



**HAL**  
open science

## Station forestière et végétation spontanée d'accompagnement : perspectives pour la diversification des jeunes pineraies de l'Orléanais.

Richard Chevalier, Laurent Bergès, J.-M. Gilbert, Frédéric Gosselin

### ► To cite this version:

Richard Chevalier, Laurent Bergès, J.-M. Gilbert, Frédéric Gosselin. Station forestière et végétation spontanée d'accompagnement : perspectives pour la diversification des jeunes pineraies de l'Orléanais.. Revue forestière française, 2001, 53 (2), pp.151-170. 10.4267/2042/5222 . hal-03442783

**HAL Id: hal-03442783**

**<https://hal.science/hal-03442783>**

Submitted on 23 Nov 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# STATION FORESTIÈRE ET VÉGÉTATION SPONTANÉE D'ACCOMPAGNEMENT : PERSPECTIVES POUR LA DIVERSIFICATION DES JEUNES PINERAIES DE L'ORLÉANAIS

RICHARD CHEVALIER - LAURENT BERGÈS - JEAN-MICHEL GILBERT - FRÉDÉRIC GOSSELIN

En 1994, le Cemagref a mis au point une typologie des milieux forestiers à Pin laricio de Corse dans le secteur ligérien (Gilbert *et al.*, 1996). Cette étude portait sur les régions administratives des Pays-de-la-Loire et du Centre, où le Pin laricio occupe une place importante (environ 30 000 ha) (IFN, 1998). Cette essence est en pleine expansion : la surface qu'elle couvre en France a augmenté de 41 % entre 1984 et 1994 (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 1995).

Cette typologie classe les types de milieux en fonction d'un indice de fertilité basé sur la hauteur dominante et de l'état sanitaire des peuplements de Pin laricio. Elle renseigne sur les possibilités d'utilisation de cette essence selon les types de milieux.

Pour le gestionnaire, la croissance et l'état sanitaire sont essentiels. Néanmoins, la sylviculture des jeunes peuplements de Pin laricio devrait prendre en compte d'autres préoccupations. Les gestionnaires, conscients de l'extrême pureté de leurs jeunes peuplements résineux, souhaitent favoriser le mélange des essences ligneuses, d'une manière compatible avec les objectifs de production. En effet, des peuplements mélangés et étagés présentent bien souvent de nombreux avantages en terme de gestion durable : biodiversité et valeur paysagère plus élevées, meilleure résistance aux ravageurs et pathogènes, réservoir de semences pour la forêt, meilleur fonctionnement de l'humus.

Cet article a pour objectif de tester la pertinence de l'étude autécologique du Pin laricio, au regard des caractéristiques du peuplement résineux et de son accompagnement végétal spontané. Notre terrain d'étude est constitué de jeunes peuplements dans 4 parcelles de la forêt domaniale d'Orléans. Si la pertinence de l'outil est établie, nous proposerons, par type de milieux étudié, des règles de conduite pour obtenir une diversité ligneuse durable dans les peuplements de Pin laricio.

## AVANT LA PREMIÈRE ÉCLAIRCIE : LE STADE CRITIQUE

Pour mener à bien nos investigations, nous nous sommes intéressés à 4 parcelles d'environ 15 hectares, reboisées en Pin laricio il y a une vingtaine d'années. Ces parcelles ont été plantées et entretenues suivant des techniques pratiquées à grande échelle dans les années 1970, selon les préconisations du Fonds forestier national (FFN) : coupe rase, travail du sol, plantation à une densité de 2 500 plants à l'hectare, 1 à 2 regarnis et 3 à 4 dégagements mécaniques ou manuels

pendant les dix premières années. Nous n'avons pas d'informations précises sur la provenance des pins, ni sur le type de culture en pépinière.

Nous avons choisi d'étudier des peuplements de même âge, non éclaircis, très peu touchés par le forestier depuis une dizaine d'années, car ils nous permettent de mettre facilement en évidence les effets stationnels sur le développement des pins et de la végétation d'accompagnement. En se plaçant au stade arboré où les capacités de développement de la végétation adventice sont les plus limitées, nous pouvons proposer des options sylvicoles conduisant à favoriser la végétation d'accompagnement. Néanmoins, cette démarche reste dans le cadre d'une sylviculture en futaie régulière ayant pour essence objectif le Pin laricio.

Nous avons retenu des peuplements arrivant au stade de la première éclaircie (telle que pratiquée actuellement par l'ONF). En effet, de tout le cycle de production d'une génération de Pin laricio (60 à 90 ans), c'est le moment le plus critique d'un point de vue écologique et paysager. Ces peuplements sont alors particulièrement fermés en raison de la faible mortalité naturelle et de la hauteur modérée des arbres (7 à 11 m). Les houppiers sont fortement enchevêtrés, la lumière qui arrive au sol est faible, ce qui freine le développement de la végétation d'accompagnement.

## **LE CONTEXTE STATIONNEL : LES SABLES ACIDES DE L'ORLÉANAIS**

Les observations effectuées pour notre travail étant particulièrement lourdes, nous avons dû restreindre les facteurs de variation stationnelle. De plus, nous avons préféré nous intéresser à des milieux sur lesquels le Pin laricio est bien représenté. La région naturelle retenue est l'Orléanais et fait partie du secteur ligérien. Les 4 parcelles étudiées en 1997 s'inscrivent dans un cercle de 4,5 km de rayon dans la partie ouest du massif de Lorris, en forêt domaniale d'Orléans (parcelles n<sup>os</sup> 450, 519, 528 et 602).

Le climat local est de type océanique altéré, les précipitations atteignent 705 mm à Combrey et la température moyenne annuelle est de 10,5 °C à Orléans (Direction de la Météorologie nationale, 1983 et 1986). La formation géologique dominante appartient au Burdigalien supérieur (BRGM, 1984) ; appelée plus communément "sables et argiles de Sologne", elle est à l'origine de sols sableux acides sur argiles, fréquemment hydromorphes. Dans ce contexte stationnel difficile, la production de bois d'œuvre de qualité est parfois aléatoire avec des essences feuillues, ce qui explique l'utilisation massive des pins, et notamment du Pin laricio depuis quelques décennies, aussi bien en forêt domaniale que privée.

## **CARACTÉRISER AVANT DE RELIER LA STATION, LE PEUPEMENT ET LA VÉGÉTATION D'ACCOMPAGNEMENT**

Notre étude consiste à analyser les liens entre la station forestière et le peuplement de Pin laricio d'une part, et la végétation d'accompagnement d'autre part.

- La **station forestière** a été caractérisée en utilisant la clé autécologique du Pin laricio dans le secteur ligérien (Gilbert *et al.*, 1996). La typologie étant définie par avance, notre démarche correspond par conséquent à une étude de potentialités des stations suivant une approche typologique *a priori* (Gilbert, 1996). Nous avons préféré utiliser la clé autécologique plutôt que le catalogue des stations forestières de l'Orléanais (Brêthes, 1993), car elle s'intéresse directement

aux potentialités du Pin laricio, en ciblant essentiellement les facteurs limitants pour la croissance de cette essence. Cependant, nous avons essayé d'établir *a posteriori* une correspondance entre les types de la clé autécologique et ceux du catalogue des stations pour les milieux concernés par l'étude. Pour cela, et afin de clarifier l'exposé, nous avons employé le terme "type de milieu" pour les types de la clé autécologique et réservé le terme "type de stations" à ceux issus du catalogue des stations.

Trois types de milieux ont été retenus : il s'agit des types les plus représentés dans les parcelles et se répétant suffisamment d'une parcelle à l'autre. Définis à l'échelle du secteur ligérien pour le Pin laricio, ces types sont décrits dans le tableau I (ci-dessous) et leur physionomie est illustrée par les photographies 1 à 5 (pp. 154-155). Nous constatons que la gamme stationnelle est restreinte : dans tous les cas, nous sommes sur des sols sableux et acides. Les différences stationnelles s'expriment par :

- l'hydromorphie, proche de la surface pour le type S<sub>1</sub>,
- le niveau trophique, avec des variations du taux de saturation et la présence ou l'absence d'une flore acidiphile stricte : S<sub>8</sub> est plus pauvre que S<sub>1</sub>, qui est lui-même plus pauvre que S<sub>13</sub>.

Si ces différences paraissent minimes, elles influencent pourtant la croissance du Pin laricio et conduisent même à proscrire son utilisation sur S<sub>1</sub>, et à la limiter sur S<sub>8</sub>. Par rapport à cette typologie, nous avons retenu deux faciès assez tranchés pour le type S<sub>13</sub> dans notre échantillonnage : S<sub>13</sub>N avec Fougère aigle peu abondante ou absente (couvert inférieur à 5 %), S<sub>13</sub>F avec Fougère aigle abondante (couvert supérieur à 50 %). Les situations intermédiaires sont

**TABLEAU I Critères distinctifs à l'échelle du secteur ligérien pour les 3 types de milieux échantillonnés dans l'Orléanais (Gilbert *et al.*, 1995)**

Types de milieux	S <sub>1</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>13</sub>
Texture de surface . . . . .	Sables <sup>(1)</sup>	Sables <sup>(1)</sup>	Sables <sup>(1)</sup>
Profondeur Argiles <sup>(2)</sup> (cm) . . . . .	> 30 cm	> 55 cm	> 30 cm
Profondeur hydromorphie marquée <sup>(3)</sup> (cm) . . . . .	10 à 30 cm	> 30 cm	> 30 cm
Flore indicatrice . . . . .	Acidiphiles strictes	Acidiphiles strictes	Acidiphiles
pH horizon organo-minéral <sup>(4)</sup> . . . . .	4,1	4,0	4,1
S/T horizon organo-minéral <sup>(5)</sup> (%) . . . . .	23	24	33
pH 1 <sup>er</sup> horizon minéral <sup>(4)</sup> . . . . .	4,6	4,5	4,5
S/T 1 <sup>er</sup> horizon minéral <sup>(5)</sup> (%) . . . . .	13	6	11
Ho <sub>30</sub> <sup>(6)</sup> du Pin laricio (m) . . . . .	11,8	13,3	15,1
État sanitaire du Pin laricio . . . . .	Bon	Acceptable	Bon
Utilisation du Pin laricio . . . . .	À proscrire	Limite	Possible

(1) Sables: textures S, SL, SA.

(2) Argiles: textures AS, AL, A, Alo, selon le triangle de Jamagne *et al.* (1977).

(3) Hydromorphie marquée: au moins 20% de taches rouilles et décoloration nette supérieure ou égale à 10 %.

(4) pH Eau.

(5) S/T: taux de saturation avec dosage des cations au pH du sol.

(6) Ho<sub>30</sub>: hauteur dominante à 30 ans depuis la graine.

assez rares et n'ont pas été intégrées dans l'échantillonnage. Nous considérerons par la suite S13N et S13F comme deux types de milieux échantillonnés séparément.

L'échantillonnage a consisté à rechercher dans chaque parcelle des zones homogènes, à la fois du point de vue du peuplement et de la station, en excluant les éléments de perturbation tels que les lisières, les chemins et les fossés. Nous avons réalisé 5 répétitions par type de milieu, en les répartissant du mieux possible entre les parcelles afin de moyenniser un éventuel effet "parcelle".

• Le **peuplement de Pin laricio** a été caractérisé par des mesures dendrométriques classiquement utilisées en sylviculture. Pour chaque placette, nous avons réalisé les observations suivantes :

- mesure en hauteur des 1<sup>er</sup>, 3<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> plus gros Pin laricio sur une surface circulaire de 6 ares (Duplat, 1989). La moyenne des trois valeurs donne une estimation non biaisée de la hauteur dominante (Ho) du peuplement (Ho : hauteur moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare) ;
- comptage des verticilles de branches sur le tronc, du sommet de l'arbre jusqu'à une hauteur de 0,30 m, sur le même échantillon que pour les mesures de hauteur.



**PHOTO 1** Type de milieu S1 : sol hydromorphe et acide avec abondance marquée de Molinie. Le peuplement est très clair et hétérogène, avec un fort accompagnement de bois blancs dans l'étage dominant

Photos R. CHEVALIER – CEMAGREF



**PHOTO 2** Type de milieu S8 : sol très acide avec abondance de la Callune. Le peuplement est clair et assez hétérogène, avec un accompagnement ligneux limité au sous-étage et à l'étage dominé

**Photo 3** Type de milieux S13N : sol acide. Le peuplement de Pin laricio est homogène et présente une bonne croissance. L'accompagnement ligneux est assez abondant dans tous les étages, avec une forte proportion de Chêne



**Photo 4** Pour le type de milieux S13N, les feuillus de l'étage dominant ont un facteur d'élanement élevé et peuvent se courber suite à la première éclaircie



Photos R. CHEVALIER – CEMAGREF

**Photo 5** Type de milieux S13F : sol acide avec tapis continu de Fougère aigle. Le peuplement de Pin laricio est homogène et présente une bonne croissance. L'accompagnement ligneux est très faible



La moyenne de ces trois valeurs, à laquelle on ajoute 4 ans par défaut, donne une bonne estimation de l'âge du peuplement depuis la graine. L'âge moyen des placettes varie de 20 à 24 ans. La hauteur dominante et l'âge depuis la graine permettent, en utilisant un modèle de croissance en hauteur en fonction de l'âge, de calculer un indice de fertilité (Gilbert et Chevalier, 1994) : la hauteur dominante atteinte à un âge de 30 ans depuis la graine (Ho30). Cet âge est volontairement le même que celui retenu pour l'étude autécologique dans le secteur ligérien ;

— inventaire de tous les Pins laricio inclus dans une surface carrée de 4 ares, avec mesure du diamètre à 1,30 m et notation de l'appartenance à un étage de hauteur de la végétation :

- étage dominant : hauteur  $> 2/3 H_o$ ,
- étage dominé :  $1/2 H_o < \text{hauteur} \leq 2/3 H_o$ ,
- sous-étage : hauteur  $\leq 1/2 H_o$ .

L'ensemble de ces mesures permet de calculer le taux de survie (nb vivants / nb plantés initialement), la surface terrière (somme des surfaces des sections des arbres à une hauteur de 1,30 m), ainsi qu'un indice de structure verticale (nb pins de l'étage dominant / nb pins vivants).

• La **végétation d'accompagnement spontanée** a été caractérisée suivant deux approches. Tout d'abord, un inventaire de la végétation incluant les phanérogames, les bryophytes — terricoles et humicoles — et les ptéridophytes a été réalisé en utilisant les coefficients d'abondance-dominance-CAD (voir encadré 1, p. 157). Chaque relevé porte sur une surface carrée de 4 ares ; il est réalisé par une personne et dure environ une demi-heure. Comme pour le Pin laricio, trois étages de hauteur sont distingués pour les arbres forestiers (susceptibles de produire du bois d'œuvre). Ces données permettent, entre autres, d'étudier la composition de la végétation et de calculer des indices de diversité : richesse spécifique, indice de Shannon, indice de Simpson (voir encadré 2, p. 159). Pour cela, les CAD ont été transformés en affectant à chaque note le recouvrement moyen de la classe du coefficient : + = 0,1 % ; 1 = 2,5 % ; 2 = 15 % ; 3 = 37,5 % ; 4 = 62,5 % ; 5 = 87,5 %.

Nous avons ensuite réalisé sur la même surface une caractérisation plus fine des espèces d'arbres de l'étage dominant (comptage de tiges, mesures de diamètres à 1,30 m) afin de mieux quantifier l'importance et l'avenir du mélange des essences dans cet étage.

## DISCRIMINER LES TYPES DE MILIEUX

Nous avons utilisé l'analyse de variance suivie de tests de comparaisons multiples de moyennes (test de Tukey) pour discriminer les types de milieux. Nous nous sommes assurés au préalable de la bonne homogénéité des variances (tests de Cochran et de Bartlett).

Les tableaux II, III et IV synthétisent les résultats des liaisons par type de milieux pour les différents paramètres étudiés : ils donnent les seuils de signification (TS : significatif au seuil de 1 %, S : significatif au seuil de 5 %, NS : non significatif) ainsi que les groupes homogènes, issus des comparaisons multiples de moyenne.

## VALIDATION DE LA PRÉDICTION DE CROISSANCE EN HAUTEUR

La première analyse concerne la relation entre types de milieux et indice de fertilité : les prédictions de productivité obtenues à l'échelle de deux régions administratives restent-elles valides à l'échelle du massif forestier ? Le tableau II (p. 157) compare pour chacun des types de milieux initiaux l'indice Ho30 obtenu à l'échelle du secteur ligérien avec l'indice Ho30 obtenu dans l'Orléanais.

## ENCADRÉ 1

COEFFICIENTS D'ABONDANCE-DOMINANCE (CAD)  
(Delpech *et al.*, 1985)

- + : individus très peu abondants, recouvrement inférieur à 5 %
- 1 : individus peu abondants à abondants, recouvrement inférieur à 5 %
- 2 : individus abondants à très abondants, recouvrement de 5 à 25 %
- 3 : individus en nombre variable, recouvrement de 25 à 50 %
- 4 : individus en nombre variable, recouvrement de 50 à 75 %
- 5 : individus en nombre variable, recouvrement supérieur à 75 %

TABLEAU II Fertilité du Pin laricio, observée dans le secteur ligérien, comparée à celle observée dans l'Orléanais

Types de milieux	S1	S8	S13
Ho30 <sup>(a)</sup> Secteur ligérien (m) . . . . .	11,8	13,3	15,1
TS . . . . .	a	b	c
Ho30 <sup>(a)</sup> Orléanais (m) . . . . .	10,5	12,6	14,4
TS . . . . .	a	b	c
Ho30 Orléanais / Ho30 Secteur ligérien (%) . . . . .	89	95	95

TS: significatif au seuil de 1 %.

(a) Ho30: hauteur dominante à 30 ans depuis la graine.

Il est rassurant d'observer le même classement des types dans les deux cas, en conservant les mêmes différences significatives. Cependant les valeurs de Ho30 de l'échantillon de l'Orléanais sont toujours légèrement inférieures à celles prédites pour l'ensemble du secteur ligérien. Ce léger décalage peut être dû à un effet "région naturelle" : des tendances générales semblent aller dans ce sens pour l'échantillon du secteur ligérien de l'étude autécologique (Gilbert *et al.*, 1996). Mais il peut aussi être lié à l'effet négatif des sécheresses successives de 1989 à 1992, puisque l'indice de fertilité a été calculé sur les très jeunes peuplements de l'Orléanais (20 à 24 ans depuis la graine).

Confortés par la validité de la prédiction de Ho30 suite à un changement d'échelle géographique, nous pouvons maintenant nous intéresser aux autres caractéristiques des jeunes peuplements de Pin laricio.

### LIAISONS ENTRE LES TYPES DE MILIEUX ET LES CARACTÉRISTIQUES DU PEUPEMENT DE PIN LARICIO (tableau III, p. 158)

Dès que le gestionnaire réalise une plantation, sa première préoccupation est d'assurer la survie des plants. Le taux de survie est d'environ 80 % pour tous les types de milieux à l'exception de S1 où, avec seulement 42 %, nous approchons de l'échec. Toutes les parcelles ayant été plantées à une densité proche de 2 500 tiges par hectare, nous retrouvons les mêmes ordres de grandeur pour la densité des arbres vivants (N). Le diamètre de l'arbre moyen à un âge donné (Dg, ramené ici à 22 ans) dépend de la fertilité de la station et de la concurrence entre les arbres.

En l'absence d'éclaircie, il nous permet de distinguer les bonnes conditions de croissance (S13N et S13F) des conditions plutôt défavorables (S1 et S8). La surface terrière (G, également ramenée



**TABEAU III Caractéristiques du peuplement de Pin laricio par types de milieux**

Types de milieux	S1	S8	S13N	S13F
Répartition spatiale .....	Taches	Étendu	Étendu	Moyen
Ho22 <sup>(1)</sup> (m) .....	7,2	8,6	9,4	10,4
TS .....	<b>a</b>	<b>a/b</b>	<b>b/c</b>	<b>c</b>
Ho30 <sup>(2)</sup> (m) .....	10,5	12,6	13,8	15,0
TS .....	<b>a</b>	<b>a/b</b>	<b>b/c</b>	<b>c</b>
Survie <sup>(3)</sup> (%) .....	42	78	80	81
TS .....	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>
N <sup>(4)</sup> (/ha) .....	1030	1970	2030	2130
TS .....	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>
Dg 22 ans <sup>(5)</sup> (cm) .....	8,3	9,4	12,8	13,4
TS .....	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>b</b>
G 22 ans <sup>(6)</sup> (m <sup>2</sup> ) .....	5,6	13,7	26,1	30,0
TS .....	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>c</b>
Ind. structure <sup>(7)</sup> (%) .....	55	70	90	94
TS .....	<b>a</b>	<b>a/b</b>	<b>b/c</b>	<b>c</b>

TS: significatif au seuil de 1 %.

(1) Ho22: hauteur dominante à 22 ans depuis la graine.

(2) Ho30: hauteur dominante à 30 ans depuis la graine.

(3) Survie: nb vivants/nb plantés.

(4) N: nombre d'arbres vivants à l'hectare.

(5) Dg 22 ans: diamètre à 1,30 m de l'arbre de surface terrière moyenne à 22 ans depuis la graine.

(6) G 22 ans: surface terrière à 22 ans depuis la graine.

(7) Ind. structure: indice de structure verticale (nb pins étage dominant/nb pins vivants).

à 22 ans), qui est fonction de la densité et de la grosseur des arbres, nous permet de très bien discriminer S1 de S8, et S8 du groupe S13N-S13F.

Enfin, la structure verticale est une caractéristique importante, même pour un peuplement dit régulier et monospécifique, car elle conditionne la concurrence de proximité entre les arbres. Pour la quantifier, nous avons retenu comme indice le rapport entre le nombre de Pins laricio de l'étage dominant et le nombre total de Pins laricio vivants. Cet indice est d'autant plus faible que le peuplement est étagé. Il met en évidence l'étagement prononcé des Pins laricio dans le type S1 et le très faible étagement pour les types S13N et surtout S13F.

L'analyse des résultats renforce le classement des types de milieux établi sur la base de l'indice de fertilité (Ho30). Quel que soit le critère retenu (Ho, survie, Dg, G, indice de structure), les peuplements de Pin laricio posent des problèmes pour le type de milieux S1, alors qu'à l'inverse ils sont bien installés sur S13N et S13F.

Les écarts entre S13N et S13F sont faibles et légèrement en faveur de S13F. En raison de l'absence de différences significatives, il n'est pas opportun de distinguer ces deux variantes au regard du comportement du Pin laricio.

Nous avons jusqu'à présent décrit le peuplement forestier sur des critères liés uniquement au Pin laricio. Élargissons à présent notre analyse à la végétation d'accompagnement, dont la capacité d'installation et de développement devrait être sous la double dépendance du type de milieux et du peuplement de Pin.

## ENCADRÉ 2

## QUELQUES INDICES DE BIODIVERSITÉ

**1. Indices basés sur la richesse spécifique (Vanpeene-Bruhier *et al.*, 1998)**

- la richesse locale : moyenne du nombre d'espèces par relevé (ici par type de milieu),
- la richesse globale : nombre d'espèces différentes présentes au moins une fois dans un groupe de relevés. Nous distinguerons la richesse globale par type de milieu, de la richesse globale totale de l'ensemble des relevés,
- la richesse originale : nombre d'espèces présentes uniquement dans un type (ici type de milieu),
- le fond commun : le nombre d'espèces présentes dans tous les types (ici types de milieu).

**2. Indices qui intègrent la richesse spécifique et l'abondance : indices de diversité**

Rappelons que la diversité d'une communauté évaluée par les indices classiques de diversité est le fruit de deux attributs : le nombre de constituants qui la composent (ici, le nombre d'espèces ou richesse spécifique) et la répartition de l'abondance parmi ces constituants. Toutes choses égales par ailleurs, il est admis qu'une communauté est d'autant plus diversifiée qu'elle contient davantage d'espèces et que l'abondance entre les espèces est répartie de manière "équilibrée".

- Indice de Shannon

Il quantifie l'incertitude que la répartition de l'abondance parmi les différentes espèces nous donne pour déterminer l'espèce d'un individu tiré au sort dans la communauté (avec comme distribution de probabilité la distribution de l'abondance relative des différentes espèces ; cf. Peet, 1974) Il vaut :

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \log(p_i),$$

où  $p_i$  est l'abondance relative de la  $i$ -ème espèce parmi les  $S$  espèces du relevé.

- Indice de Simpson

Il mesure quant à lui la probabilité que deux "individus" choisis au hasard dans la communauté soient de deux espèces différentes et quantifie ainsi une autre sorte de diversité. Il vaut :

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2,$$

avec les mêmes notations que ci-dessus.

**3. Indice censé dépendre uniquement de la répartition de l'abondance : indice d'équitabilité de Shannon**

Puisque le maximum de diversité de Shannon avec un nombre d'espèces  $S$  constant est le logarithme de  $S$ , on estime l'"équitabilité" de la communauté par la méthode de Shannon par  $E = \frac{H}{\log(S)}$ .

Cet indice est d'autant plus fort que la communauté est plus proche d'une distribution uniforme de l'abondance entre espèces. Cet indice varie donc entre 0 et 1, et constitue en quelque sorte un indice de Shannon normalisé.

## LIAISONS ENTRE LES TYPES DE MILIEUX ET LA VÉGÉTATION D'ACCOMPAGNEMENT

Nous avons étudié l'ensemble des espèces végétales rencontrées, en excluant le Pin laricio en raison de son introduction de main d'homme. Nous avons utilisé plusieurs indices classiques de diversité, présentés dans l'encadré 2 (p. 159). Nous pouvons distinguer des indices basés uniquement sur le nombre d'espèces présentes (richesse spécifique), des indices qui intègrent à la fois la richesse spécifique et l'abondance des espèces (indices de diversité de Shannon et de Simpson), enfin un indice censé ne dépendre que de la répartition de l'abondance des espèces dans la communauté (indice d'équitabilité de Shannon). L'ensemble des résultats concernant ces indices de diversité figure dans le tableau IV (p. 162).

### Une forte influence du type de milieux sur la diversité végétale (tableau IV)

La richesse spécifique globale de nos 20 placettes de 400 m<sup>2</sup> est faible (68 espèces) ; elle peut s'expliquer par la pauvreté des sols rencontrés, la fermeture des peuplements et peut-être une certaine uniformisation de la végétation due à l'artificialisation. La richesse globale de chaque type oscille entre 23 et 50 espèces, alors que la richesse locale varie de 15 à 26. Le fond commun aux 4 types s'élève à 14 espèces alors que la richesse originale varie entre 1 et 13 suivant les types de milieux. Nous n'avons pas rencontré d'habitats ni d'espèces à forte valeur patrimoniale.

La comparaison des indices de richesse spécifique par type de milieux permet de mettre en évidence la forte richesse du type S1, opposée à la pauvreté de S8, alors que S13N et S13F occupent une situation intermédiaire. Par ailleurs, S13F se distingue par une richesse originale presque nulle, signe d'une banalisation de la végétation.

Les indices de Shannon et Simpson différencient significativement la forte diversité de S1 de celle plus faible de S13F, notamment en raison du caractère exclusif de la Fougère aigle pour ce dernier type. Globalement, la diversité des relevés vue par l'indice de Shannon semble être plutôt faible [variation entre 1,7 et 2,2 pour des variations habituellement comprises entre 1,5 et 3,5 selon Magurran (1988)].

Les tests de comparaisons multiples de moyenne de Tukey sur l'indice d'équitabilité de Shannon ne nous permettent pas de distinguer de manière significative les 4 types de milieux, mais les types S13N et S13F montrent une équitabilité un peu plus faible que S1 et S8.

Ces trois derniers indices peuvent être représentés simultanément sur un même graphe. On retrouve sur la figure I (p. 161) les résultats énoncés précédemment :

- la relative homogénéité des placettes du type de milieux S1 vis-à-vis de ces trois quantités : forte richesse spécifique, forte diversité, forte équitabilité ;
- une certaine homogénéité des placettes du type S8 : faible richesse spécifique, diversité moyenne, forte équitabilité ;
- et une forte hétérogénéité des placettes du type S13F et surtout du type S13N, avec globalement une équitabilité un peu plus faible que pour les deux autres types.

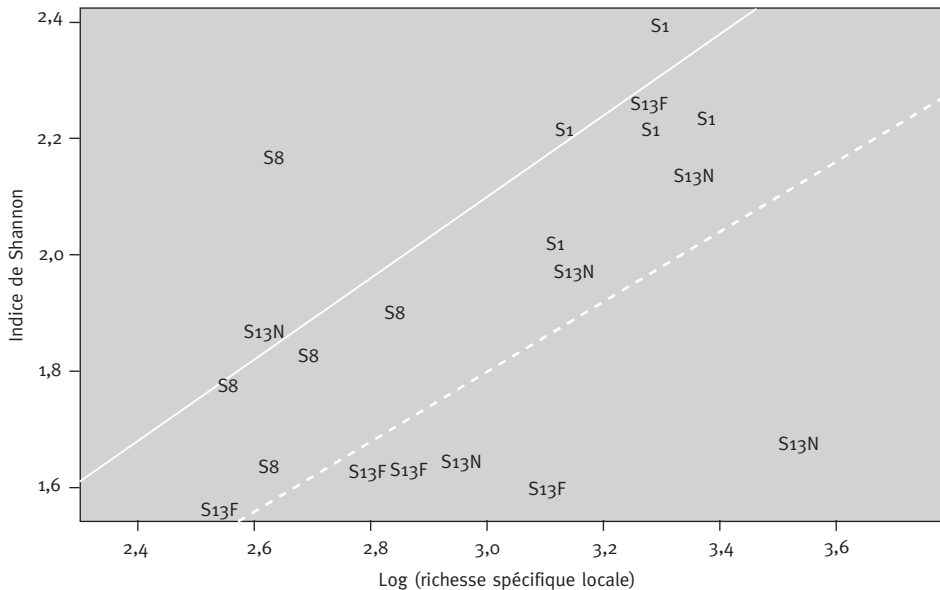
### Un effet du type de milieux sur le potentiel d'installation et de développement des espèces ligneuses accompagnatrices (tableau IV)

Intéressons-nous maintenant à la richesse locale en espèces ligneuses, en suivant la classification de la *Flore forestière française* (Rameau *et al.*, 1989). Les tendances sont les mêmes que pour l'ensemble des espèces, avec S1 qui se différencie significativement des autres types.

FIGURE 1

**REPRÉSENTATION, SELON LIU (1995), DE LA POSITION  
DE CHACUNE DES 20 PLACETTES**

En abscisse la richesse spécifique totale locale (en échelle logarithmique)  
et en ordonnée l'indice de diversité de Shannon.  
L'indice d'équitabilité de Shannon est égal à la pente de la droite reliant le point à l'origine ;  
il peut être jaugé dans ce graphe grâce à la distance du point aux droites  
d'équitabilité 0,7 (trait plein) et d'équitabilité 0,6 (pointillés)



Les espèces d'arbres susceptibles de fournir du bois d'œuvre intéressent au plus haut point le forestier car les pratiques sylvicoles peuvent les favoriser ou les réduire, et cela d'autant plus que l'on monte dans les étages du peuplement.

La richesse locale des arbres (hors Pin laricio), tous étages confondus, reflète leur potentiel d'installation spontanée suivant les types de milieux et sous couvert du peuplement de Pin laricio. Cette richesse locale est modérée (4 à 6 espèces) en raison de la pauvreté des sols mais suffisante dans tous les cas pour envisager un mélange avec le Pin laricio.

Il ne suffit pas que les arbres s'installent, il faut ensuite qu'ils se développent en hauteur afin de structurer l'étagement du peuplement forestier. Dans l'étage dominé, on ne recherche pas un objectif de production de bois d'œuvre, mais principalement un rôle écologique et une fonction de gainage des pins (de façon à améliorer la qualité du tronc). La présence d'un étage dominé n'est donc pas préjudiciable au bon développement des pins, mais constitue au contraire un facteur d'amélioration qualitative de la production et donc de la valeur marchande des bois. La richesse locale en arbres dans l'étage dominé accuse une diminution par rapport à la richesse locale tous étages confondus (2 à 4 espèces) sans différences significatives entre les types de milieux. Cela montre l'effet négatif des contraintes pédologiques, qui permettent l'installation de certaines espèces dans le sous-étage mais limitent leur développement, même dans l'étage dominé (Charme, Alisier torminal).

Concernant le potentiel de développement dans l'étage dominant, c'est-à-dire pour des espèces ayant un régime de croissance en hauteur proche de celui du Pin laricio, la richesse locale chute encore légèrement et permet de discriminer la richesse élevée de S13N par rapport à S8 et S13F.

Vis-à-vis de ce dernier indice, S1 occupe une place intermédiaire, alors que ce type possède les meilleurs indices de diversité toutes espèces confondues (richesses globale, locale, originale, indices de Shannon et Simpson).

**TABLEAU IV Diversité de la végétation d'accompagnement par types de milieux**

Types de milieux	S1	S8	S13N	S13F
Richesse globale toutes espèces . .	50	23	49	35
Richesse locale toutes espèces . . . <b>S</b> . . . . .	25,6 <b>a</b>	14,6 <b>b</b>	23,8 <b>a/b</b>	19,2 <b>a/b</b>
Richesse originale toutes espèces . .	13	1	8	1
Indice de Shannon toutes espèces . . <b>S</b> . . . . .	2,23 <b>a</b>	1,88 <b>a/b</b>	1,87 <b>a/b</b>	1,74 <b>b</b>
Indice de Simpson toutes espèces . . <b>S</b> . . . . .	0,85 <b>a</b>	0,79 <b>a/b</b>	0,76 <b>a/b</b>	0,75 <b>b</b>
Indice d'équitabilité de Shannon . . <b>NS</b> . . . . .	0,69 <b>a</b>	0,70 <b>a</b>	0,60 <b>a</b>	0,60 <b>a</b>
Richesse locale ligneux . . . . . <b>TS</b> . . . . .	15,4 <b>a</b>	7,8 <b>b</b>	11,4 <b>b</b>	8,8 <b>b</b>
Richesse locale arbres, tous étages <b>NS</b> . . . . .	6,2 <b>a</b>	4,4 <b>a</b>	5,6 <b>a</b>	3,8 <b>a</b>
Richesse locale arbres, étage dominé <b>NS</b> . . . . .	3,2 <b>a</b>	2,4 <b>a</b>	4,0 <b>a</b>	1,8 <b>a</b>
Richesse locale arbres, étage dominant . . . . . <b>TS</b> . . . . .	2,6 <b>a/b</b>	1,8 <b>a</b>	3,6 <b>b</b>	1,4 <b>a</b>
Espèces d'arbres dans l'étage dominant (importance décroissante) . . . . .	<b>Bouleau verruqueux Pin sylvestre</b> Tremble (Chêne sessile) (Chêne pédonculé)	<b>Pin sylvestre</b> (Bouleau verruqueux) (Chêne pédonculé)	<b>Bouleau verruqueux Chêne sessile Chêne pédonculé</b> Pin sylvestre Châtaignier	(Bouleau verruqueux) (Pin sylvestre) (Chêne pédonculé)
Richesse locale, arbres feuillus, étage dominant . . . . . <b>TS</b> . . . . .	1,8 <b>a/b</b>	0,8 <b>b</b>	2,8 <b>a</b>	0,8 <b>b</b>
Richesse locale, arbres feuillus étage dominant avec CAD ≥ 1 . . . . <b>TS</b> . . . . .	1,6 <b>a</b>	0 <b>b</b>	2,0 <b>a</b>	0 <b>b</b>

TS: significatif au seuil de 1 %.

S: significatif au seuil de 5%.

NS: non significatif au seuil de 5%.

### **Une abondance minimale est nécessaire pour donner un rôle fonctionnel au mélange**

Concernant la composition en espèces de l'étage dominant, on constate de fortes différences suivant les types de milieux, et la bonne place du Pin sylvestre dans tous les types. Or, le gestionnaire ne souhaite pas diversifier un peuplement de Pin laricio avec du Pin sylvestre, mais préfère favoriser les essences feuillues. La richesse locale des essences feuillues dans l'étage dominant oscille entre 1 et 3 espèces suivant les types de milieux. Cependant, si la présence constitue un premier niveau d'approche de la diversité, une abondance minimale est nécessaire pour donner un rôle fonctionnel au mélange. En n'incluant que les espèces suffisamment représentées à l'échelle de la placette ( $CAD \geq 1$ ), on constate que l'accompagnement feuillu de l'étage dominant devient inexistant pour S8 et S13F ; il est essentiellement composé de bois blancs (Bouleau et Tremble) pour S1, et d'un mélange de Bouleau et d'essences précieuses (Chênes, Châtaignier) pour S13N.

### **Des découpages stationnels supplémentaires sont nécessaires pour prendre en compte le potentiel de la végétation d'accompagnement**

Ces différents résultats montrent que la clé autécologique du Pin laricio sur le secteur ligérien conserve une certaine pertinence pour prédire le potentiel d'installation et de développement de la végétation d'accompagnement dans les jeunes peuplements de Pin laricio. Cette typologie n'est cependant pas toujours discriminante : des découpages supplémentaires s'imposent pour certains types de milieux, comme nous avons dû le faire pour S13.

## **AVENIR DE LA VÉGÉTATION D'ACCOMPAGNEMENT DANS LES DIFFÉRENTS ÉTAGES**

Si le constat de la présence d'un accompagnement ligneux dans les jeunes peuplements de Pin laricio est aisé à réaliser, il est plus délicat de porter un avis sur son avenir et sa durabilité.

- Le **sous-étage** semble pouvoir se pérenniser car, une fois la première éclaircie réalisée, l'ouverture du peuplement favorisera son développement. Les éclaircies suivantes sont assez rapprochées et les houppiers des pins suffisamment aérés pour maintenir des conditions favorables. En règle générale, les peuplements de Pin laricio à antécédent forestier qui ont subi deux éclaircies présentent un sous-étage conséquent à base d'essences feuillues, sans qu'il paraisse nécessaire d'appliquer une sylviculture particulière (Chevalier, observation personnelle).
- Le même raisonnement pourrait être mené pour l'**étage dominé**, à condition de ne pas recéper les feuillus à l'occasion de chaque éclaircie, comme cela se fait encore trop souvent. Cependant, pour pouvoir remplir son rôle cultural, cet étage ne devra pas apparaître trop tardivement, ce qui est à craindre pour S13F.
- Pour l'accompagnement dans l'**étage dominant**, les choses sont plus complexes car, si le développement en hauteur des arbres est peu affecté par la concurrence, le développement latéral est contrarié. Le forestier a un rôle actif à jouer sur l'avenir de cet accompagnement en modulant la nature et la périodicité des éclaircies.

Maintenir des feuillus dans l'étage dominant d'un peuplement de Pin laricio nécessite d'éviter un fort élancement des troncs pour rendre stables ces arbres d'accompagnement et leur permettre d'atteindre des dimensions marchandes suffisantes. Un tel objectif permet de compenser en partie le sacrifice consenti sur la production de Pin. Avec un traitement en futaie régulière, cette dernière condition est parfois difficile à satisfaire lorsque la durée du cycle de production de l'es-

sence d'accompagnement est plus longue que celle du Pin laricio (cas du Chêne sessile par exemple).

Nous pouvons à présent donner des conseils de gestion par type de milieux afin de favoriser le mélange d'essences, tout en restant dans le cadre déjà défini d'une gestion en futaie régulière. Le mélange dans le sous-étage et l'étage dominé ne posant pas trop de problèmes, nous nous intéresserons principalement à l'étage dominant.

Les caractéristiques dendrométriques de l'accompagnement dans l'étage dominant figurent dans le tableau V (ci-dessous). En raison de fortes variations de composition et d'effectifs suivant les placettes, nous avons globalisé les chiffres par type de milieux sans effectuer de tests statistiques.

**TABEAU V Caractéristiques dendrométriques moyennes des arbres dans l'étage dominant par types de milieux**

Types de milieux		S1	S8	S13N	S13F
Pin laricio	Ho <sup>(1)</sup> (m)	7,1	8,6	9,4	10,8
	ND. <sup>(2)</sup>	565	1380	1820	2005
	Dg D. <sup>(3)</sup> (cm)	10,4	10,5	13,4	14,3
	H/Dg D. <sup>(4)</sup> (%)	57	68	58	63
Pin sylvestre	ND.	335	260	55	20
	Dg D. (cm)	9,8	8,4	–	–
	H/Dg D. (%)	60	85	–	–
Bouleau verruqueux	ND.	615	15	500	25
	Dg D. (cm)	4,4	–	3,7	–
	H/Dg D. (%)	134	–	211	–
Chêne sessile	ND.	40	0	320	0
	Dg D. (cm)	–	–	4,5	–
	H/Dg D. (%)	–	–	173	–
Chêne pédonculé	ND.	25	5	305	5
	Dg D. (cm)	–	–	5,0	–
	H/Dg D. (%)	–	–	156	–
Tremble	ND.	50	0	0	0
Châtaignier	ND.	0	0	50	0

(1) Ho: hauteur dominante.

(2) ND.: nombre d'arbres vivants, dans l'étage dominant, à l'hectare.

(3) Dg D.: diamètre à 1,30 m de l'arbre de surface terrière moyenne, de l'étage dominant.

(4) H/Dg D.: facteur d'élancement: rapport hauteur/diamètre de l'arbre moyen de l'étage dominant (avec H = Ho Pin laricio x 0,83).

Ces données constituent seulement des références qui nous aident à raisonner les pratiques sylvicoles pour favoriser l'installation et la durabilité du mélange des essences forestières.

### **S1 : gérer des peuplements mélangés de Pin laricio, de Bouleau et de Pin sylvestre**

Les mauvaises performances du Pin laricio, non seulement en croissance mais aussi en survie, confirment son inadaptation à ce type de milieu, qui conviendrait vraisemblablement mieux au Pin sylvestre.

Cependant, même si ce type de milieu est assez fréquent, il n'occupe que de faibles superficies au sein des parcelles étudiées (taches de quelques dizaines d'ares) ; il peut ou a pu être reboisé au sein de parcelles étendues dont la majorité de la surface convient au Pin laricio.

Dans ce cas, la diversité végétale du peuplement est satisfaisante compte tenu des fortes contraintes pédologiques (engorgement + acidité). Le Bouleau et le Pin sylvestre sont bien représentés dans l'étage dominant et ont des facteurs d'élancement (H/D) acceptables en raison de l'ouverture et de la forte structuration verticale du peuplement. Il n'est pas nécessaire de procéder à un dépressage précoce, nous conseillons tout au plus un dépressage léger et localisé pour favoriser quelques feuillus prometteurs et d'attendre une hauteur dominante de 11 à 13 m pour réaliser la première éclaircie. Il conviendra par la suite de gérer un peuplement mélangé de Pin laricio, de Bouleau et de Pin sylvestre.

### **S8 : un sol trop contraignant pour envisager un mélange feuillu dans l'étage dominant**

Sur ce type de milieu, les performances du Pin laricio sont très moyennes. Cependant, en dépit des fortes contraintes stationnelles (sol très acide et sec), le Pin laricio reste une essence intéressante et présente une forme du tronc remarquable.

Par ailleurs, il est très difficile d'obtenir des essences feuillues d'accompagnement dans l'étage dominant, ce qui n'empêche pas de leur faire jouer leur plein rôle dans l'étage dominé.

En raison d'une certaine structuration verticale, de la faible productivité de la station et de l'absence de feuillus dans l'étage dominant, il suffit d'attendre que le peuplement atteigne une hauteur d'environ 10-11 m pour effectuer la première éclaircie, ce qui correspond aux pratiques actuelles de l'Office national des Forêts pour le Pin laricio en forêt d'Orléans.

### **S13N : dépresser impérativement pour favoriser les essences feuillues**

Le Pin laricio est parfaitement adapté à ce type de milieu et montre une production soutenue. Le potentiel d'installation de la végétation d'accompagnement est élevé mais son développement est fortement gêné par la concurrence des Pins. Des Chênes, des Bouleaux, parfois des Châtaigniers sont présents dans l'étage dominant, mais leur facteur d'élancement est tel qu'ils risquent fort de se courber suite à la première éclaircie.

Il est impératif d'ouvrir le peuplement beaucoup plus tôt, pour favoriser le développement latéral des feuillus. Nous conseillons de réaliser un dépressage avec abandon des produits, lorsque le peuplement atteint une hauteur dominante de 6-7 m, soit en créant des "trouées à feuillus", soit en plein avec une forte réduction de la densité des Pins (Chevalier, 1991). Une telle opération peut constituer le point de départ d'une sylviculture intensive du Pin laricio, qui aura l'avantage de favoriser durablement l'accompagnement ligneux.



### **S13F : contrôler l’envahissement de la Fougère aigle**

Les performances du Pin laricio sont au moins aussi bonnes que sur S13N, mais la diversité végétale est moindre et l’accompagnement feuillu très faible dans les étages dominé et dominant. Cette carence semble s’expliquer par le caractère exclusif de la Fougère aigle. En revanche, il est plus difficile d’expliquer la différence de physionomie entre S13N et S13F. L’effet des pratiques de reboisement paraît peu plausible, tout au moins pour mettre en avant un effet “parcelle”, car nous trouvons simultanément ces deux variantes de S13 sur 3 des 4 parcelles étudiées. Deux explications sont envisageables :

— S13N et S13F sont deux types de milieux différents en raison de facteurs abiotiques discriminants. Des analyses de sol ont seulement montré une meilleure disponibilité en potassium pour S13F sur notre échantillon de l’Orléanais. Cependant, cette hypothèse n’est pas validée sur l’échantillon de placettes S13N et S13F du secteur ligérien (Gilbert *et al.*, 1995). Des différences d’alimentation hydrique des sols, délicates à appréhender à partir de sondages à la tarière, pourraient aussi être invoquées ;

— S13F et S13N sont deux faciès du même type de milieux S13, peut-être en lien avec des antécédents culturels différents, tels que landes ou taillis-sous-futaie (Brêthes, communication personnelle).

Dans ce type S13F, nous sommes en présence “d’un toit de Pin laricio sur un tapis de Fougère aigle”, alors que l’on soupçonne les mêmes potentialités d’accompagnement que pour S13N. Le gestionnaire peut avoir pour objectif de remédier à cette situation en essayant d’obtenir un mélange avec des essences feuillues dans les étages dominé et dominant.

La logique nous conduirait à contrôler l’envahissement de la Fougère aigle le plus tôt possible. L’usage de produits phytocides semble alors incontournable mais nécessite une bonne maîtrise technique afin d’éviter une substitution de flore tout aussi néfaste. Nous proposons une intervention par traitement phytocide non uniforme, conduisant à réduire la place de la Fougère aigle, mais sans l’éradiquer complètement, car ce faciès peut être important pour certains groupes taxonomiques (insectes). L’alternative qui consisterait à planter des feuillus en mélange avec les Pins laricio ne paraît pas très réaliste car cette option est coûteuse, basée sur une forte artificialisation, et surtout délicate à conduire.

### **TRANSPOSITION DES RÉSULTATS AU CATALOGUE DES STATIONS FORESTIÈRES DE L’ORLÉANAIS** (Brêthes, 1993)

Nous avons pris le parti d’utiliser la classification des milieux issue d’une étude autécologique plutôt que celle du catalogue des stations forestières de l’Orléanais, d’une part pour valider des résultats sur la croissance du Pin laricio lors d’un changement d’échelle, mais aussi pour élargir la notion de potentialité à l’accompagnement ligneux. Cela ne veut pas dire que le catalogue ne soit pas un outil opérationnel. Nous insistons sur le fait que les deux outils sont complémentaires : le catalogue est un document général, permettant de décrire la variabilité des milieux au sein d’une région naturelle donnée (ici l’Orléanais) et de cartographier les types de stations à l’échelle de la forêt, mais il présente forcément des faiblesses vis-à-vis des facteurs limitant la croissance d’une essence donnée. À l’inverse, l’étude autécologique est un outil mieux adapté pour décrire le comportement d’une essence, mais il n’est pas opérationnel à l’échelle d’un aménagement, ni pour une autre essence.

L'exercice de transposition entre le catalogue et l'étude autécologique est délicat étant donné que les deux clés de détermination ne sont pas construites sur les mêmes éléments de diagnostic. L'essai de correspondance pour notre échantillon de relevés souligne cette difficulté (tableau VI, ci-dessous), et met en avant l'intérêt de prendre en compte les sous-types du catalogue. Ainsi, le sous-type SC5a correspond au type de milieux S8 et le sous-type SC5b au type S13F. De même, la transposition du type S1 s'effectue sans problème. En revanche, le catalogue ne prend pas en compte les distinctions entre S13N et S13F, mais signale toutefois dans les fiches descriptives des types un faciès particulier à Fougère aigle pour SC2b. Enfin, le type SE6a du catalogue présente une amplitude écologique qui couvre les types de milieux S8, S13F et S13N.

**TABLEAU VI** Correspondance entre les types de milieux de la clé autécologique et les types de stations du catalogue de l'Orléanais dans le cadre de l'étude

Types de l'étude autécologique du Pin laricio dans le secteur ligérien	S1	S8	S13N	S13F
Types du catalogue des stations forestières de l'Orléanais	SB10ab SB11a SC9a	SC5a SE6a	SC2b SE6a	SC2b SC5b SE6a

### **LES TYPOLOGIES DE STATIONS SONT DES OUTILS SYNTHÉTIQUES À VALORISER POUR COMPRENDRE LE FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS ET PRATIQUER UNE GESTION DURABLE DES FORÊTS**

Ce travail démontre qu'une typologie des milieux à Pin laricio, réalisée à l'échelle du secteur ligérien, reste pertinente à l'échelle du massif forestier, non seulement pour la prédiction d'un indice de fertilité, mais aussi pour d'autres critères qui caractérisent un jeune peuplement de Pin laricio tels que la survie, la croissance en diamètre ou en surface terrière, et la structure verticale.

Pour les parcelles étudiées dans l'Orléanais, la prise en compte simultanée des caractéristiques du milieu et du peuplement de Pin laricio a permis d'expliquer l'installation et le développement de la végétation spontanée d'accompagnement.

Une approche typologique de la station forestière, qu'elle soit finalisée vers la prédiction de la productivité d'une essence (étude autécologique), ou stratifiée *a priori* uniquement sur des facteurs stationnels (catalogue des stations), paraît utilisable moyennant quelques adaptations pour traduire l'expression de la végétation spontanée d'accompagnement. Ainsi, pour rendre opérationnels les résultats de notre étude au sein du catalogue de stations, il suffirait :

- de scinder dans le catalogue SE6a en une variante acidiphile stricte (correspondant au type de milieu S8) et une variante acidiphile (correspondant aux types S13N et S13F) ;
- et d'individualiser davantage les faciès à Fougère aigle pour les types de stations SC2b et SE6a.

À notre connaissance, il existe aujourd'hui peu d'études décrivant le potentiel de développement des ligneux d'accompagnement en fonction du type de stations. Cependant, nous sommes conscients de la portée limitée de nos résultats, étant donné le faible nombre de relevés analysés et l'amplitude restreinte des milieux échantillonnés. Nous pensons qu'une généralisation de la

démarche est possible à l'échelle d'une région naturelle, avec une méthodologie allégée. Cela permettrait de mieux évaluer les potentialités des stations forestières, en ne se limitant pas à la seule production de bois, mais en intégrant d'autres composantes de l'écosystème, avec l'objectif d'aboutir à des recommandations sylvicoles adaptées aux conditions de milieu.

## CONCLUSIONS

Les deux tiers de la forêt française sont à ce jour couverts par des typologies de stations forestières (Dumé, 1995) et il convient de valoriser les investissements réalisés. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de valider la pertinence de ces typologies vis-à-vis d'autres composantes de l'écosystème forestier, voire d'affiner ou de retravailler les seuils stationnels pour se rapprocher d'une utilisation plus générale. Les études de potentialités des stations forestières doivent prendre une dimension nouvelle et dépasser la simple prédiction du volume et de la qualité des bois. L'étude des interactions entre les types de stations et les caractéristiques des peuplements forestiers, sans se limiter à l'essence objectif, est nécessaire pour analyser les conséquences des pratiques sylvicoles sur la diversité biologique, et plus généralement sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers. Ces études doivent permettre de tirer des enseignements utiles pour mener une gestion durable de nos forêts et conduire à modifier les pratiques de gestion pour une meilleure prise en compte de leur rôle écologique.

Richard CHEVALIER - Laurent BERGÈS - Frédéric GOSSELIN  
Équipe ECOSYLV  
Unité de Recherches Écosystèmes forestiers et Paysages  
CEMAGREF  
Domaine des Barres  
F-45290 NOGENT-SUR-VERNISSON  
(Richard.Chevalier@nogent.cemagref.fr)  
(Laurent.Berges@nogent.cemagref.fr)  
(Frederic.Gosselin@nogent.cemagref.fr)

Jean-Michel GILBERT  
OFFICE NATIONAL DES FORÊTS  
21, rue de l'Est  
BP 1497  
F-68072 MULHOUSE

## Remerciements

Nous tenons à remercier :

- le Service départemental de l'Office national des Forêts qui nous a donné l'autorisation de travailler en forêt domaniale d'Orléans et tout particulièrement Jean-Pierre Soulet, Chef Technicien, qui nous a guidé vers et dans les parcelles étudiées ;
- Stéphane Laurent, stagiaire BTS, qui a grandement participé aux mesures de terrain ;
- Alain Brêthes et Pascal Jarret de l'ONF (STIR Ouest), pour leurs remarques constructives sur le contenu de cet article.

## BIBLIOGRAPHIE

- BRÊTHES (A.). — Les Types de station forestière de l'Orléanais. — Paris : ONF, 1993. — 400 p.
- BUREAU DES RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES (BRGM). — Carte géologique au 1/50 000<sup>e</sup>, n° 364, Bellegarde-du-Loiret, 1984.
- CHEVALIER (R.). — Premiers résultats d'un réseau d'essais sur le dépressage et la première éclaircie du Pin laricio en région Centre. — *Forêt Entreprise*, n° 78, 1991, pp. 14-20.
- DELPECH (R.), DUMÉ (G.), GALMICHE (P.). — Typologie des stations forestières, vocabulaire. — Paris : Ministère de l'Agriculture ; Institut pour le Développement forestier, 1985. — 243 p.
- DIRECTION DE LA MÉTÉOROLOGIE NATIONALE. — Normales climatiques 1951-1980 – Fascicule 1 : Températures. — 1983. — 431 p.
- DIRECTION DE LA MÉTÉOROLOGIE NATIONALE. — Normales climatiques 1951-1980 – Fascicule 2 : Précipitations, tome 2, postes climatologiques. — 1986. — 398 p.
- DUMÉ (G.). — 20 ans de typologie des stations forestières. — *Forêt Entreprise*, n° 102, 1995, pp. 23-31.
- DUPLAT (P.). — Indice de fertilité basé sur un modèle de croissance en hauteur. In : Station forestière, production et qualité des bois : éléments méthodologiques / M. Buffet, D. Girault Eds. — Nogent-sur-Vernisson : Cemagref, 1989. — pp. 51-78.
- GILBERT (J.-M.). — Relier milieu et production des essences forestières : comparaison de deux approches. — *Ingénieries EAT du Cemagref*, n° 8, 1996, pp. 31-39.
- GILBERT (J.-M.), CHEVALIER (R.). — Relations milieu-production du Pin laricio, étude de la croissance en hauteur. — *Informations techniques du Cemagref*, n° 96, note 2, 1994, 8 p.
- GILBERT (J.-M.), CHEVALIER (R.), DUMAS (Y.). — Autécologie du Pin laricio dans le secteur ligérien (Pays-de-la-Loire et Centre). Rapport final. — Document Cemagref, 1995. — 148 p.
- GILBERT (J.-M.), CHEVALIER (R.), DUMAS (Y.). — Autécologie du Pin laricio de Corse dans le secteur ligérien. — *Revue forestière française*, vol. XLVIII, n° 3, 1996, pp. 201-216.
- INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL (IFN). — Résultats 1998 sur le site Internet : <http://www.ifn.fr>
- JAMAGNE (M.), BÉTREMIEUX (R.), BEGON (J.-C.), MORIN (A.). — Quelques données sur la variabilité dans le milieu naturel de la réserve en eau des sols. — *B.T.I.*, 1977, pp. 324-325.
- LIU (Q.). — A model for species diversity monitoring at community level and its application. — *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 34, 1995, pp. 271-287.
- MAGURRAN (A.E.). — Ecological diversity and its measurement. — Princeton (NJ) : Princeton University Press, 1988. — 179 p.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE. — Les Indicateurs de gestion durable des forêts françaises. — Document français de mise en œuvre des décisions des pays participant aux conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe, 1995. — 49 p.
- PEET (R.K.). — The measurement of species diversity. — *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 5, 1974, pp. 285-307.
- RAMEAU (J.-C.), MANSION (D.), DUMÉ (G.). — Flore forestière française, guide écologique illustré. Tome 1 : Plaines et Collines. — Paris : Institut pour le Développement forestier ; Ministère de l'Agriculture et de la Forêt ; École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 1989. — 1785 p.
- VANPEENE-BRUHIER (S.), MOYNE (M.-L.), BRUN (J.-J.). — La Richesse spécifique : un outil pour la prise en compte de la biodiversité dans la gestion de l'espace. Application en Haute-Maurienne (Aussois, Savoie). — *Ingénieries EAT*, n° 15, 1998, pp. 47-59.

---

**STATION FORESTIÈRE ET VÉGÉTATION SPONTANÉE D'ACCOMPAGNEMENT : PERSPECTIVES POUR LA DIVERSIFICATION DES JEUNES PINERAIES DE L'ORLÉANAIS [Résumé]**

Le Pin laricio de Corse a généralement été conduit en peuplements monospécifiques. Pour diverses raisons, les gestionnaires souhaitent aujourd'hui des peuplements plus mélangés. Pour connaître les potentialités de diversification spontanée de ces peuplements, nous avons analysé les caractéristiques de la végétation d'accompagnement de jeunes peuplements de Pin laricio dans trois types de milieux sur sables acides de la forêt domaniale d'Orléans. 20 placettes ont été échantillonnées en utilisant une typologie adaptée pour prédire la croissance en hauteur du Pin laricio (Gilbert *et al.*, 1996) dans une grande région (le secteur ligérien).

Les résultats montrent des différences significatives vis-à-vis des potentialités d'accompagnement ligneux selon le type de milieu. Des conseils sont finalement donnés pour favoriser le mélange de ligneux dans les différents étages du peuplement en fonction du type de milieu. Cette étude souligne l'utilité des typologies stationnelles pour mener à bien une gestion durable et raisonnée de nos forêts.

**FOREST SITE LOCATION AND SPONTANEOUS ACCOMPANYING VEGETATION - OUTLOOK FOR DIVERSIFICATION OF YOUNG PINE STANDS IN THE ORLEANS FOREST [Abstract]**

During the past decades, *Pinus nigra* has usually been grown in single-species stands. For a variety of reasons, forest managers would like to switch to composite stands. The aim of this paper is to explore the potential for stand diversification with spontaneous species. The characteristics and accompanying vegetation of young *Pinus nigra* stands were analysed on 3 forest site types located on acid sand soils in the National Forest of Orléans. Twenty plots were sampled using a site classification appropriate for predicting height growth of *Pinus nigra* (Gilbert *et al.*, 1996) in a larger area (part of the river Loire basin).

The results show that combinations of woody species vary according to forest site types. Finally, advice is given to encourage establishment of combinations of woody species on the various storeys of the stand for each forest site type. We conclude that site classifications could be an effective tool for the purposes of sustainable, integrated management of our forests.

---