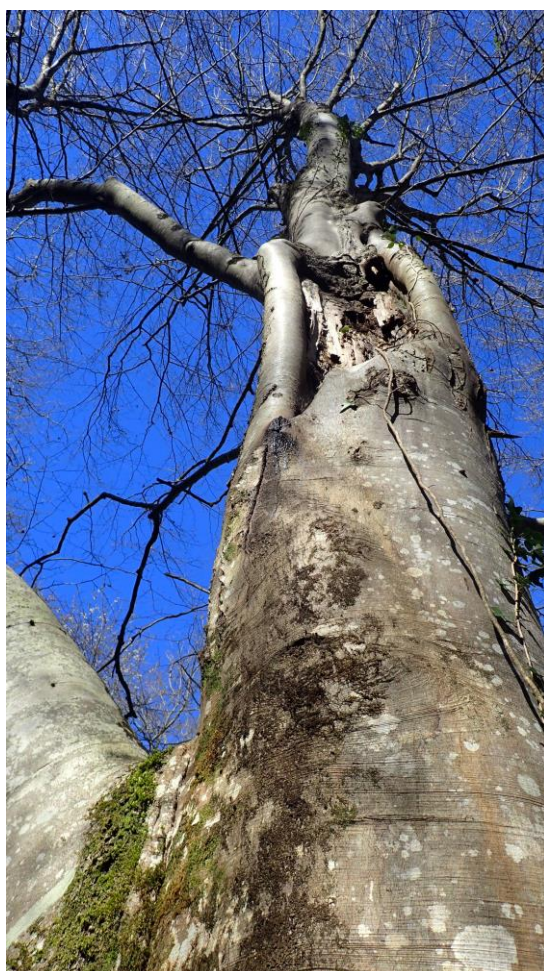


Rapport réalisé dans le cadre de l'**Inventaire et caractérisation des noyaux de vieilles forêts de plaine. Pour une continuité de la trame forestière entre Pyrénées et Massif Central**

BRYOPHYTES DES VIEILLES FORÊTS DE LA PLAINE ET DU PIÉMONT DE MIDI-PYRÉNÉES

Marta Infante Sánchez (juin 2019)



PROJET COFINANCÉ PAR LE FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL



Référence bibliographique à utiliser :

INFANTE SANCHEZ M. 2019 – ***BRYOPHYTES DES VIEILLES FORÊTS DE LA PLAINE ET DU PIÉMONT DE MIDI-PYRÉNÉES***. Rapport réalisé dans le cadre de l'Inventaire et caractérisation des noyaux de vieilles forêts de plaine. Pour une continuité de la trame forestière entre Pyrénées et Massif Central – Conservatoire botanique National des Pyrénées et Midi-Pyrénées, 30 p + annexes.

SOMMAIRE

I.- METHODOLOGIE	4
II.- CATALOGUE DES BRYOPHYTES	7
II.1- COMMENTAIRES AU CATALOGUE	8
II.1.1- RICHESSE SPECIFIQUE	8
II.1.2- RARETE DES TAXONS	8
II.1.3- ENJEUX PATRIMONIAUX	9
III.- LES BRYOPHYTES DU SOL	10
IV.- LES BRYOPHYTES EPIPHYTES	12
V.- LES BRYOPHYTES DU BOIS MORT	15
VI.- POTENTIEL INDICATEUR DES BRYOPHYTES DES VIEILLES FORETS DE PLAINE	19
VI.1- POTENTIELS INDICATEURS D'ANCIENNETÉ POUR LA PLAINE.....	19
VI.1.1- CRITERE 1. CAPACITE DE REPRODUCTION ET DISPERSION.....	19
VI.1.2- CRITERE 2. STRATEGIE VITALE	20
VI.1.3- CRITERE 3. ESPECES NON FORESTIERES	21
VI.1.4- CRITERE 4. VULNERABILITE A LA DEFORESTATION	21
VI.1.5- LISTE D'INDICATEURS VFpl RESULTANTE	21
VI.1.6- DISTRIBUTION D'INDICATEURS VFpl (ANCIENNETE ET MATURETE) DANS LES LOCALITES ETUDIEES	24
VI.2- COMPARAISON DES LISTES D'INDICATEURS	27
VII.- CONCLUSIONS.....	28
VIII.- REFERENCES.....	30

I.- METHODOLOGIE

L'étude des bryophytes dans les forêts est complexe compte tenu de la diversité des substrats offerts à ces espèces (sol, troncs et branches, bois mort, rochers le cas échéant) et de la diversité des facteurs influençant chacun de ces substrats (disponibilité de lumière, nutriments, stabilité et composition chimique des écorces, orientation, etc...).

Douze localités ont été sélectionnées à l'intérieur des limites cartographiques des forêts anciennes établies en octobre 2018 par l'équipe du projet, dispersées du piémont au nord-ouest du département du Gers, où de nouveaux relevés ont été réalisés ou bien des données issues des relevés précédents ont été récupérées, tous réalisés entre 2015 et 2017 (Tableau et carte 1).

Pour chaque localité, les données d'altitude, d'orientation, de pente, de composition et de couverture des strates arborées et arbustives, et celles de la strate herbacée, la présence de lianes et de bois mort, et le type de climat selon Joly *et al.* (2015) ont été enregistrés.

Six localités appartiennent au climat de type 2 de Joly *et al.* (2015), *climat semi-continental et le climat des marges montagnardes* : les températures sont moins froides qu'en montagne, >9.5°C, les précipitations légèrement plus faibles et moins fréquentes, et on note un faible rapport entre les précipitations d'automne et d'été. Les six autres appartiennent au climat de type 4, *climat océanique altéré* : la température moyenne annuelle est assez élevée (12,5°C) avec un nombre de jours froids faible (entre 4 et 8/an) et chauds soutenu (entre 15 et 23/an) ; l'amplitude thermique annuelle (juillet-janvier) est proche du minimum et la variabilité interannuelle moyenne ; les précipitations, moyennes en cumul annuel (800-900 mm) tombent surtout l'hiver, l'été étant assez sec.

Dans les forêts de plaine, la disponibilité des substrats rocheux est pratiquement nulle, de sorte que la prospection a porté sur le sol, le bois mort et les épiphytes (arbres et arbustes). Dans une seule localité (Payssous) ont été trouvés quelques blocs rocheux colonisés par des bryophytes. Les cours d'eau (présents seulement aussi à Payssous) ont aussi été éliminés de la prospection.

Dans le cas des *sols*, la collecte des données a consisté à établir la liste des espèces présentes tant sur les sols humides que sur les sols argileux, en ajoutant un indice d'abondance qualitative dans la localité (Tableau 2).

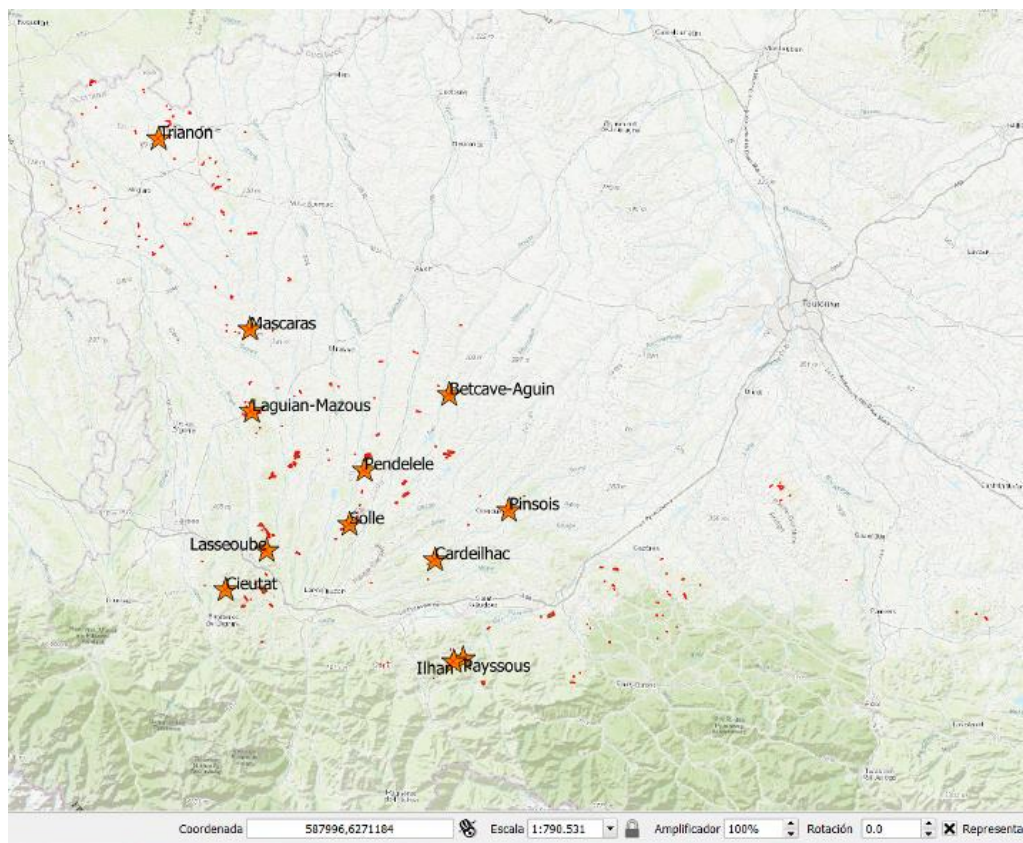
Les prospections pour les *épiphytes* ont été réalisées sur les surfaces homogènes des troncs et des bases des troncs, et éventuellement sur les branches tombées de la canopée. Le fichier relevé contient des informations de synthèse sur l'arbre (essence, circonférence, aspect) et des informations sur les relevés (surface, hauteur par rapport au sol, recouvrement total des bryophytes, taxa répertoriés avec leurs indices d'abondance selon Braun-Blanquet).

Les relevés du *bois mort* ont été effectués sur la variété de bois disponible (troncs, souches, branches, pièces) ; l'essence a été notée si possible, le diamètre, la longueur et l'état de décomposition selon Söderström (1988) également.

Des prélèvements ont été faits dans les cas où les taxons ne pouvaient pas être identifiés avec certitude sur le terrain. Ce sont 206 relevés effectués pour les épiphytes et le bois mort (Tableau 1).

IDloc	Département	Localité	Type de climat (Joly et al. 2015)	Épiphytes	Bois Mort
1	32	Trianon	4	18	8
2	31	Payssous	2	15	3
3	31	Ilhan	2	11	6
4	32	Mascaras	4	21	3
5	65	Cieutat	2	17	10
6	65	Pendelèle	4	16	6
7	65	Solle	4	13	7
8	32	Betcave-Aguin	4	8	1
9	31	Pinsois	4	6	2
10	31	Cardeilhac	2	7	0
11	65	Lassèoube	2	14	3
12	32	Laguian-Mazous	2	11	0
				157	49

Tableau 1. Localités prospectées et nombres de relevés sur épiphytes et sur bois mort.



Carte 1. Localités prospectées.

II.- CATALOGUE DES BRYOPHYTES

Au total, **76 taxons** sont répertoriés (**18 hépatiques (24%)** et **58 mousses (76%)**) dans les 12 localités étudiées. La nomenclature suit TaxRef v.11.

Dans l'Annexe 1, pour chaque taxon, sont indiquées les localités où il a été trouvé, avec un index de fréquence qualitatif (Tableau 2) et le nombre total des localités où il a été détecté. En dernière ligne, est reporté le nombre total de taxons répertoriés par localité.

	Fréquence
CC	Très commun
C	Commun
E	Fréquent
R	Rare
RR	Très rare
X	présence non qualifiée

Tableau 2. Index de fréquence

L'Annexe 2 apporte les informations suivantes sur les caractéristiques des espèces, qui seront utilisées pour la sélection d'espèces avec un potentiel indicateur :

1. Phylum (Bryophyta ou mousse ; Marchantiophyta ou hépatique).
2. Présence sur bois mort, épiphyte ou sol dans le territoire d'étude.
3. Le ou les groupes écologiques d'appartenance habituelle de l'espèce :

Corticole, qui pousse directement sur l'écorce des arbres

Humicorticole, qui pousse sur de fines pellicules d'humus sur l'écorce des arbres

Humicole, qui pousse sur l'humus du sol

Terricole, qui pousse sur les sols non humifères

Lignicole, qui pousse sur le bois pourri

Opportuniste, qui pousse sur plusieurs substrats

4. Morphologies. Hépatiques à thalle (thallose) ou à feuilles (foliose); mousses acrocarpes ou pleurocarpes.

5. Stratégie vitale selon Dierssen (2001).

6. Type de sexualité (Dioïque - monoïque).

7. Production de propagules.

8-11. Attributs écologiques pour le pH du substrat, humidité, lumière et température selon Dierssen (2001).

9 Les enjeux patrimoniaux selon la Liste Rouge de bryophytes de Midi-Pyrénées (Infante Sánchez *et al.* 2015). (CR= en danger critique ; EN= En danger ; VU= Vulnérable ; NT= Quasi Menacé ; DD= Données insuffisantes).

II.1- COMMENTAIRES AU CATALOGUE

II.1.1- RICHESSE SPECIFIQUE

Les sites les **plus riches** en taxons sont Cieutat et Ilhan (37 et 34 taxons respectivement), et les **plus pauvres** ceux de Laguian-Mazous et Pendelèle (22 et 19 taxons respectivement) (Fig. 1).

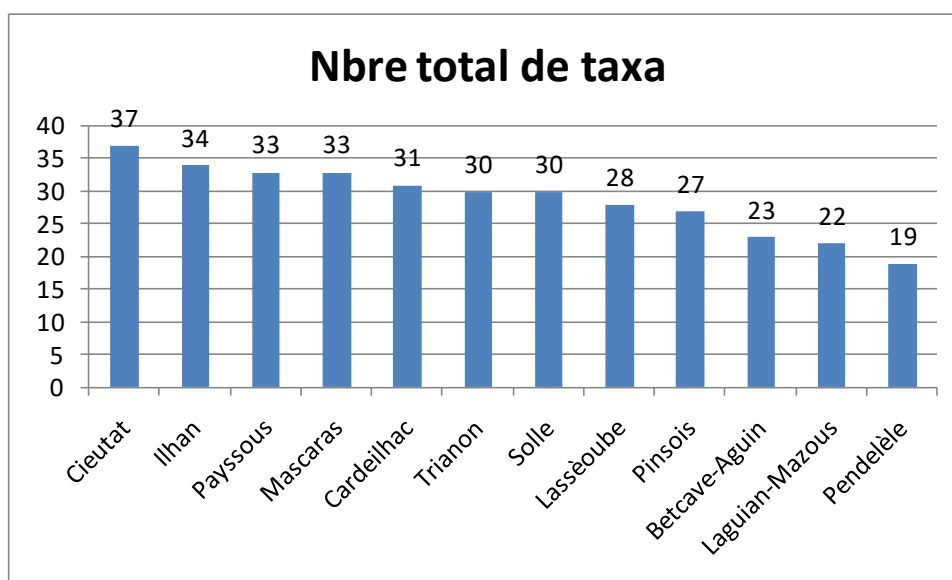


Fig. 1. Richesse floristique bryophytique des sites.

Le nombre moyen de taxons par site est de **28.92** taxons (std.+**5.37**). Les sites du climat type 2 (marge montagnarde) montrent une moyenne de taxons plus élevée que les sites du climat type 4 (océanique altéré), **30.83 (+4.58)** vs. **27 (+5.18)** taxons, presque 4 taxons de plus.

II.1.2- RARETE DES TAXONS

Seuls **trois taxons** sont présents dans toutes les localités:

Hypnum cupressiforme Hedw. var. *cupressiforme*, la seule avec une présence significative, opportuniste et présente sur divers substrats.

Metzgeria furcata (L.) Dumort. et *Radula complanata* (L.) Dumort., répandues mais en toutes petites touffes.

On pourrait y ajouter **sept taxons** qui ont été trouvés en dix ou onze des douze localités:

Atrichum undulatum (Hedw.) P.Beauv.

Brachythecium rutabulum (Hedw.) Schimp.

Eurhynchium striatum (Hedw.) Schimp.

Frullania dilatata (L.) Dumort.

Hypnum cupressiforme var. *filiforme* Brid.

Kindbergia praelonga (Hedw.) Ochyra

Thuidium tamariscinum (Hedw.) Schimp.

Dont, deux opportunistes (*B. rutabulum* et *Kindbergia praelonga*), deux taxons épiphytes (*H. cupressiforme* var. *filiforme* et *Frullania dilatata*) et les trois restant au sol.

Signalons par contre que 25 des taxons ont été trouvés dans une seule localité.

II.1.3- ENJEUX PATRIMONIAUX

Douze taxons sont inscrits sur la Liste rouge des bryophytes de Midi-pyrénées (Infante Sánchez *et al.* 2015) (Tableau 3). *Dicranum flagellare*, une lignicole stricte (épixylique) est inscrite dans la catégorie CR (en danger critique d'extinction) ; deux autres espèces, *Cephaloziella turneri* et *Plagiothecium laetum*, sont vulnérables (VU), et trois (*Herzogiella seligeri*, *Homalia trichomanoides* et *Nowellia curvifolia*) sont des NT (Quasi Menacés). Les six autres sont dans la catégorie DD (Données insuffisantes). On remarquera la présence de cinq espèces épixyliques parmi elles.

Il convient également de noter qu'aucune espèce envahissante n'a été enregistrée (Essl & Lambdon 2009), même si ces espèces se trouvent de préférence dans la plaine qu'en montagne ; et en particulier *Campylopus introflexus*, *Dicranoweisia cirrata* et *Orthodontium lineare* se trouvent dans le voisinage des localités prospectées.

	Taxa	Group écologique	Enjeux patrimoniaux
Bryophyta	<i>Dicranum flagellare</i> Hedw.	Epixylique	CR
Marchantiophyta	<i>Cephaloziella turneri</i> (Hook.) Müll.Frib.	Terricole	VU
Bryophyta	<i>Plagiothecium laetum</i> Schimp.	Opportuniste	VU
Bryophyta	<i>Herzogiella seligeri</i> (Brid.) Z.Iwats.	Epixylique	NT
Bryophyta	<i>Homalia trichomanoides</i> (Hedw.) Brid.	Humicorticole	NT
Marchantiophyta	<i>Nowellia curvifolia</i> (Dicks.) Mitt.	Epixylique	NT
Bryophyta	<i>Hypnum andoi</i> A.J.E.Sm.	Humicorticole	DD
Bryophyta	<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>resupinatum</i> (Taylor) Schimp.	Opportuniste	DD
Bryophyta	<i>Leucobryum juniperoideum</i> (Brid.) Müll.Hal.	Epixylique	DD
Bryophyta	<i>Pseudotaxiphyllum elegans</i> (Brid.) Z.Iwats.	Terricole	DD
Bryophyta	<i>Tetraphis pellucida</i> Hedw.	Epixylique	DD
Bryophyta	<i>Zygodon viridissimus</i> (Dicks.) Brid.	Corticole	DD

Tableau 3. Taxons à enjeux patrimoniaux

III.- LES BRYOPHYTES DU SOL

Les bryophytes du sol ont été considérés en deux groupes, les bryophytes du **sol humifère** (espèces humicoles) et les bryophytes du **sol argileux** (terricoles). Dans des situations spéciales, une espèce pourrait être dans les deux groupes.

La présence de *sol humifère* dépend énormément de la pente et du type de litière, et elle peut être très réduite dans les forêts de feuillus, comme c'est le cas. Elle est dépendante aussi du cycle sylvigénétique.

Le *sol argileux* peut témoigner d'une perturbation naturelle (tempêtes, faune sauvage...) comme anthropique (pistes forestières, excavations...).

Un total de **32 taxons** ont été recensés (Annexe 3). Seules six de ces espèces sont partagées entre les deux types de sol : **15** espèces sur le sol humifère et **23** sur les sols argileux. (Fig. 2).

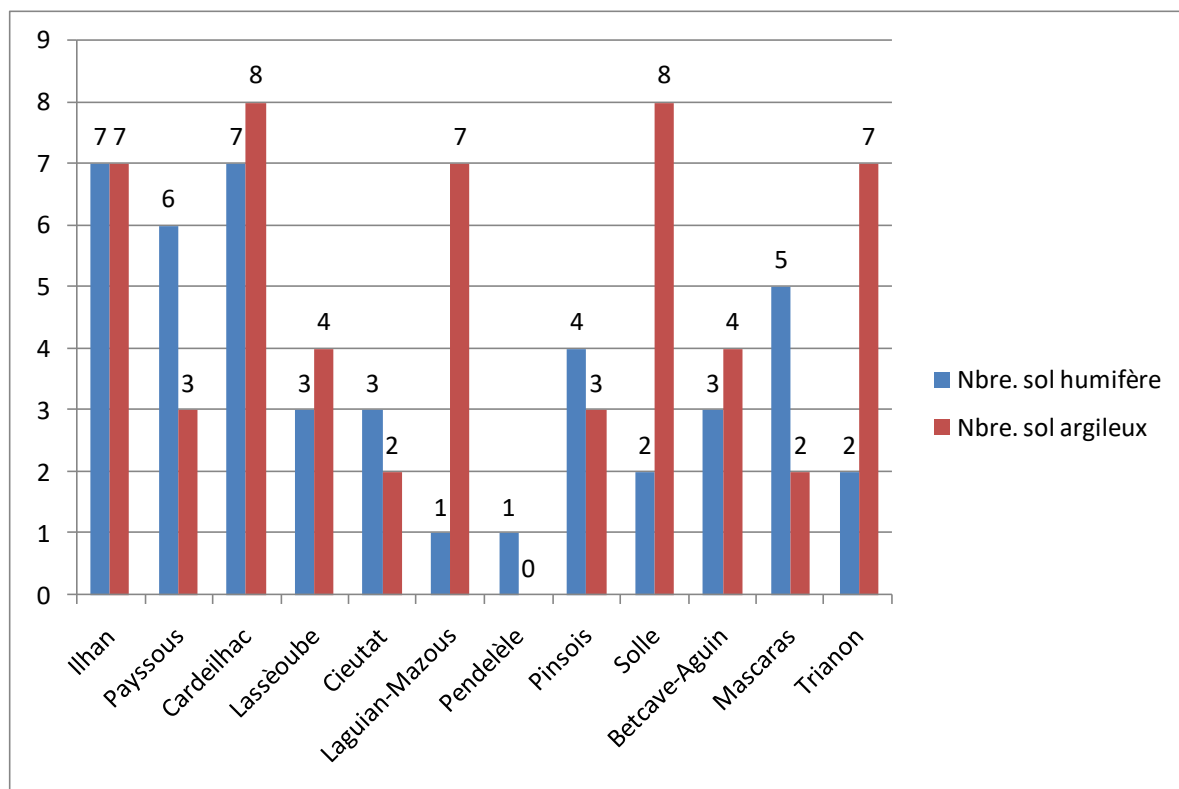


Fig. 3. Nombre de taxons sur sol humifère et sol argileux par localité.

Les taxons le plus répandus sont *Eurhynchium striatum* (9 des 12 sites), sur le sol humifère ; et *Atrichum undulatum* (9 des 12 sites), sur les sols argileux.

On remarquera que les espèces sont assez banales, par exemple *Kindbergia praelonga*, est bien répandue tant en plaine qu' en montagne (Fig. 2).

Par **site**, Ilhan et Cardeilhac montrent le nombre plus élevé d'espèces sur sol humifère; Cardeilhac et Solle le plus élevé sur sol argileux (Fig 3).

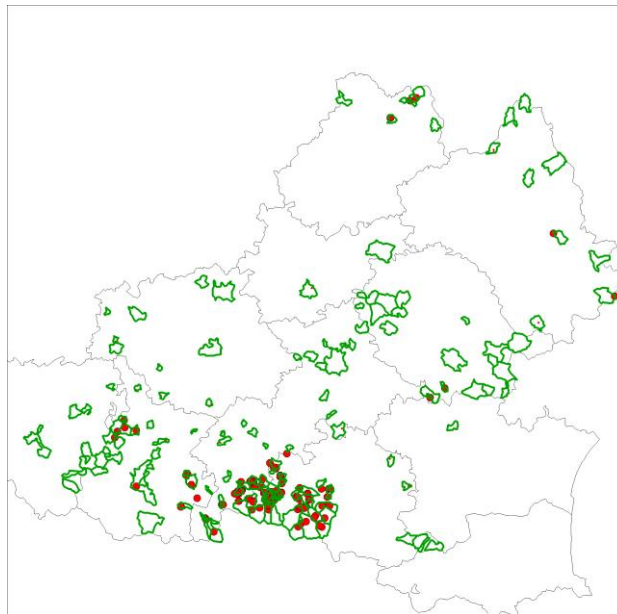


Fig. 3. Répartition de *Kindbergia praelonga*.

La moyenne pour les espèces du sol argileux est plus élevée (**4.58** espèces par site +2.71) que pour le sol humifère (**3.67**+2.15) ; mais la plupart des espèces du sol argileux sont de petite taille et de recouvrement très faible, tandis qu'entre les espèces du sol humifère, plusieurs sont évidentes dans la forêt et forment de gros tapis. Six espèces du sol humifère ont été classées comme commune ou très communes dans au moins un des sites ; tandis que seules deux espèces ont été trouvées comme communes sur sol argileux.

Par groupe de type de climat, les sites dans le type 2 (marges montagnardes) montrent moins d'espèces, aussi bien sur sol humifère que sur sol argileux.

		nbre. moyen sol humifère	dév. st.	nbre. moyen sol argileux	dév. st.
Type 2	climat des marges montagnardes	4.50	2.51	2.83	1.47
Type 4	climat océanique altéré	5.17	2.48	4.00	3.03

Tableau 4. Nombre moyen d'espèces sur sol humifère et sur sol argileux selon les types de climat.

IV.- LES BRYOPHYTES EPIPHYTES

Les épiphytes sont les bryophytes les plus typiques quand il s'agit des forêts, et pendant l'étude, ils ont reçu une attention spéciale dans les relevés faits.

L'Annexe 4 montre les taxons qui ont été détectés dans les relevés corticoles. Dans les douze sites étudiés, **46 taxons** de bryophytes épiphytes ont été recensés, à savoir 60% du total atteint pour toute la bryoflore.

Seules 5 de ces espèces sont présentes en 10 localités ou plus (*Frullania dilatata*, *Hypnum cupressiforme* var. *cupressiforme* et var. *filiforme*, *Metzgeria furcata* et *Radula complanata*) ; en revanche, 12 espèces ne sont présentes qu'en un seul site.

Comme la maturité des forêts a une influence sur l'âge et le diamètre des arbres, l'Annexe 4 montre aussi les taxons trouvés dans les relevés faits sur les gros arbres (>50 cm en diamètre), sur *Quercus* sp. et sur *Fagus sylvatica*.

32 espèces ont été trouvées sur gros *Quercus*, et **31** sur gros *Fagus sylvatica*. *Quercus* et *Fagus* partagent **23** espèces, atteignant **39** espèces différentes entre les deux. Ces chiffres ne laissent que 6 taxons restreints aux petits arbres et arbustes, un groupe très hétérogène d'espèces, la plupart des espèces occasionnelles en tant qu'épiphytes (*Atrichum undulatum*, *Homalothecium lutescens*, *Hypnum cupressiforme* var. *resupinatum*, *Pseudoleskeella nervosa*) et les autres en tant qu'épiphytes colonisateurs (*Orthotrichum pallens*, *Syntrichia papillosa*). Dans l'absolu, il est impossible de dire qu'il existe des différences significatives entre les épiphytes totaux et les épiphytes des gros arbres.

Cependant, en considérant séparément les épiphytes des gros *Quercus* et des gros *Fagus*, il existe des différences (Tableau 5) : alors que la moyenne d'épiphytes totaux atteint 17,5 taxons, les moyennes du *Quercus* et du *Fagus* n'atteignent que 7,17 taxons.

	Ep. total	Ep. gros Q.	Ep. gros F.
Ilhan	14	3	3
Payssous	18	6	9
Cardeilhac	15	7	9
Lassèoube	18	2	10
Cieutat	22	8	13
Laguian-Mazous	13	12	0
Pendelèle	17	9	5
Pinsois	18	6	0
Solle	15	6	10
Betcave-Aguin	16	13	5
Mascaras	24	6	8
Trianon	20	8	14
Moyen	17.5	7.17	7.17
Stdev.	3.26	3.19	4.61

Tableau 5. Nombre de taxons épiphytes par localité

Quant à leur répartition entre les localités, les différences sont accentuées :

- il existe des localités comme Laguian-Mazous et Pinsois où aucun épiphyte n'a été enregistré sur gros *Fagus* car ces *Fagus* n'existaient pas.
- Dans certaines localités, plus d'espèces sont signalées sur *Fagus* que sur *Quercus* (Payssous, Cardeilhac, Lasséoube, Cieutat, Solle, Mascaras, Trianon).
- Dans d'autres, c'est le contraire (Pendelèle, Betcave-Aguin)

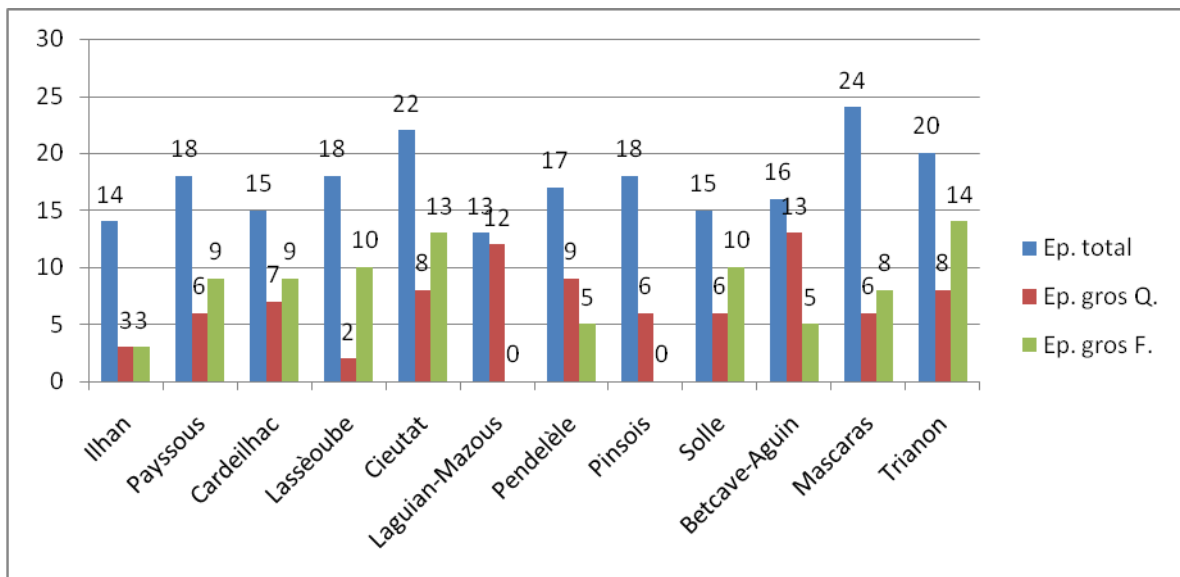


Fig. 4. Nombre d'épiphytes total, sur les gros *Quercus* et sur les gros *Fagus sylvatica*.

			Epiphytes total	Ep. gros <i>Quercus</i>	Ep. gros <i>Fagus</i>
Type 2	climat des marges montagnardes	nbre. moyen espèces	16.67	6.33	7.33
		dév. st.	3.33	3.61	4.84
Type 4	climat océanique altéré	nbre. moyen espèces	18.33	8.00	7.00
		dév. st.	3.27	2.76	4.82

Tableau 6. Nombre de taxons épiphytes par localité

L'influence du climat semble évident sur les épiphytes totaux (16.67 taxons sous climat des marges montagnardes vs. 18.33 taxons en moyenne sous climat océanique altéré), mais surtout sur le gros *Quercus*, plus riches sous climat océanique altéré (8 taxons contre 6,33). Les causes de ce différence dans les gros *Quercus* ne sont pas évidentes et profiteraient d'un étude plus poussé.

Tableau 7. Liste des taxons épiphytes totaux, gros *Quercus* et gros *Fagus sylvatica*. Les chiffres indiquent le nombre de localités où elles sont présentes.

Exclusives	TAXONS	TOTAUX	Quercus	Fagus
	<i>Alleniella complanata</i> (Hedw.) S.Olsson, Enroth & D.Quandt	5	5	2
	<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Schimp.	3	1	1
Quercus	<i>Anomodon viticulosus</i> (Hedw.) Hook. & Taylor	6	6	0
	<i>Atrichum undulatum</i> (Hedw.) P.Beauv.	1	0	0
	<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Schimp.	7	1	2
Fagus	<i>Brachytheciastrum velutinum</i> (Hedw.) Ignatov & Huttunen	1	0	1
Quercus	<i>Ptychostomum capillare</i> (Hedw.) Holyoak & N.Pedersen	1	1	0
	<i>Cryphaea heteromalla</i> (Hedw.) D.Mohr	6	1	1
Quercus	<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	2	2	0
	<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw.) Schimp.	6	1	4
	<i>Exsertotheca crispa</i> (Hedw.) S.Olsson, Enroth & D.Quandt	4	1	1
	<i>Frullania dilatata</i> (L.) Dumort.	10	2	6
	<i>Homalia trichomanoides</i> (Hedw.) Brid.	4	3	1
	<i>Homalothecium lutescens</i> (Hedw.) H.Rob.	1	0	0
	<i>Homalothecium sericeum</i> (Hedw.) Schimp.	8	7	1
Quercus	<i>Hypnum andoi</i> A.J.E.Sm.	1	1	0
	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw. var. <i>cupressiforme</i>	10	4	2
	<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>filiforme</i> Brid.	11	5	5
	<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>resupinatum</i> (Taylor) Schimp.	1	0	0
	<i>Isothecium alopecuroides</i> (Lam. ex Dubois) Isov.	8	8	3
	<i>Isothecium myosuroides</i> Brid.	7	3	4
	<i>Kindbergia praelonga</i> (Hedw.) Ochyra	6	4	2
Fagus	<i>Lejeunea cavifolia</i> (Ehrh.) Lindb.	2	0	2
Fagus	<i>Leucobryum juniperoideum</i> (Brid.) Müll.Hal.	2	0	1
Quercus	<i>Leucodon sciuroides</i> (Hedw.) Schwägr.	5	4	0
	<i>Metzgeria furcata</i> (L.) Dumort.	11	7	7
Fagus	<i>Metzgeria violacea</i> (Ach. in F.Weber & D.Mohr) Dumort.	3	0	3
	<i>Lewinskya affinis</i> (Schrader ex Brid.) F.Lara, Garilleti & Goffinet	6	1	2
	<i>Orthotrichum lyellii</i> Hook. & Taylor	7	2	2
	<i>Orthotrichum pallens</i> Bruch ex Brid., 1827	1	0	0
Fagus	<i>Orthotrichum stellatum</i> Brid.	1	0	1
Fagus	<i>Lewinskya striata</i> (Hedw.) F.Lara, Garilleti & Goffinet	4	0	1
Fagus	<i>Orthotrichum stramineum</i> Hornsch. ex Brid.	3	0	3
Fagus	<i>Platygyrium repens</i> (Brid.) Schimp.	3	0	2
	<i>Porella platyphylla</i> (L.) Pfeiff.	4	2	2
	<i>Pseudoleskeella nervosa</i> (Brid.) Nyholm	1	0	0
	<i>Radula complanata</i> (L.) Dumort.	12	3	9
Quercus	<i>Syntrichia laevipila</i> Brid.	1	1	0
	<i>Syntrichia papillosa</i> (Wilson) Jur.	1	0	0
Quercus	<i>Thamnobryum alopecurum</i> (Hedw.) Gangulee	5	4	0
	<i>Thuidium tamariscinum</i> (Hedw.) Schimp.	5	2	3
	<i>Ulota bruchii</i> Hornsch. ex Brid.	5	1	5

Exclusives	TAXONS	TOTAUX	Quercus	Fagus
	Alleniella complanata (Hedw.) S.Olsson, Enroth & D.Quandt	5	5	2
Fagus	Ulotia crispa agg.	2	0	1
	Ulotia crispa (Hedw.) Brid.	4	1	3
Fagus	Ulotia crispula Bruch	2	0	1
	Zygodon rupestris Schimp. ex Lorentz	5	1	1
Quercus	Zygodon viridissimus (Dicks.) Brid.	1	1	0

La composition spécifique épiphytique entre les gros *Quercus* et les gros *Fagus* est différente, comme le reflet des différentes caractéristiques de leur écorces : lisse en *Fagus*, ce qui rend difficile la fixation, favorisant l'installation de petites espèces avec des recouvrements limités ; et rugueuse en *Quercus*, ce qui favorise l'accumulation de particules formant des protosols, permettant l'installation de grandes espèces avec de hauts revêtements.

Epiphytes exclusives de <i>Quercus</i>	Stratégie vitale
Anomodon viticulosus (Hedw.) Hook. & Taylor	Vivace (p)
Ptychostomum capillare (Hedw.) Holyoak & N.Pedersen	Colonisateur ©
Dicranum scoparium Hedw.	Vivace compétitif (pc)
Hypnum andoi A.J.E.Sm.	Vivace (p)
Leucodon sciuroides (Hedw.) Schwägr.	Itinérant à vie longue (l)
Syntrichia laevipila Brid.	Colonisateur ©
Thamnobryum alopecurum (Hedw.) Gangulee	Vivace (p)
Zygodon viridissimus (Dicks.) Brid.	Colonisateur ©

Epiphytes exclusives de <i>Fagus</i>	Stratégie vitale
Brachytheciastrum velutinum (Hedw.) Ignatov & Huttunen	Vivace (p)
Lejeunea cavifolia (Ehrh.) Lindb.	Itinérant à vie longue (l)
Leucobryum juniperoideum (Brid.) Müll.Hal.	Vivace (p)
Metzgeria violacea (Ach. in F.Weber & D.Mohr) Dumort.	Itinérant à vie longue (l)
Orthotrichum stellatum Brid.	Itinérant à vie courte (s)
Lewinskya striata (Hedw.) F.Lara, Garilleti & Goffinet	Itinérant à vie courte (s)
Orthotrichum stramineum Hornsch. ex Brid.	Colonisateur ©
Platygyrium repens (Brid.) Schimp.	Vivace tolérant au stress (ps)
Ulotia crispa agg.	Itinérant à vie courte (s)
Ulotia crispula Bruch	Itinérant à vie courte (s)

Tableau 8. Epiphytes exclusives sur gros *Quercus* et gros *Fagus*.

En résumé, la coexistence de *Quercus* et *Fagus* favorise localement une diversité plus haute d'espèces épiphytes, car les deux essences montrent des différences dans le nombre et le type d'espèces qu'y peuvent se développer.

V.- LES BRYOPHYTES DU BOIS MORT

La disponibilité de bois pourri dans les différents sites étudiés est très différente en quantité, mais surtout, très différente en qualité, incluant :

- *Nombre de relevés* disponibles, de 0 (Laguian-Mazous et Cardeilhac) à 10 (Cieutat)
- *Essence* : au moins quatre essences différentes (*Castanea sativa*, *Quercus* sp., *Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus*), y ajoutant les pièces où l'essence n'était pas reconnaissable. Les différents sites montrent différentes compositions par rapport à l'essence, *Quercus* sp. étant le mieux représenté (6 localités), suivi de *Castanea sativa* (5 sites). Il faut souligner que la composition du bois pourri peut différer beaucoup par rapport à la composition des strates arborescentes et arbustives.
- *Type de pièce* : souches, troncs, branches, autres pièces. Ce sont les troncs les plus abondants.
- *Diamètre*, entre 13 et 28 cm en moyenne, mais avec un spectre total très large, entre 10 et 80 cm.
- *Stade de décomposition*, en général assez large, entre 1 et 7 ; par site, le spectre est moins large, mais incluant des stades matures (4-5) à la seule exception de Mascaras (1-2).

Un total de **39 taxons** ont été recensés (Annexe 5). Il est difficile d'établir des comparaisons avec d'autres chiffres dans la bibliographie, mais cela nous semble très peu.

Parmi ces espèces, seules **7** sont des **lignicoles strictes** (epixyliques) et **une** autre **presque stricte** dans le territoire d'étude, c'est-à-dire seulement 20% du total des taxons. La plupart des espèces (36%) sont des épiphytes qui survivent pendant un temps sur les arbres tombés, dans les premières étapes de décomposition du bois, tant que l'écorce se maintient (Fig. 5).

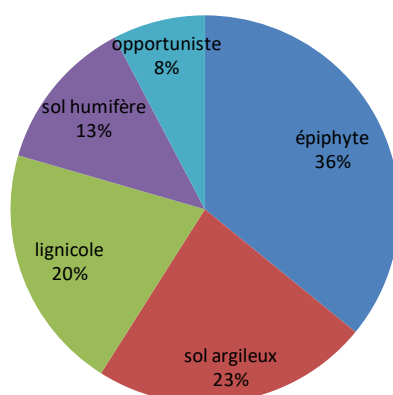


Fig. 5: Groupes écologiques présents sur le bois mort

Le taxon le plus répandu est *Leucobryum juniperoideum* (8 des 12 sites), une espèce avec son optimum sur bois pourri bien qu'exceptionnellement elle se trouve sur sol argileux acide. Dans le territoire, elle occupe notamment les souches de *Castanea sativa*.

En termes de fréquence, le taxon qui vient ensuite est l'hépatique *Lophocolea heterophylla*, exceptionnellement trouvée sur sol argileux (une seule fois). Présente en 7 des 12 sites, elle ne montre pas de préférence en termes d'essence.

L'espèce la plus rare est *Dicranum flagellare*, seulement présente à Cardeilhac (31) où elle y est rare. À noter que cette espèce est dans la catégorie CR (en danger critique) dans la liste rouge régionale.

À l'exception de *Dicranum flagellare* et *Leucobryum juniperoideum*, toutes les autres espèces sont répandues en montagne, notamment dans les Pyrénées. Pour *Dicranum flagellare*, la plupart des données éparées sont anciennes ; pour *L. juniperoideum*, les données disponibles sont encore insuffisantes, parce que la différenciation avec *L. glaucum* n'a pas été souvent faite.

Cieutat et Solle sont les sites avec le plus grand nombre de taxons au total (25 et 17 respectivement) ; tandis que Cieutat et Ilhan montrent le maximum d'espèces lignicoles, 6 des 8.

Par groupes de type de climat, les sites dans le type 2 montrent plus d'espèces et d'avantage de lignicoles que les sites dans le type 4. Il est bien connu que le climat sec peut agir comme un facteur limitant efficace pour beaucoup de bryophytes épixyliques, en particulier les hépatiques (Clausen, 1964; Proctor, 1982).

		nbre. moyen espèces sur bois mort	dév. st.	nbre. moyen lignicoles	dév. st.
Type 2	climat des marges montagnardes	11.3	7.3	4.5	1.52
Type 4	climat océanique altéré	8.83	5.41	1.67	1.37

Tableau 9. nombre moyen d'espèces sur bois mort et nombre moyen d'espèces lignicoles.

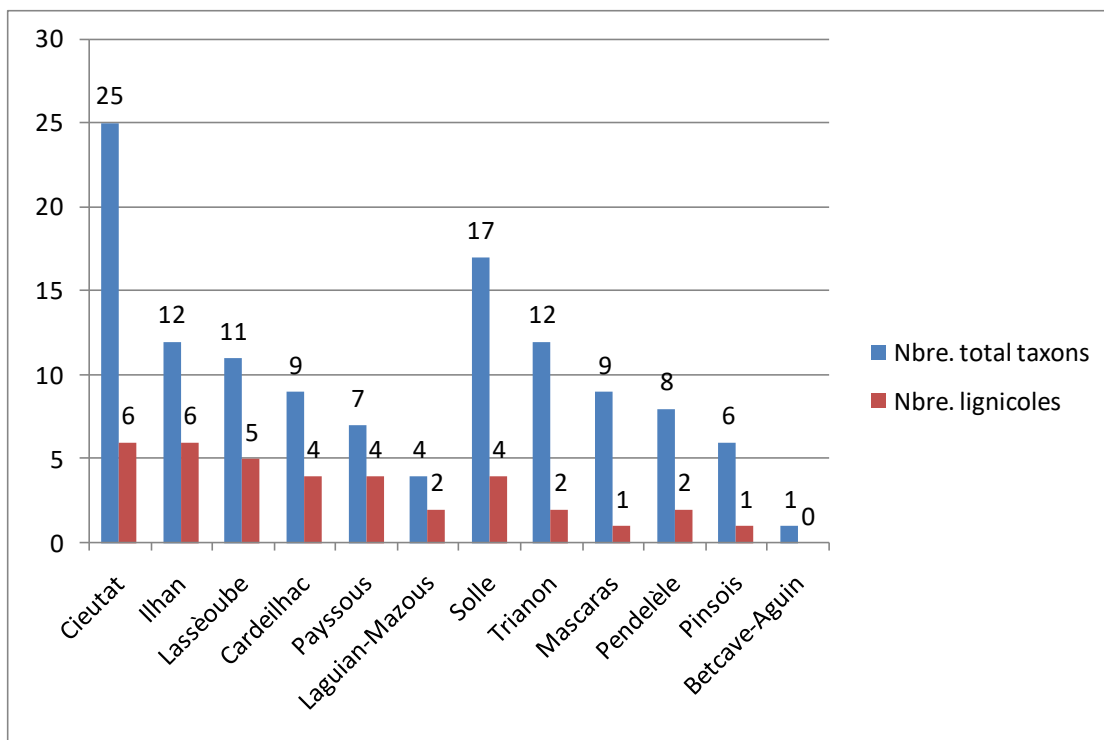


Fig. 6. Nombre de taxons sur bois mort dont nombre de taxons lignicoles stricts (epixyliques) par localité.

VI.- POTENTIALITE INDICATRICE DES BRYOPHYTES DES VIEILLES FORETS DE PLAINE

Les listes de bryophytes qui pourraient être considérées comme indicateurs de vieilles forêts sont de plus en plus nombreuses, et sur différentes régions géographiques. Citons celle de Rose (1992) développée pour les bois des basses altitudes en Angleterre, celle de Lorbeer & Vallauri (2007) développée pour les forêts méditerranéennes en France, et d'autres plus récentes qui peuvent être consultées dans l'annexe 6. Les démarches pour établir ces listes sont aussi hétérogènes, depuis l'avis d'experts à des statistiques inductives sur des jeux de données. Les tests sur le terrain sont en revanche presque nuls (Celle *et al.* 2018).

Sur l'ancienne région Midi-Pyrénées, l'étude des bryophytes dans les forêts anciennes a été entreprise par deux fois, sur les forêts pyrénéennes (Celle 2010) et dans les hêtraies des Grands Causses (Infante Sánchez 2011).

Celle (2010) ne s'occupe que des communautés de saprolognicoles, où il recueille une vingtaine de taxons dans une dizaine de localités. À l'exception de la localité de Réouère (31), le reste des localités présentait un nombre élevé d'espèces présentes (entre 8 et 14), étant assez homogènes. Une validation comparant les localités avec les forêts récentes n'a pas été abordée par la suite. Au regard des forêts de plaine, ces communautés, en particulier des sapinières, ne sont pas comparables, avec seulement cinq espèces en commun (*Lepidozia reptans*, *Nowellia curvifolia*, *Lophocolea heterophylla*, *Plagiothecium laetum*, *Tetraphis pellucida*) ; le reste des espèces étant conditionné par un climat de montagne et par la prédominance du bois mort de conifères.

De son côté, Infante Sánchez (2011) recueille des bryophytes dans dix localités de hêtraies du Parc régional des Grands Causses, sur tous types de substrats, mais le bois mort dans ces localités est pratiquement inexistant et son étude est donc inconcluante. Les résultats des communautés épiphytiques de cette étude sont bien plus comparables au cas des forêts de plaine, bien que seulement sur *Fagus sylvatica*. À cette occasion, il n'y a pas eu non plus d'opportunité de valider par comparaison avec des forêts récentes. Un exercice de sélection d'espèces potentiellement indicatrices de vieilles forêts a été entrepris. Cette liste « Ind. GC » a été développée en prenant en compte la capacité de reproduction et de dispersion, la stratégie vitale, le conditionnement aux habitats forestiers et la vulnérabilité à la déforestation. Elle comptait 34 espèces à valeur indicatrice forte et 22 à valeur faible.

Etant donné qu'aucune de ces listes ne correspond à notre cadre biogéographique, nous proposons un exercice semblable à celui mené pour les Grands Causses, avec presque les mêmes critères.

VI.1- POTENTIELS INDICATEURS D'ANCIENNETÉ POUR LA PLAINE

La liste de taxons obtenue au cours de cette étude (Annexe 1) a été soumise aux critères suivants pour déterminer le potentiel indicateur de chacun de ces taxons (Annexe 7).

VI.1.1- CRITERE 1. CAPACITE DE REPRODUCTION ET DISPERSION

Il s'agit d'un caractère clé au moment d'évaluer les possibilités de récupération et donc de continuité temporelle d'une espèce. Une espèce qui fructifie abondamment et fréquemment va assurer sa pérennité dans un endroit donné et sa dispersion mieux qu'une espèce qui ne le fait pas. On va utiliser le type de sexualité (monoïque/dioïque) pour identifier les espèces qui peuvent fructifier plus fréquemment : les espèces dioïques sont celles qui a priori peuvent avoir plus de problèmes reproductifs et donc, une meilleure potentialité indicatrice de conditions stables dans les forêts sur le long terme. Il faut compter aussi sur la capacité de reproduction végétative (propagules spécifiquement produits ou dispersion par partition). Ce type de reproduction est effectif surtout à courte et moyenne distance, et peut donc améliorer la possibilité de survie.

Pour notre sélection, il est considéré que les espèces dioïques qui n'ont pas de production de propagules auraient une valeur indicatrice forte, suivi des espèces dioïques mais qui produisent des propagules, qui auraient une valeur indicatrice faible.

Par contre, quelques espèces, même si elles sont dioïques, ont une répartition males/femelles qui leur permet de fructifier abondamment. Les suivantes ont été recensées dans notre étude : *Frullania dilatata*, *Dicranum scoparium*, *Polytrichastrum formosum*, *Dicranella heteromalla*. Elles ont été enlevées ou bien dégradées dans leur potentiel indicateur.

Alors, la valeur pour ce premier critère adopté est la suivante :

Dioïque = 1
Manque de propagules = 1
Monoïque sans propagules = 0
Fructification abondante même si dioïque = 0
Fructification abondante sans propagules = 0

Donc la valeur maximale pour ce premier critère correspond aux espèces dioïques non fructifiantes et qui ne produisent pas de propagules.

VI.1.2- CRITERE 2. STRATEGIE VITALE

Sur les espèces avec le plus de problèmes de reproduction et de dispersion identifiés dans le paragraphe antérieur, nous allons considérer la catégorie de stratégie vitale selon Dierssen (2001).

Les espèces **itinérantes** (à vie courte ou longue) et les espèces **vivaces** avec problèmes de dispersion/reproduction sont des espèces qui pourraient témoigner des conditions stables dans la forêt.

On estime que les espèces colonisatrices, annuelles et les fugitives pourraient recoloniser rapidement d'autres localités plus ou moins proches. Donc leur valeur indicatrice est considérée très faible.

La valeur pour ce deuxième critère adopté est la suivante :

Itinérant ou Vivace = 1
Colonisateur = 0
Fugitif = 0
Annuel = 0

VI.1.3- CRITERE 3. ESPECES NON FORESTIERES

Quelques espèces dans le tableau ont été trouvées en bordures ou clairières des bois et ne sont pas inféodées strictement aux habitats forestiers comme *Homalothecium lutescens*. Elle n'a pas de valeur indicatrice.

Quelques autres espèces sont liées à des habitats spéciaux, par exemple les ruisseaux ou la présence particulière de l'eau, et pourraient se trouver en dehors des forêts. Elles aussi sont dépourvues de valeur indicatrice si elles se trouvent dans ce type d'habitat au sein de la forêt. Si ce n'est pas le cas elles maintiennent leur valeur. Ce sont : *Conocephalum conicum*, *Plagiomnium undulatum*.

Quelques espèces sont liées aux épisodes de perturbation occasionnels, ce qui annule leur valeur indicatrice. Il s'agit de : *Atrichum undulatum*, *Scapania nemorea*, *Diplophyllum albicans*, *Fissidens taxifolius* subsp. *taxifolius*.

VI.1.4- CRITERE 4. VULNERABILITE A LA DEFORESTATION

Les espèces nettement hygrophiles et sciaphiles sont considérées comme plus vulnérables à la déforestation que le reste. Et de leur côté, les espèces nettement xérophiles sont considérées moins vulnérables, en accord avec les valeurs suivantes :

hygrophile et/ou *sciaphile* = (+)

xerophile = (-)

La valeur indicatrice obtenue avec les critères 1 à 3 peut ainsi être modulée par un plus (+) ou un moins (-) selon cette vulnérabilité. Cette modulation climatique va être moins importante dans les régions plus atlantiques que dans les régions plus méditerranéennes.

VI.1.5- LISTE D'INDICATEURS VFPI RESULTANTE

La valeur finale pour les quatre critères considérés est obtenue par la somme des deux premiers, l'enlèvement ou la soustraction d'une partie de la valeur pour les espèces mentionnées au critère 3, et l'addition au résultat d'un signe positif (+) ou négatif (-) selon le critère 4.

De cette façon, une liste a été obtenue, contenant 23 espèces avec une valeur potentielle forte (3++, 3+, 3, 3-). Les espèces rangées plus haut dans cette liste sont *Kindbergia praelonga*, *Plagiochila asplenioides*, et *Plagiomnium undulatum* hors de l'influence des ruisseaux.

Le Tableau 10 montre les 23 taxons sélectionnés. La liste complète classifiée des taxons peut être consultée à l'Annexe 7. Contrairement à l'exercice des Grands Causses, les espèces dont la valeur potentielle d'indicateur est la plus faible ne sont pas prises en compte.

Taxa	VFPI- BM	VFPI- Epiphyte	VFPI _sol	Groupe écologique		St + reproduction	Hygro phile	scia phile	spéciales
<i>Kindbergia praelonga</i> (Hedw.) Ochyra	BM	Ep	SH, SA	Opportuniste	3 ++	3	+	+	
<i>Plagiochila asplenioides</i> (L. emend. Taylor) Dumort.			SH	Humicole	3 ++	3	+	+	
<i>Plagiomnium undulatum</i> (Hedw.) T.J.Kop.	BM		SH, SA	Opportuniste	3 ++	3	+	+	espèce inféodée à l'eau
<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>resupinatum</i> (Taylor) Schimp.		Ep		Opportuniste	3 +	3		+	
<i>Isothecium alopecuroides</i> (Lam. ex Dubois) Isov.	BM	Ep		Epiphyte	3 +	3		+	
<i>Isothecium myosuroides</i> Brid.	BM	Ep		Epiphyte	3 +	3		+	
<i>Thamnobryum alopecurum</i> (Hedw.) Gangulee		Ep		Humicorticol e	3 +	3		+	espèce inféodée à l'eau
<i>Thuidium tamariscinum</i> (Hedw.) Schimp.	BM	Ep	SH	Terricole	3 +	3		+	
<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw.) Schimp.	BM	Ep.	SH	Terricole	3 +	3		+	
<i>Exsertotheca crista</i> (Hedw.) S.Olsson, Enroth & D.Quandt	BM	Ep.		Epiphyte	3 +	3		+	
<i>Conocephalum conicum</i> (L.) Dumort.			SH	Terricole	3 +	3	+		espèce inféodée à l'eau
<i>Anomodon viticulosus</i> (Hedw.) Hook. & Taylor	BM	Ep		Epiphyte	3	3			

Taxa	VFPI- BM	VFPI- Epiph yte	VFPI _sol	Groupe écologique		St + reprod uction	Hygro phile	scia phil e	spéciales
<i>Cirriphyllum piliferum</i> (Hedw.) Grout			SH	Humicole	3	3			
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	BM		SH, SA	Opportuniste	3	3			
<i>Hypnum andoi</i> A.J.E.Sm.		Ep		Humicorticol e	3	3			
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw. var. cupressiforme	BM	Ep.	SH, SA	Opportuniste	3	3			
<i>Hypnum cupressiforme</i> var. filiforme Brid.	BM	Ep		Epiphyte	3	3			
<i>Mnium hornum</i> Hedw.	BM		SA	Humicole	3	3			
<i>Porella platyphylla</i> (L.) Pfeiff.		Ep		Humicorticol e	3	3			
<i>Pseudoscleropodium</i> <i>purum</i> (Hedw.) M.Fleisch.			SH	Humicole	3	3			
<i>Rhytidiadelphus loreus</i> (Hedw.) Warnst.	BM			Terricole	3	3			
<i>Oxyrrhynchium</i> <i>pumilum</i> (Wilson) Loeske			SH	Humicole	3 (-) +	3	(-)	+	
<i>Homalothecium</i> <i>sericeum</i> (Hedw.) Schimp.	BM	Ep		Epiphyte	3 (-)	3	(-)		

Tableau 10. Liste d'espèces VFplaine à valeur indicatrice potentielle forte

Dans la zone d'étude, ces espèces apparaissent principalement comme épiphytes (14 d'entre elles), ou au sol (11 d'entre elles), et de ces deux groupes. Elles s'étendent souvent aussi sur du bois mort (12 d'un groupe ou l'autre). Exceptionnellement, *Rhytidiadelphus loreus* n'a été trouvé que sur du bois mort, mais cette espèce n'est pas une épiphyte obligatoire. En fait, tout le groupe des espèces épiphytes est absent de cette sélection, car elles ne répondent pas aux critères imposés liés aux problèmes reproductifs (espèces dioïques sans production de propagules), au contraire, toutes ces espèces sont logiquement parmi celles qui investissent le plus dans l'effort reproducteur ; et sauf facteurs extrinsèques comme l'absence de substrats colonisables par exploitation, ou une fragmentation sévère des forêts dans une région, elles ne devraient pas avoir de problème.

Les connaissances sur la dispersion des bryophytes sont encore très limitées. On estime que l'agent fondamental est l'air, mais les études à l'appui sont fondées sur des espèces à habitat ouvert à grande échelle géographique et temporelle. Il reste encore beaucoup à comprendre sur la dispersion à l'intérieur des forêts, où les courants d'air pourraient ne pas être aussi fondamentaux, et d'autres agents, comme la dispersion par les animaux, jouent un rôle beaucoup plus important qu'on ne le pensait (Chmielewski & Eppley, 2019). On ne sait pratiquement rien sur les distances auxquelles ces espèces peuvent se disperser, qu'elles soient de plusieurs centimètres, mètres ou kilomètres.

Les connaissances sur la banque de semences sont très rares, certains exemples ont été abordés dans le sol, mais pas parmi les épiphytes par exemple.

En ce qui concerne les épiphytes qui se distinguent comme indicateurs potentiels, tous sont présents sur de gros arbres, tous sur *Quercus* et la majorité (12) sur *Fagus sylvatica*, ce qui soutient leur choix comme indicateurs, d'ancienneté, et aussi de maturité, car la présence de ce type d'arbres a été signalé comme critère de maturité des forêts (Cateau *et al.* 2015).

Il est à noter que 73 % des espèces de sols humides figurent sur la liste des indicateurs potentiels. Il faut également noter que le taux de décomposition des bryophytes pleurocarpes est lent, ce qui contribue à la production d'humus (Longton 1984), améliorant la capacité de rétention d'eau et de nutriments de la couche superficielle du sol. Ce processus est lent et nécessite une longue continuité de la forêt, de sorte que le fait que les espèces de sols humides soient des indicateurs potentiels est cohérent et prometteur en principe. Des études sur les espèces du sol sont en cours dans le Massif Central (Celle *et al.* 2018), mais elles n'ont pas encore donné de résultats concluants.

Il ne faut pas oublier que les connaissances sur les réactions des différentes espèces à des régimes de gestion forestière spécifiques sont également limitées, bien que des essais relativement nombreux commencent à être réalisés et sont en cours à cet égard ; il est évident que certains groupes sont sensibles aux changements liés à l'exploitation. La connaissance des conditions écologiques de chaque espèce est également limitée et même la connaissance de la répartition des espèces fait défaut, et dans la plupart des régions, on trouve de vastes zones qui n'ont jamais été étudiées. Le territoire de la plaine de Midi-Pyrénées en est un bon exemple, malgré les efforts entrepris ces dernières années (CBNPMP, 2016).

En complément de cette liste de potentiels indicateurs d'ancienneté, on peut considérer les huit espèces épiphytes (Tableau 11) comme *indicateurs de maturité*, étant donné qu'ils dépendent du

bois mort, dont la quantité et la diversité ont été identifiées comme l'une des caractéristiques déterminantes de la maturité des forêts (Cateau *et al.* 2015).

<i>Dicranum flagellare</i>
<i>Dicranum montanum</i>
<i>Herzogiella seligeri</i>
<i>Lepidozia reptans</i>
<i>Leucobryum juniperoideum</i>
<i>Lophocolea heterophylla</i>
<i>Nowellia curvifolia</i>
<i>Tetraphis pellucida</i>

Tableau 11. Espèces lignicoles recensées, indicateurs de maturité

VI.1.6- DISTRIBUTION D'INDICATEURS VFpl (ANCIENNETE ET MATURITE) DANS LES LOCALITES ETUDIEES

Toutes les localités comprennent au moins 6 espèces avec un potentiel indicateur d'ancienneté ; ce chiffre varie de 6 (Lasséoube et Laguian-Mazous) à 14 (Cieutat) (Fig. 7), avec une moyenne globale de 10 taxons, et aucune différence entre les deux groupes de types climatiques (Tableau 12). Comme déjà mentionné dans le chapitre sur le bois mort, les espèces epixyliques considérées comme indicatrices de maturité montrent une répartition différente selon le type de climat (Tableau 12), étant plus nombreuses dans le climat des marges montagnardes (type 2), plus humide et froid que le climat océanique altéré (type 4). (Annexe 1).

	Nbre total de taxa	Nbre ind. ancienneté	Nbre ind. maturité (lignicoles)
Climat type 2 des marges montagnardes (moyenne)	30.83	10.00	4.67
Climat type 2 des marges montagnardes (st desv)	4.58	2.94	2.05
Climat type océanique altéré 4 (moyenne)	27.00	10.33	1.67
Climat type océanique altéré 4 (st desv)	5.18	2.07	1.37
Total localités	28.92	10.17	3.17
Total localités	5.37	2.89	1.99

Tableau 12.

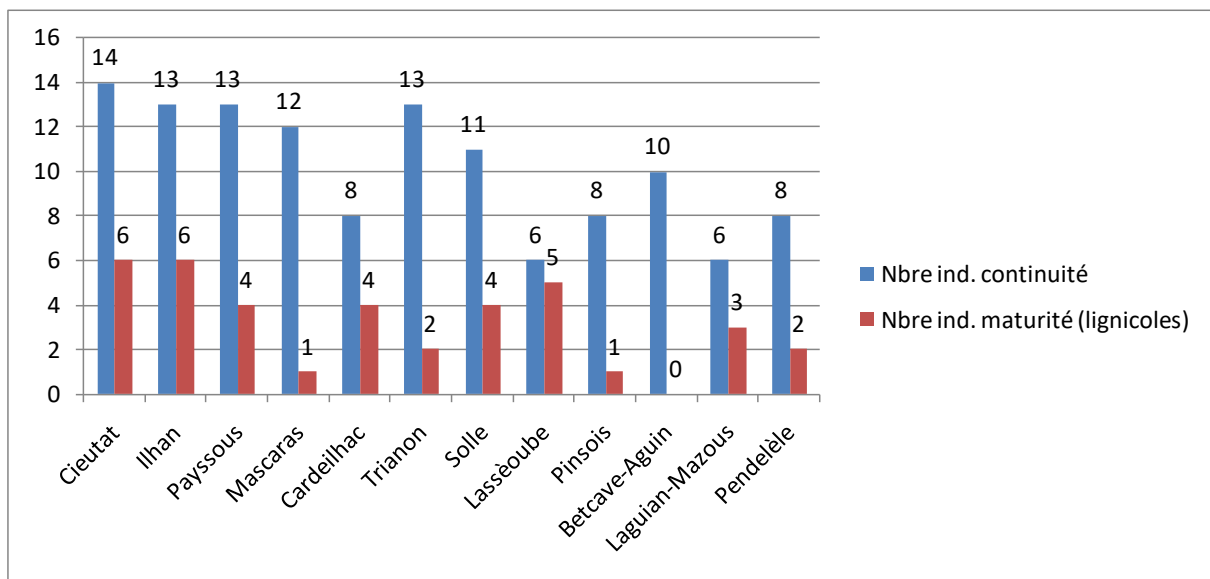


Fig. 7. Présence d'espèces à potentiel indicateur et espèces épixyliques comme indicateurs de maturité sur les différentes localités.

Les deux types d'indicateurs ne sont pas étroitement liés (Fig. 7), ce qui peut être normal si l'on considère qu'ils sont sur des substrats différents (ceux de l'ancienneté sur les arbres et le sol) et les épixyliques de maturité sur le bois mort ; bien qu'il ne serait pas étrange, et bien souhaitable, qu'ils convergent.

VI.2- COMPARAISON DES LISTES D'INDICATEURS

Les neuf listes européennes compilées en Annexe 6 ne rassemblent pas moins de 139 espèces ayant une valeur d'indicateur d'ancienneté, dont 30 espèces considérées comme des indicateurs de forêts récentes.

Elles sont très diverses :

- Molder *et al.* (2015) (Allemagne), Rose (1992) (Angleterre) et Lorber & Vallauri (2007) (France méditerranéenne) retiennent un grand nombre d'espèces (61 dont 31 pour forêt ancienne ; 52 ; et 48 à forte suspicion, respectivement).

- la liste de Rose (1992) inclut 52 espèces en distinguant espèces qui sont présentes seulement dans des vieilles forêts, ou si elles sont habituellement ou occasionnellement présentes, et dans certains cas elle n'admet de valeur indicatrice que si l'espèce a été retrouvée épiphytiquement.

- la liste du Massif Central (Celle *et al.* 2018), 16 espèces plus deux espèces pour les forêts récentes

- les cinq restantes retiennent entre 3 et 7 : Bergès *et al.* (2016) (5 espèces, France moitié nord) ; Paal *et al.* (2011) (7 espèces dont 3 pour la forêt récente, Estonie) ; Dambrine *et al.* 2007 (5 dont 2 pour la forêt récente, France Tronçais) ; Fritz *et al.* (2008) (6 espèces, Suède Sud) ; Woodland Trust (2007) (3 espèces en Irlande du Nord).

16 des **23** espèces inscrites dans la liste obtenue pour la plaine de Midi-Pyrénées sont communes avec celles issues des 9 listes compilées, ce qui est encourageant. Par contre, *Pseudoscleropodium purum* est en contradiction puisque Molder *et al.* (2015) la présente comme indicateur de forêt récente. *Plagiomnium undulatum* est présent dans une autre liste comme indicateur de forêt ancienne et dans une autre de forêt récente.

Les principales convergences coïncidences sont établies avec les listes de Molder *et al.* (2015) (Allemagne), Celle *et al.* (2018) (Massif Central) et la liste de Rose (1992) (Angleterre).

Parmi les espèces que nous avons obtenues, *Thuidium tamariscinum* est présent dans 5 autres listes ; *Isoetecium alopecuroides* et *Rhytidadelphus loreus* dans 3 autres listes ; et 7 autres espèces dans deux autres listes.

En résumé, s'il est logique que les listes d'indicateurs puissent avoir une part significative de variation selon les zones géographiques et, surtout, selon le climat et la disponibilité de conditions écologiques différentes, il existe une poignée d'espèces qui sont présentes dans toutes ou la plupart d'entre elles. Il est encourageant de constater que la majorité des espèces sélectionnées pour la plaine de Midi-Pyrénées se trouvent dans ce groupe d'espèces partagées, il serait donc sans doute très approprié d'entreprendre un processus de validation territoriale de celles-ci, en comparant leur situation dans des forêts récentes.

VII.- CONCLUSIONS

VII.1- BRYOFLORE TOTALE

Au total, **76** taxons sont répertoriés (**18** hépatiques et **58** mousses) dans **12** sites prospectées. Ce chiffre est difficilement interpretable parce qu'il existe peu de données comparables. Dans Infante Sánchez (2011) au total, 103 taxons sont répertoriés (23 hépatiques et 80 mousses) sur dix localités de hêtraies dans le Parc régional des Grands Causses. On serait alors en-dessous, mais il faudrait tenir en compte que les substrats rocheux étaient très importantes et qu'il s'agissait d'un contexte montagnard, ce qui favorise la bryodiversité.

Trois types de substrat ont été relevés : le sol (humifère et argileux), les épiphytes (totaux et sur gros arbres) et le bois mort.

Richesse spécifique. Une moyenne de **28.92** taxons (std.±5.37) par site. Elle montre l'influence du climat, les sites à climat type 2 selon Joly *et al.* (2015) de marge de montagne sont plus riches (30.82 taxa +4.58) que les sites à climat 4 océanique altéré (27+5.18).

Les sites **plus riches** en taxons sont Cieutat et Ilhan (37 et 34 taxons respectivement), et les **plus pauvres** ceux de Laguian-Mazous et Pendelèle (22 et 19 taxons respectivement).

Rareté. Seuls **3** taxons sont trouvés dans tous les localités, tandis que **7** taxons sont trouvés en 10 ou 11 localités ; par contre **25** taxons (33%) ne sont présents que dans une localité.

26 taxons restreints par diverses conditions (acidiphiles non épiphytiques, lignicoles, invasives, liés à la présence d'eau, aérohygrophiles ou autres).

Enjeux patrimoniaux : 12 taxons sont inscrits sur la Liste rouge des bryophytes de Midi-Pyrénées (Infante Sánchez *et al.* 2015). *Dicranum flagellare*, dans la catégorie CR (en danger critique d'extinction) ; deux autres espèces, *Cephaloziella turneri* et *Plagiothecium laetum*, sont vulnérables (VU), et trois (*Herzogiella seligeri*, *Homalia trichomanoïdes* et *Nowellia curvifolia*) sont des NT (Quasi Menacés). Les six autres sont dans la catégorie DD (Données insuffisantes).

VII.2- BRYOFLORE DU SOL

Un total de **32 taxons** ont été recensés. Seules six de ces espèces sont partagées entre les deux types de sol : **15** espèces sur le sol humifère et **23** sur les sols argileux.

Les taxons les plus répandus sont *Eurhynchium striatum* (9 des 12 sites), sur le sol humifère ; et *Atrichum undulatum* (9 des 12 sites), sur les sols argileux.

Par **site**, Ilhan et Cardeilhac montrent le nombre le plus élevé d'espèces sur sol humifère ; Cardeilhac et Solle les plus élevés sur sol argileux.

La moyenne pour les espèces du sol argileux est plus élevée (**4.58** espèces par site +2.71) que pour le sol humifère (**3.67**+2.15).

Par groupes de type de climat, les sites dans le type 2 (marges montagnardes) montrent moins d'espèces aussi bien sur sol humifère que sur sol argileux.

VII.3- LES BRYOPHYTES EPIPHYTES

46 taxons de bryophytes epiphytes ont été recensés, atteignant 60% du total de toute la bryoflore.

32 espèces ont été trouvées sur gros *Quercus*, et **31** sur gros *Fagus sylvatica*. *Quercus* et *Fagus* partagent **23** espèces, totalisant **39** espèces pour les deux. Dans l'absolu, il n'existe pas de différence significative entre les épiphytes totaux et les épiphytes des gros arbres d'après nos résultats. Cependant, en considérant séparément les épiphytes des gros *Quercus* et des gros *Fagus*, il existe bien des différences : alors que la moyenne d'épiphytes toutes essences confondues atteint 17,5 taxons, les moyennes du *Quercus* et du *Fagus* n'atteignent que 7,17 taxons.

La coexistence de *Quercus* et *Fagus* favorise localement une diversité plus haute d'espèces épiphytes, car les deux essences montrent des différences dans le nombre et le type d'espèces qu'y peuvent se développer.

L'influence du climat est évident sur les épiphytes totaux (16.67 taxons sous climat des marges montagnardes vs. 18.33 taxons en moyenne sous climat océanique altéré), mais surtout sur le gros *Quercus*, plus riche sous climat océanique altéré (8 taxons contre 6,33).

VII.4- LES BRYOPHYTES DU BOIS MORT

Un total de **39 taxons** a été recensé. Parmi ces espèces, seules **7** sont des **lignicoles strictes** (epixyliques), et une autre presque stricte au sein du territoire d'étude, c'est-à-dire seulement 20% du total de taxons.

Par site, Cieutat et Solle sont les sites avec le plus grand nombre de taxons (25 et 17 respectivement) ; tandis que Cieutat et Ilhan montrent le maximum d'espèces lignicoles, 6 des 8.

Par groupes de type de climat, les sites dans le type 2 montrent plus d'espèces et plus de lignicoles que les sites dans le type 4.

VII.5- POTENTIALITE INDICATRICE DES BRYOPHYTES DES VIEILLES FORETS DE PLAINE

Une liste d'espèces à potentiel indicateur d'ancienneté a été obtenue, contenant **23** espèces, considérées selon leurs capacités reproductives, leur stratégie vitale et leur dépendance à l'ombre et l'humidité.

Ces espèces apparaissent principalement comme épiphytes (14 d'entre elles), ou au sol (11 d'entre elles), et de ces deux groupes. Elles s'étendent souvent aussi sur du bois mort (12 d'un groupe ou l'autre).

À remarquer, aucune espèce inféodée au bois mort n'est inscrite dans cette liste. Par contre, les espèces lignicoles sont considérées comme indicatrices de maturité.

La moyenne globale d'espèces indicatrices d'ancienneté par site est de 10, sans aucune différence entre les deux groupes de types climatiques ; les espèces epixyliques considérées comme indicatrices de maturité montrent une répartition différente selon le type de climat (Tableau 12), étant plus

nombreuses dans le climat des marges montagnardes (type 2), plus humide et froid que le climat océanique altéré (type 4).

VII.6- COMPARAISON DES LISTES D'INDICATEURS

Neuf listes européennes ont été compilées, rassemblant pas moins de 139 espèces ayant une valeur d'indicateur d'ancienneté, dont 30 espèces considérées comme des indicateurs de forêts récentes.

16 des 23 espèces inscrites dans la liste obtenue pour la plaine de Midi-Pyrénées sont communes avec celles issues des 9 listes compilées, ce qui est encourageant, et mériterait un processus de validation par comparaison avec des sites de forêts récentes.

VIII.- REFERENCES

BERGES, L., AVON, C., ARNAUDET, L., ARCHAU, F., CHAUCHARD, S. & DUPOUEY, J.-L. (2016). Past landscape explains forest periphery-to-core gradient of understory plant communities in a reforestation context. *Diversity and Distributions* 22(1), 3–16.

CATEAU E., LARRIEU L., VALLAURI D., SAVOIE J.-M., TOUROULTJ., BRUSTEL H., (2015). Ancienneté et maturité : deux qualités complémentaires d'un écosystème forestier. *Comptes Rendus Biologies*, 338, pp.58-73.

CONSERVATOIRE BOTANIQUE NATIONAL DES PYRENEES ET DE MIDI-PYRENEES, (2016). *Amélioration de la connaissance de la flore, la fonge et les habitats naturels sur le territoire de la « plaine » de Midi-Pyrénées. Appel a projets Connaissance région Midi-Pyrénées 2015-2016. Rapport final. 60 p. + Annexes.*

CELLE J., (2010). *Etude de forêts pyrénéennes anciennes de Midi-Pyrénées. Volet bryologique : les cortèges saprolignicoles.* Nature Midi-Pyrénées en partenariat Purpan École d'ingénieurs - Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées - CRPF Midi-Pyrénées, 13 p.

CELLE, J., POUVREAU, M. & VILLEMÉY, A. (2018). Bryophytes, ancienneté et maturité des forêts. *Boîte à outils « Forêts anciennes du Massif central » : les bryophytes*, v.28-11-16.

CHMIELEWSKI, M.W. & EPPLEY, S.M. (2019). Forest passerines as a novel dispersal vector of viable bryophyte propagules. *Proc. R. Soc. B* 286, 20182253.

CLAUSEN, E. (1964). The tolerance of hepatics to desiccation and temperature. *Bryologist* 67: 411-17.

DAMBRINE, E., DUPOUEY, J.-L., LAÛT, L., HUMBERT, L., THINON, M., BEAUFILS, T. & RICHARD, H. (2007). Present forest biodiversity patterns in France related to former Roman agriculture. *Ecology* 88, 1430–1439.

DIERBEN, K. (2001). Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes. *Bryophytorum Bibliotheca* Band 56. Ed. J. Cramer, Berlin, Stuttgart, 289 pp.

- ESSL, F. & LAMBTON P.W. (2009). Chapter 3 Alien bryophytes and lichens of Europe. In: *DAISIE, Handbook of Alien Species in Europe* : 29-41. Springer Science + Business Media.
- FREGO, K. A (2007). Bryophytes as potential indicators of forest integrity. *Forest Ecology and Management* 242 (1), 65–75.
- FRITZ, O., GUSTAFSSON, L., LARSSON, K. (2008). Does forest continuity matter in conservation? – A study of epiphytic lichens and bryophytes in beech forests of southern Sweden. *Biological Conservation* 141, 655–668.
- INFANTE SANCHEZ, M. (2011). *Inventaire des écosystèmes forestiers remarquables du Parc naturel régional des Grands Causses. Etude des bryophytes*. CBNPMP – Conservatoire Botanique National des Pyrénées et Midi-Pyrénées, 75 p.
- JOLY, D., BROSSARD, T., CARDOT, H., CAVAILHES, J., HILAL, M. & WAVRESKY, P. (2015). Les types de climats en France, une construction spatiale. *Cybergeo, European journal of Geography* 501.
- LONGTON, R., (1984). The role of bryophytes in terrestrial ecosystems. *J. Hattori Bot. Lab.* 55, 147–163.
- LORBER, D. & VALLAURI, D. (2007). *Contribution à l'analyse des forêts anciennes de Méditerranée. Critères et indicateurs du gradient de naturalité*. Rapport WWF, Marseille, 95 pages.
- MÖLDER, A., SCHMIDT, M., ENGEL, F., SCHÖNFELDER, E., & SCHULZ, F. (2015). Bryophytes as indicators of ancient woodlands in Schleswig-Holstein (Northern Germany). *Ecological Indicators* 54, 12–30.
- PAAL, J., TURB, M., KÖSTER, T. RAJANDU, E. & LIIRA, J. (2011). Forest land-use history affects the species composition and soil properties of old-aged hillock forests in Estonia. *Journal of Forest Research* 16(3), 244–252.
- PROCTOR, M. C. F. (1982). Physiological ecology: water relations, light and temperature responses, carbon balance. In: A. J. E. SMITH (ed.) *Bryophyte ecology*, pp. 333-382.
- ROSE, F. (1992). Temperate forest management: its effects on bryophyte and lichens floras and habitats. In: Bates J.W., Farmer A.M., editors. *Bryophytes and lichens in a changing environment*. Oxford : Clarendon Press. 887 p.
- SÖDERSTRÖM, L. (1988). The occurrence of epixylic bryophyte and lichen species in an old natural and a managed forest stand in northeast Sweden. *Biological Conservation* 45, 169–178.
- WOODLAND TRUST (2007). *Back on the map. An inventory of ancient and long-established woodland for Northern Ireland Preliminary Report*, 20 p.