

PREMIERS ENSEIGNEMENTS DE L'UTILISATION DU LOGICIEL *ECOFLORE* POUR TRAITER LES RELEVÉS BOTANIQUES DE L'IFN

ÉRIC BRUNO – MICHEL BARTOLI

Sur chaque placette de l'Inventaire forestier national (IFN), un relevé botanique aussi complet que possible est désormais réalisé (IFN, 1994). Il est parfaitement démontré que le “cocktail” de ses espèces constitutives est un excellent bioindicateur des conditions stationnelles.

La *Flore forestière française* (Rameau *et al.*, 1989 et 1992) est sous-titrée *Guide écologique illustré*. En effet, pour chaque espèce, elle fournit son rattachement à un groupe d'espèces indicatrices (GEI) croisant le niveau trophique et le niveau hydrique qu'il met en évidence. Ce croisement est illustré par une plage située dans un écogramme standard. Un relevé botanique, où chaque espèce s'efface derrière son GEI, est la combinaison de ces groupes qui ne superposent pas au hasard et dont la résultante doit permettre de situer le croisement niveau hydrique /niveau trophique qu'il interprète. La pertinence et la fiabilité de cette démarche ont été vérifiées (Bartoli et Largier, 1993).

Pour standardiser et rendre rapide cette technique de diagnostic écologique et pour, plus encore, fournir des indices chiffrés pouvant donc être comparés entre eux ou, dans le temps, pour la même station et cela indépendamment de l'opérateur, un outil informatique (*Ecoflore*) a été mis au point (Bartoli et Tran-Ha, 1999 ; Bartoli *et al.*, 2000). La démarche de cet outil a semblé parfaitement adaptée aux besoins de traitement des relevés de l'IFN.

L'objectif de cet exposé n'est pas de montrer comment a été mis au point *Ecoflore*⁽¹⁾ — qui n'est qu'un prolongement de l'expertise de la *Flore forestière française* — mais de montrer les premiers résultats qu'il a permis d'obtenir à l'IFN. Cela a nécessité la mise au point, par l'un d'entre nous, d'une chaîne de traitement de l'information originale pour pouvoir gérer la considérable base de données de l'IFN pour l'ensemble de la France.

LES PREMIÈRES DONNÉES ANALYSÉES

1 032 relevés ont été réalisés dans les régions “Front pyrénéen” et “Haute chaîne” des Hautes-Pyrénées (IFN, 1999). Nous ne considérerons, ici, que 202 d'entre eux situés dans l'étage montagnard de cette zone. Ces relevés ont été choisis car inclus dans la zone couverte par un catalogue des stations forestières (Savoie, 1995).

(1) *Ecoflore* calcule un barycentre qui tient compte des coordonnées du centre du groupe, de sa “largeur” (sa précision) telle que figurée sur l'écogramme, de l'abondance-dominance de l'espèce végétale dans le relevé et d'un coefficient qui prend en compte le fait que la représentation de l'écogramme est une image à redresser.

Sur ces 202 relevés, ont été recensées 306 espèces (ou genre quand la détermination inter-spécifique ne peut que difficilement se faire). L'autécologie de 285 de ces espèces est fournie par la *Flore forestière française* donc reprise par *Ecoflore*.

ECOFLORE UTILISÉ POUR TESTER LA FIABILITÉ DES DÉTERMINATIONS SPÉCIFIQUES OU L'HÉTÉROGÉNÉITÉ DES RELEVÉS

Pour contrôler la cohérence interne d'un relevé, nous avons mis au point un test de stabilité. Il permet un tri entre les espèces qui laissent le diagnostic à peu près stable et celles qui le déplacent. Ce test, rendu automatique, consiste à retirer, chaque fois, une seule des espèces constitutives du relevé et à indiquer celle qui génère le "glissement" le plus important : au moins une demi-"unité" sur les axes de l'écogramme.

84 relevés, soit 42 % du total, sont concernés par cette importante instabilité. Lors de la mise au point d'*Ecoflore*, avec des tests différents (enlèvement systématique des bryophytes, des espèces au plus faible coefficient d'abondance-dominance, des espèces "peu fréquentes" au sens de la *Flore forestière française*), nous n'avions pas observé une telle instabilité.

Si l'on observe quelles sont les espèces impliquées dans ce phénomène d'instabilité, nous en trouvons 38 pour le seul niveau trophique. Le tableau ci-dessous en présente les principales : celles qui apparaissent dans au moins 10 relevés :

Espèce enlevée entraînant la plus forte instabilité du niveau trophique	Nombre de relevés comportant l'espèce (sur 202)	Nombre de relevés rendus instables par l'enlèvement de l'espèce	%
<i>Deschampsia flexuosa</i>	102	46	45
<i>Lonicera xylosteum</i>	10	2	20
<i>Helleborus foetidus</i>	17	3	18
<i>Rhododendron ferrugineum</i> ..	15	2	13
<i>Daphne laureola</i>	47	6	13

Ne regardons ici que le cas de la Canche flexueuse (*Deschampsia flexuosa*) qui fait partie du GEI des acidiphiles de moder mésophiles. Lorsqu'on l'ôte des 46 relevés perturbés par cet enlèvement, ils glissent tous nettement vers un niveau moins acide. La figure 1 (p. 393) illustre les situations des 46 relevés dont le barycentre s'est sensiblement déplacé par retrait de la Canche flexueuse.

- Trois hypothèses peuvent expliquer ce phénomène :
- dans des relevés de niveau trophique acide — où le nombre d'espèces est très faible et la Canche a une forte abondance —, nous supprimons "la" caractéristique de cette acidité ;
 - dans les Pyrénées, cette espèce n'a pas la même autécologie qu'ailleurs ;
 - la Canche est confondue avec une espèce qui lui ressemble. C'est certainement le cas si l'attention des observateurs n'a pas été attirée sur la grande similitude des feuilles de la Canche avec celles de la Fétuque de Gautier (*Festuca gautieri* syn. de *F. scoparia*), endémique pyrénéenne fréquente — alors qu'elle est très peu notée dans les relevés et alors toujours bien dans sa situation écologique — et espèce neutrocalcicole.

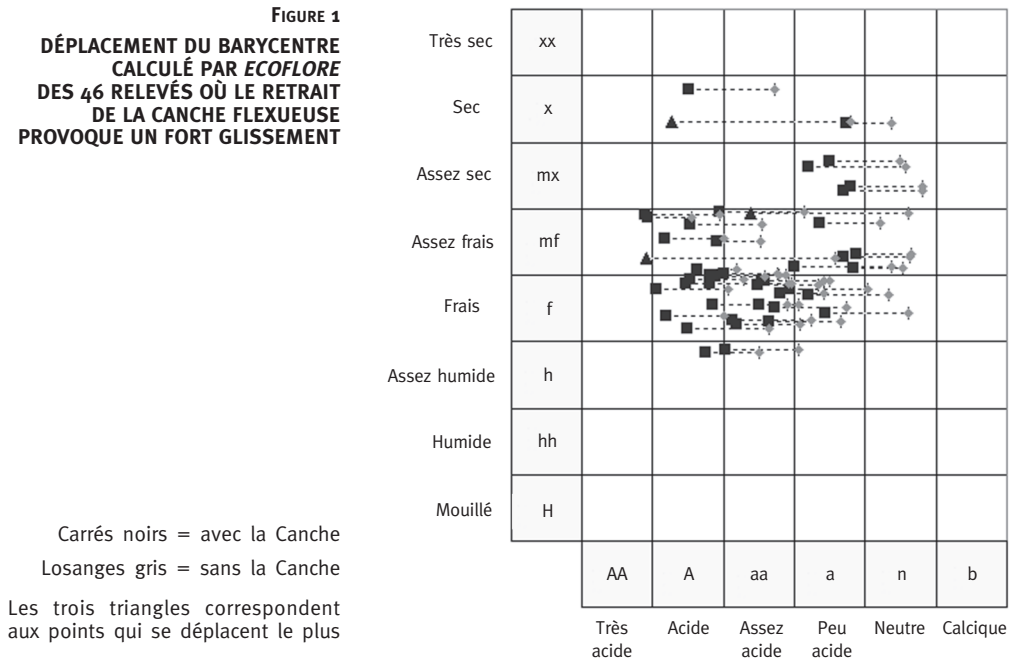
Si, seul, un retour sur le terrain permet de lever l'incertitude apparue, le diagramme permet, à notre avis, de repérer correctement les cas qui relèvent certainement des hypothèses 1 et 3.

Bien entendu, l'attention des observateurs sera particulièrement attirée sur les espèces que l'on peut confondre avec d'autres. Des clés de détermination leur seront fournies.

Une autre explication de cette instabilité constatée tient à la méthode même des relevés de l'IFN : ils peuvent être hétérogènes puisque prenant en compte la surface d'observation, et ce, même si celle-ci concerne deux "stations", au sens habituel du terme qui sous-entend une forte homogénéité des conditions écologiques⁽²⁾. Cela apparaît nettement — et très logiquement nettement pour ce critère — dans l'instabilité du niveau hydrique. Le tableau des espèces impliquées dans le glissement important de ce niveau montre qu'elles correspondent, de toute évidence, à de petites zones de suintement (*Cardamine flexuosa*, *Juncus conglomeratus*) ou plus sèches (petits affleurements de calcaire ?) pour *Sorbus aria* et *Helleborus foetidus*.

Espèce enlevée entraînant la plus forte instabilité du niveau hydrique	Nombre de relevés comportant l'espèce (sur 202)	Nombre de relevés rendus instables par l'enlèvement de l'espèce	%
<i>Juncus conglomeratus</i>	6	3	50
<i>Cardamine flexuosa</i>	10	5	50
<i>Helleborus foetidus</i>	17	6	35
<i>Sorbus aria</i>	23	8	34

FIGURE 1
DÉPLACEMENT DU BARYCENTRE CALCULÉ PAR ECOFLORE DES 46 RELEVÉS OÙ LE RETRAIT DE LA CANCHE FLEXUEUSE PROVOQUE UN FORT GLISSEMENT



(2) L'IFN ne déplace ces points d'observation que si le type de peuplement change.

Ecoflore apparaît ainsi pouvoir être un filtre efficace mettant en évidence des erreurs de diagnostic botanique ou la présence de relevés hétérogènes. Ce résultat montre aussi que la procédure informatique mise au point fonctionne bien. De même, pour des relevés manifestement hétérogènes, une notation à part pourrait être envisagée.

UNE APPRÉCIATION DES NIVEAUX TROPHIQUES ET HYDRIQUES ET DES HABITATS FORESTIERS D'UNE RÉGION

La position des barycentres calculés par *Ecoflore* pour la totalité des relevés d'une zone d'étude va permettre de visualiser l'importance relative des divers niveaux de croisement d'un niveau hydrique et d'un niveau trophique pour les forêts de la région couverte. Nous sommes ici dans une région assez arrosée (climat atlantique atténué) avec une couverture géologique variée. La figure 2 (ci-dessous) reflète parfaitement cette situation en la stratifiant comme nous l'attendions.

Très sec	XX						
Sec	x						2,4 %
Assez sec	mx	1,4 %			2,1 %	3,8 %	
Assez frais	mf	3,1 %	6,4 %	2,1 %	2,1 %	16,5 %	
Frais	f		9,4 %	9,3 %	18,0 %	16,6 %	
Assez humide	h				5,5 %	1,4 %	
Humide	hh						
Mouillé	H						
		AA	A	aa	a	n	b
		Très acide	Acide	Assez acide	Peu acide	Neutre	Calcique

FIGURE 2
PROPORTIONS, EN SURFACE,
DES SITUATIONS ÉCOLOGIQUES
DES HÊTRAIES
MISES EN ÉVIDENCE PAR ECOFLORE
à partir de 56 relevés botaniques
de l'IFN dans les Hautes-Pyrénées

Résultats bruts
 non corrigés d'éventuelles erreurs
 de diagnostic spécifique

Comme pour les espèces végétales individuelles ou les types de sols, un cartogramme permettra de situer ces points (peu acides/frais...) dans l'espace et ce, de façon automatique, suivant les procédures de l'IFN.

Dans les Pyrénées centro-occidentales, suivant les travaux des phytosociologues, le faciès générique des hêtraies est décliné suivant une combinaison du gradient trophique et du gradient hydrique. Cette déclinaison a été reprise par la nomenclature Corine Biotopes pour définir des habitats⁽³⁾. Leur représentation sur un écogramme est alors envisageable, Savoie (1996) a montré

(3) L'annexe 1 de la directive européenne sur les habitats (celle qui instaure la procédure *Natura 2000*) a sélectionné ceux qui sont rares et/ou fragiles et ceux qui sont représentatifs d'une zone biogéographique parmi la liste de la nomenclature Corine Biotopes. Les entrées de cette nomenclature sont les sylvo-faciès : les hêtraies, les pineraies de Pin à crochets, etc.

que ce rapprochement était possible même si, on le conçoit, il s'agit là d'une vision passablement réductrice de ce qu'est un habitat.

XX						
x	41.122 Hêtraie acidiphile sub-atlantique 1 531 ha 6 % forêts 20 % hêtraies				41.116 Hêtraie sèche 178 ha / 2 % forêts	
mx			41.142 Hêtraie pyrénéenne mésophile 1 995 ha 8 % forêts / 27 % hêtraies			
mf						
f			41.141 Hêtraie pyrénéenne hygrophile 3 832 ha 16 % forêts / 51 % hêtraies			
h						
hh						
H						
	AA	A	aa	a	n	b

FIGURE 3
RÉPARTITION DES HABITATS
DES HÊTRAIES DANS LA ZONE ÉTUDIÉE
DES PYRÉNÉES CENTRALES
 (n° = code Corine)

Une fois calculées ses coordonnées à l'aide d'*Ecoflore*, un relevé IFN va donc pouvoir être rapproché d'un habitat forestier. Son extension en surface permet alors d'obtenir une bonne idée quantitative des habitats des hêtraies de cette zone des Hautes-Pyrénées. La figure 3 (ci-dessus) l'illustre. Notons que cette richesse hydrique et trophique *a priori* remarquable ne doit pas faire perdre de vue qu'une exploitabilité souvent délicate ou que des traitements antérieurs, futaie sur souche ou sylviculture trop "timide" (Chollet et Demarcq, 1998), ne lui permettent pas toujours de s'exprimer actuellement.

Cette statistique — en langage européen, qui plus est — viendra encore enrichir les renseignements que fournissent les données de l'IFN. Mais si elle est possible pour les hêtraies des Pyrénées occidentales, bien stratifiées, elle sera à appréhender par d'autres moyens dans la plupart des cas, le découpage de Corine Biotopes n'étant pas toujours un croisement niveau hydrique / niveau trophique.

On pourra s'étonner que nous ne fassions pas d'emblée de même pour les stations d'un catalogue. Mais chacun d'entre eux a son découpage, son codage des stations spécifique et un découpage très fin dépassant souvent les limites de précision d'*Ecoflore*. Surtout les catalogues n'ont pas tous leur référentiel humidité / acidité dans un écogramme et, lorsque c'est le cas, il est plus ou moins décalé par rapport à celui de la *Flore forestière française* (Bartoli *et al.*, 2000). Néanmoins, d'une part pour percevoir les cohérences, ou les incohérences, entre l'indexation du relevé et les autres critères notés sur les placettes IFN (substrat, texture du sol, groupe d'humus, type de sol, topographie, rayonnement, réserve utile), d'autre part pour voir comment organiser l'information et la forme des résultats, nous avons testé ce rapprochement pour les 284 relevés des Hautes-Pyrénées inclus dans la zone du catalogue des Pyrénées centrales⁽⁴⁾. Là aussi, l'outil *Ecoflore* a été particulièrement informatif.

(4) Les résultats ne sont pas présentés.

CONCLUSIONS

Prolongement des données d'autécologie structurées de la *Flore forestière française*, *Ecoflore* semble pouvoir apporter beaucoup à la gestion des relevés botaniques de l'IFN. Tout au long des premiers tests, le principe de ce petit logiciel s'est montré performant, permettant de relever imprécisions et incohérences. Le fait qu'il fournisse des indices chiffrés permet de l'intégrer facilement dans une chaîne de calculs.

L'extension d'un travail de ce type, le rapprochement avec les données abiotiques (substrat, type de sol...) relevées par ailleurs sur les placettes IFN devraient permettre de mieux apprécier l'autécologie des espèces en contribuant aux travaux en cours, par exemple ceux que J.-C. Gégout va présenter dans l'article qui suit.

Même si l'écologie ne peut pas se réduire en chiffres (ici en deux chiffres), *Ecoflore* s'est montré d'une remarquable fiabilité ; au moins d'une précision très suffisante pour appréhender les renseignements sur un bilan global de leurs niveaux hydrique et trophique de régions forestières. Ces premiers résultats, très encourageants, vont être discutés entre phytoécologues. Puis, grâce aux outils informatiques développés en même temps, ce type d'indicateurs nouveaux va pouvoir être intégré aux données écologiques et floristiques de l'IFN suivant les demandes personnalisées des utilisateurs.

Éric BRUNO
INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL
BP 1001 MAURIN
F-34971 LATTES CEDEX
(ebruno@montpellier.ifn.fr)

Michel BARTOLI
Mission Forêts de Montagne
OFFICE NATIONAL DES FORÊTS
23bis, boulevard Bonrepos
F-31000 TOULOUSE
(Dr.Midi-Pyrenees@onf.fr)

BIBLIOGRAPHIE

- BARTOLI (M.), TRAN-HA (M.). — Logiciel *Ecoflore*. — ONF, 1999.
- BARTOLI (M.), LARGIER (G.). — Utilisation pratique de la "Flore forestière française" pour réaliser un diagnostic écologique. — *Bulletin technique de l'ONF*, n° 23, 1993, pp. 55-72.
- BARTOLI (M.), TRAN-HA (M.), LARGIER (G.), DUMÉ (G.), LARRIEU (L.). — *Ecoflore* : un logiciel simple de diagnostic écologique. — *Revue forestière française*, vol. LII, n° 6, 2000, pp. 530-547.
- CHOLLET (F.), DEMARCO (P.). — Réaction des hêtraies de montagne aux éclaircies tardives. — *Revue forestière française*, vol. L, n° 4, 1998, pp. 349-356.
- IFN. — Manuel du chef d'équipe - Chap. IV. — IFN, 1994. — 64 p.
- IFN. — 3^e inventaire du département des Hautes-Pyrénées. — IFN, 1999.
- RAMEAU (J.-C.), MANSION (D.), DUMÉ (G.). — Flore forestière française. Tome I : plaines et collines. — Paris : IDF, 1989. — 1784 p.
- RAMEAU (J.-C.), MANSION (D.), DUMÉ (G.). — Flore forestière française. Tome II : montagnes. — Paris : IDF, 1992. — 2421 p.
- SAVOIE (J.-M.). — Les Types de stations forestières des Pyrénées centrales. — ONF Midi-Pyrénées, 1995. — 507 p.
- SAVOIE (J.-M.). — Rapprochement entre types de stations et habitats forestiers des Pyrénées centrales. — ONF, 1996. — 107 p.