L'iloscope de La Motte-Servolex : analyse et comparaisons de 48 scénarios de mise en place d'îlots de sénescence en futaie irrégulière de montagne

Sébastien Laguet[a] – **Max Bruciamacchie**[b]

Ces dernières décennies, les sylvicultures de futaie régulière mais aussi certaines de futaie jardinée ont cherché à diminuer les âges d'exploitabilité des peuplements et des arbres, réduisant leur cycle de production à la partie la plus jeune du cycle forestier. Les raisons de ces évolutions sont multiples : adaptation aux exigences d'une part importante de la filière bois recherchant du bois de plus faible dimension, volonté de diminuer les coûts en espérant une plus grande rentabilité économique, atténuation des risques financiers que laissent craindre le réchauffement climatique et les autres évènements naturels jusque-là exceptionnels. Corrélativement, de manière à assurer la pérennité des 20 à 30 % d'espèces forestières qui dépendent du compartiment des vieux bois et du bois mort devenu rare (Vallauri, 2002 *in* Vallauri *et al.*, 2005), des mesures de compensations ont été imaginées.

Ainsi, les réflexions sur la mise en place d'une trame écologique intraforestière dans les réservoirs de biodiversité, que composent les forêts au sein de la trame verte et bleue, ont progressé depuis une quinzaine d'années (Lachat et Butler-Sauvain, 2008). En forêt publique, les forestiers ont misé sur une trame emboîtée sur trois niveaux. Elle se compose de réserves biologiques intégrales (RBI) à l'échelle nationale, connectées par des chapelets d'îlots de vieux bois et de zones classées en libre évolution naturelle à l'échelle des massifs ou des forêts, eux-mêmes reliés par des arbres « habitat » dispersés ou regroupés (« arbre bio ») à l'échelle de chaque parcelle. Une fois opérationnel, ce réseau doit permettre la mobilité d'un maximum d'espèces dépendant pour tout ou partie de leur cycle de vie du bois mort et faciliter la dispersion de leurs populations à l'échelle du paysage.

Cette stratégie, les gestionnaires et les propriétaires des forêts publiques et privées la mettent en œuvre progressivement depuis une douzaine d'années (*ex.* Rouveyrol, 2009 ; Cateau *et al.*, 2013 ; Biache *et al.*, 2017 ; Bruciamacchie et Demets, 2018). C'est le cas en région Auvergne-Rhône-Alpes dans le cadre du « Plan d'actions pour la constitution d'un réseau de forêts en évolution naturelle en Rhône-Alpes » signé par toutes les parties prenantes en 2009, et désormais dénommé réseau FRENE. Cette stratégie nouvelle a soulevé des questions méthodologiques, portant sur les modalités de sa mise en œuvre : combien d'îlots créer ?, de quelles surface et forme ?, espacés de quelle distance ?, etc.

a Office national des forêts, 73290 La Motte-Servolex, France
b AgroParisTech, INRAE, université de Lorraine, université de Strasbourg-CNRS, UMR BETA, 54000 Nancy, France

CC BY NC ND

Les retours d'expérience étant rares, un nouvel outil, « l'iloscope », imaginé par Max Bruciamacchie (AgroParisTech) et Sébastien Laguet (ONF) à l'occasion d'un colloque à Chambéry (Savoie)[1] a comme ambition d'aider les gestionnaires à trouver des réponses adaptées à leurs objectifs et particularités locales. Il a avant tout une vocation pédagogique. Il permet de prendre conscience des informations nécessaires à la mise en place d'une trame d'îlots de vieux bois, aux dosages que chacun devra faire entre une approche habitats ou espèces mais aussi entre une efficacité à court, moyen ou long terme. Organisé sous forme d'une journée de formation avec des participants répartis par équipes, il fait ressortir les effets ou conséquences économiques, écologiques et sociales de chaque proposition. Il permet de les comparer, d'en débattre et finalement d'enrichir la réflexion de chaque participant.

Testé lors du colloque WWF de 2013 sous forme d'un atelier avec un public très varié, cet outil a depuis été utilisé à de multiples occasions, par des forestiers, des élèves ingénieurs forestiers (AgroParisTech) et des équipes mixtes composées de forestiers et de personnes appartenant à diverses autres structures (DREAL, DDT, PNR, PN, RN, APN, COFOR, etc.).

L'ILOSCOPE DE LA MOTTE-SERVOLEX

Installation

Situé dans les étages collinéen et montagnard au niveau du Col de l'Épine (altitude : 987 m), d'une surface d'environ 230 ha de forêt communale, le premier iloscope installé en France est celui de La Motte-Servolex en Savoie (figure 1, p. 321). Les peuplements sont constitués d'une sapinière-pessière irrégulière à Hêtre qui couvre près des deux tiers de sa surface. Le tiers restant est majoritairement constitué de taillis pur ou à résineux épars, et à la marge, de jeunes futaies d'Épicéa (‹ 20 ha). L'accessibilité ancestrale de cette forêt, sa proximité avec l'agglomération chambérienne lui ont valu d'être intensivement exploitée lors des révolutions industrielles puis des guerres, cela jusque dans les années 1950 sous la pression des nombreux affouagistes qui venaient y couper leur bois de chauffage. C'est pourquoi les feuillus de gros diamètre sont très rares.

L'utilisation d'un iloscope nécessite de nombreuses informations sur le contexte stationnel, social, l'état des peuplements, de la desserte, les enjeux environnementaux, etc., informations souvent prises lors du premier aménagement ou d'une révision. Ce sont des périodes à privilégier pour installer un iloscope car cela minimise son coût marginal. La description des peuplements à l'aide de placettes qu'elles soient temporaires ou permanentes est une excellente opportunité pour compléter le protocole par le recueil d'informations non strictement nécessaires à la gestion ordinaire.

Documents mis à disposition des équipes

Dans le cas de l'iloscope de La Motte-Servolex, de nombreuses informations sont issues des placettes d'échantillonnage statistiques (1 par ha) réalisées à l'occasion de la dernière révision d'aménagement de la forêt (2010).

Les couches d'information spatialisées sont rassemblées dans un classeur — sorte de « SIG papier » — mis à disposition des participants et peuvent être classées par grands thèmes (tableau I, p. 322). Précisons que la valeur de consommation (Vc) correspond à une estimation de la valeur des bois sur pied en multipliant les volumes par les prix unitaires moyens des ventes de chaque essence (CNIEFEB, 2014).

(1) Colloque « Naturalité, vers une autre culture des Eaux et des Forêts », organisé par le WWF, l'Irstea, le REFORA et l'ONF du 17 au 20 septembre 2013.

FIGURE 1

SITUATION ET LOCALISATION DE L'ILOSCOPE ET CARTE DE RÉPARTITION DES TYPES DE PEUPLEMENTS SUR LA ZONE D'ÉTUDE (échelle 1 cm : 140 m)

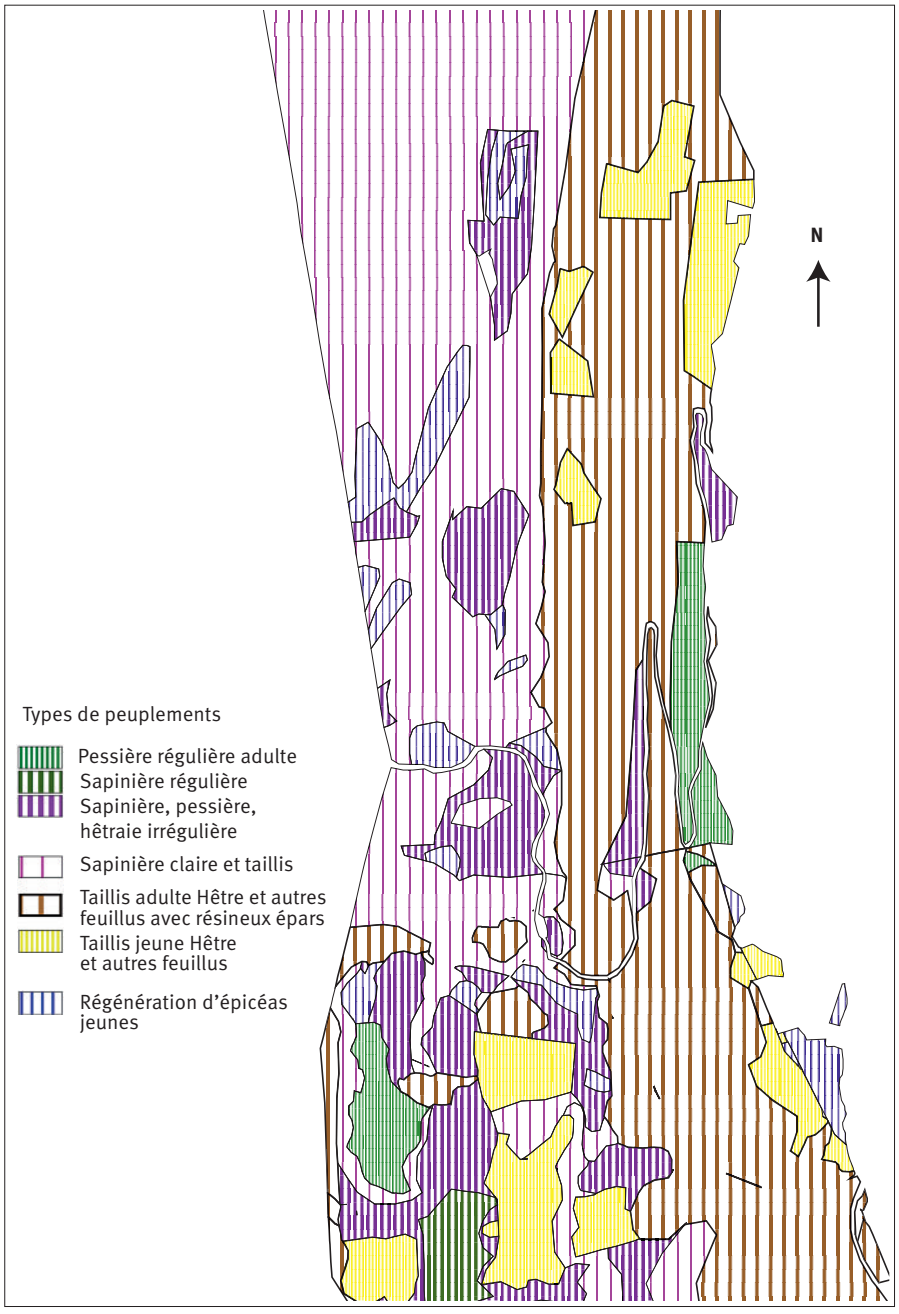


Tableau I **Informations mises à disposition des participants et regroupées par thèmes**

Thème	Information	Échelle cartographique de l'information fournie
Milieux		
	Stations forestières	Points (placettes d'échantillonnage)
	Pente	Polygones
	Altitude (Scan 25 IGN)	Polygones
Peuplements		
	Structure	Polygones
	Composition	Points (placettes d'échantillonnage)
	Surface terrière (1) totale "G"	Points (placettes d'échantillonnage)
	Surface terrière des Gros bois et Très Gros Bois "G GB TGB feuillus et résineux"	Points (placettes d'échantillonnage)
	Composition de la surface terrière par catégories de diamètre (G PB, G BM, G GB, G TGB)	Points (placettes d'échantillonnage)
	Niveau de régénération	Points (placettes d'échantillonnage)
	Hauteur dominante	Points (placettes d'échantillonnage)
	Répartition du nombre perches/300 m²	Points (placettes d'échantillonnage)
Gestion		
	Coûts d'exploitation/accessibilité	Polygones
	Groupe d'aménagement proposé	Polygones
	Desserte existante	Polygones
Enjeux écologiques		Polygones
	Points d'eau	Points
	Liste et localisation d'espèces animales et végétales patrimoniales inventoriées dans la zone (source BDN ONF)	Points
Enjeux autres		Polygones
	Périmètre de sécurité autour des sites d'accueil du public	Polygones
	Périmètres de captages	Polygones
	Risques naturels répertoriés	Polygones
	Patrimoine culturel et patrimonial	Points
Statut de protection		Polygones
	NATURA 2000	Polygones
	ZNIEFF	Polygones
	Parc naturel régional	Polygones

Tableau I (suite)

Thème	Information	Échelle cartographique de l'information fournie
	Réserve naturelle régionale	Polygones
	Îlots de sénescence proches hors de la zone de travail	Polygones
Continuités écologiques		
	Arbres habitats (2) déjà inventoriés	Points
	Corridors régionaux	Polygones
Naturalité		
	Forêt ancienne	Polygones
	Ancienneté des dernières exploitations	Polygones

(1) Surface de toutes les sections transversales des troncs sur un hectare prises à 1,30 m de hauteur.

(2) Nommés également « arbre bio » : il s'agit d'arbres à haute valeur biologique, notamment vieux, très gros, sénescents, morts sur pied, hébergeant certaines espèces patrimoniales, porteurs de nids ou de dendro-micro-habitats ou susceptibles de le devenir.

À des fins d'analyses, la plupart des variables dendrométriques sont transformées en rasters, mais non communiquées sous cette forme aux participants afin qu'ils se sentent au plus près de leur condition normale de travail. C'est notamment le cas lorsqu'elles proviennent d'une source ponctuelle (placette par exemple) mais qu'il est nécessaire de les connaître en tout point du domaine d'étude. Elles sont alors converties par extrapolation en une information spatiale continue en utilisant des techniques de krigeage, qui opèrent par voisinage à partir des valeurs calculées par placette en les croisant avec d'autres variables comme par exemple la carte des peuplements. Si la surface terrière des gros bois et très gros bois reflète la maturité des peuplements (importance des gros vieux bois), l'indice de maturité utilisé dans l'analyse des résultats est quant à lui fondé sur l'importance des gros bois résineux et feuillus. Du fait de son histoire, un poids triple est accordé au hêtre dont les gros sujets sont rares dans cette forêt.

Par ailleurs, chaque type de peuplement a fait l'objet d'une fiche d'identité avec une photographie le caractérisant, ses principales variables dendrométriques, sa valeur de consommation, sa localisation et un résumé des intérêts et des contraintes à une mise en îlot. Quant à elles, les fiches habitat-faune-flore des espèces patrimoniales connues et présentes sur la zone sont fournies aux participants. Dans le cas de La Motte-Servolex, il s'agit entre autre des Murin à oreilles échancrées, Pic noir, Sonneur à ventre jaune, Chevêchette d'Europe, Lucane cerf-volant, Buxbaumie verte. Ces informations sont complétées par une présentation générale de la forêt communale et des souhaits du propriétaire, reproduits à titre d'exemple ci-après :

« *Une gestion forestière durable (PEFC), se traduisant par : Des exploitations annuelles pour obtenir des rentrées d'argent et approvisionner les scieries de la région, des exploitations annuelles pour auto-consommer du bois-énergie en circuit-court ; Un investissement régulier dans l'amélioration des jeunes peuplements ; Un engagement important pour l'accueil du public en forêt ; Un engagement fort pour l'amélioration de la biodiversité forestière. Ce dernier point se traduit par la volonté de mettre en place une trame d'îlots de sénescence (plus adapté pour les essences de montagne que les îlots de vieillissement). D'une surface maximale n'excédant pas les 5 % de la surface,*

assez rapidement efficace, et tenant compte des responsabilités de la commune vis-à-vis de l'accueil du public. »

Le seuil de 5 % fixé par le maire correspond à une surface maximale de 11,5 ha.

Déroulé de l'atelier

Après avoir abordé l'objectif de la formation, présenté la forêt et les consignes de mise en îlot, une visite d'environ une heure de la zone d'étude est effectuée en commun. Elle permet aux équipes de prendre connaissance du site, de se localiser sur le fond IGN et sur les différentes cartes thématiques. Elle est surtout l'occasion de présenter l'ensemble des types de peuplements existant sur la zone, de parcourir leurs fiches d'identité, de les commenter et de répondre aux besoins de précision.

À la suite de quoi, il est demandé aux équipes de prendre un temps de réflexion sur les paramètres principaux qu'ils souhaitent utiliser dans leur scénario de création d'une trame d'îlots. Un préciblage des zones potentiellement les plus favorables est à ce moment-là de l'exercice souvent réalisé. Il leur reste ensuite à se rendre sur le terrain pour affiner à la fois leurs choix, et les contours précis des îlots qu'ils souhaitent proposer.

À leur retour, leurs propositions sont cartographiées précisément sur SIG, avant d'être analysées *via* un script/package spécifique « Iloscope » créé sous R par Max Bruciamacchie.

Analyse des scénarios

L'analyse spatiale des îlots proposés et leur croisement avec les informations mises à disposition des participants permettent d'évaluer de nouvelles variables (tableau II, p. 325) :

— coûts et pertes induits par les différentes propositions, *via* :

— la longueur en kilomètre des périmètres totaux (PerimT) ;

— la longueur en kilomètre des périmètres non-existants (PerimN) engendrés par la matérialisation des limites des îlots ;

— l'investissement en matérialisation des contours des îlots (InvPer). Cette dépense est exprimée en se basant sur un coût unitaire moyen de 700 € HT/km dans notre contexte ;

— le capital immobilisé (CapPer) par la mise en peinture du périmètre en faisant l'hypothèse que cet investissement sera à renouveler tous les 15 ans, et que le taux d'actualisation retenu est de 3 % ;

— efficacité écologique des différentes propositions, par le biais :

— des surfaces minimales, moyennes et maximales des îlots (SurfMin, SurfMoy, SurfMax) ;

— d'un indice de compacité (Ratio), qui correspond au rapport entre la surface des îlots et leur périmètre. L'ambiance forestière des îlots sera d'autant plus préservée que ce ratio est grand ;

— du laps de temps qui s'est écoulé depuis la dernière coupe (AncCoupe) ;

— des distances minimale et maximale entre les îlots (DistMin & DistMax). Ces deux dernières variables n'ont de sens que si le nombre d'îlots est strictement supérieur à 2 ;

— du nombre d'espèces patrimoniales (NombreEsp) déjà inventoriées dans les îlots (non-exhaustivement) et de leur indice de diversité (Shannon) ;

— sont enfin calculées les caractéristiques de connectivité, au travers de :

— la variable ÎlotsMax correspondant à la plus grande des distances entre les îlots proposés et ceux existants autour de la zone d'étude ;

— la variable StatutMin correspondant à la plus petite des distances entre les nouveaux îlots et la réserve naturelle régionale ;

— la variable HsnleMin, qui correspond à la plus petite des distances entre les nouveaux îlots et la zone classée hors sylviculture.

Tableau II **Variables présentées dans l'analyse, regroupées par indicateur**

Indicateur	Variable calculée	Utilisée dans l'ACP
Économique	Nombre d'îlots proposés (Nb)	X
	Surface totale des îlots proposés (Surf)	X
	Surfaces minimales des îlots proposés (SurfMin)	
	Surfaces moyennes des îlots proposés (SurfMoy)	X
	Surfaces maximales des îlots proposés (SurfMax)	
	Proportion de la surface mise en îlot par rapport à la surface de la zone d'étude	
	Longueurs cumulées du périmètre des îlots proposés (PerimT)	
	Longueurs des nouveaux contours d'îlots proposés à délimiter (PerimN)	
	Coût de délimitation des contours des îlots proposés (InvPer)	X
	Valeur de consommation immobilisée dans les îlots proposés (Vc)	X
	Indice de compacité moyen des îlots proposés (Ratio)	
	Capital immobilisé (CapPer)	
	Indice de compacité des îlots proposés (Ratio)	
Écologique	Distance minimale entre les îlots proposés (DistMin)	
	Distance maximale entre les îlots proposés (DistMax)	X
	Nombre d'espèces patrimoniales connues dans les îlots (NombreEsp)	X
	Indice de diversité des espèces patrimoniales connues dans les îlots (Shannon)	
	Temps passé depuis la dernière coupe dans chaque îlot proposé (AncCoupe)	X
	Indice de maturité (importance de GB) de chaque îlot proposé (Maturité)	X
Connectivité	Plus grande distance entre les îlots proposés et ceux existants (ÎlotsMax)	X
	Plus petite distance entre les îlots proposés et la réserve naturelle régionale (StatutMin)	
	Plus petite distance entre les îlots proposés et la zone classée hors sylviculture (HsnleMin)	X
Enjeux divers	Surface en zone d'accueil du public inclue dans les îlots proposés (Accueil)	X
	Surface en périmètre de captage inclue dans les îlots proposés	

En général, les équipes proposent plusieurs îlots. Pour faciliter la comparaison entre équipes, des variables de synthèse sont calculées :

— variables sommées : variables économiques, surface à enjeu vis-à-vis de l'accueil du public, nombre d'espèces patrimoniales connues dans chaque îlot, indice de Shannon ;

— variables moyennées : indice de maturité, ancienneté des dernières coupes, surface et ratio périmètre/surface de chaque îlot ;

— valeurs extrêmes retenues : surfaces minimale et maximale des îlots créés, tout comme les distances mini-maxi entre îlots créés, îlots existants et zones classées en Réserve et en HSNLE.

Exposé des scénarios

Une fiche récapitulative par équipe et une fiche comparant les différentes équipes sont générées automatiquement. La fiche récapitulative par équipe est utilisée à l'occasion d'un temps de restitution et discussion où chaque équipe expose aux autres quelle a été son approche générale (approche « espèce » quand la trame a été créée pour être adaptée à la biologie-écologie d'une espèce en particulier, ou approche « habitat » quand la trame est imaginée pour être profitable à la biodiversité en général) et quels ont été les cinq premiers paramètres utilisés à ces fins, classés dans un ordre décroissant d'importance.

COMPARAISON DES SCÉNARIOS

De 2013 à fin 2019, les peuplements ont évolué localement du fait de coupes de futaies irrégulières, ou de manière plus diffuse suite à l'accroissement naturel. Cependant les informations fournies n'ont pas été actualisées. Ce choix garantit que toutes les équipes ont travaillé sur le même jeu de données fournis dans le classeur. Il est également justifié par le fait qu'avec le traitement irrégulier les peuplements évoluent localement mais restent stables globalement.

Les stratégies possibles

48 équipes communément composées de 3 à 5 personnes ont participé à cet atelier pratique depuis 2013. Pour mettre en œuvre leur trame d'îlots de sénescence, la grande majorité s'est orientée sur une approche « habitat d'espèces », qui théoriquement doit permettre à toutes les espèces saproxyliques de trouver un refuge optimal, de constituer une population source, avant de coloniser le reste de la zone. Toutefois, 2 équipes ont choisi l'approche espèce. L'une (équipe 5) se focalisait sur le Pic noir, « espèce ombrelle », quand l'autre (équipe 14) ambitionnait de créer un réseau favorable à la dispersion de toutes les espèces patrimoniales dont la présence est avérée sur la zone, hors Buxbaumie verte.

La quasi-totalité des équipes était unanime quant à leur volonté de répartir le plus harmonieusement possible leurs îlots en fonction des éléments de la trame déjà existants aux alentours (RNR et îlots proches).

Les informations jugées prioritaires

Parmi la trentaine de couches cartographiques disponibles, celles les plus souvent citées permettant d'identifier les zones potentiellement les plus favorables à l'implantation d'îlots sont, par ordre décroissant d'importance (figure 2, p. 327) :

— la sécurité (40 fois citée) utilisée pour soustraire d'emblée les bordures des sites où le public est accueilli,

— la maturité (38 fois citée) choisie dans le but de valoriser les zones à gros-vieux bois,

— les types de peuplements (32 fois cités) souvent utilisés pour diversifier les îlots,

— les coûts d'exploitation (27 fois cités) mentionnés au titre de la limitation des pertes économiques et les arbres bio (20 fois cités).

Cette dernière variable a été utilisée de deux manières bien distinctes : certaines équipes proposaient de cibler les îlots là où des arbres bio étaient déjà géolocalisés et conservés, quand d'autres *a contrario* préféraient qu'ils remplissent les interstices entre les îlots.

Lorsque les variables sont regroupées de manière thématique, le classement change un peu avec :

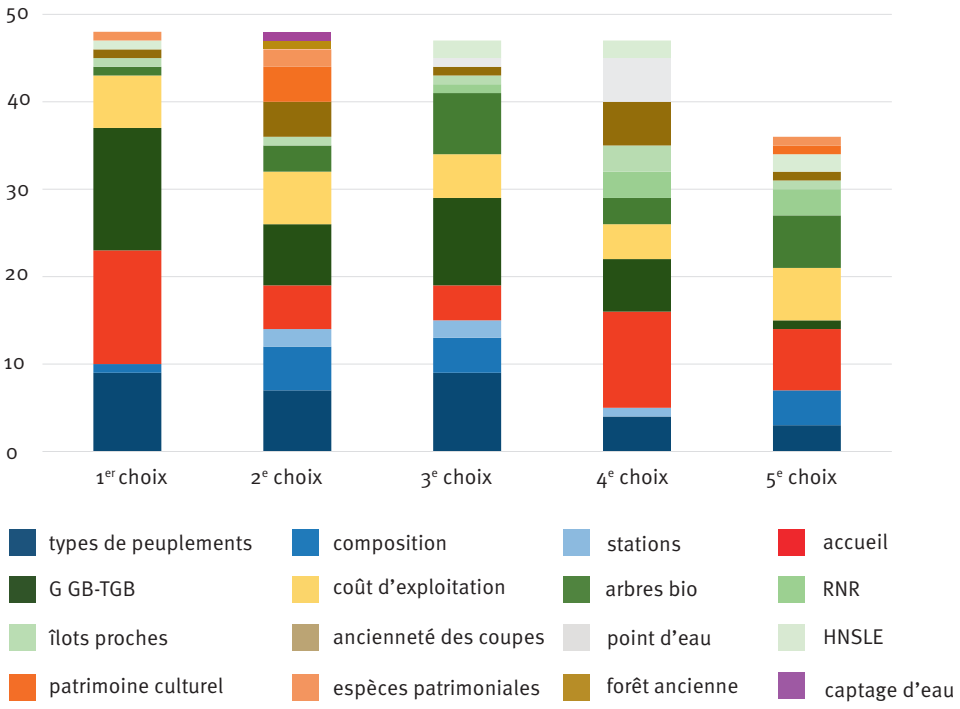
— le sous-ensemble caractérisant la diversité des milieux [compilant les types de peuplements (32 fois cités), leur composition (14 fois citée) et les stations (5 fois citées)],

— suivi de celui caractérisant la sécurité (compilant zones d'accueil du public et patrimoine culturel, respectivement 40 et 5 fois cités) utilisée pour éliminer les bordures des sites où le public est accueilli,

— et celui de la maturité (38 fois citée).

La présence de points d'eau, assez rares, a été citée 6 fois quand les variables forêt ancienne et périmètre de captage n'ont été citées qu'une fois (figure 2 ci-dessous).

Figure 2 **CLASSEMENT DÉCROISSANT DU CHOIX DES VARIABLES PRÉPONDÉRANTES À L'INSTALLATION D'UNE TRAME D'ÎLOTS DE SÉNESCENCE, PROPOSÉ PAR LES 48 ÉQUIPES SUR L'ILOSCOPE DE LA MOTTE-SERVOLEX**



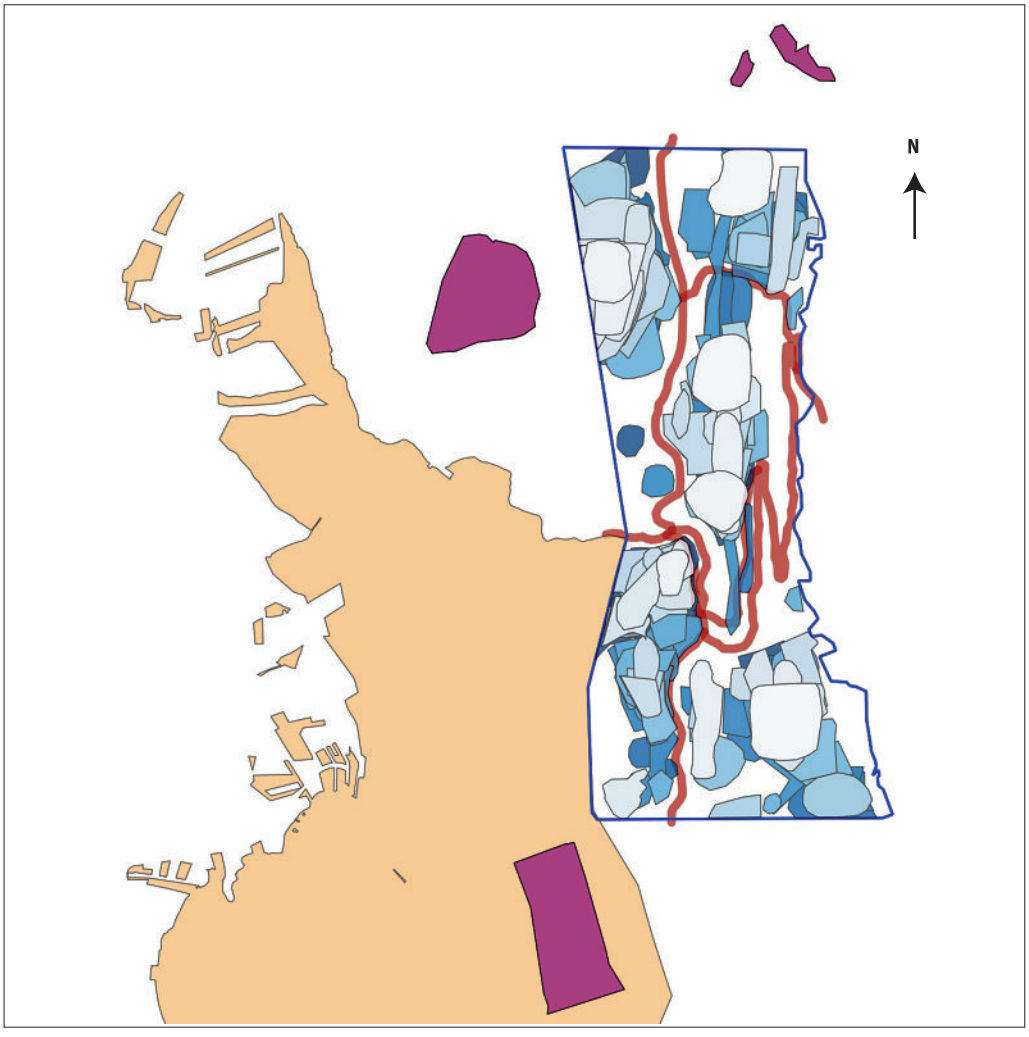
Les scénarios imaginés

Les équipes ont proposé en moyenne 3,85 ± 0,25 (moyenne ± écart-type) îlots avec un minimum de 1 et un maximum de 11. La majorité en a proposé 3 (16 équipes) ou 4 (15 équipes). Quand un seul îlot a été proposé, il s'agissait d'un îlot de surface plus importante que la moyenne (8,79 ha

vs 3,56 ± 2,27 ha) toujours installé au nord-ouest de la zone d'étude (figure 3, ci-dessous). Quand l'une d'elles (équipe 14) en a proposé 11, elle les a constitués de surface équivalente et répartis de manière régulière sur l'ensemble de la zone. Une seule équipe a proposé un scénario linéaire, assez semblable à un corridor, traversant l'ensemble de la zone d'étude (équipe 15).

19 équipes ont dépassé le seuil des 5 % de surface maximale à classer en îlot. 3 d'entre elles (équipes 35, 2 et 48) ont proposé de classer entre 17 et 19 hectares en îlots soit très au-dessus du seuil fixé par le maire, mais dont le capital valeur est dans la moyenne des autres propositions. Un scénario proposait de classer en îlot moins de la moitié de la surface seuil souhaitée

Figure 3 **CARTOGRAPHIE DES ÎLOTS PROPOSÉS PAR LES 48 ÉQUIPES (au fil du temps en dégradé de bleu) SUR L'ILOSCOPE DE LA MOTTE-SERVOLEX (en violet les îlots existants proches, en orange la RNR, en rouge les zones fréquentées par le grand public) (échelle 1 cm : 260 m)**



(équipe 30). En dehors de cette dernière, les dépenses estimées de matérialisation du périmètre des îlots vont du simple au double, avec 2 équipes (numéros 14 et 15) ayant proposé des scénarios en ce sens plus coûteux d'un facteur 4 et des capitaux immobilisés supérieurs de 2 à 3 fois la moyenne.

La figure 3 compile l'ensemble des propositions. Elle montre que plus de 60 % du domaine d'étude a été proposé au moins une fois. Elle montre également que certains secteurs ont retenu l'attention de nombreuses équipes. C'est d'abord le cas de celui situé au nord-ouest de la zone (figure 3), caractérisée par une sapinière à gros et très gros bois sur lapiaz très peu pentu mais très difficilement exploitable.

C'est aussi le cas de cette zone au milieu du site (figure 3), qui correspond à une sapinière-pessière irrégularisée à très gros bois épars sur éboulis de pente. La zone située encore plus bas légèrement à l'ouest est une sapinière-pessière irrégulière à feuillus qui n'a pas été exploitée plusieurs fois de suite car entourée d'un large couloir régénéré après le passage de la tempête de 1997. Enfin, deux zones bien différentes, localisées au nord-est et au sud-est sur la carte, ont été choisies par les équipes. Il s'agit de zones en situation de versant, plus feuillues, constituées de gros bois ou classées hors sylviculture en libre évolution naturelle.

A contrario, les pessières issues de plantations n'ont jamais été sélectionnées pour y implanter des îlots.

Une analyse en composante principale (ACP) prenant en compte 12 des variables mesurées (tableau II, p. 325), déduction faite de celles trop fortement inter-corrélées, montre que les deux premiers axes expliquent 44 % de la variabilité de notre jeu de données. La prise en compte du troisième axe permet d'atteindre les 60 %.

L'axe 1 est caractérisé par la distance inter-îlots maximale (IlotsMax) (figure 4, p. 330). Comme attendu à surface totale égale, plus le nombre d'îlots est important moins la distance entre eux est grande d'une part, et plus la valeur de consommation et le nombre potentiel d'espèces patrimoniales augmentent d'autre part.

L'axe 2 est caractérisé positivement par la maturité du peuplement, reflet de la présence de gros-vieux bois, et négativement par l'ancienneté des dernières exploitations (figure 4). Les équipes mentionnées précédemment se détachent souvent des autres dans ce graphique.

Des différences selon l'origine des équipes

Les 48 équipes qui ont participé peuvent être regroupées en 9 équipes de forestiers (ONF), 15 équipes mixtes [composées d'au moins un forestier (Mixte)] et 24 équipes d'élèves ingénieurs forestiers (AgroParisTech Centre de Nancy identifié par l'acronyme « FIF »).

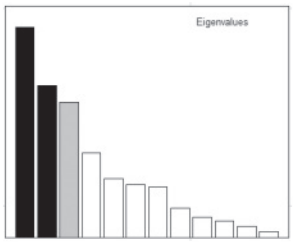
En comparaison des équipes d'élèves de l'école d'ingénieurs forestiers ou de celles mélangées (mixtes), les équipes constituées uniquement de forestiers ont plutôt choisi en moyenne de créer moins d'îlots, mais de surface moyenne plus importante, sans avoir immobilisé moins de valeur de consommation ou limiter les frais de délimitation des îlots. Toutefois, ils ont proposé de créer des îlots dans des zones plutôt plus matures (figure 5, en haut p. 331) où les dernières exploitations sont plutôt plus anciennes (figure 5, en bas p. 331), mais y compris là où la sécurité du grand public ne peut être garantie.

Les équipes d'élèves de l'école d'ingénieurs forestiers ont à l'inverse en moyenne plutôt proposé un nombre d'îlots plus important, de surface unitaire plus faible, et donc moins éloignés des îlots périphériques existants ou de la zone classée en libre évolution naturelle.

Les équipes constituées de personnels de structures diverses ont quant à elles été en moyenne plutôt plus attentives à l'aspect de sécurité du public.

7 équipes ont exclu les zones avec arbres bio de leurs propositions d'îlots (4 FIF, 2 Mixte, 1 ONF) quand 6 ont préféré à l'inverse proposer des îlots contenant déjà des arbres habitats (3 FIF, 2 Mixte, 1 ONF).

Figure 4 **ANALYSES EN COMPOSANTES PRINCIPALES (ACP) DES SCÉNARIOS PROPOSÉS PAR LES 48 ÉQUIPES SUR L'ILOSCOPE DE LA MOTTE-SERVOLEX (POURCENTAGE D'EXPLICATION (Eigenvalues) : AXE 1 : 25,44 % ; AXE 2 : 18,37 %)**



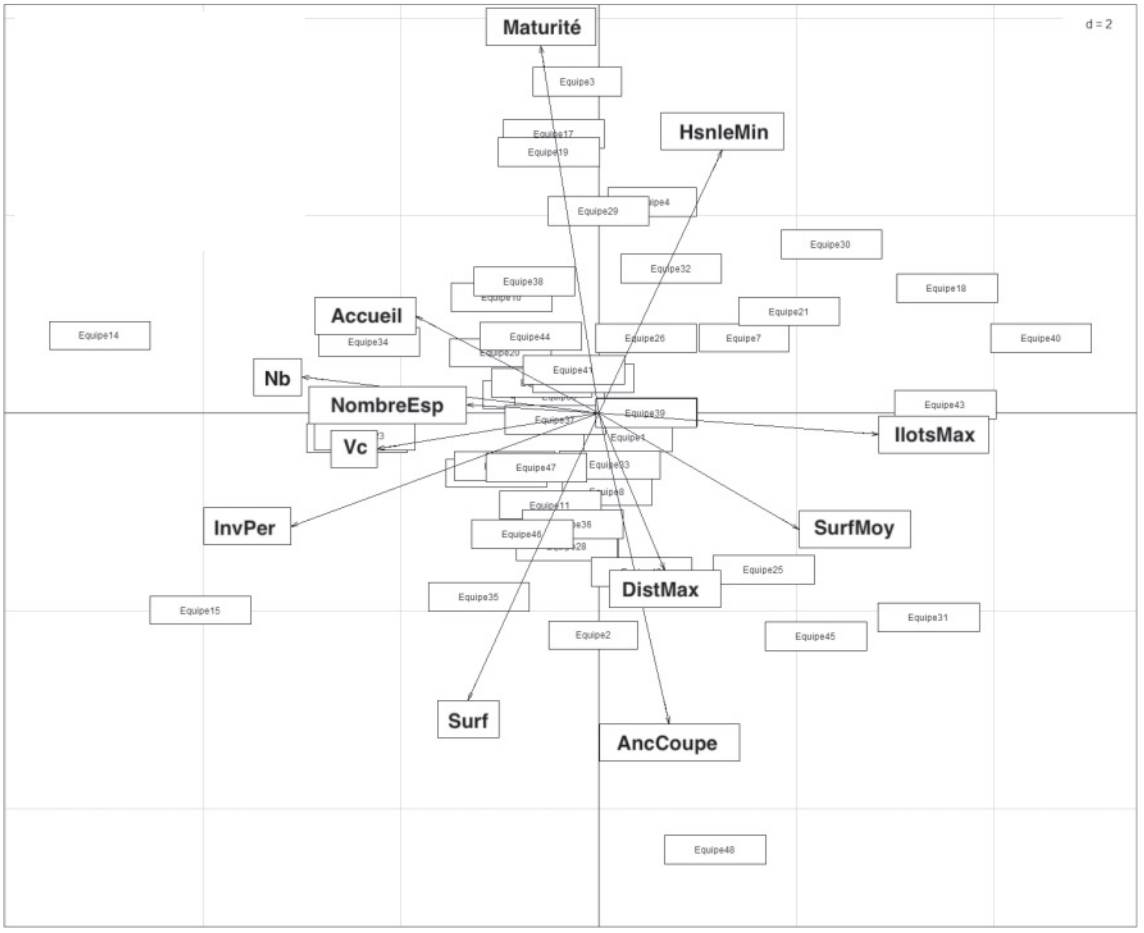
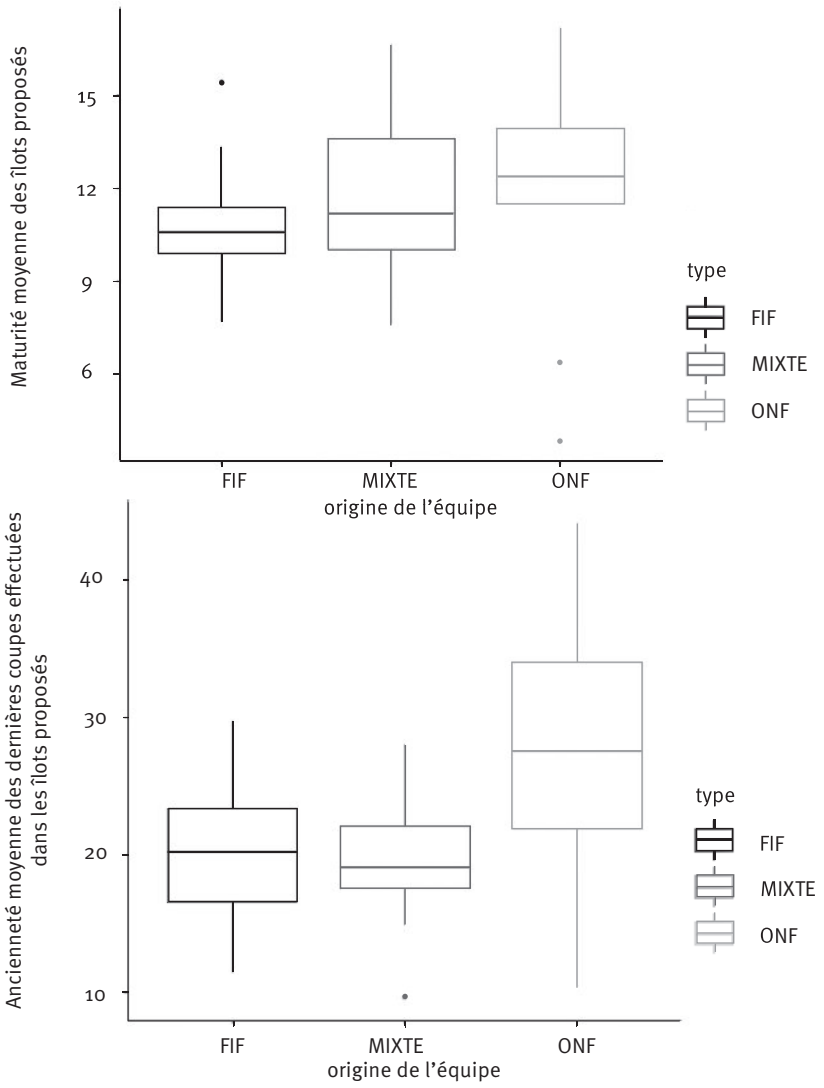


Figure 5 **COMPARAISON DE LA MATURITÉ ET DE L'ANCIENNETÉ DES COUPES MOYENNES SELON LES ORIGINES DES ÉQUIPES AYANT PARTICIPÉ À L'ILOSCOPE DE LA MOTTE-SERVOLEX**

(voir texte pour les détails)



DISCUSSION

En fin d'atelier, le scénario retenu par le gestionnaire et la collectivité est communiqué aux équipes en précisant qu'il n'existe pas de "corrigé-type". L'exercice doit avant tout servir de base de réflexion méthodologique. L'animateur doit faire en sorte que les stratégies et les priorités soient clairement identifiées et exposées par chacune des équipes.

Diversité des propositions

Les scénarios furent divers, en témoigne la totalité de la surface couverte par les propositions d'îlots (*cf.* figure 3, p. 328), qui atteint près de deux tiers de la surface de la zone d'étude. Elles n'ont toutefois jamais inclus ni plantations d'Épicéa ni zones de taillis récemment régénérées. Les équipes se sont donc majoritairement efforcées à répartir leurs îlots sur la partie constituée par la sapinière-pessière irrégulière, jugée plus rapidement intéressante.

En dehors d'une équipe qui a volontairement choisi de se rapprocher des 10 % de surface à mettre en îlot, tel que prévu au FRENE mais sans y parvenir, 3 autres s'en sont rapprochées sans en exprimer l'objectif explicitement. En majorité, les participants se sont attachés à respecter les consignes données par la commune propriétaire. La surface totale à classer en îlot (moins de 5 % de l'emprise de la zone) et la prise en compte des enjeux de sécurité aux abords des sites d'accueil du public (buffer large d'une fois la hauteur du peuplement de part et d'autre des routes, sentiers et aires d'accueil du public) étaient plutôt facilement appréhendables. Toutefois, il n'en était *a priori* pas de même en ce qui concerne la volonté communale d'obtenir une trame écologique intraforestière « rapidement efficace ».

Dans ce but, deux équipes ont choisi de créer une trame d'îlots dont la vocation était de favoriser une ou plusieurs espèces dont la présence a déjà été avérée : Pic noir, Chevêchette d'Europe, Grand murin et Sonneur à ventre jaune. Cette approche, bien que potentiellement justifiable dans certains cas particuliers, n'est à notre avis pas très opportune au regard des besoins écologiques des espèces concernées. Les deux oiseaux, aux vastes territoires, ne nécessitent pas obligatoirement de très gros arbres pour nicher et pas forcément non plus de « vieilles » forêts où se nourrir. Le Pic noir a besoin de Hêtre de plus de 35 cm de diamètre au fût net de branches sur 8-10 m de hauteur pour creuser ses loges (*ex.* Guérin et Laguet, 2019). Son régime alimentaire est largement constitué de fourmis, vivant dans de grosses fourmilières, nombreuses ici. Sa conservation pourrait être assurée par le maintien d'un nombre suffisant de ces hêtres désignés en « arbre bio », sans avoir à recourir nécessairement à des îlots. La chouette Chevêchette nidifie quant à elle dans les loges de pics de taille moyenne, souvent d'ailleurs dans des chandelles de résineux — Épicéa — morts. Elle se nourrit préférentiellement de micromammifères mais n'hésite pas à chasser des passereaux en période de pénurie. Aussi, dans le contexte de cette forêt résineuse gérée de manière irrégulière, aux conditions édaphiques contraignantes responsables d'une assez forte mortalité d'arbres épars, il n'est pas certain non plus qu'elle soit réellement favorisée par les îlots de vieux bois. Le Grand murin, lui, ne gîte habituellement pas dans les arbres, mais se nourrit de carabes au sol souvent à la faveur d'une hêtraie adulte fermée dépourvue de strate basse. Ce type de peuplement n'a été conservé que dans la partie nord-est de l'iloscope. Or il n'est pas certain qu'une mise en îlot puisse plus efficacement assurer sa persistance à long terme au vu de sa dynamique naturelle, conduisant lors de phases d'écroulement au développement du sous-bois. Le cas du Sonneur est particulier car, de notre point de vue, trompeur : surtout parce qu'il se reproduit préférentiellement à la faveur d'ornières récentes, souvent consécutives à l'exploitation forestière, et qu'il ne nécessite pas obligatoirement de vieilles forêts pour les autres phases de sa biologie.

Approche espèce ou habitat ?

La très grande majorité des équipes a préféré constituer un réseau d'îlots potentiellement favorable à l'ensemble de la biodiversité (« approche habitat »), en privilégiant souvent une répartition géographique régulière des îlots.

Chaque proposition a été évaluée en mesurant la dispersion potentielle d'une ou de plusieurs espèces au travers de l'iloscope, favorisée par l'arrêt de toute intervention dans les îlots proposés. Cet aspect des choses nécessite de connaître les coûts de friction qu'engendrent pour une espèce un même déplacement dans des peuplements différents. Dans notre cas, l'espèce retenue

est l'écureuil roux, car la forêt de La Motte-Servolex a servi de support à un programme d'étude MNHN/ONF pour sa préservation au moment de la mise en place de l'iloscope. Dans ce contexte, les coûts de friction pouvaient être estimés par analyse de données de radio-tracking (Laguet, 2012). Non pas que l'écureuil, à la différence du pic tridactyle par exemple, nécessite de grosses quantités de bois âgés, dépérissants ou morts, mais simplement parce que les informations nécessaires à l'analyse des coûts de friction concernant les espèces saproxyliques connues sur le site ne sont pas disponibles à notre connaissance, y compris dans la publication de Komonen et Müller (2018).

Concilier enjeux écologiques et accueil du public

4 équipes sur 5 ont fait valoir prioritairement la prise en compte de l'aspect sécuritaire et de la maturité dans leurs scénarios, intégrant ainsi de manière opportune les souhaits de la commune. 3 équipes sur 5 ont complété cette réflexion par la prise en considération de la diversité des habitats, en choisissant si possible plusieurs types de peuplements dans leurs îlots. Ces choix sont différents des caractéristiques souvent citées comme essentielles à la création d'une trame de vieux bois idéale en forêt de montagne (Rouveyrol, 2009 ; Larrieu *et al.*, 2016 ; Janssen, 2016) telles *la maturité, la naturalité*, caractérisée à la fois par *l'ancienneté des dernières coupes et l'ancienneté du couvert boisé* (présence continue de forêt depuis au moins 150 ans), et la *présence d'arbres à dendro-microhabitats*.

S'agissant de cette dernière caractéristique, revenons sur le fait que les équipes ne l'ont pas utilisée de la même façon pour rallier un même objectif. Tantôt les îlots ont été positionnés là où des arbres bio avaient été répertoriés, pour une meilleure efficacité à court terme. Tantôt dans les interstices, pour assurer une meilleure connectivité de l'ensemble de la trame écologique intra-forestière créée. Deux points de vue complètement défendables.

Les gestionnaires forestiers, pour lesquels cet outil a été conçu, avaient été interviewés en 2009 sur le poids moyen qu'ils affecteraient à certains paramètres dans l'objectif de créer une trame d'îlots de vieux bois pertinente. À ce moment là, rappelons-le, ces réflexions n'en étaient qu'à leurs balbutiements. Si la maturité, la naturalité, la surface des zones mises en îlots étaient à leurs yeux importantes, comme à ceux des naturalistes alors sollicités, la prise en considération des risques naturels, la présence d'arbres bio et d'enjeux de sécurité vis-à-vis du grand public les en distinguaient (Rouveyrol, 2009). Nous constatons aujourd'hui, au vu des résultats, que les 9 équipes de forestiers étant passées sur l'iloscope ont assez bien appliqué ces bases théoriques, si ce n'est l'aspect de mise en sécurité du public, qu'ils ont ici plutôt moins bien pris en compte que les autres équipes. Or, sans être alarmiste, cet enjeu ne doit pas être pris à la légère, dans un monde où les responsabilités sont de plus en plus souvent recherchées. Aussi, le choix de la localisation des arbres bio désignés, comme celui des îlots de sénescence mis définitivement sous cloche, et donc destinés à s'effondrer naturellement, doivent être judicieusement pensés par le forestier afin de limiter le risque d'accident.

En définitive, il paraît essentiel que l'échelle de réflexion soit étendue à celle du massif forestier et qu'elle intègre la notion d'écologie du paysage. En complément de ce qui est évoqué ci-dessus, il semble souhaitable qu'elle permette d'installer un réseau d'îlots de tailles différentes, répartis de manière homogène, représentatifs des stations et peuplements aux altitudes et expositions rencontrées.

En guise de débat, deux principaux sujets de discussion ont souvent été abordés. Il s'agit d'abord de la surface minimale d'un îlot. Si aucun chiffre indiscutable n'existe, la création d'îlots de petite surface pourrait rendre ceux-ci impropres à jouer pleinement leur rôle vis-à-vis des espèces inféodées aux vieilles forêts, que l'on s'attache à préserver. En effet, les espèces qui dépendent du vieux bois et du bois mort sont souvent décrites comme nécessitant une ambiance forestière

sombre, humide et tempérée, ambiance qui se maintient plus facilement en l'absence d'effet de lisière proche. Il est admis que cet effet lisière s'estompe largement en pénétrant de 100 m à l'intérieur de la forêt (Biache *et al.*, 2017). Ceci correspondrait à une surface d'îlot minimale de 3 ha en peuplements traités de manière régulière. Ce chiffre reste inférieur aux 10 ha minimums souvent évoqués dans Krauss et Krumm (2013). Mais aussi bien loin du seuil de 20 ha conseillé par Larrieu et *al.* (2014), qui cherchaient la surface minimale nécessaire à la conservation à long terme de tous les types de dendro-microhabitats en hêtraie-sapinière pyrénéenne. À surface totale constante, le rapport nombre d'îlots/distance inter-îlots méritera surtout d'être adapté aux espèces que l'on s'attachera à préserver. Une large palette d'îlots de surfaces différentes pourra judicieusement être installée, allant du demi-hectare à la taille d'une parcelle (Gosselin et Paillet, 2010).

L'autre point très discuté est la pertinence de créer un îlot de sénescence en pessière pure. Cette essence, prisée des acheteurs, est bien connue pour poser de gros problèmes sanitaires en cas de pullulation de scolytes, contre laquelle une réponse réglementaire départementale est souvent prévue. Or, faute d'intervention dans ces périmètres placés définitivement « sous cloche », comme cela a été décidé dans le parc national allemand de la forêt bavaroise, on ne peut écarter le fait qu'ils puissent servir de zone « source » à l'expansion du fléau dans les peuplements voisins gérés. Cela pourrait occasionner de lourdes pertes financières aux propriétaires, et ce d'autant plus facilement que la monoculture est la règle.

Au travers de cet exercice pratique, les stagiaires de « culture non forestière » ont eu un aperçu de la gestion multifonctionnelle que doivent mettre en œuvre les forestiers dans les forêts publiques, malgré ses contradictions occasionnelles.

Au-delà de cet exercice et d'un point de vue pratique, certains outils d'aide à la décision peuvent être utilisés par l'aménagiste qui souhaite, en vue de faire un choix avisé, comparer ses divers scénarios de mise en place d'îlots : Il s'agit par exemple d'Electre [utilisé pour orienter le choix des îlots de sénescence à mettre en place lors de la révision du plan de gestion de la forêt communale de La Motte-Servolex en 2009, Rouveyrol, 2009)], ou du logiciel Graphab (https://sourcesup.renater.fr/www/graphab/fr/home.html).

Unique en France pour le moment, cet iloscope installé dans un contexte de gestion forestière irrégulière mériterait d'être testé puis déployé dans des forêts traitées plus régulièrement. C'est justement ce à quoi s'attelle l'ONF au moment où nous rédigeons ces lignes, et qui nous fait tendre vers une mise en œuvre toujours plus cohérente de cette trame écologique intraforestière, principal outil de notre ambition à « relever le défi de la préservation de la biodiversité dans le cadre d'un accroissement de la mobilisation du bois au bénéfice de la filière et de l'emploi » (Contrat d'Objectif et de Performance ONF-État : 2016-2020).

Conseils pratiques et pistes d'améliorations futures

Cet atelier nécessite d'être pratiqué sur une journée complète. La matinée est destinée à accueillir le groupe, lui présenter le concept de trame écologique intraforestière, définir l'exercice, visiter l'ensemble des types de peuplements. Ensuite, une réflexion par équipe de 3-4 personnes doit s'engager pour définir les couches à utiliser prioritairement et à en déduire les zones potentiellement les plus favorables. L'après-midi débute par la visite de terrain en équipe de ces sites. Les contours des îlots proposés doivent alors être finalisés, reportés sur un logiciel cartographique, analysés puis présentés aux autres équipes. Un temps de débat organisé sur un îlot par l'une, l'autre, ou toutes les équipes clôturera la formation. La mixité du profil des participants est très enrichissante au sein du groupe et lors du débriefing final, chacun apportant son retour d'expérience ou son point de vue.

La mise en ligne de cet atelier sur une interface plus ludique, comme Shiny de R studio, pourrait être judicieuse et faciliter son déploiement auprès de tout public.

L'outil iloscope pourrait être déployé dans de nombreux contextes. En fonction des enjeux locaux, des surfaces en libre évolution existantes, une multitude de possibilités peuvent exister. Une surface maximale de 150-200 ha mérite de ne pas être dépassée dans cet atelier afin que les équipes aient le temps de tout visiter. Dans un contexte de traitement régulier, en plus de surfaces traitées en amélioration (futaies adultes), l'intégration de parcelles en régénération (aux stades de la coupe préparatoire jusqu'à la coupe définitive) nous semble pertinente. Ceci permettrait de discuter sur la (les) classe(s) d'âge(s) la (les) plus intéressante(s) pour installer un réseau d'îlots de vieux bois en vue d'assurer à long terme la présence de bois sénescent et mort bien répartis dans le temps et si possible dans l'espace. Mais également d'aborder le cas particulier des îlots de vieillissements (Biache *et al.*, 2017) promus en forêts publiques. Dans cette situation, le bénéfice de conserver plus de 10 ans les mêmes données géographiques fournies aux participants ou de les réactualiser méritera d'être évalué. En effet, comparativement à notre contexte de forêt à couvert continu, les modifications d'aspect des peuplements suite aux exploitations partielles sont moins facilement perceptibles par les participants.

Sébastien LAGUET
OFFICE NATIONAL DES FORÊTS
Maison forestière
113 rue Général Dunoyer
F-73290 LA MOTTE-SERVOLEX
(sebastien.laguet@onf.fr)

MAX BRUCIAMACCHIE
AgroParisTech, INRAE, université de Lorraine,
université de Strasbourg-CNRS
UMR BETA
AgroParisTech
14 rue Girardet
CS 14216
F-54042 NANCY CEDEX
(max.bruciamacchie@agroparistech.fr)

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des participants qui ont permis la réalisation de cette synthèse. Ils remercient également les relecteurs pour leurs commentaires sur le manuscrit ainsi que Jean-Pierre Renaud et Benoit Pisanu pour l'aide apportée sur les différents aspects informatiques du travail.

BIBLIOGRAPHIE

BIACHE C., BAUDRAN C., BOQUERAT P., BOUTTEAUX J.-J., CASTAN A., COLAS S., CROIX P., DAVIAU H., DENIS P., DHENAIN O., FOURNIER M., GATTUS J.-C., GUY S., LAGUET S., MULLER M., MURACCIOLE S., NICOT P., NOBLECOURT T., POLIFRONI P., SANSOT P., TEMOIN J.-L., TILLON L., VOIRY H., 2017. *Vieux bois et bois morts. Guide technique*. Office national des forêts, Direction forêts et risques naturels (DFRN). 102 p.

BRUCIAMACCHIE M., DEMETS V., 2018. Audit du réseau actuel d'îlots de sénescence ; Propositions d'évolution. *Annales scientifiques de la réserve de biosphère transfrontalière Vosges du Nord-Pfälzerwald*, 19, pp. 31-55.

CATEAU E., PARROT M., ROUX A., REYNA K., ROSSI M., BRUCIAMACCHIE M., VALLAURI D., 2013. *Réseau d'îlots de vieux bois. Éléments de méthode et test dans les forêts publiques du Mont-Ventoux*. Rapport du WWF. 66 p.

CNIEFEB, 2014. *Guide méthodologique de l'expertise en évaluation forestière. Compléments forestiers à la Charte de l'Expertise en Évaluation Immobilière*. Paris : CNIEFEB. 36 p.

GOSSELIN M., PAILLET Y., 2010. *Mieux intégrer la biodiversité dans la gestion forestière*. Versailles : Quæ. 159 p.

JANSSEN P., 2016. *Influence relative de l'ancienneté et de la maturité sur la biodiversité : implications pour la conservation en forêts de montagne*. Université de Grenoble-Alpes. 340 p. (Thèse de doctorat).

KOMONEN A., MÜLLER J., 2018. Dispersal ecology of deadwood organisms and connectivity conservation. *Conservation Biology*, 32 (3), pp. 535-545.

KRAUSS D., KRUMM F. (eds), 2013. *Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity.* European Forest Institute. 284 p.

LACHAT T., BUTLER-SAUVAIN R., 2008. Îlots de sénescence et arbres-habitats pour augmenter la biodiversité en forêt. *La Forêt*, 6, pp. 20-21.

LAGUET S., 2012. *L'Écureuil roux (Sciurus vulgaris, Linnaeus, 1758) en forêt de montagne dans les Alpes françaises (Savoie) : Morphologie, abondance et utilisation de l'espace*. École Pratique des Hautes-Études. 100 p. (Master).

LARRIEU L., CABANETTES A., BRIN A., BOUGET C., DECONCHAT M., 2014. Tree microhabitats at the stand scale in montane beech-fir forests: practical information for taxa conservation in forestry. *European Journal of Forest Research*, 133, pp. 355-367.

LARRIEU L., CABANETTES A., BOUGET C., 2016. Dendro-microhabitats – Facteurs clés pour leur présence, impact de la gestion courante et biodiversité associée. pp. 95-101. *In* : D. Vallauri *et al.*, coordonnateurs. *Naturalité des eaux et des forêts*. Ed. Lavoisier. 272 p.

ROSSI M., VALLAURI D., 2013. *Évaluer la naturalité. Guide pratique version 1.2*. Marseille : WWF. 154 p.

ROUVEYROL P., 2009. *Caractérisation d'un îlot idéal de vieux arbres en forêt de montagne. État des connaissances et synthèse pour la réalisation d'un guide de gestion*. AgroParisTech-ENGREF. 185 p. (Mémoire de fin d'étude).

VALLAURI D., ANDRÉ J., DODELIN B., EYNARD-MACHET R., RAMBAUD D., 2005. *Bois mort et à cavités - Une clé pour des forêts vivantes*. Ed. Lavoisier. 464 p.

L'ILOSCOPE DE LA MOTTE-SERVOLEX : ANALYSE ET COMPARAISONS DE 48 SCÉNARIOS DE MISE EN PLACE D'ÎLOTS DE SÉNESCENCE EN FUTAIE IRRÉGULIÈRE DE MONTAGNE (Résumé)

À l'occasion du colloque « Naturalité, vers une autre culture des Eaux et des Forêts », organisé par le WWF, l'Irstea (désormais INRAE), le REFORA et l'ONF du 17 au 20 septembre 2013, un nouvel outil a été créé afin d'aider les gestionnaires à optimiser la création ou l'extension d'un réseau de peuplements matures. Cet outil, l'iloscope, a avant tout une fonction pédagogique. Depuis sa création en 2013, 48 équipes se sont succédé sur l'iloscope de la forêt communale de La Motte-Servolex pour faire des propositions d'implantation de réseaux d'îlots de sénescence. Ces exercices ont eu lieu pour certains dans le cadre de leur formation continue (forestiers en activité), pour des élèves ingénieurs dans le cadre de leur formation initiale, pour d'autres à l'occasion de manifestations mélangeant des publics pas forcément forestiers. Encadrées par les volontés écrites du propriétaire de la forêt, les équipes ont majoritairement choisi de prendre en compte la maturité des peuplements, l'ancienneté des dernières exploitations et la localisation des autres éléments de la trame écologique intraforestière existante aux alentours pour compléter le réseau. Organisé sous forme d'une journée de formation avec des participants répartis par équipes, l'iloscope fait ressortir les effets ou conséquences économiques, écologiques et sociales de chaque proposition. Il permet de les comparer, d'en débattre et finalement d'enrichir la réflexion de chaque participant.

THE ILOSCOPE OF LA MOTTE-SERVOLEX: ANALYSIS AND COMPARISON OF 48 SCENARIOS FOR SETTING UP SENESCENCE ISLANDS IN UNEVEN MOUNTAINOUS HIGH FOREST (Abstract)

On the occasion of the "*Naturalité, vers une autre culture des Eaux et des Forêts*" meetings organised by the WWF, the Irstea (now INRAE), the REFORA and the ONF from Sept. 17th to Sept. 20th 2013, a new tool was created to help forest managers optimise the creation or the extension of a network of mature stands. This tool – the iloscope – has above all an educational function. Since its creation in 2013, 48 teams successively visited the iloscope of the communal forest of La Motte-Servolex make proposals for implanting networks of senescence islands. The participants were foresters within the framework of lifelong learning, student engineers within the framework of formal education, and other people within the framework of events during which forester and non-forester audiences were present. Taking the forest owner's written requirements into account, the teams mostly chose to record the maturity of the stands, the time since the latest logging operation, and the localisation of the other elements of the existing intra-forest ecological network around the stands to complete the network. Organised in the form of one training day with participants distributed into teams, the iloscope enhances the economic, ecological and social effects or consequences of each proposal. The proposals are compared, discussed, and finallly enrich the thoughts of each participant.

Licence Creative Commons
Attribution + Pas de Modification + Pas d'Utilisation Commerciale (BY ND NC)