagner < 20€/ha/an	En moyenne, un hectare d'îlot représente un manque à gagner de 29 €/an.
Gestion	Représentativité de tous les habitats	Oui	Sélection d'au moins un îlot par habitat	Ajout manuel d'un îlot de pin d'Alep
	Surface totale d'îlot	Oui	3 % de la surface forestière du massif	
Social	Sécurité du public	Oui (pas de veto)	2 îlots seulement avec un risque faible ont été conservés	93% des îlots inventoriés ne représentent pas de risque

Evaluation spécifique de la connectivité du réseau

La connectivité du réseau est un des critères du scénario qui doit être étudié de façon indépendante et approfondie. Pour ce faire, une zone tampon de 100 m autour de chaque îlot retenu est calculée sous SIG.

Cette distance pourrait être variable en fonction des espèces, de la perméabilité des peuplements, etc. Le choix est ici fait en fonction de l'écologie de l'espèce présentant la plus faible capacité de dispersion connue : *Osmoderma eremita* ou des espèces saproxyliques à l'écologie proche. Hedin *et al.* (2008) ont mesuré une dispersion pouvant aller jusqu'à 190 m de l'arbre pour 15% de la population seulement. Cette capacité de colonisation est faible ; la distance de 100 m (zone tampon de 100 m) est ainsi une contrainte très forte, supérieure au besoin de beaucoup des autres espèces à enjeux sur le site.

La figure 14 présente la carte obtenue avec une zone tampon de 100 m. Ainsi, lorsque deux zones tampons se superposent (distance < 200 m), nous considérons que le déplacement de l'espèce (*Osmoderma eremita*) est potentiel et que les îlots en question sont connectés. Une première analyse permet d'observer que 43 îlots (sur 74) sont à moins de 200 m d'un autre îlot retenu. Plus de la moitié des îlots retenus sont bien connectés entre eux. La connectivité, malgré le seuil strict, semble bonne, sauf sur le versant nord, où les îlots sont fortement éloignés (> 500m) dans la forêt du Toulourenc. Cette lacune est cependant sans doute compensée par la présence de la RBI. Une analyse plus fine sur les 12 îlots avec cavités à terreau potentiellement intéressantes (en rouge sur la figure 14), et présentant ainsi un intérêt potentiel comme habitat pour *Osmoderma eremita*, montre que seuls 6 îlots avec cavités à terreau sont situés à moins de 200 m d'un autre îlot avec cavité à terreau. Deux autres, situés à moins de 100 m de la

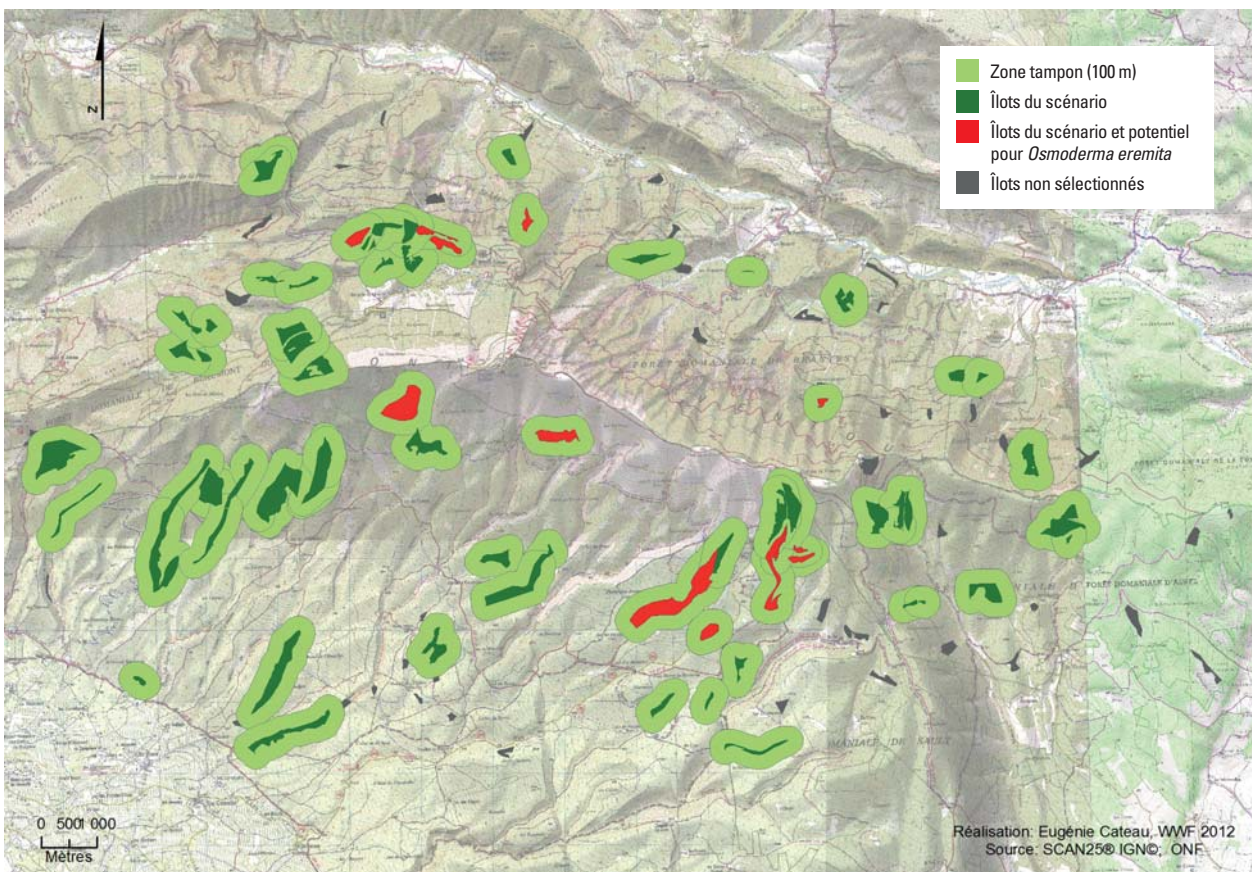


Figure 14. Illustration de la connectivité du réseau d'îlots à l'aide d'une zone tampon de 100 m.

RBI, peuvent être considérés connectés à un autre d'habitat potentiel. Quatre des douze îlots potentiels pour *Osmoderma eremita* (33%) ne sont pas connectés. Il ne semble pas nécessaire ici d'affiner l'analyse, sauf à préciser par des prospections de terrain le potentiel intérêt de ces îlots pour *Osmoderma eremita* ou des espèces associées.

D'une façon générale, la seule analyse par une distance de zone tampon est critiquable car elle ne prend pas en compte la perméabilité de la matrice. En effet, la dispersion des espèces très exigeantes d'un point de vue écologique est différente suivant la perméabilité de l'habitat.

En revanche, l'analyse montre des zones d'absence de problème de connectivité, notamment en forêt de Beaumont, du Ventouret et dans la partie ouest de la forêt de Bédoin. Dans d'autres parties du massif, la question de la connectivité du réseau d'îlots retenus est posée, notamment en forêt du Toulourenc sous la RBI et dans la partie centrale et est de la forêt de Bédoin.

Evaluation multicritère élargie

La méthode a jusqu'à présent sélectionné le meilleur réseau d'îlots possible. Celui-ci répond assez bien au scénario retenu par les acteurs. Pour autant, comment répond-il à des problématiques non prises en compte dans le scénario retenu (structure, présence de gros bois...) ? Sont-elles indirectement couvertes, car en synergie avec les indicateurs retenus ? Existe-t-il des lacunes ? Le réseau d'îlots est-il dès à présent de qualité ? Comment celle-ci va-t-elle évoluer ?

Une évaluation élargie à tous les enjeux et critères écologiques, économiques ou sociaux permet, avec les données disponibles, de répondre en partie à ces questions. Pour cela, il est fait référence notamment aux résultats du tableau 13.

D'un point de vue écologique, le scénario retenu ne se fonde pas par exemple sur la structure du peuplement ou la maturité sylvigénétique. Toutefois, au moins 80% des îlots présentant la meilleure modalité de ces indicateurs sont conservés. D'une façon générale,

sont conservés dans le réseau les îlots de plus haute naturalité.

En revanche, certains critères ne semblent pas particulièrement maximisés, comme le nombre de GB et la surface terrière. Ces deux variables apparaissent lors de l'analyse des données comme relativement indépendantes de la maturité du peuplement dans le contexte du Ventoux, fortement anthropisé. C'est sans doute la raison pour laquelle les îlots du scénario ne présentent pas de meilleures valeurs que la totalité des îlots inventoriés. Nul doute qu'elles évolueront significativement dans les 50 années à venir pour retrouver des valeurs plus naturelles.

En ce qui concerne les enjeux relatifs aux espèces, seule *Osmoderma eremita* est un objectif du scénario. D'autres espèces d'insectes protégés comme la Rosalie des Alpes (*Rosalia alpina*) méritent un intérêt. En prenant en compte les critères optimaux de sa présence (futaie de gros hêtres avec au moins 20 m³/ha de bois mort) seuls 11 îlots sont susceptibles de l'abriter. Ils sont tous retenus pour faire partie du réseau. Beaucoup d'îlots de hêtraie adulte (12) ou à haute naturalité (14) sont également retenus et devraient pouvoir accueillir cette espèce. Cette espèce a également l'avantage d'une capacité de déplacement relativement élevée (> 2 km).

Certaines espèces auraient pu être notées relativement facilement lors de la description des îlots car elles sont identifiables en saison. C'est le cas par exemple de *Buxbaumia viridis*. Ceci n'a pas été fait. Cette espèce est présente dans les sapinières à gros bois et présentant au moins 10 m³/ha de bois mort fortement décomposés. Sur les 6 îlots de sapinières, 5 présentent ces caractéristiques et tous ont été conservés dans le réseau obtenu.

L'analyse révèle une assez bonne prise en compte de la plupart des groupes de la faune et de la flore. Les objectifs du scénario, bien que ne ciblant pas ces espèces, en maximisant certains indicateurs comme la maturité des arbres, les microhabitats associés et le bois mort, aident à recouvrir leurs besoins.

Quand est-il pour des critères non relatifs à la biodiversité ? 60% des îlots ont été jugés sensibles au changement climatique d'ici à 2050. Ce fait pose la question de l'avenir de leur intérêt pour la conservation : pour statuer une modélisation au-delà de 2050 est nécessaire. Les méthodes pour la réaliser ont été explorées par Cateau (2012), mais restent à mettre en œuvre.

La note moyenne d'empreinte humaine est globalement plus faible pour les îlots retenus que pour l'ensemble des îlots décrits (note 3,4/10 contre 4,4).

En moyenne, les îlots retenus présentent une capacité à générer des financements compensatoires Natura 2000 supérieure à la moyenne des îlots décrits. Dans chaque îlot retenu, en moyenne, 6 arbres à l'hectare sont finançables (contre 4 sur l'ensemble des îlots décrits ; données disponibles uniquement sur les îlots inventoriés en 2012). En moyenne, ils représentent un potentiel de financement plus élevé de 60 à 700 € à l'hectare sur 30 ans (en fonction notamment de l'essence et du diamètre).

Enfin, la randonnée ne semble pas impactée par la mise en place du réseau d'îlots. Au contraire, 85% des îlots présentant un potentiel pédagogique pour l'éducation à la nature sont retenus. Le scénario est donc indirectement compatible et intéressant pour cette activité.

Mise en place des îlots

Depuis 2011, la réflexion sur la mise en place du réseau d'îlots de chaque forêt a été engagée par l'ONF. Tous les îlots potentiels sur lesquels des coupes sont prévues dans les aménagements actuels doivent être réappréciés, et leurs coupes sont discutées avec le propriétaire de la forêt.

Au fur et à mesure de la révision des aménagements, certains îlots seront inscrits dans le nouveau document d'aménagement, après accord du propriétaire. La discussion entre l'ONF et ce dernier bénéficiera des résultats de l'étude.

Dans le cadre du projet interreg Qualigouv 4 îlots ont été matérialisés dans la forêt domaniale du Ventouret. L'un des quatre a été

financé par Natura 2000. La présente étude étant encore en cours à l'époque, le choix des îlots de sénescence à matérialiser n'a pas pu être basé sur les résultats obtenus suivant le scénario. Parmi les 4 îlots matérialisés, deux ont été sélectionnés par le scénario, dont celui qui fait l'objet de financement Natura 2000. Ce résultat montre toute la valeur et l'efficacité apportée par la méthode, par rapport à une approche classique, forcément plus empirique.

La révision de l'aménagement de la forêt domaniale du Ventouret est en cours en 2012-2013. Le scénario testé ici sera utilisé pour sélectionner les îlots inscrits dans l'aménagement forestiers. Les descriptions préalables à l'aménagement ont aussi permis d'identifier d'autres secteurs qui pourront être ajoutés selon leur intérêt.

L'îlot financé par l'arrêté Natura 2000 (Préfet de la région PACA, 2011) est celui dit de « La Fayet puante », retenu dans le scénario avec un bon classement (34/132). Il est de type « hêtraie à haute naturalité » sur une surface de 9 ha. Situé dans une forêt domaniale pauvre en îlot et très accessible à l'exploitation, l'absence de contrat aurait certainement conduit à la pro-



L'îlot de la Fayet puante a fait l'objet d'un contrat Natura 2000 (Forêt domaniale du Ventouret).

grammation d'une coupe d'éclaircie pour la récolte de bois de feu. Ses caractéristiques écologiques sont aujourd'hui intéressantes pour le Mont-Ventoux (figure 15) et devraient s'améliorer encore dans les 30 ans du contrat (structure, maturité et microhabitats notamment).

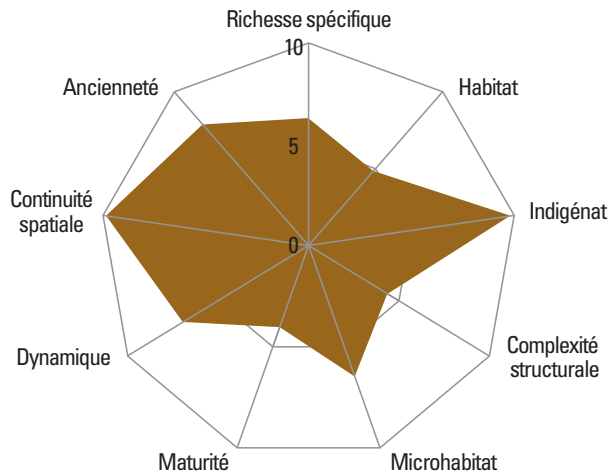


Figure 15. Valeurs des critères de biodiversité et naturalité de l'îlot de la Fayet puante (Forêt domaniale du Ventouret).

Pour satisfaire aux règles du contrat Natura 2000, l'îlot a été découpé en deux parties :

- 9 ha ont été financés en tant qu' « îlots de sénescence ». 307 arbres financables ont été inventoriés un à un avec précision suivant le cahier des charges annexé à l'Arrêté Préfectoral régional (essence, diamètre à 1,30 m, distance > 30 m d'un chemin, liste des critères de sénescence identifiables). Les arbres ont été géoréférencés et marqués par une équipe mixte composée d'agents de l'ONF, du SMAEMV et de la DDTM ;
- sur les 2 ha restant, 30 arbres éligibles ont été financés en tant que « arbres disséminés ».

L'ensemble de ces deux financements assure au propriétaire un dédommagement du manque à gagner d'exploitation (bois de feu de hêtre) égale à 3463 €/ha, pour une période de 30 ans.

Suivi de l'état de conservation

Les îlots n'étant pas encore mis en place pour la plus grande part, la méthode pour leur suivi n'est pas encore fixée. Ce suivi se doit d'être fiable et peu coûteux si l'on veut suivre l'ensemble du réseau d'îlots.

Toutefois, l'ONF étant intéressé à un suivi précis de quelques îlots, le protocole PSDRF (Bruciamachie, 2005) a été mis en place en 2012 sur 9 îlots dans le cadre du projet Interreg Qualigouv (ONF, 2012). Les 9 placettes du PSDRF ont été mises en place à titre expérimental dans des îlots répartis sur l'ensemble du massif, avec un souci de représentativité des différents types de peuplements. La mise en place de ces placettes a été réalisée en parallèle à cette étude et n'a pas été basée sur les résultats du scénario. Cependant, sur ces 9 îlots, 7 ont été sélectionnés par le scénario, un n'a pas pu être inventorié au cours des sessions de terrain 2011 et 2012 et le dernier n'a pas été retenu par le scénario (jeune peuplement de pin noir présentant peu de bois mort) mais il présente un intérêt pour la comparaison à un peuplement courant.

Le protocole PSDRF a été choisi d'une part en raison de l'utilisation de ces données par des recherches adjacentes à l'INRA d'Avignon, car il permet un suivi précis de l'évolution du peuplement d'autre part, et qu'il constitue un protocole aujourd'hui largement utilisé (notamment dans les réserves naturelles et biologiques) qui permettra une comparaison pertinente des données avec d'autres massifs.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

À propos de la méthode

Cette réflexion méthodologique et le test dans les forêts du massif du Mont-Ventoux ont permis quelques enseignements importants :

- tout d'abord, se baser à priori sur un scénario est utile et nécessite une bonne connaissance du contexte et du terrain. Par exemple dans un contexte où la récolte de bois est une source importante de revenus, le poids et les seuils d'acceptabilité du manque à gagner seront très différents du Mont-Ventoux ;
- la cible des indicateurs écologiques ne doit pas être trop exigeante et, par exemple chercher une maturité trop élevée (par exemple un volume de bois mort de plus de 20 m³/ha dans notre cas), sous peine de ne trouver aucun îlot répondant au scénario. Dans le contexte des forêts jeunes ou appauvries en bois mort de grosse section, cas général en France, la dimension « potentielle » et « dynamique de restauration » de la politique des îlots de sénescence est généralement très importante. Cela n'est pas le cas en général dans la littérature, notamment nord américaine (Gustafsson *et al.*, 2012) ;
- à l'inverse, dans un contexte de forêt à matrice forestière gérée au plus proche de la nature, un réseau d'îlots égal à 1-3% de la surface serait à installer pour des espèces et enjeux très spécifiques et bien argumentés. L'investissement, même faible, doit apporter un plus clair à la biodiversité ;
- définir un scénario de façon participative est un exercice riche mais difficile. Outre les compromis nécessaires, nous avons pu constater qu'il était difficile, pour chacun, de formaliser des objectifs, les poids relatifs, les seuils de préférence ou indifférence... En revanche, cela permet, par la discussion, de pousser les acteurs à une objectivation et argumentation précise, et à une réflexion sur l'acceptabilité de ses objectifs par les autres acteurs.

La méthode proposée pour la mise en œuvre d'un réseau d'îlots de sénescence paraît adaptée à des conditions écologiques appauvries, diversifiées et contrastées. La méthode permet de bien évaluer et hiérarchiser l'intérêt de chaque îlot et de discuter la notion de réseau. Simple, elle est prête à être utilisée dans d'autres forêts. C'est un outil d'aide à la décision qui permettra d'obtenir des scénarios adaptés à des contextes très différents du Mont-Ventoux.

Application aux forêts publiques du Ventoux

Le test dans les forêts du Ventoux a conduit à identifier pour les forêts publiques du massif :

- les critères, indicateurs et qualités principales à rechercher dans ce contexte pour restaurer la biodiversité, notamment cavicoles et saproxyliques, par la mise en sénescence d'un réseau d'îlots ;
- une typologie *ad hoc* montre la variabilité des qualités écologiques des forêts du massif, et leur potentiel de biodiversité. Dans une matrice de boisements jeunes ou d'essences exotiques, les îlots retenus permettent sans manque à gagner insurmontable d'envisager une trame de vieux bois indéniablement utile. Certains îlots, notamment dans les peuplements de sapin, présentent des qualités écologiques indiscutables. Les îlots à fort potentiel pour la biodiversité (hêtraie adulte et à haute naturalité, sapinières) ne présentent souvent pas d'enjeux économiques majeurs car ils sont souvent peu accessibles à l'exploitation mécanisée ;
- le scénario défini entre l'ONF, le SMAEMV et le WWF, puis testé et évalué dans l'étude permet la mise en œuvre du meilleur réseau, dans les limites fixées, notamment celle des 3% de la surface ;

- l'ensemble des outils (documentation des enjeux écologiques, définition du scénario, fiches de terrain, classement des îlots, typologie) est disponible dans une version « Mont-Ventoux » pour être réutilisés dans le massif ;
- un réseau de 74 îlots potentiels est prêt à être mis en place en forêts publiques ;
- l'expérience développée sur le sujet peut servir de base pour une discussion ou formation des nombreux acteurs intéressés par les trames de vieux bois.

Questions à approfondir

Des questions demeurent toutefois à approfondir :

- **la connectivité du réseau d'îlot.** Le réseau d'îlots de sénescence obtenu permet-il une connectivité suffisante pour toutes les espèces saproxyliques peu mobiles ? On a vu par les résultats sur une espèce sensible comme *Osmoderma eremita*, que cette question est vite difficile à gérer en routine, sans information complémentaire. Le fait que l'étude porte sur un ensemble de forêts publiques sur une vaste surface a donné de l'importance à cette question. Toutefois, le plus souvent elle est mal prise en compte dans la mise en place des réseaux d'îlots. L'évaluation de la connectivité du réseau ainsi que de sa prise en compte par les seules distances entre îlots sont perfectibles. Des pistes d'amélioration de ces aspects ont été proposées par Cateau (2012), notamment par la description des qualités de la matrice. Elles restent à développer ;
- **la dynamique du réseau d'îlots.** Comment va évoluer à terme ce réseau d'îlots ? Est-ce un facteur déterminant à prendre en compte au même titre que les qualités avérées des îlots au temps t ? Le réseau gagnera-t-il en qualité écologique avec le temps ? Ou sera-t-il rapidement inutile du fait d'un enjeu non pris en compte (exemple de l'impact des changements climatiques ?). Il semble que l'importance de cette dimension dynamique soit largement sous-estimée par les acteurs œuvrant à la mise en place des réseaux de vieux bois aujourd'hui. Pourtant, dans un contexte de biodiversité en redéploiement important, suite à la maturation des forêts,

comme c'est le cas extrême au Mont-Ventoux, une vision à au moins 50 ans de l'évolution de la biodiversité de chaque îlot semble une question clé. La modélisation de l'évolution des îlots a été amorcée par Cateau (2012). Elle peut être approfondie, y compris de façon indirecte, sur des indicateurs de structure, maturité, mortalité, etc., avec des outils classiques comme les modèles dynamiques de peuplement (CAPSIS) ;

- **le lien avec le reste des outils de conservation et la sylviculture productive de la matrice.** Dans quelle mesure une sylviculture plus proche de la nature des forêts de la matrice (les 97% restant) peut améliorer autant ou plus la conservation de la biodiversité ? Dans des contextes de forêts régulées et fortement rajeunies, deux alternatives pour la conservation de la biodiversité sont possibles : 1) compenser par la rétention d'une part réellement significative d'îlots (et réserves) et ne rien changer à la sylviculture. Cela demande souvent d'aller bien au-delà des 3% pour espérer conserver les qualités écologiques principales. Une part de l'ordre de 20% semble plus appropriée à un contexte comme le Mont-Ventoux ; 2) faire un effort pour rendre plus proche de la nature les sylvicultures pratiquées dans la matrice, notamment en conservant un certain mélange d'essence, irrégularité, des très gros bois, du bois mort de façon courante. Les îlots pourraient alors dans certains contextes même s'avérer inutiles pour les espèces communes. Comment trouver le meilleur compromis ? Une partie des outils développés dans cette étude pourrait être utilisés pour y répondre, en utilisant la même démarche élargie à l'ensemble des outils de protection (réserves, arbres bio, bois mort isolé) et à la matrice productive (choix sylvicoles).

RÉFÉRENCES

- Aubry K.B., Halpern C.B., Peterson C.E. 2009. Variable-retention harvests in the Pacific Northwest: A review of short-term findings from the DEMO study. *Forest Ecology and Management*, 258:398–408.
- Bauhus J., Puettmann K., Messier C. 2009. Silviculture for old-growth attributes. *Forest Ecology and Management*, 258: 525–537.
- Bennett A.F. 1998. Linkages in the landscape: The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. UICN Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 254 pages.
- Berthoud G. 2010. Guide méthodologique des réseaux écologiques hiérarchisés, dix années d'expérience en Isère. Rapport, 139 pages.
- Berthoud G., Lebeau R. P., Righetti A. 2004. Réseau écologique national REN. Rapport final. Cahier de l'environnement n° 373. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne, 132 pages.
- Bobiec A., Gutowski J.M., Laudenslayer W.F., Pawlaczyk P., Zub K. 2005. The afterlife of a tree. WWF Poland, Białystok, Poland, 252 pages.
- Bruciamacchie M. 2005. Protocole de suivi d'espace naturel forestier. Rapport, 26 pages.
- Cateau E. 2012. Méthodologie de mise en place d'un réseau d'îlot de sénescence. Application dans le massif forestier du Mont-Ventoux. Rapport de stage FIF, AgroParisTech / WWF, 70 pages + annexes.
- Dautier N., 2007. Le reboisement du Ventoux au XIXe siècle : réactions et conflits. *Forêt méditerranéenne t. XXVIII*, n° 4, 327-332.
- De Turckheim B., Bruciamacchie M. 2005. La futaie irrégulière. Théorie et pratique de la sylviculture irrégulière, continue et proche de la nature. Edition Edisud, 282 pages.
- DGPAAT/IFN 2010. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaine. Rapport, 202 pages
- Dudley N., Vallauri D. 2004. Deadwood Living Forests. WWF report, 19 pages.
- Dupouey J.L., Sciama D., Koerner W., Dambrine E., Rameau J.C. 2002. Végétation des forêts anciennes. *Revue Forestière Française*, 6 : 521-532
- Franklin J.F., Berg D.R., Thornburgh D.A., Tappeiner J.C. 1997. Alternative silvicultural approaches to timber harvesting: Variable retention systems. In Kohm K.A., Franklin J.F. (eds.) *Creating a Forestry for the 21st Century: The Science of Forest Management*. Island Press, pp. 111–139.
- Friedli J.M., Guerdat D., Eschmann P. 2008. Prestations en faveur de la biodiversité au sein des forêts domaniales de la République et Canton du Jura. Conservation d'îlots de vieux bois (îlots de sénescences). Rapport explicatif, 15 pages.
- Gates G.M., Ratkowsky D.A., Grove S.J. 2009. Aggregated retention and macrofungi: a case study from the Warra LTER site, Tasmania. *Tasforests* 18, 22 pages.
- Gilg O. 2004. Forêts à caractère naturel. Caractéristiques, conservation et suivi. Gestion des milieux et des espèces. Cahiers techniques ATEN, n°74, 89 pages.
- Gosselin F., Nageleisen L-M., Bouget C. 2004. Réflexions pour mieux gérer le bois mort en faveur de la biodiversité. *Forêt entreprise*, 438 : 26-29.
- Gosselin M., Laroussinie O. (coord.) 2004. Biodiversité et gestion forestière. Synthèse bibliographique. Cemagref Editions, collection Etudes, 320 pages.
- Gustafsson L., Baker S.C., Bauhus J., Beese W.J., Brodie A., Kouki J., Lindenmayer D.B., Löhmus A., Pastur G.M., Messier C., Neyland M., Palik B., Sverdrup-Thygeson A., Volney W.J.A., Wayne A., and Franklin J.F. 2012. Retention forestry to maintain multifunctional forest : a world perspective. *BioScience*, 62 : 633–645.
- Gustafsson L., Kouki J., Sverdrup-Thygeson A. 2010. Tree retention as a conservation measure in clear-cut forests of northern Europe: A review of ecological consequences. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25: 295–308.
- Hermly M., Verheyen K. 2007. Legacies of the past in the present-day forest biodiversity: a review of past land-use effects on forest plant species composition and diversity. *Ecological Research* 22: 361-371.
- Janssen P., 2004. Diagnostic quantitatif et qualitatif des îlots de sénescence. Rapport de stage de Maîtrise, 79 pages.
- Lachat T., Bütler R. 2007. Gestion des vieux arbres et du bois mort îlots de sénescence, arbres-habitats et métapopulations saproxyliques. Rapport OFEV, 87 pages.

- Larrieu L., Brustel H., Cabanettes A., Corriol G., Delarue A., Harel M., Loireau J.N., Sarthou J.P. 2009. Impact de l'anthropisation ancienne sur la biodiversité d'un habitat de hêtraie-sapinière montagnarde. *Revue forestière française*, 61(4):351-368.
- Larrieu L., Cabanettes A., Delarue A. 2011. Impact of silviculture on dead wood and on the distribution and frequency of tree microhabitats in mountain beech-fir forests of the Pyrenees. *European Journal of Forest Research*, 131(3): 773-786.
- Lefèvre F., Neyroumande E., Vallauri D. 2011. Biodiversité et gestion des forêts : la France à la croisée des chemins. *Revue forestière française* 5 : 651-661.
- Lindenmayer D.B., Fischer J., Felton A., Montague-Drake R., Manning A.D., Simberloff D., Youngentob K., Saunders D., Wilson D., Felton A. M., Blackmore C., Lowe A., Bond S., Munro N., Elliott C.P. 2007. The complementarity of single-species and ecosystem-oriented research in conservation research. *Oikos*, 116(7):1220-1226.
- Lindermayer D.B., Fralnklin J.F. 2002. *Conserving forest biodiversity. A comprehensive multiscaled approach*. Island Press, 352 pages.
- Luyssaert S., Schulze E. D., Börner A., Knohl A., Hessenmöller D., Law B. E., Ciais P., Grace J. 2008. Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature* 455: 213-215.
- Mosseler A., Lynds J.A., Major J. E. 2003. Old-growth forests of the Acadian forest region. *Environmental Review*, 11: S47-S77.
- Nappée Ch., Janssen Ph. 2005. L'îlot de sénescence, un concept original pour la prise en compte du stade terminal au niveau des forêts soumises de la zone centrale du Parc National des Cévennes. *In Vallauri et al.* (coord.). Bois mort et à cavités, une clé pour des forêts vivantes. Tec & Doc, résumé d'affiche sur CD-Rom.
- Neyroumande E., Vallauri D. 2011. Regards sur la politique des forêts en France. Rapport WWF, Paris, 42 pages.
- Nunery J.S., Keeton W.S. 2010. Forest carbon storage in the northeastern United States: Net effects of harvesting frequency, post-harvest retention, and wood products. *Forest Ecology Management*, 259(8): 1363-1375.
- Olson D.H., Burnett K.M., 2009. Design and management of linkage areas across headwater drainages to conserve biodiversity in forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259S:S117-S126.
- ONF 1993. Instruction 93-T-32 du 15 Novembre 1993, sur la prise en compte de la diversité biologique dans l'aménagement et la gestion forestière.
- ONF 1998. Réserves biologiques intégrales. Instruction n° 98-T-37 du 30 décembre 1998.
- ONF 2006. Note de service 06-G-1268 du 6 mars 2006 sur les politiques environnementales de l'ONF.
- ONF 2007. Note de service 07-G-1409 du 20 juin 2007 sur les politiques environnementales de l'ONF.
- ONF 2009a. Instruction n° INS-09-T-71 relative aux Ilots de vieux bois.
- ONF 2009b. Note de service n° NDS-09-T-310 relative aux Ilots de vieux bois.
- ONF 2011. Îlots de sénescence en forêt publique. Rapport du projet Interreg Qualigouv, 46 pages.
- ONF 2012. Ilots de sénescence en forêt publique, partie 2. Rapport du projet Interreg Qualigouv, 20 pages.
- Parc National des Cévennes 2005. Objectifs, définition et mise en œuvre des îlots de sénescence dans le Parc National des Cévennes. Rapport, 3 pages.
- Pardini R., Bueno A.d.A., Gardner T.A., Prado P.I., Metzger J.P. 2010. Beyond the Fragmentation Threshold Hypothesis : Regime Shifts in Biodiversity Across Fragmented Landscapes. *PloS ONE* 5(10) : e13666.
- Parrot M. 2011. Vers une méthodologie de mise en place d'un réseau d'îlots à haute naturalité. Application dans le massif forestier du Mont-Ventoux. Mémoire de fin d'étude FIF-ENGREF, 71 p + annexes.
- Peterson C.E., Anderson P.D. 2009. Large scale interdisciplinary experiments inform current and future forestry management option on the US Pacific northwest. *Forest Ecology and Management*, 258:409-414.
- Préfet de la Région PACA. 2011. Arrêté N°183 du 30 mai 2011 définissant les conditions d'éligibilité et de financement de la mesure F227-12 favorisant le développement de bois sénescents.
- Ranius, T., Hedin J., 2001. The dispersal rate of a beetle, *Osmoderma eremita*, living in tree hollows. *Oecologia*, 126(3):363-370.
- Rosenberg D.K., Noon B.R., Meslow E.C. 1997. Biological Corridors: Form, Function, and Efficacy. *BioScience*, 47(10) : 677 - 687.

- Rosenvald R., Lohmus A., 2008. For what, when and where is green tree retention better than clear cutting ? *Forest Ecology and Management*, 255:1-15.
- Rouveyrol P. 2009. Caractérisation d'un îlot idéal de vieux arbres en forêt de montagne. Etat des connaissances et synthèse pour la réalisation d'un guide de gestion. Mémoire de fin d'étude FIF-ENGREF, 63 pages + annexes.
- Schnitzler A. 2003. Vers un réseau de réserves intégrales dans une matrice de gestion durable. *In* Vallauri D. (coord.) 2003. Livre blanc sur la protection des forêts naturelles en France. Forêts métropolitaines. Lavoisier, Tec & Doc, Paris, 227-233.
- Speight M.C.D. 1989. Saprophytic invertebrates and their conservation. Strasbourg, Council of Europe, 82 pages.
- Stokland J.N., Siitonen J., Jonsson B.G. 2012. Biodiversity in deadwood. Cambridge University Press, 509 pages.
- Vallauri D. 2007. Biodiversité, naturalité, humanité. Application à l'évaluation des forêts et de la qualité de gestion. Rapport scientifique WWF, Marseille, 86 pages.
- Vallauri D., André J., Blondel J. 2002. Le bois mort, un attribut vital de la biodiversité de la forêt naturelle, une lacune de la forêt gérée. Rapport WWF-France, 34 pages.
- Vallauri D., André J., Dodelin B., Eynard-Machet R., Rombaud D. (coord.) 2005. Bois mort et à cavités, une clé pour les forêts vivantes. Editions Tec & Doc, Paris, 405 pages.
- Vallauri D., Grel A., Granier E., Dupouey J.L. 2012. Les forêts de Cassini. Analyse quantitative et comparaison avec les forêts actuelles. Rapport WWF/INRA, Marseille, 64 pages + CD.
- Wessel S.J. 2005. Biodiversity in Managed Forests of Western Oregon: Species Assemblages in Leave Islands, Thinned, and Unthinned Forests. Master of science thesis, 74 pages.

→

Poursuivant la grande œuvre forestière débutée au XIX^e siècle (RTM), les gestionnaires d'aujourd'hui du massif du Mont-Ventoux peuvent favoriser la restauration de la naturalité des boisements, notamment au travers du retour d'une part importante de forêts d'essences indigènes et âgées. Clé de la conservation de la biodiversité et de sa résilience aux changements climatiques, la mise en place d'un réseau d'îlots de sénescence et son articulation avec les autres outils (arbres bio, sylvicultures, réserve) y contribuent de façon significative.



ANNEXES NUMÉRIQUES

Les annexes numériques de ce rapport sont à retrouver sur :
<http://www.foretsanciennes.fr/produire-avec-la-nature/outils-de-gestion/reseau-dilots/>

SOMMAIRE

Versions numériques

- Rapport
- Poster

Définition d'un scénario

- Transcription des besoins des espèces en caractéristiques techniques
- Outil d'aide à la définition du scénario
- Exemples d'application sur le Mont-Ventoux :

Listes des espèces présentes sur le site

Scénario défini dans le cadre du Ventoux

Description des îlots

- Fiche îlot - générique version 2013
- Fiche îlot adaptée au Mont-Ventoux
- Aide terrain

Analyse et classement des îlots

- Tableur de saisie
- Fiches de la typologie des îlots inventoriés sur le Mont-Ventoux
- ELECTRE III

Maquette
Sambou-Dubois

Impression
France Documents
Papier 100% recyclé





Résumé - Réseau d'îlots de vieux bois.

Éléments de méthode et test dans les forêts publiques du Mont-Ventoux.

Le réseau d'îlots de vieux bois est un outil nouveau pour conserver notamment la riche biodiversité cavicole et saproxylique. Après avoir analysé la littérature, une méthodologie générique de mise en œuvre, organisée en 7 étapes, est proposée, de même que des outils pratiques. Elle est testée dans le Mont-Ventoux. Un scénario défini de façon participative conduit à un réseau d'îlots de sénescence fondés sur des indicateurs de naturalité (indigénat, maturité, ancienneté, connectivité), tout en ne négligeant ni une approche espèce, ni le manque à gagner économique, ni la sécurité du public. La surface des îlots est limitée à 3%. La méthode ELECTRE est utilisée pour classer les 132 îlots pré-repérés, au regard du scénario élaboré. 74 îlots sont retenus pour le réseau. Les valeurs écologiques sont maximisées. Le manque à gagner est minimisé (66% des îlots retenus présentent un manque à gagner < 20 €/ha/an). La révision de l'aménagement de la forêt domaniale du Ventouret en 2012 a permis la mise en place des quatre premiers îlots, dont un a été financé par Natura 2000. La méthode permet de bien évaluer et hiérarchiser l'intérêt de chaque îlot et de discuter la notion de réseau. Elle est disponible pour être confrontée à d'autres contextes écologiques plus variés.



Summary - Network of leave islands.

Methodological approach and application to public forest lands in Mont-Ventoux.

Retention of a network of leave islands is a new tool used for biodiversity conservation, especially supporting cavity-dwelling and saproxylic species. Following a review of the literature, a generic method to set up such a network (including 7 steps) is proposed, together with practical tools. It is applied to the forests of Mont-Ventoux (southern France). A scenario, defined by using a participatory approach, leads to delineate a network of leave islands based on naturalness indicators (nativeness, old-growthness, ancientness, connectivity), together with a species approach, and taking into deep consideration economical aspects and security of visitors. The network must not exceed 3% of the total forest area. ELECTRE methods are used to rank the 132 described islands, based on the written scenario. 74 islands are retained to form the final network. The ecological values are maximised. The economical gap is minimised (66% of the islands represent a gap of less than 20€.ha⁻¹.y⁻¹). The revision of the management plan of Ventouret State Forest in 2012 has made possible to set up the first islands, one financially compensated by Natura 2000. The method proves to be able to evaluate and rank each island, and to discuss the connectivity of the network. It is available for further application to far different ecological contexts.

Eugénie Cateau

Ecole d'Ingénieurs de Purpan
75 voie du Toec
F-31076 Toulouse cedex 3
eugenie.cateau@purpan.fr

Marie Parrot

Le Sol
F-81440 Vénès
marieparrot.fif@gmail.com

Ken Reyna & Anthony Roux

Syndicat Mixte d'Aménagement et
d'Équipement du Mont Ventoux et de
préfiguration du Parc naturel régional
du Mont Ventoux
Réserve de Biosphère du Mont-Ventoux
830, avenue du Mont-Ventoux
84200 Carpentras
ken.reyna@smaemv.fr
anthony.roux@smaemv.fr

Magali Rossi & Daniel Vallauri

WWF
6 rue des Fabres,
F-13001 Marseille
mrossi@wwf.fr
dvallauri@wwf.fr

Max Bruciamacchie

AgroParistech-Engref
14 rue Girardet
F-54042 Nancy
max.bruciamacchie@agroparistech.fr