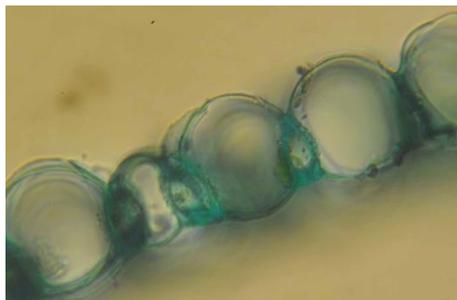


Diagnostic phytoécologique de trois tourbières des vallées de la Leyre et mise en place d'un suivi diachronique



Prospections de terrain :

Anthony LE FOULER, Vincent HUGONNOT, Grégory CAZE

Saisie et validation des données :

Anthony LE FOULER, Vincent HUGONNOT

Rédaction :

Anthony LE FOULER

Relecture :

Grégory CAZE, Jérôme FOUERT-POURET

Crédit photographique :

Anthony LE FOULER

Remerciements :

Nous remercions en particulier Jérôme FOUERT-POURET, du Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne pour sa relecture.

Référencement bibliographique :

LE FOULER A., HUGONNOT V., CAZE G., 2012. – *Diagnostic phytoécologique de trois tourbières des vallées de la Leyre et mise en place d'un suivi diachronique*. Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique. 35p.

Conservatoire Botanique National



Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique

Domaine de Certes
47 avenue de Certes
33980 AUDENGE
Tél. : 05 57 76 18 07

Site internet : www.cbnsa.fr
Courriel : cbsa.info@laposte.net

Partenaires financiers :

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un partenariat entre le Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique et le Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne (PNRLG). Elle est financée par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et le PNRLG.



SOMMAIRE

1. Introduction	4
2. Caractérisation bryologique des tourbières des vallées de la Leyre	5
2.1. Méthode.....	5
2.2. Résultats des inventaires antérieurs et complémentaires.....	5
2.2.1. Les sphaignes	6
2.2.2. Les hépatiques sphagnicoles	7
2.2.3. Autres bryophytes	7
2.3. Quelques éléments d'autoécologie des sphaignes des vallées de la Leyre	7
3. Mise en place d'un dispositif de suivi pérenne par la méthode des transects phytosociologiques.....	8
3.1. Sites concernés.....	8
3.2. Choix méthodologiques	8
3.3. Méthode.....	9
3.4. Organisation du travail.....	11
3.5. Résultats de la lecture des transects phytosociologiques	13
3.5.1. La tourbière de bord de vallée au lieu-dit de Hongrand (Belin-Béliet)	13
3.5.2. La tourbière de bord de vallée au lieu-dit de Cruchada (Moustey)	15
3.5.3. La tourbière de pente du vallon de Pujoubanc (Argelouse)	17
3.6. Planche de photographies.....	18
4. Réflexions sur le fonctionnement des tourbières de la Leyre.....	19
4.1. Géologie et géomorphologie	19
4.2. Hydrogéologie.....	21
4.3. Climatologie et micro-climatologie	21
4.4. Organisation spatiale des habitats	22
4.5. Quelques pistes sur la genèse et l'évolution des tourbières des vallées de la Leyre	24
5. Outils et méthodes complémentaires pour l'amélioration de la compréhension du fonctionnement écologique	26
6. Conclusion	28
Références bibliographiques	29
ANNEXE 1 : Inventaire bryologique par tourbière.....	31
ANNEXE 2 : Résultats bruts des transects phytosociologiques	32

1. Introduction

Dans le cadre d'un programme pluridisciplinaire d'amélioration des connaissances sur le fonctionnement des vallées de la Leyre, le Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne a fait appel au Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique pour préciser le rôle, le fonctionnement et l'état de conservation des tourbières associées. Ce travail s'inscrit dans un cadre partenarial entre les deux établissements publics.

Trois principaux objectifs étaient poursuivis :

- préciser la caractérisation bryologique des tourbières des vallées de la Leyre ;
- disposer d'éléments de suivi et de caractérisation de la végétation pour suivre l'état de conservation des tourbières et identifier les principes opportuns de conservation ;
- améliorer la compréhension du fonctionnement écologique de ces tourbières.

Quatre méthodes ont été employées pour répondre à ces divers objectifs :

- une expertise bryologique sur plusieurs sites ;
- la mise en place d'un dispositif de suivi pérenne par la méthode des transects phytosociologiques ;
- une réflexion sur le fonctionnement basée sur une synthèse de connaissances et la collecte de nouvelles données sur les paramètres physiques ;
- l'identification d'outils et de méthodes complémentaires pour une meilleure compréhension de cet écosystème particulièrement complexe.

2. Caractérisation bryologique des tourbières des vallées de la Leyre

2.1. Méthode

Les bryophytes étroitement associés aux tourbières ont fait l'objet d'une étude à part entière compte tenu du manque de connaissance sur le bassin versant de la Leyre et de leur rôle majeur dans la structuration, le fonctionnement et le suivi de ces milieux.

Les tourbières suivantes (cf. Figures 1 et 2) ont été sélectionnées pour leur représentativité de la diversité typologique des tourbières des vallées de la Leyre :

- la tourbière de bord de vallée de Hongrand (Belin-Béliet, 33) ;
- la tourbière de bord de vallée de Cruchada (Moustey, 40) ;
- la tourbière de fond de vallon de Castelsarrazin (Sore, 40) ;
- la tourbière de pente de Pujoubanc (Argelouse, 40).

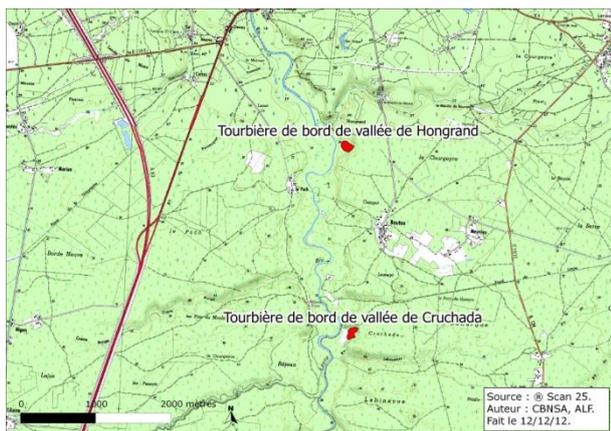


Figure 1 : Localisation des tourbières de Hongrand et Cruchada

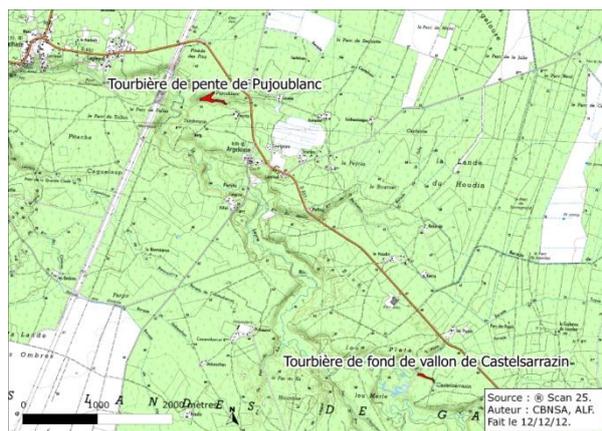


Figure 2 : Localisation des tourbières de Pujoubanc et Castelsarrazin

Une recherche bibliographique a permis de dresser l'état des connaissances pour ces 4 sites.

3 jours de terrain ont été consacrés à l'inventaire des bryophytes ainsi qu'à l'observation de leurs affinités écologiques afin de mettre à jour les inventaires antérieurs et de préciser l'autoécologie des espèces. Ces inventaires ont été réalisés les 19, 20 et 22 novembre 2012 par Vincent Hugonnot, bryologue basé au Conservatoire Botanique National du Massif Central. Il était accompagné de l'agent du Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique en charge de l'étude générale. Les sphaignes, les hépatiques sphagnicoles et les autres bryophytes affiliées aux tourbières ont fait l'objet d'un inventaire exhaustif. Les autres bryophytes ont été inventoriées par opportunité.

En complément de ces 3 jours, la lecture des transects phytosociologiques (cf. § 3) a également apporté son lot de données.

2.2. Résultats des inventaires antérieurs et complémentaires

A notre connaissance, seules trois sources bibliographiques comportent des mentions de sphaignes sur les tourbières ciblées :

- un article d'Alain Royaud publié en 2000 dans le Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux (Tome 28). Il s'agit d'un compte-rendu des excursions d'Alain Royaud et de Didier Masson du 22 janvier et du 5 mars 2000 titré « *Mousses et Lichens de Belin-Béliet (Gironde), de Sore et d'Argelouse (Landes)* ». Cet article contribue pour ce qui nous concerne à la connaissance des tourbières de Hongrand et de Pujoubanc ;
- un article d'Alain Royaud publié en 2008 dans le Bulletin de la Société Mycologique Landaise n°34 titré « *Inventaire des Bryophytes et des Lichens du site du Plata, commune de Sore* » contribuant notamment à la connaissance des bryophytes de la tourbière de Castelsarrazin ;
- une étude de 2003 de la mission de préfiguration du Conservatoire Botanique National menée par Frédéric Blanchard et Thomas Lamothe pour le compte du Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne et titrée « *Étude des groupements végétaux des prairies inondables, des prairies saumâtres et des milieux tourbeux de la vallée et du Delta de la Leyre (Gironde, Landes)* ». Elle contribue ici à la connaissance des tourbières de Hongrand, Pujoubanc et de Castelsarrazin.

A notre connaissance, aucune donnée bryologique n'est disponible pour la tourbière de Cruchada.

2.2.1. Les sphaignes

D'après cette synthèse bibliographique et les prospections réalisées dans le cadre de cette présente étude, **12 espèces de sphaignes sont connues dans cette sélection de tourbières des vallées de la Leyre** (cf. tableau 1). Ces tourbières apparaissent donc relativement riches en sphaignes. Prises individuellement, un total de 6 sphaignes dans une tourbière de plaine est généralement considéré comme assez riche (7 à Hongrand et Cruchada et 9 à Castelsarrazin). Le seuil de 10 sphaignes n'est qu'exceptionnellement atteint en plaine (11 sphaignes à Pujoublanc).

Tableau 1 : Sphaignes recensées dans les 4 tourbières étudiées

Tourbière, lieu-dit	Hongrand				Cruchada		Pujoublanc				Castelsarrazin				
	Belin-Béliet				Moustey		Argelouse				Sore				
	Commune														
Observateurs et année d'observation	Royaud, 2000	Blanchard & Lamothe, 2003	A. Le Foulher, 2012	V. Hugonnot, 2012	A. Le Foulher, 2012	V. Hugonnot, 2012	Royaud, 2000	Blanchard & Lamothe, 2003	A. Le Foulher, 2012	V. Hugonnot, 2012	Royaud, 2008	Royaud, 2000	Blanchard & Lamothe, 2003	A. Le Foulher, 2012	V. Hugonnot, 2012
Sphaignes minéro-trophes	<i>Sphagnum subnitens</i>				•	•	•		•	•		•			•
	<i>Sphagnum palustre</i>			•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	
	<i>Sphagnum cuspidatum</i>	•	•	•	•	•		(•)				•	(•)		
	<i>Sphagnum denticulatum</i>	•	•	•	•	•		(•)	•		•	•	(•)	(•)	•
	<i>Sphagnum tenellum</i>	•	•		•			non revue	•		•				•
	<i>Sphagnum angustifolium</i> PR							•							
Sphaignes minéro-ombrotrophes	<i>Sphagnum fallax</i> PR										•	•			•
	<i>Sphagnum papillosum</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	<i>Sphagnum rubellum</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	<i>Sphagnum magellanicum</i> PR	•	•	•	•	•	•	•			•		•	•	•
Sphaignes ombrotrophes	<i>Sphagnum fimbriatum</i> PR							•							
	<i>Sphagnum capillifolium</i>							•		•					
	7 sphaignes				7 sphaignes		11 sphaignes (1 espèce douteuse)				9 sphaignes				
	12 sphaignes														

(•) : Donnée douteuse

La tourbière de Hongrand, avec un total de 7 espèces, apparaît assez riche en sphaignes. Les espèces déjà recensées sur ce site ont été recontactées. Une espèce a été découverte : *Sphagnum palustre*. Cette espèce étant relativement commune dans les divers systèmes de zones humides du triangle landais, son observation n'est pas exceptionnelle.

Le cortège de sphaignes de la tourbière de Cruchada diffère de celui de la précédente par la présence de *Sphagnum subnitens* et l'absence de *Sphagnum palustre* et de *Sphagnum tenellum*, pour un total de 7 espèces.

La tourbière de Pujoublanc se démarque des autres tourbières par la présence de *Sphagnum angustifolium*, *Sphagnum fimbriatum* et *Sphagnum capillifolium*. De ces 3 espèces, seule cette dernière a été recontactée. Avec 11 espèces recensées, il s'agit de la tourbière la plus diversifiée en sphaignes.

La tourbière de Castelsarrazin, relativement riche en sphaignes, est très originale du fait de la présence de *Sphagnum fallax*, espèce très rare à l'échelle régionale. Une nouvelle espèce a été découverte : *Sphagnum tenellum*.



Sphagnum magellanicum



Sphagnum papillosum



Sphagnum fallax



Sphagnum rubellum



Sphagnum palustre

2.2.2. Les hépatiques sphagnicoles

Ces hépatiques se développent uniquement dans les buttes de sphaignes des complexes tourbeux acides oligotrophes.

Dans la plupart des systèmes tourbeux visités coexistent 4 hépatiques sphagnicoles :

- *Odontoschisma sphagni*
- *Kurzia pauciflora*
- *Mylia anomala*
- *Cephalozia connivens*

Deux espèces remarquables ont été découvertes :

- *Cephalozia macrostachya* subsp. *macrostachya* (tourbière de Hongrand)
- *Calypogeia sphagnicola* (tourbière du Castelsarrazin)

Une autre espèce, plus commune, a également été découverte :

- *Riccardia latifrons* (tourbière de Cruchada)

C'est donc un cortège particulièrement diversifié d'hépatiques sphagnicoles qui trouvent des conditions optimales pour leur développement dans les tourbières inventoriées. Ces communautés hyperspécialisées possèdent une grande valeur patrimoniale. Un inventaire de ces espèces serait sans doute très utile tant d'un point de vue strictement connaissance et patrimonialité que du point de vue fonctionnel au regard des tourbières concernées.

2.2.3. Autres bryophytes

Les espèces suivantes, plus ou moins inféodées aux milieux tourbeux, ont été inventoriées :

<i>Aulacomnium palustre</i>	<i>Frullania tamarisci</i>	<i>Pellia epiphylla</i>
<i>Calypogeia arguta</i>	<i>Hypnum cupressiforme</i>	<i>Pleurozium schreberi</i>
<i>Calypogeia fissa</i>	<i>Hypnum jutlandicum</i>	<i>Rhizomnium punctatum</i>
<i>Dicranum bonjeani</i>	<i>Isoetecium myosuroides</i>	<i>Sciuro-hypnum plumosum</i>
<i>Dicranum scoparium</i>	<i>Kindbergia praelonga</i>	<i>Scleropodium purum</i>
<i>Fissidens adianthoides</i>	<i>Leucobryum glaucum</i>	<i>Ulota crispa</i>
<i>Fissidens osmundoides</i>	<i>Mnium hornum</i>	<i>Ulota bruchii</i>
<i>Frullania dilatata</i>	<i>Odontoschisma denudatum</i>	<i>Zygodon viridissimus</i>

La liste des espèces recensées par tourbière est disponible à l'annexe 1.

2.3. Quelques éléments d'autoécologie des sphaignes des vallées de la Leyre

Les affinités écologiques de chaque espèce et le jeu des phénomènes compétitifs et exclusifs conduisent à l'occupation de micro-habitats distincts. Une espèce peut aussi présenter des affinités écologiques différentes selon les territoires géographiques. Les éléments d'autoécologie présentés ici sont tirés des tourbières visitées.

Sphagnum cuspidatum est une espèce aquatique qui peuple les mares oligotrophes ou les dépressions insérées entre les banquettes de sphaignes. Cette espèce disparaît aussitôt que le niveau topographique tend à s'exhausser et peut donc être considérée comme une espèce pionnière.

Sphagnum tenellum est une espèce très pionnière qui nécessite des biotopes sans concurrence. Elle ne joue apparemment qu'un rôle fonctionnel mineur dans la mesure où cette espèce présente des effectifs réduits et se cantonne le plus souvent aux abords de dépressions.

Sphagnum papillosum et *Sphagnum rubellum* forment à elles seules le fond de la flore de plusieurs systèmes tourbeux visités. Ces deux espèces forment à leur optimum des banquettes de niveau topographique moyen dont l'alimentation reste sans doute majoritairement liée à la nappe ou au ruissellement.

Sphagnum magellanicum occupe une position similaire mais peut-être déjà plus influencée par l'eau atmosphérique dans le cadre local (elle peut être qualifiée de minéro-ombrotrophe).

Sphagnum palustre semble localement ubiquiste et peut intervenir dans à peu près toutes les phases.

Sphagnum capillifolium n'a été observée que sur une seule tourbière (Pujoubanc). L'unique butte observée ne permet pas de statuer sur l'autoécologie de l'espèce sur le territoire considéré (espèce généralement typique des systèmes ombrotrophes).

Les positions stationnelles des autres sphaignes mériteraient un examen plus approfondi. Toutefois, *Sphagnum fallax* et *Sphagnum subnitens*, deux espèces globalement peu observées, semblent s'insérer dans des niveaux topographiques intermédiaires.

3. Mise en place d'un dispositif de suivi pérenne par la méthode des transects phytosociologiques

Nous présentons ici la mise en place et la première lecture d'un suivi de 3 tourbières des vallées de la Leyre visant à suivre leur état de conservation et mieux comprendre et suivre leur fonctionnement écologique.

Les objectifs sont :

- de suivre la dynamique des végétations tourbeuses (phanérogames et sphaignes) ;
- de mieux comprendre et suivre le fonctionnement écologique des milieux tourbeux en rapport avec la description et l'évolution des facteurs physiques (hydrologie, climatologie, géomorphologie) ;
- de proposer d'éventuelles mesures de gestion conservatoire ;
- de suivre l'évolution de la flore des milieux tourbeux (espèces patrimoniales, exotiques envahissantes, etc.).

La difficulté principale de ce type d'exercice et son intérêt tiennent à la longévité du dispositif : repérage durable du dispositif (géoréférencement), traçabilité des données collectées, enregistrement des caractéristiques de la gestion (cahier de gestion).

3.1. Sites concernés

Compte tenu du temps alloué à cette étude, l'installation d'un dispositif de suivi et la première lecture ont été effectuées sur les 3 tourbières suivantes :

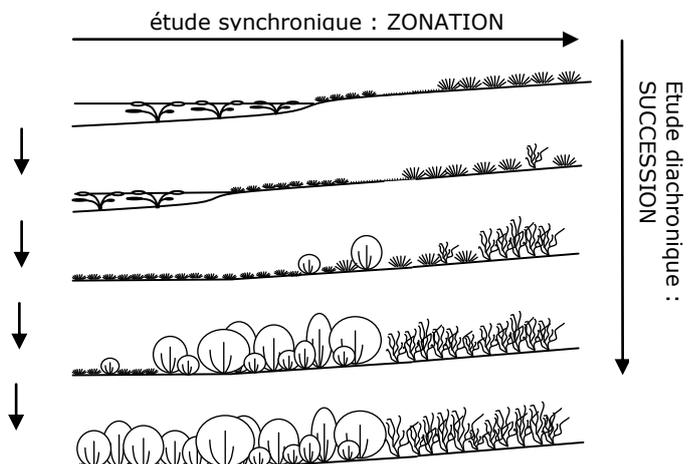
- La tourbière de bord de vallée de Hongrand (Belin-Béliet, 33)
- La tourbière de bord de vallée de Cruchada (Moustey, 40)
- La tourbière de pente de Pujoubanc (Argelouse, 40)

Le temps alloué à la mise en place des dispositifs de suivi s'est en effet révélé conséquent et ne permettait pas d'envisager un autre site.

3.2. Choix méthodologiques

Pour étudier la dynamique des communautés végétales, il existe classiquement deux méthodes :

- **l'étude synchronique** : méthode indirecte basée sur l'inventaire et la comparaison des phytocénoses existantes à un instant t . Elle permet de prédire dans le temps les changements, mais certaines communautés de la séquence temporelle étudiée peuvent être absentes et il est possible que d'autres n'en fassent pas partie.
- **l'étude diachronique** : méthode directe basée sur le suivi spatial et temporel de la dynamique d'une communauté végétale (notion de succession végétale). Lorsque cette étude est appliquée à plusieurs communautés végétales *a priori* appartenant à la même séquence temporelle, elle empruntera le caractère prédictif de la première.



L'une ou l'autre méthode est à retenir selon les objectifs fixés et des moyens disponibles.

La méthode retenue, axée sur le suivi du fonctionnement écologique des tourbières des vallées de la Leyre, est l'étude diachronique des communautés de tourbière d'une même séquence temporelle. Cette méthode permet également une approche diachronique (la réciproque n'étant pas vraie).

Les communautés végétales des tourbières sont généralement organisées dans l'espace selon le gradient hydrique, lui-même conditionné par le gradient topographique. **La méthode des transects phytosociologiques est la plus adaptée pour le suivi de la dynamique des communautés liées par un gradient écologique.**

3.3. Méthode

➤ Positionnement du transect

Le choix du positionnement du transect a tenté de répondre aux règles suivantes :

- orienter le transect parallèlement au gradient écologique prépondérant dans la distribution spatiale des phytocénoses (topographie et humidité, ombrotrophie/minérotrophie) ;
- échantillonner la diversité phytocénotique : le transect doit pouvoir prendre en compte le maximum de situations écologiques rencontrées sur la tourbière ;
- choisir le transect le plus long possible (pente faible) pour apprécier la végétation dans sa plus grande expression ;
- éviter les situations atypiques : les zones suivies doivent être relativement représentatives du bon fonctionnement écologique de la tourbière. Les zones faisant l'objet de pressions ou de perturbations ponctuelles ont été évitées. Si des zones perturbées et potentiellement significativement impactantes sur le bon fonctionnement de la tourbière ont été observées, elles ont pu être intégrées dans le dispositif de suivi (cas de la colonisation de certains secteurs par les pins) ;
- en cas d'asymétrie topographique (pentes opposées différentes), il a été préférable de prolonger le transect de manière à prendre en compte l'hétérogénéité physiologique, écologique et floristique résultante.

➤ Géoréférencement du transect

Retrouver le positionnement du transect le plus précisément et le plus durablement est l'enjeu majeur du suivi car il permet de réaliser par la suite des analyses comparatives fiables (évolution de l'emprise des différentes communautés, disparition d'espèces).

Pour géolocaliser et matérialiser le transect lors d'une lecture, le système de repérage suivant a été adopté.

Deux poteaux en bois fendu et imputrescible ont d'abord été plantés aux extrémités du transect retenu. Des poteaux intermédiaires ont également été implantés pour ne pas perdre en précision dans les mesures de distance. L'espacement entre deux piquets généralement retenu est de 50 mètres. Les coordonnées GPS de chaque repère sont relevées (cf. *tableau 2*). Pour ne pas attirer l'attention et éviter toute dégradation du dispositif, les poteaux ne dépassent que de quelques dizaines de centimètres la végétation. Aussi, pour assurer leur ancrage, ils ont été enfoncés profondément dans la tourbe.

Le transect est géolocalisé de manière à éviter les contraintes d'une éventuelle gestion (coupe forestière, passage d'engin) et les contraintes du milieu (niveaux d'eau élevés, végétations ligneuses vigoureuses qui ne permettent pas toujours d'installer des piquets durablement) qui pourraient détériorer le dispositif de repérage.

Tableau 2 : Informations pour la relocalisation des repères fixes

	Distance au premier piquet (m)	Coordonnées X Lambert 93	Coordonnées Y Lambert 93
Tourbière d'Hongrand			
Piquet 0	0	399597.273	6380543.7
Piquet 1	50	399576.521	6380502.52
Piquet 2	100	399558.83	6380456.67
Piquet 3	150	399538.52	6380411.28
Tourbière de Cruchada			
Piquet 0 (béton)	0	399699.598	6378048.97
Piquet 1	15	399689.858	6378037.22
Piquet 2	65	399658.392	6377997.52
Piquet 3	115	399629.974	6377959.02
Piquet 4	165	399597.76	6377921.45
Piquet 5	225	399561.66	6377876.61
Tourbière de Pujoubanc			
Piquet 0	0	408889.918	6370562.69
Piquet 1	60	408896.726	6370500.94

➤ *Type de relevés*

Un relevé est ici considéré comme une liste d'espèces effectuée strate par strate où chaque espèce se voit attribuer un pourcentage de recouvrement.

Le relevé s'étend sur une largeur de 2 mètres de part et d'autre de l'axe du transect. L'aire minimale n'est pas toujours respectée par cette méthode. Ceci ne gêne pas pour autant la compréhension fine des télescopages de groupements et de leur constitution en fonction des niveaux topographiques. De plus, une placette permanente est un outil d'étude diachronique de la végétation et non une méthode pour caractériser les habitats au niveau phytosociologique.

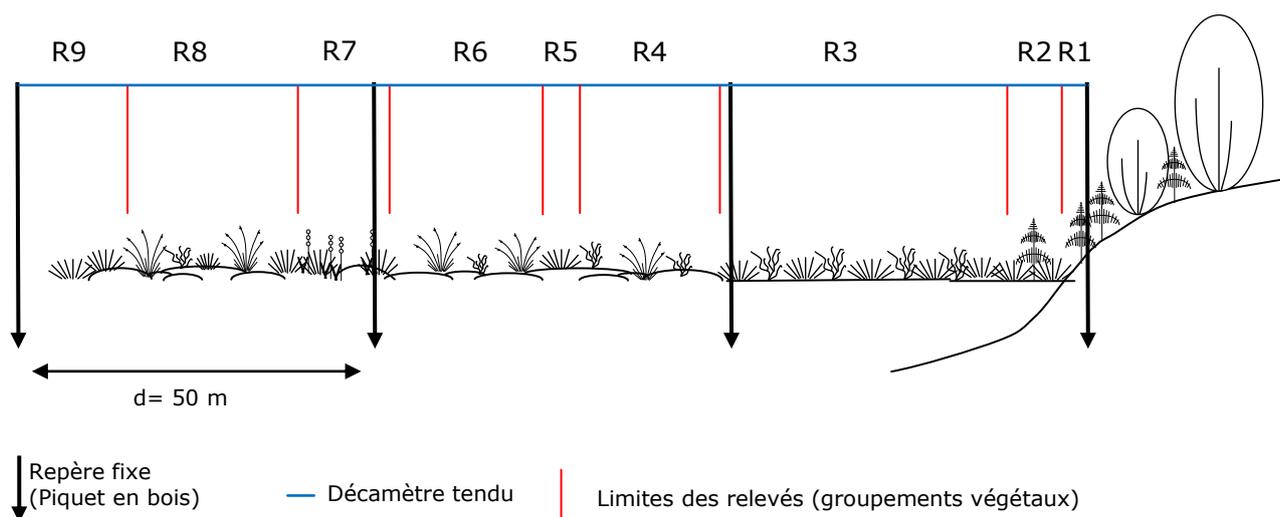
➤ *Nombre de relevés*

Un relevé est réalisé dans chacune des zones floristiquement, écologiquement et physionomiquement homogènes. Ainsi, à chaque hétérogénéité du tapis végétal, une distance est arrêtée et un relevé est réalisé (segment de transect de longueur adaptée aux limites des communautés végétales).

➤ *Bornage des communautés végétales*

Les limites supérieures et inférieures des différents groupements végétaux sont indiquées pour suivre au cours du temps leur emprise le long du transect. Le décimètre utilisé pour cette mesure n'est pas posé à même la végétation mais tendu entre deux poteaux du fait des biais considérables induits sur la mesure des distances par l'évolution de la physionomie de la végétation.

Transect géolocalisé à intervalles irréguliers



➤ *Précautions lors de la lecture*

Lors de la lecture, il existe un risque de perturbation très locale de la végétation. Pour minimiser cet impact et le risque de biais, les déplacements dans la zone de lecture ont été limités.

➤ *Données collectées lors des lectures*

Métadonnées

Nom de la tourbière, lieu-dit, commune(s), département(s), date de lecture, identité du ou des observateurs, coordonnées GPS et distance entre les repères fixes, numéros du relevé.



Matérialisation du transect sur Hongrand

Caractéristiques abiotiques

Niveau d'eau, nature du substrat, surface de substrat nu, profondeur de tourbe (mesurée à l'aide d'une tarière), eau affleurante non végétalisée.

Hauteur de végétation

Hauteur de biomasse (et non hauteur maximale), mesurée avec une précision de 5 cm.

Recouvrement des strates

Le recouvrement des différentes strates est exprimé en pourcentage (projection visuelle de la végétation au niveau du sol), avec une précision de 5 %.

Strates distinguées : végétation vasculaire herbacée, ligneuse basse et haute, bryophytes dont sphaignes, litière, sol nu, eau libre.

NB : le recouvrement total des différentes strates peut dépasser 100 %, du fait de leur superposition.

Listes des espèces et recouvrement de chaque espèce

Toutes les espèces phanérogames présentes dans le relevé sont notées. Compte tenu de l'importance du rôle des sphaignes dans la physiologie et le fonctionnement des tourbières, toutes les espèces de ce groupe taxonomique sont identifiées, si possible jusqu'au niveau spécifique et au laboratoire. Les autres bryophytes et les lichens n'ont pas été identifiés.

Une espèce peut être « subdivisée » lorsqu'on note la présence de plusieurs stades phénotypiques et ou accommodats (ex : "forme terrestre", "forme aquatique"). Le stade de développement a pu également être noté (plantules, etc.), et donc générer des lignes différentes.

Un pourcentage de recouvrement est attribué à chacune des espèces.



Parois internes des hyaloscystes de *Sphagnum papillosum* pourvues de papilles

3.4. Organisation du travail

➤ Fréquence des lectures

Nous appelons « lecture » la réalisation des relevés de végétation sur le terrain et leur mise au propre au laboratoire.

Une lecture tous les 10 ans apparaît cohérente pour ce type de milieu. Une analyse comparative sera effectuée à chaque intervalle de lecture.

Une lecture non programmée pourra être effectuée si le secteur subit une perturbation importante.

➤ Durée du dispositif

Afin de prendre en compte l'évolution de la végétation des tourbières et de constituer un jeu de données suffisant, un suivi s'effectue sur plusieurs décennies.

➤ Date des lectures

Le caractère estival de l'optimum écologique des espèces des milieux tourbeux implique une lecture entre début juillet et fin septembre.

Une fois la date choisie lors de la première lecture des relevés (année zéro), les lectures suivantes devront être programmées dans une plage de +/- 10 jours par rapport à la date de lecture de l'année zéro (choix empirique qui n'est pas justifié par une étude particulière).

Des variations existent naturellement chaque année et il peut être envisagé – si cette décision est argumentée – de déplacer légèrement les dates de lecture d'une année climatiquement particulière. Un tel choix doit être exceptionnel, et son argumentation devra figurer dans les analyses des résultats et la méthodologie.

➤ *Compétences requises*

Toutes les espèces présentes le long du transect – y compris les sphaignes, plantules et graminées à l'état végétatif – seront identifiées, ce qui nécessite les compétences de spécialistes lors de la lecture des placettes.

➤ *Précautions lors des lectures*

Il est parfois nécessaire de prélever une espèce pour l'identifier au laboratoire, particulièrement pour les espèces du groupe *Sphagnum*. Dans ce cas, l'échantillon est prélevé hors de la zone de relevé (si l'espèce en question n'est présente que dans la placette, on devra se contenter de photographies pour aider à une détermination ultérieure).

La lecture des différents transects a été effectuée par le même observateur. Dans la mesure du possible, les prochaines lectures seront faites par le même botaniste afin de limiter le biais observateur et faciliter la relocalisation des placettes.

➤ *Planification du suivi et restitutions*

Ce suivi de la végétation sur plusieurs décennies pourrait suivre les grandes étapes présentées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Les grandes étapes du suivi

Phase de travail	CBNSA	gestionnaire	2012	2022	2032
Installation du dispositif	•	•	•		
Lecture des placettes	•	(•)	•	•	•
Analyse comparative des données	•	(•)		•	•

Ce suivi donnera lieu à la réalisation d'un document technique à chaque année de lecture. Ces documents comporteront les éléments suivants :

Pour l'année 2012 (objet de la présente note) :

- notice méthodologique ;
- géoréférencement du dispositif ;
- lecture du transect année zéro (métadonnées et liste d'espèces brute).

Pour l'année 2022 :

- lecture du transect (métadonnées et liste d'espèces brute) ;
- informations de gestion extraites du cahier de gestion (informations fournies régulièrement au CBNSA par le gestionnaire) ;
- analyse comparative avec l'année 2012.

Pour l'année 2032 :

- lecture du transect (métadonnées et liste d'espèces brute) ;
- synthèse : compilation des données (métadonnées, flore et informations de gestion), analyses comparatives et résultats ;
- résumé non technique.

3.5. Résultats de la lecture des transects phytosociologiques

3.5.1. La tourbière de bord de vallée au lieu-dit de Hongrand (Belin-Béliet)

Cette tourbière d'1,7 ha a fait l'objet, près de 10 ans auparavant, d'une étude selon une méthode similaire. Dans l'optique de mettre en évidence l'apparition d'éventuels changements dans ce laps de temps, et compte tenu du fait que ce premier transect ait été positionné dans le respect des règles de positionnement citées plus haut, il est apparu opportun de repositionner ce nouveau transect au plus près du précédent (cf. figure 7 page 22). L'étude antérieure n'avait pas pour vocation de suivre les communautés végétales au cours du temps. Son transect n'avait donc pas été géolocalisé avec précision.

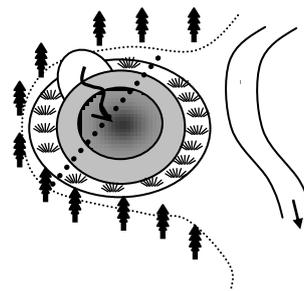


Figure 3 : Schéma du positionnement du transect publié en 2003

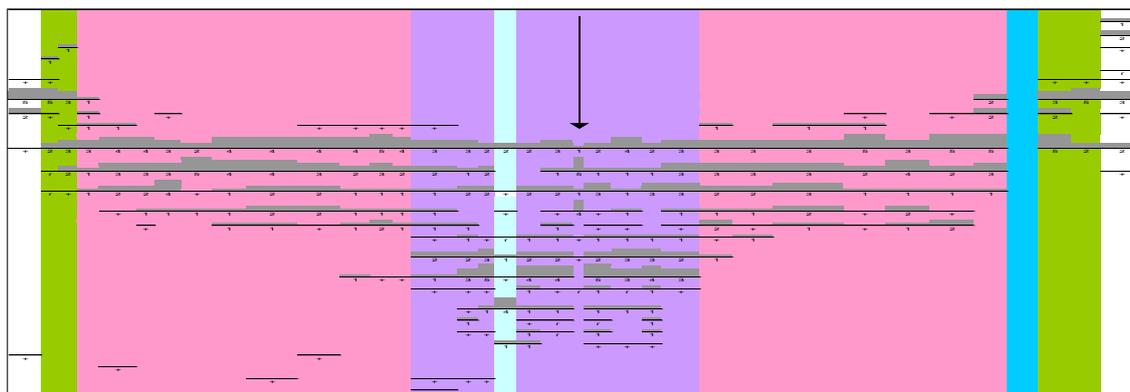
Dès lors, il est très improbable de le relocaliser avec exactitude et il apparaîtrait donc abusif de conclure sur l'observation d'éventuels changements. Quelques indications ont toutefois permis de relocaliser approximativement le transect : « Le transect long de 211 mètres a une orientation nord/sud. Il passe légèrement à l'est du centre approximatif de la tourbière en coupant orthogonalement un chenal d'écoulement issu d'une petite zone tourbeuse de suintement adossée à la tourbière » (figure 3).

Tableau 4 : Résultat synthétique de la lecture de 2012

Número de placette	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Longueur (m)	8.4				54							67			31.5		16		10
Longueur (m)	8.4	5.6	8	7.8	1	31.3	12	3	7	3	3	6.2	16.5	17	21	10.5	9.5	6.5	10
Hauteur strates herbacée (cm)																			
<i>Lonicera periclymenum</i>																			
<i>Pteridium aquilinum</i>																			
<i>Frangula dodonei</i>																			
<i>Pinus pinaster</i>																			
<i>Molinia caerulea</i>																			
<i>Erica ciliaris</i>																			
<i>Calluna vulgaris</i>																			
<i>Erica tetralix</i>																			
<i>Sphagnum rubellum</i>																			
<i>Eriophorum polystachion</i>																			
<i>Schoenus nigricans</i>																			
<i>Drosera rotundifolia</i>																			
<i>Sphagnum papillosum</i>																			
<i>Sphagnum magellanicum</i>																			
<i>Narthecium ossifragum</i>																			
<i>Sphagnum cuspidatum</i>																			
<i>Sphagnum cf. auriculatum</i>																			

Position et distance entre piquets → p0 50 m p1 50 m p2 50 m p3

Tableau 5 : Résultat synthétique de la lecture de 2003



Visualisation des différentes unités :

En blanc ou marron : Marge sèche de la tourbière

En vert : Moliniaie monospécifique périphérique (*Erica scopariae* – *Molinietum caeruleae* ?)

En rose : Lande à Bruyère à 4 angles et Molinie bleue sur tourbe profonde (*Scopario-Ericetum tetralicis*)

En violet : Zone active à sphaignes (*Erico tetralicis-Sphagnetum magellanicum*)

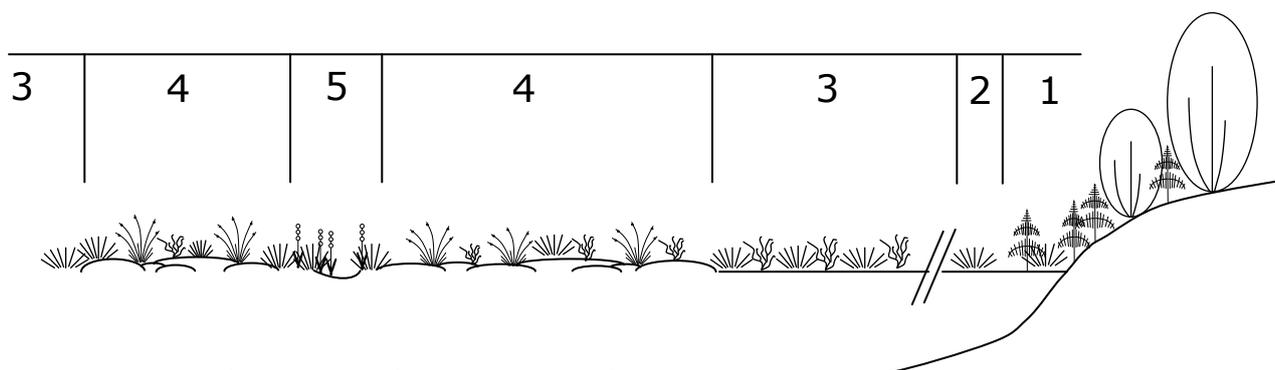
En bleu clair : Chenal à Narthécie ossifrage (*Sphagno plumulosi-Narthecietum ossifragi*)

En bleu vif (2003) : Chablis sans végétation

Flèche : ancienne fourmilière probable

Les tableaux 4 et 5 présentent respectivement le résultat synthétique de la lecture de 2012 et 2003 (le résultat détaillé de la lecture de 2012 est consultable à l'annexe 2).

Le schéma d'interprétation du transect de 2012 est très similaire à celui de 2003. Il en est donc très largement inspiré :



- 1 - Groupement périphérique à Bourdaine et Fougère aigle
Communauté présente sur une bande périphérique très étroite sur tourbe très peu épaisse.
10 m d'étendue linéaire soit 5,35% du linéaire total.
- 2 - Groupement périphérique monospécifique à Molinie bleue
Scopario-Molinietum caeruleae ?
Communauté pratiquement monospécifique formée de gros touradons.
24,4 m d'étendue linéaire soit 13% du linéaire total.
- 3 - Groupement à Bruyère à quatre angles et Molinie bleue
Scopario-Ericetum tetralicis
Communauté végétale la mieux représentée, pauvre en sphaignes mais développée sur une couche profonde de tourbe (zone tremblante). Localement, les buttes de sphaignes sont d'ailleurs à rattacher au groupement végétal suivant.
85,5 m d'étendue linéaire soit 45,7% du linéaire total.
- 4 - Groupement à sphaignes ombrotrophiles
Proche de *Erico tetralicis-Sphagnetum magellanici*
On est en présence ici du groupement dominé par des sphaignes ombrotrophiles qui caractérise les tourbières actives de la région atlantique.
64,3 m d'étendue linéaire soit 34,5% du linéaire total.
- 5 - Chenal à Narthécie ossifrage et sphaignes aquatiques
Proche du *Sphagno plumulosi-Narthecietum ossifragi*
Communauté présente de manière linéaire le long de chenaux de circulation des eaux.
2,7 m d'étendue linéaire soit 1,5% du linéaire total.

Le groupement à Rhynchospore blanc (*Drosero intermediae-Rhynchosporetum albae*) n'est pas présent le long du transect de 2012. Ces communautés végétales sont ponctuelles (dans le temps comme dans l'espace) et sont mal représentées sur le site, ce dernier ayant été peu perturbé (rareté des zones de tourbes dénudées).

Des différences mineures apparaissent dans l'emprise des différentes communautés végétales le long du transect, mais il est impossible de statuer si ces différences sont dues à une réelle modification de l'occupation spatiale des communautés végétales ou plutôt au problème inhérent au repositionnement du transect.

3.5.2. La tourbière de bord de vallée au lieu-dit de Cruchada (Moustey)

Le choix du positionnement du transect fut délicat en raison de la complexité de la zone et de l'absence d'un gradient écologique simple (cf. figure 8 page 22). Cette tourbière présente deux zones de suintement sur pente, l'une au nord-est et au sud-est et un chenal traverse la tourbière selon un axe est-ouest en direction de la rivière. Le transect retenu traverse le suintement nord-est dans le sens de la pente (suivi de son évolution verticale), coupe la zone tourbeuse et son chenal et passe au droit du second suintement (suivi de son évolution horizontale).

Selon les dires du propriétaire rencontré sur le terrain, cette tourbière a brûlé à deux reprises lors de la dernière décennie. Aucune observation sur le terrain ne nous a permis d'évaluer les conséquences d'une telle perturbation. La tourbière étant fortement gorgée en eau, même en été, ce feu n'a peut-être causé que des dégâts superficiels (combustion des végétations de surface). Pour une meilleure prise en compte de ces événements perturbateurs, il serait intéressant de collecter auprès du propriétaire de plus amples informations (causes, dates précises, durée, période de l'année, conséquence visuelle, etc.).

Le tableau 6 présente le résultat synthétique de la lecture de 2012 (les résultats détaillés sont consultables à l'annexe 2).

Tableau 6 : Résultat synthétique de la lecture de 2012

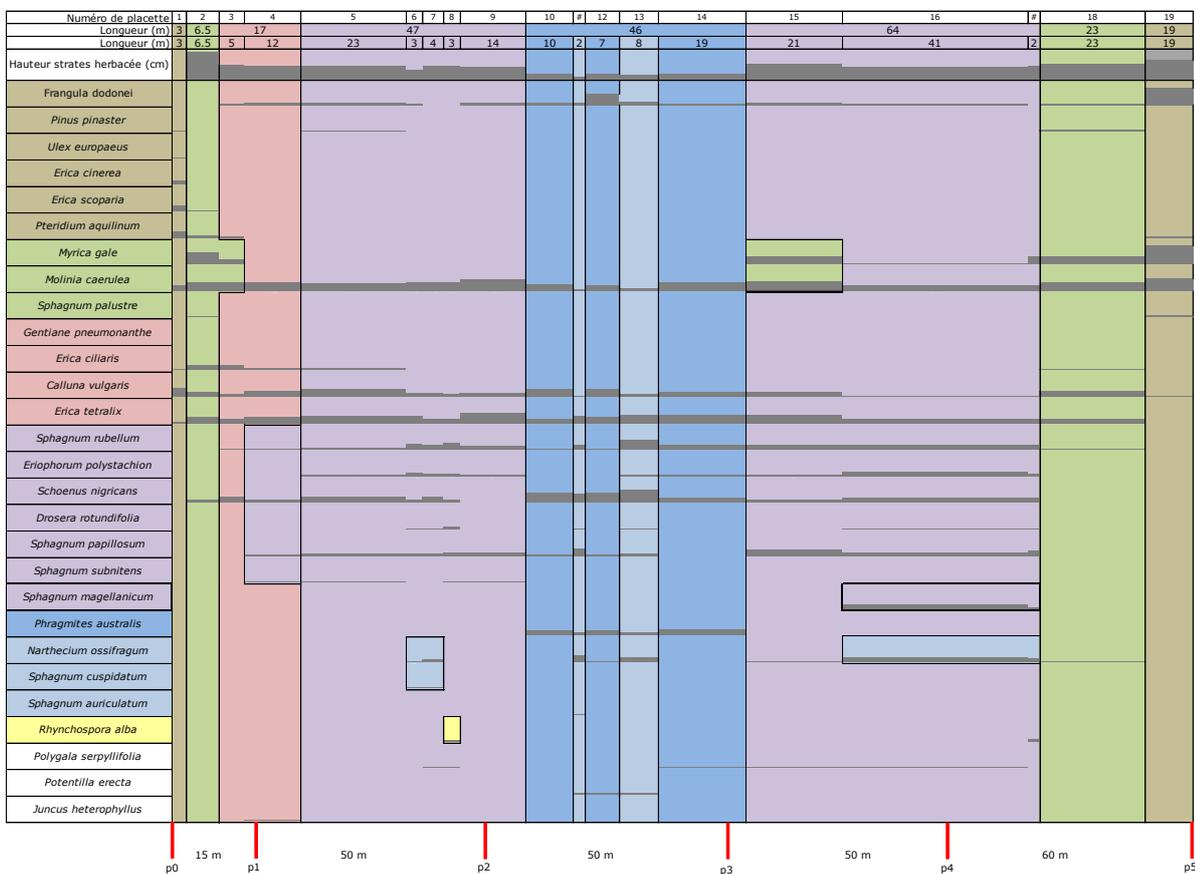
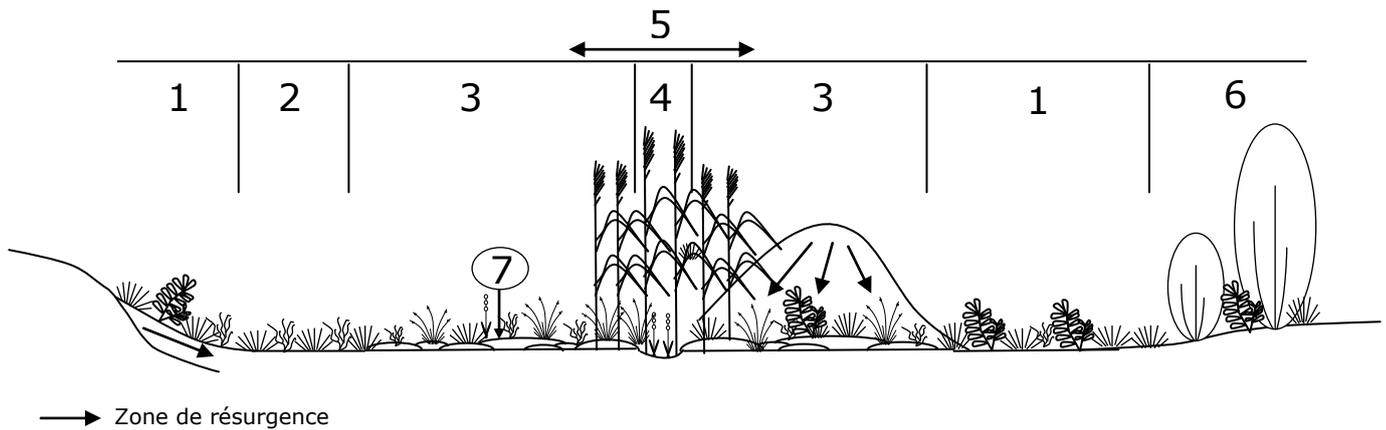


Schéma d'interprétation du transect :



→ Zone de résurgence

- 1 - Groupement à Molinie bleue, Piment royal et Bourdaine
Molinio caeruleae-Myricetum gale
 Communauté multi-strate située à un niveau supérieur par rapport aux groupements à Bruyère à 4 angles. Cette communauté est notamment constitutive de la végétation des zones de pente hygromorphes.
 29,5 m d'étendue linéaire soit 13,1% du linéaire total.
- 2 - Groupement à Bruyère à quatre angles et Molinie bleue
Scopario-Ericetum tetralicis
 Communauté végétale relativement pauvre en sphaignes. Localement, les buttes de sphaignes sont à rattacher au groupement végétal suivant.
 17 m d'étendue linéaire soit 7,5% du linéaire total.
- 3 - Groupement à sphaignes ombrotrophiles
 Proche de l'*Erico tetralicis-Sphagnetum magellanici*
 Groupement riche en sphaignes ombrotrophiles qui caractérise les tourbières actives de la région atlantique.
 111 m d'étendue linéaire soit 49,2% du linéaire total (non prise en compte du linéaire en mosaïque avec le Phragmite).
- 4 - Chenal à Narthécie ossifrage et sphaignes aquatiques
 Proche du *Sphagno plumulosi-Narthecietum ossifragi*
 Communauté présente de manière linéaire le long de chenaux de circulation des eaux,
 10 m d'étendue linéaire soit 4,4% du linéaire total (prise en compte du linéaire en mosaïque avec le Phragmite).
- 5 - Roselière à Phragmites
Phragmition communis ?
 Le phragmite, ici en contexte oligotrophe, ne présente pas une grande vitalité mais les surfaces couvertes sont importantes. Forme la strate herbacée haute monospécifique de plusieurs groupements.
 36 m d'étendue linéaire soit 16% du linéaire total (non prise en compte du linéaire en mosaïque avec la Narthécie).
- 6 - Groupement à Bourdaine et Fougère aigle
 Communauté présente sur une bande périphérique très étroite sur tourbe très peu épaisse.
 22 m d'étendue linéaire soit 10% du linéaire total.
- 7 - Groupement à Rhynchospore blanc
Drosero intermediae-Rhynchosporetum albae
 Communauté végétale ponctuelle et mal représentée sur le site, ce dernier ayant été peu perturbé (rareté des zones de tourbes dénudées).
 3 m d'étendue linéaire.

3.5.3. La tourbière de pente du vallon de Pujoubranc (Argelouse)

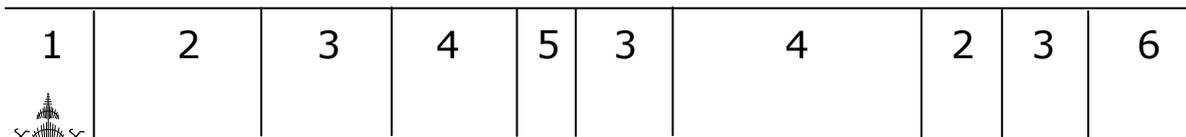
Tableau 7 : Résultat synthétique de la lecture de 2012 pour Pujoubranc

Numéro de placette	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Longueur (m)	5	7	4.5	8.5	2	2	26.5			5	2	
Hauteur strates herbacée (cm)												
<i>Erica scoparia</i>												
<i>Erica cinerea</i>												
<i>Pteridium aquilinum</i>												
<i>Frangula dodonei</i>												
<i>Pinus pinaster</i>												
<i>Myrica gale</i>												
<i>Molinia caerulea</i>												
<i>Gentiane pneumonanthe</i>												
<i>Calluna vulgaris</i>												
<i>Erica ciliaris</i>												
<i>Erica tetralix</i>												
<i>Schoenus nigricans</i>												
<i>Sphagnum papillosum</i>												
<i>Sphagnum rubellum</i>												
<i>Sphagnum subnitens</i>												
<i>Eriophorum polystachion</i>												
<i>Sphagnum cf. capillifolium</i>												
<i>Drosera rotundifolia</i>												
<i>Narthecium ossifragum</i>												
<i>Sphagnum auriculatum</i>												

Le transect a été positionné dans le secteur de la tourbière le plus hygrophile (cf. figure 9 page 23). Son axe est orienté dans le sens de la pente. Il débute sur le plateau et se termine au niveau du ruisseau, dans le taillis tourbeux à Osmonde royale et Aulne glutineux.

Le tableau 7 présente le résultat synthétique de la lecture de 2012 (le résultat détaillé est consultable à l'annexe 2).

Schéma d'interprétation du transect :



1 – Lande sèche à Bruyère cendrée
Ulicion minoris
Communauté basale.
5 m d'étendue linéaire soit 8.1% du linéaire total (hors tourbière).

2 – Groupement à Bruyère à quatre angles et Molinie bleue
Scopario-Ericetum tetralicis
Communauté végétale la mieux représentée, relativement pauvre en sphaignes.
13.5 m d'étendue linéaire soit 21.9% du linéaire total.

3 – Groupement à Molinie bleue, Piment royal et Bourdaine
Molinia caeruleae-Myricetum gale
Communauté multistrate située à un niveau supérieur par rapport aux groupements à Bruyère à 4 angles.
6.5 m d'étendue linéaire soit 10.5% du linéaire total.

4 – Groupement à sphaignes ombrotrophiles
Proche de l'*Erico tetralicis-Sphagnetum magellanici*
Groupement riche en sphaignes ombrotrophiles qui caractérise les tourbières actives de la région atlantique.
35 m d'étendue linéaire soit 56.5% du linéaire total.

5 – Chenal à Narthécie ossifrage et sphaignes aquatiques
Proche de *Sphagno plumulosi-Narthecietum ossifragi*
Communauté présente dans les replats humides peu végétalisés, en bas des ruptures de pente. La Narthécie forme également un tapis végétal bas interstitiel dans la lande humide.
2 m d'étendue linéaire soit 3.2% du linéaire total (sous estimé car présent en tapis interstitiel).

6 – Taillis tourbeux à Osmonde royale et Aulne glutineux
Osmundo regalis-Alnetum glutinosae
Boisement humide oligotrophe bordant le ruisseau dans la gorge du vallon.
Non mesuré (hors tourbière).

3.6. Planche de photographies



Suintement de pente sur Hongrand



Aperçu de la tourbière d'Hongrand



Vision panoramique de la tourbière d'Hongrand



Vision panoramique de la tourbière de Cruchada



Aperçu de la tourbière de Pujoublanc



Aperçu de la tourbière de Castelsarrazin

4. Réflexions sur le fonctionnement des tourbières de la Leyre

Pour approcher le fonctionnement d'une tourbière, et compte tenu de la complexité du système, il est impératif d'avoir une approche pluridisciplinaire. La végétation est un bon intégrateur des conditions physiques du milieu mais son étude peut s'avérer insuffisante pour une bonne compréhension des mécanismes écologiques d'une tourbière. Il convient ainsi d'aborder ici succinctement le contexte physique (géomorphologie, hydrologie, climatologie, topographie, etc.). Les informations suivantes sont issues de la bibliographie et de nos propres observations sur le terrain.

4.1. Géologie et géomorphologie

Dans le secteur des tourbières de bord de vallée (Hongrand et Cruchada), 2 couches géologiques affleurent (cf. Figures 4 et 5) :

- *La formation de Béliet* : formée au Pléistocène inférieur, elle est composée de sables fins fluviatiles peu argileux (- de 20%) et ponctuellement de lentilles d'argiles gris-bleu (non observée sur Hongrand), l'ensemble surmonté par des argiles silteuses souvent très micacées, grises à gris bleuté, contenant localement des débris de bois flottés, voire des accumulations de lignites (l.s. formation d'Onesse). Elle affleure suite à l'évidement de la vallée de l'Eyre.
- *La formation de Belin* : formée plus tardivement au Pléistocène inférieur, elle repose sur la précédente (l.s. formation d'Onesse). Elle est principalement constituée d'assises de graviers et de sables grossiers emballés dans une matrice d'argile kaolonite plus ou moins abondante.

Ces deux formations sont issues des derniers épandages fluviatiles (autour de 2 millions d'années avant le présent). La région landaise est désormais totalement comblée par les dépôts fluvio-lacustres et mise à l'écart des apports fluviatiles, d'eau et de sédiments autrefois issus des massifs montagneux (Auvergne et Pyrénées). Au cours des différentes périodes glaciaires qui se succèdent et caractérisent le Pléistocène, les Landes sont soumises à d'importants ruissellements, et ce particulièrement lors de la dernière phase glaciaire würmienne, époque de l'épandage massif du sable des landes. Ce dernier épisode va imposer à ce territoire le renouvellement intégral du réseau hydrographique en charge de l'évacuation des eaux vers la mer. Ce n'est que tardivement que commence à se dessiner le futur et jeune réseau hydrographique de la Leyre (entre 120 000 et 18 000 ans avant le présent). La Leyre va ainsi se structurer progressivement, jusqu'à entamer les derniers épandages fluvio-lacustres, dans ces sols fragiles et peu consolidés. Elle laissera aussi de vastes zones interfluviales mal drainées. L'érosion régressive va contribuer à l'approfondissement et à l'élargissement du lit en arrachant les matériaux des berges.

Dans ce secteur, il n'existe plus de trace de la formation éolienne des Sables des Landes, qui vient couvrir classiquement la formation d'Onesse au cours du Pléistocène supérieur.

Les tourbières de Hongrand et Cruchada sont situées dans la partie aval du réseau hydrographique de la Leyre, là où celle-ci est la plus puissante, en amont du delta. Elles sont toutes deux situées sur les bords du lit majeur, encadrées dans une sorte de « cirque fluviatile », une vaste dépression légèrement inclinée et ceinturée par des parois abruptes, accumulant les eaux. Le fond de la dépression est colmatée par des alluvions récentes de l'Holocène variant à l'échelle de l'emprise de la carte géologique 1/50 000^{ème} de Belin-Béliet de 1 à 12 mètres d'épaisseur. Ils sont composés de sables fins organiques, d'argiles grisâtres ou de vases sombres, voire de tourbes noires ou brunes de quelques décimètres à 2m d'épaisseur et même ici de tourbe blonde.

Cette configuration en cirque fluviatile est à notre sens très originale à l'échelle régionale et conditionne *a priori* l'apparition d'une tourbière à sphaignes non boisée sur le cours principal de la Leyre puisque les deux sites connus y sont placés.

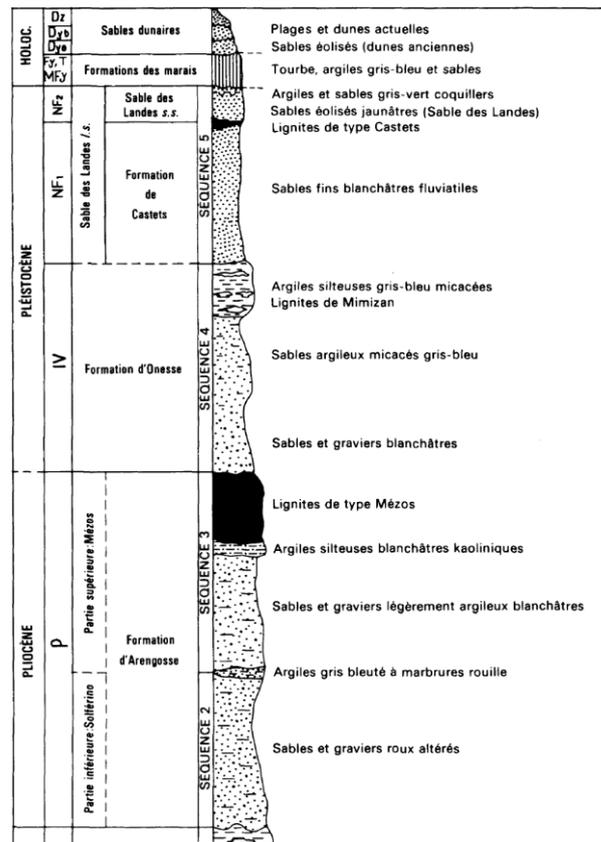


Figure 4 : Coupe lithologique synthétique du Plio-Quaternaire landais (source : ® BRGM)

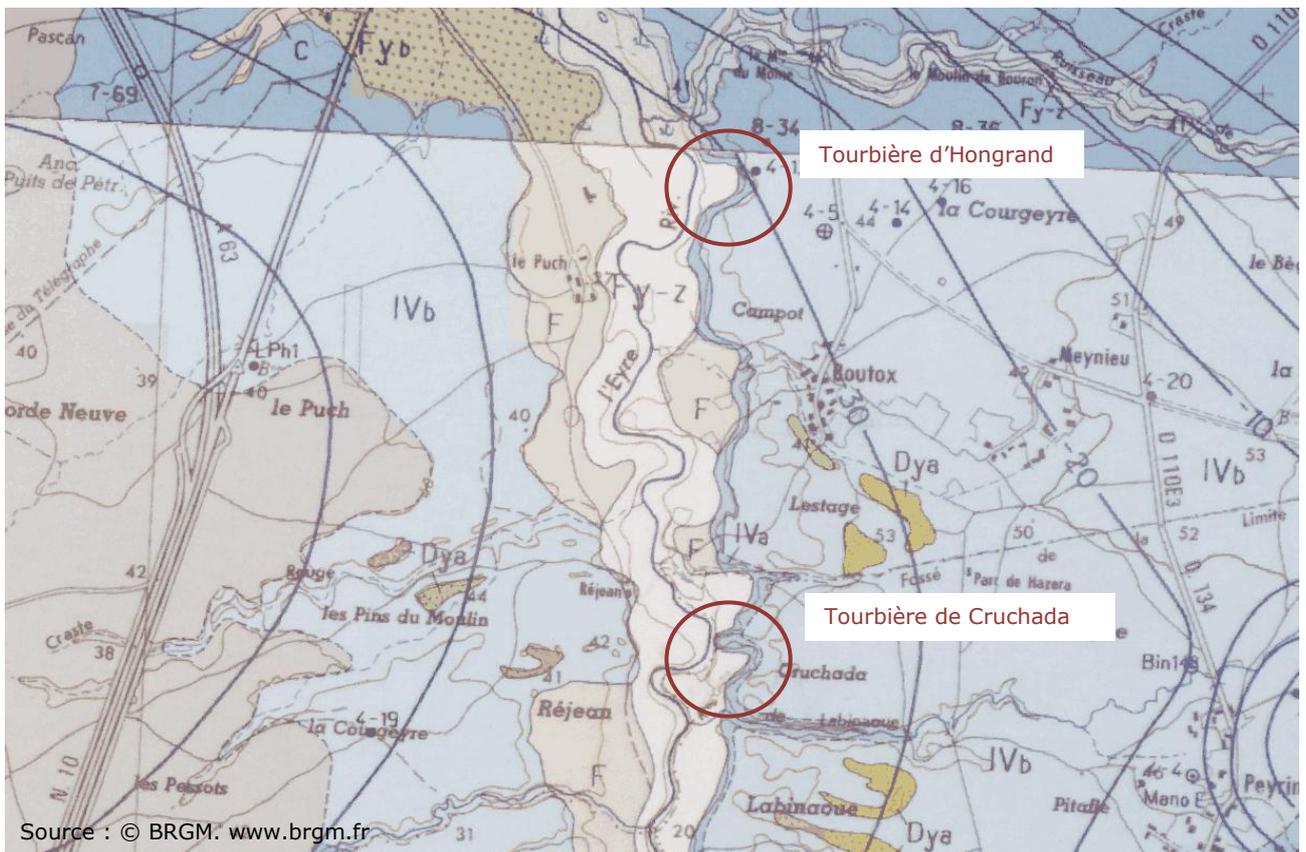


Figure 5 : Extrait des cartes géologiques au 1/50 000^{ème} de Parentis-en-Born et de Belin-Béliet (Extrait en décembre 2012)

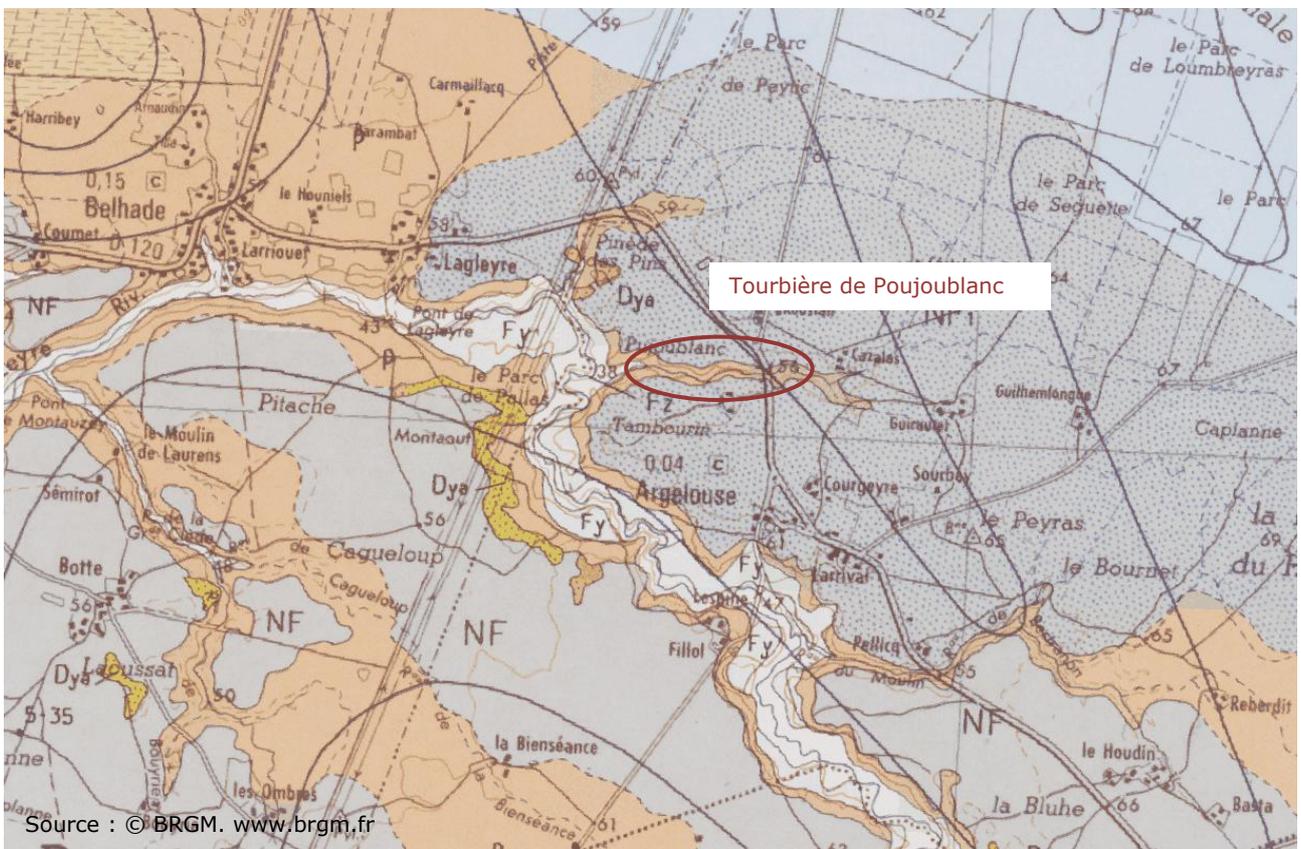


Figure 6 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000^{ème} de Saint Symphorien (Extrait en décembre 2012)

Dans le secteur de la tourbière de Pujoublanc, les formations affleurantes sont un peu différentes (cf. Figures 4 et 6). Le plateau surplombant la vallée est couvert par la formation du pléistocène de Castets-Angelouse. Elle se compose de sables blanchâtres fluviatiles et localement d'argiles kaoliniques, ou de lignites. Elle repose probablement sur la formation d'Onesse, ici occultée. Sur les flancs de la vallée affleure la formation d'Arengosse datant du Pliocène. Celle-ci est composée de sables à graviers et d'argiles de la Leyre. Elle n'est représentée que dans les flancs de la vallée par son terme supérieur argileux. Très localement, sur le flanc de la gorge du vallon de Pujoublanc, des sangliers ont bien volontiers mis à nu une zone suintante pouvant correspondre à la passée argileuse gris bleuté à beige, silteuse et finement micacée, à marbrures rouille reconnue dans cette couche géologique. Celle-ci, relativement imperméable, est susceptible de jouer un rôle fondamental dans la genèse de la tourbière, en assurant en surface et en subsurface un ruissellement plus ou moins constant et humidifiant fortement les couches supérieures.



Aperçu de l'affleurement argileux situé en contrebas de la tourbière de Pujoublanc

4.2. Hydrogéologie

Cinq niveaux aquifères sont connus dans le sous-sol du bassin versant de la Leyre. L'une de ces nappes apparaît particulièrement intéressante pour la compréhension du fonctionnement des tourbières car elle affleure directement sur les versants de la Leyre (contenue dans la formation d'Onesse) : il s'agit de la nappe plio-quadernaire. Avec des caractéristiques hydrauliques variables mais généralement très bonnes, celle-ci est composée d'une eau ferrugineuse, acide, abondante, mais mal protégée des infiltrations en provenance de la nappe phréatique. Cette nappe est captée abondamment pour l'irrigation. Les débits spécifiques calculés dans les forages sont souvent élevés : entre 5 et 10 m³/h/m voire jusqu'à 12 m³/h/m dans les formations de Belin. Les niveaux piézométriques de cet ensemble aquifère montrent les sens d'écoulement de la nappe drainée d'une part vers l'Eyre et d'autre part vers le lac de Cazaux-Sanguinet et le bassin d'Arcachon. Le toit de la nappe est généralement situé à moins de 2 m de profondeur mais, dans certaines zones, les forages peuvent être artésiens jaillissants, surtout près de l'Eyre (BRGM).

Les tourbières des vallées de la Leyre, situées en contrebas des affleurements des formations d'Onesse, de Belin et de Béliet, sont donc susceptibles d'être influencées significativement par les apports de la nappe du plio-quadernaire.

L'Eyre est également une source potentielle d'eau pour les tourbières de bord de vallée, au moins historiquement puisqu'elles occupent probablement un ancien bras mort aujourd'hui déconnecté d'une rivière qui s'est enfoncée et isolée par un bourrelet alluvial. Aujourd'hui, seule peut-être une crue quinquennale ou centennale pourrait les atteindre puisqu'elles restent toutefois assez peu éloignées du lit mineur (50 mètres pour Hongrand et 100 mètres pour Cruchada) et situées très approximativement à 5 mètres au-dessus du bourrelet.

4.3. Climatologie et micro-climatologie

Les tourbières de la Leyre sont placées dans un contexte climatique dit « océanique altéré » (Daniel Joly et Al, 2010). Il s'agit d'un stade transitoire entre le climat océanique franc et le climat océanique dégradé. 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. Aussi, lors de l'augmentation de la température au cours de la journée, l'évapotranspiration augmente dans la tourbière (cf. fig. 7). L'humidité issue de l'évapotranspiration s'accumule dans l'air ambiant qui va rafraîchir l'air et donc limiter en retour l'évapotranspiration. Cet effet rétroactif est d'autant plus marqué :

- dans les régions chaudes (région thermo-atlantique) ;
- en absence ou en situation abritée du vent (tourbière encastrée dans un cirque) ;
- si la tourbière est inscrite localement dans un environnement humide (vallée boisée de la Leyre) ;
- dans les grandes tourbières (ce qui n'est pas le cas ici).

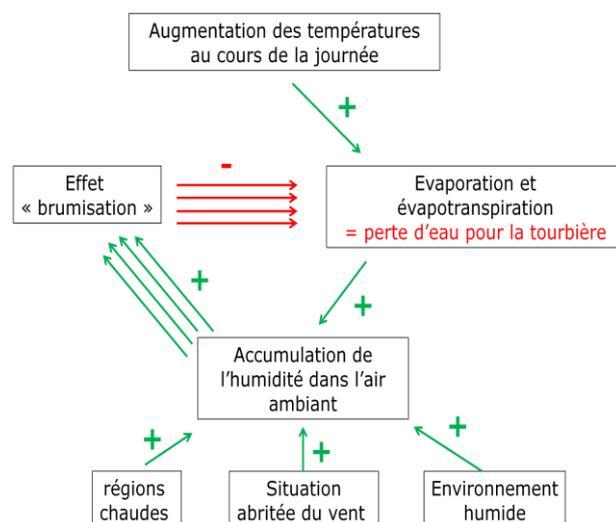


Fig 7 : Mécanisme micro-climatique d'une tourbière

Les tourbières de bord de vallée de Cruchada et Hongrand semblent placées dans des conditions favorables au développement d'un « micro-climat » limitant les pertes d'eau dans l'atmosphère.

4.4. Organisation spatiale des habitats

Une carte schématique de localisation des communautés végétales a été dressée pour chaque tourbière. Ces cartes ne sont pas issues d'un travail spécifique sur le terrain mais d'une photointerprétation étalonnée par une certaine connaissance des lieux.

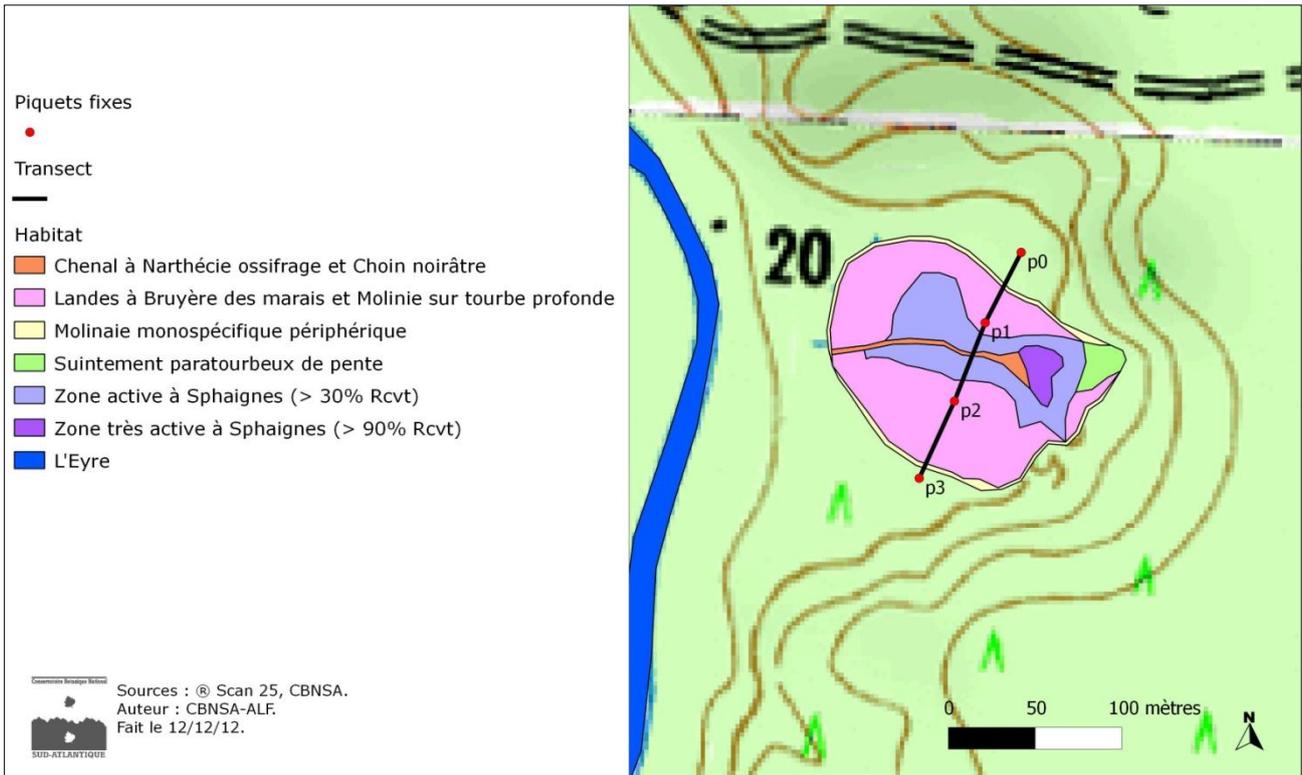


Figure 8 : Cartographie schématique des habitats de la tourbière de Hongrand (Belin-Béliet, 33)

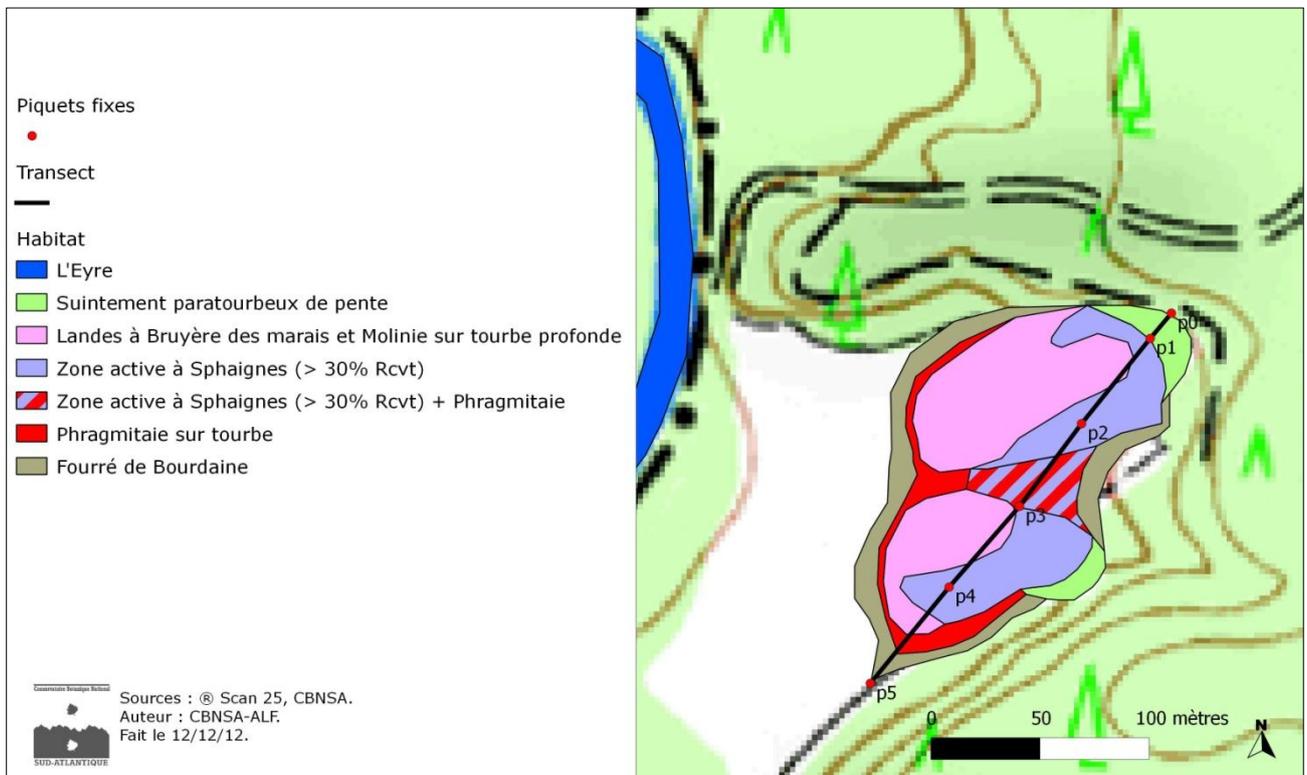


Figure 9 : Cartographie schématique des habitats de la tourbière de Cruchada (Moustey, 40)

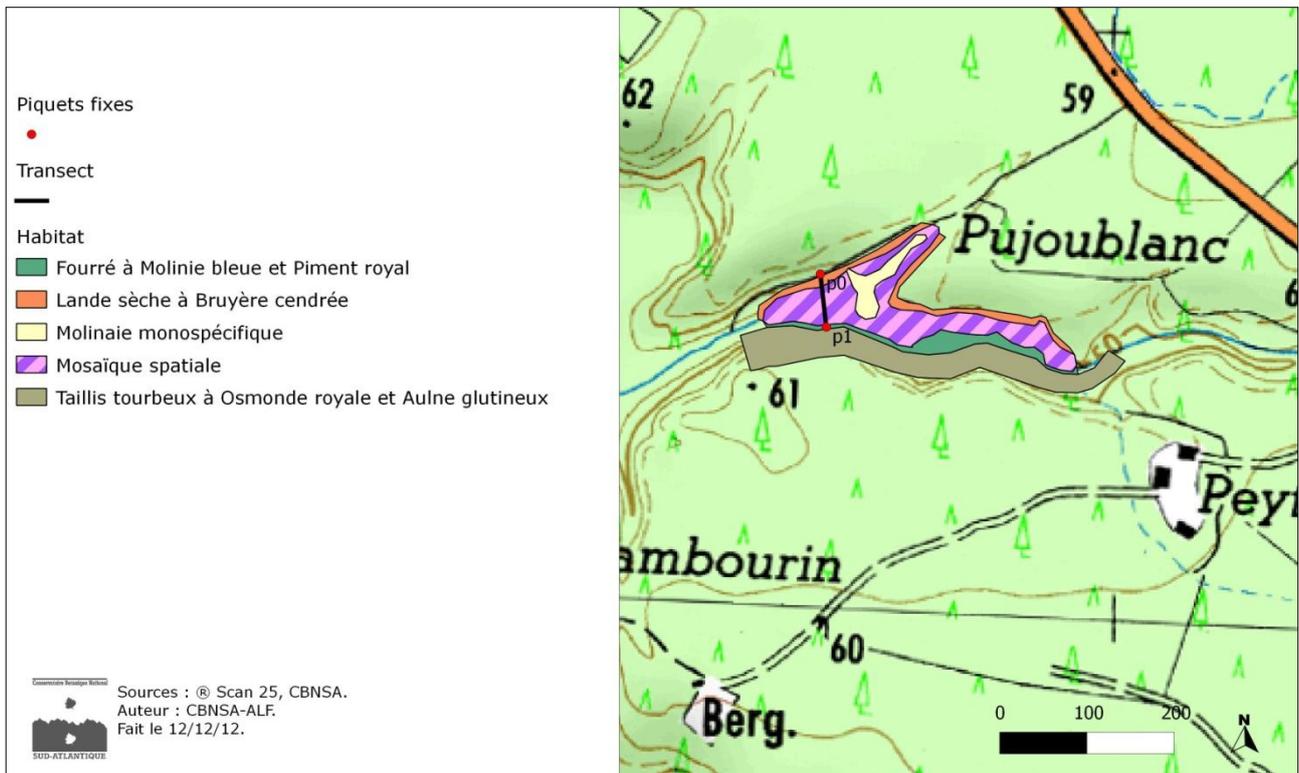


Figure 10 : Cartographie schématique des habitats de la tourbière de Pujoubranc (Argelouse, 40)

Les tourbières de Hongrand et de Cruchada présentent de nombreux points communs, tant du point de vue de l'organisation spatiale des communautés végétales que des facteurs environnementaux. Elles sont toutes deux situées au creux d'un cirque fluvial aux parois abruptes semblant concentrer les eaux de résurgence de la nappe plio-quaternaire.

La tourbière de Hongrand (cf. Figure 8) est de forme ovoïde et présente un axe de symétrie est-ouest. Cet axe est matérialisé par :

- une zone de suintement sur pente moyenne, très hygromorphe et dominée par la Molinie bleue et quelques sphaignes (*Sphagnum palustre* et *Sphagnum rubellum* principalement) ;
- une zone de bas niveau très fortement hygromorphe, très largement dominée par une grande diversité de sphaignes : dans les micro-dépressions *Sphagnum cuspidatum* et *S. auriculatum*, en bas des buttes *Sphagnum rubellum*, *S. papillosum* et *S. tenellum* et au sommet *S. magellanicum*. Les buttes de sphaignes sont ici toutefois très basses par rapport aux situations rencontrées sur d'autres territoires en France (Massif Central, Bretagne) ;
- un chenal d'écoulement des eaux superficielles se déversant dans la rivière et dominé par le Choin noirâtre et la Narthécie ossifrage.

De part et d'autre de cet axe, une première zone est occupée par des groupements minéro-ombrotrophiles (*Sphagnum rubellum*, *Sphagnum papillosum*) relativement riches en Ericacées et Molinie et moins turfigènes que la dépression située en contrebas du suintement. La seconde zone est couverte d'une végétation au faciès de lande humide développée sur une tourbe profonde. Cette formation est dominée par la Callune et parsemée de pins maritimes rachitiques (faciès sénéscent de la tourbière).

Enfin, une moliniaie pure ceinture l'ensemble de ce complexe tourbeux ouvert. La Leyre n'est séparée de ce dernier que d'une bande végétalisée de 50 m composée de fourrés de bourdaine et d'une chênaie méso-hygrophile (sur bourrelet).

La tourbière de Cruchada (cf. Figure 9) est plus complexe. La configuration des lieux rappelle fortement celle de la tourbière de Hongrand. Mais elle est marquée ici par deux zones de pente, plus discrètes que sur Hongrand, où se concentrent des eaux ruisselantes. Les zones à plus fort recouvrement en sphaignes sont également concentrées dans la partie ouest de la tourbière et se poursuivent plus ou moins loin vers l'est. Ici, pas de zone de dépression très dense en sphaignes comme observée sur Hongrand. La lande sur tourbe profonde occupe les parties ouest et médiane de la tourbière. Un élément paysager absent sur Hongrand est observable sur l'axe central est-ouest de la tourbière : une phragmitaie la traverse de part en part. Elle pourrait correspondre à un axe préférentiel de circulation des eaux superficielles. Cette phragmitaie ceinture également une grande partie de la zone tourbeuse ouverte, à la manière de

la Moliniaie pauspécifique de Hongrand. La zone tourbeuse de Cruchada est également séparée de la Leyre (environ 100 m) par des formations de bourdaines (particulièrement vastes) et d'une chênaie alluviale.

La tourbière de Pujoublanc (cf. Figure 10) est développée sur une pente forte (25 à 30 degrés) et exposée au sud. Ces deux paramètres peuvent être défavorables au développement d'un horizon tourbeux du fait de l'importance du drainage et de l'évapotranspiration plus intense. La zone est néanmoins fortement hygromorphe et l'eau ruisselle encore au plein cœur de l'été. Une lande sèche à Bruyère cendrée couvre le plateau qui surplombe le vallon. A la première rupture de pente, la transition est brutale : la lande sèche est en contact direct avec une lande humide clairsemée de quelques buttes de sphaignes minéro-ombrotrophes (*Sphagnum rubellum*, *Sphagnum papillosum*).

La partie supérieure et médiane de la pente est occupée par une végétation hygrophile dominée par la molinie et dans une moindre mesure par des Ericacées. Les sphaignes sont rares quantitativement mais très diversifiées en espèces (cf. § 2).

A la faveur d'une rupture de pente se développent des tapis denses de Narthécie ossifrage et de sphaignes de bas niveau (*S. auriculatum*). La Narthécie n'est pas uniquement cantonnée à ces zones de seuils topographiques. Elle forme une sorte de tapis végétal bas et interstitiel, intercalé entre les buttes formées par la molinie, les éricacées et les sphaignes minéro-ombrotrophes.

Très ponctuellement, le substrat tourbeux est écorché et colonisé par le groupement temporaire à Rhynchospore blanc.

Sur le flanc inférieur, en bas de pente, la lande tourbeuse laisse place soit à un groupement monospécifique à Molinie bleue soit à un fourré à Molinie bleue et Piment royal.

Le fond de la vallée est occupé par un taillis tourbeux à Osmonde royale et Aulne glutineux, le ruisseau de Pujoublanc et un ru venant du nord-est.

4.5. Quelques pistes sur la genèse et l'évolution des tourbières des vallées de la Leyre

Nous disposons désormais de quelques éléments de réflexion sur l'origine et la dynamique des tourbières.

Pour les tourbières de bord de vallée :

Situées dans le lit majeur de la Leyre, les tourbières de Hongrand et de Cruchada tirent leur origine du réseau hydrographique de la rivière. Il s'agit donc par définition de tourbières fluviogènes. A leur naissance, la Leyre leur imposait ses conditions. En tant que bras de rivière dans la partie aval du réseau hydrographique, elles devaient être régulièrement recouvertes par les eaux de crue qui, après leur passage, laissaient sur place des sédiments riches en sable et en matière organique. Grâce à ces apports irréguliers mais importants en eau et en nutriments, une végétation lacustre a pu se développer (Laîche paniculée, Laîche élevée, Phragmite, Marisque voire Piment royal). Ces formations d'hélophytes sont apparemment très stables et peuvent perdurer pendant longtemps, notamment si le régime perturbateur et régénérant de la rivière s'y prête. Mais leur pouvoir compétitif sur les autres types de végétations peut être diminué, notamment par l'épaisseur de la propre couche de tourbe qu'elles génèrent. Un changement évolutif peut alors s'opérer.

Une baisse de l'hydromorphie des sols peut entraîner une évolution vers un stade buissonnant (Bourdaine, Saule) puis vers un stade forestier à Aulne glutineux. Il est possible que la couche de tourbe soit devenue si épaisse que la tourbière perde contact avec la nappe alluviale et ses apports d'eau et de nutriments.

Il est également possible, et particulièrement dans ce contexte géomorphologique si particulier des vallées de la Leyre, que la rivière ait continué à s'affaisser dans les couches profondes jusqu'à sa déconnexion avec la tourbière. Restée perchée, hors d'atteinte des apports hydriques des crues et de la nappe alluviale, la tourbière serait alors vouée à l'inactivité voire à la disparition sans un apport hydrique complémentaire et suffisant. Elle s'assècherait, ne produirait plus de tourbe et se verrait probablement colonisée par les ligneux.

A ce jour, la déconnexion avec la Leyre semble probable (hors période de crues exceptionnelles éventuellement). Il faudra toutefois écarter la possibilité d'un échange hydrique par la nappe fluviale en profondeur.

Ainsi, quelle est la source d'eau capable de maintenir le bilan hydrique positif indispensable à la poursuite de la formation de la tourbe ?

Du côté des précipitations, grâce à la proximité de l'océan, ce territoire bénéficie annuellement de 800 à 1000 mm de pluie. Cette quantité est similaire à certains territoires relativement riches en tourbières. Mais, la Leyre est inscrite dans le domaine thermo-atlantique caractérisé par des étés secs et chauds. Le facteur climatique semble ici limitant car :

- nous sommes en limite sud de l'aire de répartition des tourbières européennes (passée la chaîne des Pyrénées, les tourbières ne sont présentes qu'au Pays Basque espagnol, dans les monts Cantabriques, les Asturies et la Galice grâce à l'influence océanique) ;

- les tourbières ombrotrophes (alimentées quasi-exclusivement par les eaux de pluies) présentent généralement un bombement de sphaignes qu'il faut gravir sur deux à trois mètres de hauteur. Or, nos tourbières ne présentent peut-être qu'un très léger bombement difficilement discernable et les sphaignes ombrotrophes recensées forment des buttes si basses qu'elles peuvent s'humidifier par remontée capillaire des eaux naturellement oligotrophes.

Les deux tourbières sont placées dans des conditions favorables au développement d'un micro-climat limitant les pertes en eaux. Mais, ce phénomène n'a qu'un rôle de limitation des pertes hydriques et ne fournit pas ou peu d'eau au système (les apports atmosphériques de la vallée de la Leyre sont difficilement quantifiables).

En définitive, il est peu probable que l'alimentation hydrique de la tourbière se fasse quasi-exclusivement par les eaux de pluies. Ces tourbières ne sont donc probablement pas strictement ombrotrophes.

Du côté de l'hydrogéologie, comme vu précédemment, les formations de Belin et de Béliet affleurent sur les flancs des tourbières de bord de vallée. Elles stockent et déplacent vers la Leyre la nappe du plio-quatenaire. Cette dernière, parfois située à moins de 2 m de profondeur, est en mesure de fournir une eau acide, naturellement oligotrophe et en abondance. Les zones de suintement observées sur les pentes les plus faibles semblent correspondre à des zones de résurgence de cette nappe. Ces suintements sont gorgés même en été et l'eau circule presque toute l'année. Ces zones de suintements ne sont peut-être que la partie visible de la nappe car rien n'exclut pour l'instant la possibilité d'une entrée d'eau dans la tourbière en subsurface, notamment au niveau des pentes les plus fortes.

Les eaux de la nappe du plio-quatenaire se seraient alors substituées à l'alimentation par la nappe alluviale. Ses caractéristiques physico-chimiques (forte acidité, faible charge trophique) ont pu déclencher le développement ponctuel des sphaignes ombrotrophes. Le développement des sphaignes accentue encore ce phénomène par acidification et oligotrophisation du milieu.

En définitive, les tourbières de fond de vallée de la Leyre sont actuellement et vraisemblablement alimentées très majoritairement par des eaux de la nappe affleurante du plio-quatenaire de qualité trophique compatible au développement des sphaignes (forte acidité, faible charge trophique). Ces tourbières de bord de vallée sont dites minérotrophes du point de vue de l'alimentation en eaux.

Les eaux de pluies et le micro-climat sont deux facteurs probablement nécessaires mais non suffisants au maintien d'un bilan hydrique favorable à la turfogenèse.

Pour la tourbière de pente :

La tourbière de pente de Pujoubanc est située à l'interface du plateau landais et du ruisseau encastrée dans une gorge boisée. Les conditions stationnelles pour le développement d'une tourbière sont *a priori* défavorables. En général, sur ce territoire géologique très particulier, les pentes fortes provoquent un rabattement de la nappe en profondeur pour une résurgence en surface ou en subsurface en bas de pente (cas supposé pour les tourbières de bord de vallées). Aussi, une exposition plus longue à l'ensoleillement implique une évapotranspiration plus importante et donc des pertes d'eau accrues.

Ces effets défavorables semblent contrecarrés par le déversement par la nappe superficielle d'une eau fraîche et abondante, acide et oligotrophe (comme en témoigne la présence de *S. rubellum*, *S. papillosum* et *S. capillifolium*), même au plein cœur de l'été et dès le sommet du plateau.

L'engorgement du sol est alors important et suffisant tout au long de l'année pour le développement de groupements de sphaignes pour certaines ombrotrophes.

Néanmoins, l'épaisseur de tourbe est faible (quelques centimètres, voire quelques décimètres tout au plus). La non-accumulation de tourbe peut être liée à la faible biomasse en sphaignes sur le site. Les conditions optimales pour leur développement ne seraient pas réunies (évapotranspiration trop forte ?). La tourbe produite est plutôt brune, riche en fibres d'Ericacées et de Molinie plutôt que de macrorestes de sphaignes. Aussi, le ruissellement important constaté pourrait avoir un effet érosif sur la couche de tourbe, au moins ponctuellement lors des grands épisodes pluvieux.

Compte tenu de la faible épaisseur de tourbe, il conviendrait de parler de lande hygrophile paratourbeuse de pente à groupements ombrotrophes essentiellement alimentée par une nappe perchée plutôt que de tourbière. En termes de typologie des tourbières, il s'agirait d'une tourbière soligène minérotrophe à groupements ombrotrophes.

La lande paratourbeuse à sphaignes de Pujoubanc semble se trouver dans un état d'équilibre entre les facteurs favorables et défavorables au développement des sphaignes et de la tourbe. Dans l'état actuel, cet équilibre est incompatible au développement d'une véritable tourbière de pente.

En revanche, il apparaît difficile d'expliquer la très grande diversité de sphaignes présentes sur ce site. Peut-être celle-ci est-elle liée à une activité turfigène autrefois plus importante, mais les éléments dont nous disposons actuellement ne permettent pas de le déterminer.

5. Outils et méthodes complémentaires pour l'amélioration de la compréhension du fonctionnement écologique

La tourbière est reconnue comme un écosystème particulièrement complexe à appréhender. Pour approcher son fonctionnement, il faut avoir recours à de nombreuses disciplines (végétation, hydrologie, géomorphologie, climatologie, etc.). La végétation est un bon intégrateur des paramètres physiques du milieu et c'est pour cette raison qu'un dispositif de suivi des végétations a été mis en place. Après l'étude d'un transect phytosociologique, une rapide appréciation sur le terrain de l'organisation spatiale des groupements végétaux et d'une recherche bibliographique, nous avons tenté d'apporter des éléments originaux sur le fonctionnement des tourbières des vallées de la Leyre. Toutefois, pour appréhender pleinement leur fonctionnement et lever les nombreuses interrogations qui restent en suspens, il est indispensable d'engager des études complémentaires.

Ces études permettraient notamment :

- de mieux comprendre leur état actuel par rapport à leur genèse et leur dynamique évolutive ;
- de mieux connaître le rôle au sein de l'écosystème fluviatile de la Leyre ;
- de prédire un état futur et anticiper les effets du changement climatique.

Voici quelques domaines de recherche et outils qui pourraient être développés.

Hydrologie

Ce paramètre est peut-être le facteur physique le plus essentiel. Il est fondamental de connaître et de suivre l'origine, la qualité, la quantité de l'eau entrant et sortant de la tourbière.

Dans un premier temps, un dispositif piézométrique et pluviométrique pourrait être déployé en complément du piézomètre de Belin-Boutoux exploité historiquement par les services de l'Etat (S.R.A.E en 1992). Il permettrait de préciser les amplitudes de battement de la nappe de la tourbière et celles du plateau et d'estimer la contribution des tourbières au soutien de l'étiage de la Leyre.

Une analyse de la qualité physico-chimique de l'eau permettrait de préciser si le taux de minéralisation de l'eau de ruissellement est compatible avec le développement des sphaignes ombrotrophes (comme supposé). L'étude de la distribution spatiale de la conductimétrie de l'eau pourrait mettre en évidence les flux minérotrophes et leur importance au sein des tourbières dans l'alimentation hydrique.

Topographie

Les modèles numériques de terrain permettent de produire une image en 3 dimensions de la tourbière. Ils permettraient en ce sens de préciser la microtopographie complexe des tourbières et notamment de préciser/confirmer/infirmier deux observations difficilement appréciables sur le terrain :

- la présence d'une légère pente est-ouest et son implication dans la genèse ou l'évolution des tourbières de bords de vallée (tourbière fluvio-soligène ?) ;
- la présence d'un léger bombement pouvant traduire un phénomène d'ombrotrophisation de la tourbière.

Le LIDAR (Light Detection And Ranging) semble être à notre connaissance un outil particulièrement adapté. Il permet de délivrer des informations très précieuses comme le relief du terrain et le relief de surface, les zones de plus fortes concentrations en eau dans les sols et les flux d'eau. Le mode aéroporté est toutefois assez coûteux et mal adapté à l'échelle de ces tourbières. Il semble exister un appareillage portatif pouvant être rapidement déployé sur les différents sites et probablement moins onéreux : le Leica Terrestrial Lidar.

Etude des macrorestes

La tourbe est définie comme un ensemble de résidus végétaux plus ou moins décomposés, accumulés dans des conditions influencées par l'eau, le plus souvent en anaérobiose, et contenant plus de 20 à 30 % de matière organique. La tourbe s'accumule car les processus de dégradation chimique ou biochimique ou l'exportation par érosion sont plus lents que les apports de matière végétale issus de la surface.

Il existe 3 grands types de tourbes selon la nature des végétaux qui la composent :

- la tourbe noire composée de Carex et de roseaux ;
- la tourbe brune composée d'Ericacée et d'arbres divers ;
- la tourbe blonde composée de sphaignes.

L'étude des macrorestes permettrait de dresser la stratigraphie des horizons tourbeux (voire chronologique si elle est couplée à une datation au carbone 14). La connaissance du type de tourbe et de l'organisation verticale et horizontale des horizons permettrait de retracer l'historique de la tourbière.

Etude des bryophytes

En ce qui concerne les sphaignes, dont nous avons déjà souligné le rôle fonctionnel majeur dans les tourbières de la Leyre, les travaux suivants nécessiteraient d'être engagés :

- étude de l'autoécologie des espèces, en fonction notamment des gradients écologiques (topographie, pH, trophie, etc.) ;
- étude de la position synécologique et de la dynamique évolutive des groupements sphagnicoles (habitats ouverts/fermés, transition banquettes/cuvettes, etc.) ;
- cartographie des sphaignes à l'échelle des sites (avec une résolution à déterminer) pour mieux suivre l'évolution des tourbières les plus remarquables ;
- étude chorologique des sphaignes à l'échelle du triangle landais (répartition, rareté, etc.).

6. Conclusion

Les prospections réalisées dans le cadre de cette étude ont permis de mettre à jour et de compléter le nombre d'espèces de sphaignes connues sur les trois sites étudiés qui s'élève désormais à 12. Ces tourbières apparaissent donc riches en sphaignes pour la région. Prises individuellement, les tourbières de Cruchada et de Hongrand avec un total de 7 espèces sont considérées comme assez riches. La lande paratourbeuse à groupement ombrotrophile de Pujoubanc et ses 11 espèces est exceptionnellement riche pour un site de plaine.

Les prospections ont également permis de préciser l'autoécologie de quelques espèces. Une étude sur l'ensemble du triangle landais reste à mener afin de préciser les exigences écologiques des sphaignes de ce territoire qui demeurent à ce jour très mal connues.

Un cortège particulièrement diversifié d'hépatiques sphagnicoles a en outre été découvert. Ces communautés hyperspécialisées possèdent une grande valeur patrimoniale. Ce cortège est encore mal connu sur notre territoire et de nouvelles espèces sont susceptibles d'être découvertes. De plus, certaines d'entre elles se sont révélées être d'excellents bio-indicateurs de l'état de conservation des tourbières dans d'autres régions. Pour ces diverses raisons, celles-ci ont fait l'objet d'une attention toute particulière. Un inventaire de ces espèces serait sans doute très utile tant d'un point de vue strictement connaissance et patrimonialité que du point de vue fonctionnel.

Un dispositif de suivi diachronique par la méthode des transects a été mis en place sur les sites de Hongrand, Cruchada et Pujoubanc. Pour ce suivi à très long terme, l'intervalle de lecture retenu est de 10 ans. La prochaine lecture permettra de fournir de premiers résultats sur l'évolution de l'état de conservation de ces sites.

La première lecture des transects a toutefois permis de préciser le type et l'organisation spatiale des communautés végétales. Une réflexion sur le fonctionnement de ces trois tourbières basée sur une synthèse des connaissances et une appréciation sur le terrain des paramètres physiques a en effet été menée. Une conception de leur genèse et leur dynamique évolutive a ainsi été proposée.

Les tourbières de bord de vallée seraient probablement d'origine fluviatile et correspondraient à d'anciens bras de la rivière aujourd'hui déconnectés de l'influence alluviale directe. La perte d'apport en eau (facteur limitant à la formation de la tourbe) a été vraisemblablement suffisamment compensée par une autre source en eau, provenant de la nappe plio-quadernaire qui se déverse dans la tourbière. Cette nappe alimente ainsi la zone en eau acide et pauvre en nutriment, conditionnant le développement de sphaignes minérotrophes et ponctuellement de sphaignes à tendance ombrotrophe. Le climat thermo-atlantique apparaît toutefois un facteur limitant la formation d'une véritable tourbière haute active (ombrotrophe). Les potentialités d'évolution vers une alimentation franchement ombrotrophe semblent extrêmement limitées. Les sites de Hongrand et Cruchada pourraient ainsi être caractérisés de tourbières fluviogènes minérotrophes à groupements ombrotrophiles.

Le site du Pujoubanc présente une végétation de tourbière (la seule d'ailleurs à abriter *Sphagnum capillifolium* considérée comme une sphaigne caractéristique des buttes de sphaignes ombrotrophes). Mais les conditions stationnelles sont visiblement défavorables à l'accumulation de la tourbe blonde (faible densité de sphaignes, forte pente, sensibilité aux périodes sèches et à la minéralisation). La présence de cette végétation ombrotrophile est très probablement due à la présence en subsurface d'un horizon argileux imperméable qui contraint la nappe superficielle à déverser en surface des eaux acides oligotrophes. Le milieu dominant à Pujoubanc est à proprement parler une lande hygrophile minérotrophe (para-)tourbeuse de pente à groupements ombrotrophiles. Mais l'origine de la très grande diversité de sphaignes sur le site reste inexpliquée.

Les apports à la compréhension de la genèse et du fonctionnement écologique des tourbières des vallées de la Leyre restent limités par les connaissances lacunaires en hydrogéologie, topologie, pédologie et bryologie. Il conviendrait ainsi d'engager des études complémentaires dans ces disciplines pour confirmer et préciser les hypothèses proposées ici.

Références bibliographiques

- AIGROT M. 1992. - *Résultats d'observations piézométriques sur la nappe aquifère superficielle des sables des Landes de Gascogne bassin versant de l'Eyre*. Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, 1992, n°51-52, pp. 85-91.
- ALLORGE P. 1943. - *Musciniées des landes méridionales*. Bull. Soc. Borda, 67, pp. 24-37.
- BLANCHARD F., LAMOTHE T. 2003. - *Étude des groupements végétaux des prairies inondables, des prairies saumâtres et des milieux tourbeux de la vallée et du delta de la Leyre (Gironde, Landes)*. Rapport réalisé pour le PNR Landes de Gascogne, Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique, 119 p.
- BLANCHARD F., LAMOTHE T. 2003. - *Contribution à la bioévaluation floristique et phytocénotique des habitats de la vallée de la Leyre (Gironde, Landes)*. Rapport réalisé pour le PNR Landes de Gascogne, Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique, 109 p.
- CHOLET J. ; MAGNON G. 2010. - *Tourbières des montagnes françaises - Nouveaux éléments de connaissance, de réflexion & de gestion*. Pôle-relais Tourbières, Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, 188 p.
- CRASSOUS C., KARAS F. 2007. - *Guide de gestion des tourbières et marais alcalins des vallées alluviales de France septentrionale*. Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, Pôle-relais tourbières, 203 p.
- DANIELS R.E., EDDY A. 1990. - *Handbook of European Sphagna*. Institute of terrestrial ecology. 262 p.
- DUPIEUX N. 1996. - *La gestion conservatoire des tourbières atlantiques - Méthodes de gestion et essai de synthèse des premières expériences*. Mémoire de fin d'étude en DESS, FCBE, 151 p.
- DURFORT J. et al. 2007. - *Les tourbières de Bretagne*. Collection Les Cahiers Naturalistes de Bretagne. FCBE, Edition Biotope, 176 p.
- FROMENT A. 1966. - *Les étapes de la recolonisation végétale après incendie de tourbe : comparaison entre le plateau des Hautes Fagnes et quelques autres tourbières européennes*. Lejeunia, nouvelle série, n°40, 13 p.
- HAUQUIN J-P. 1992. - *Les principaux niveaux aquifères du sous-sol des Landes*. Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, 1992, n°51-52, p. 115-116.
- HUGONNOT V. 2006. - *Introduction à l'étude du genre sphagnum*. Bulletin mycologique et botanique Dauphiné-Savoie, 182, pp.77-80.
- HUGONNOT V. et al. 2011. - *Cephalozia macrostachya Kaal. Indicateur de l'état de conservation d'une tourbière en Sologne (Cher, France) ; son utilité dans la problématique de gestion*. Acta Bot. Gallica, 158 (3), pp. 329-345.
- JUNIQUE S. 1994. - *Pour une gestion conservatoire des tourbières d'Aquitaine*. Mémoire de fin d'étude DESS Espace et milieu, Univ. Paris VII, 226 p. + annexes.
- KARNAY G. 1993. - *Carte géol. France (1/50000), feuille Saint-Symphorien (875)*. Orléans : BRGM. Notice explicative par G. Karnay (1993), 41 p.
- KARNAY G. 1993. - *Notice explicative, Carte géol. France (1/50000), feuille Saint-Symphorien (875)*. Orléans : BRGM, 41 p. Carte géologique par G. Karnay (1993).
- KLINGEBIEL A., LEGIGAN P. 1992. - *Cadre géologique et structure du bassin de la Leyre*. Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, 1992, n°51-52, pp. 7-20.
- LAPLANA, R. et BRUNSTEIN, D. 1992. - *Les érosions éoliennes et régressives dans le bassin versant de la Leyre*. Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, 1992, n°51-52, pp. 21-29.
- LOYNES (de) P. 1886. - *Les Sphagnum de la Gironde*. Actes Soc. Linn. Bordeaux, 4e sér., 40, pp. 11-20.
- MAIZERET C. 2005. - *Les Landes de Gascogne*. La France naturaliste, Delachaux et Niestlé, 256 p.
- MANNEVILLE O. et al. 2006).- *Le monde des tourbières et des marais. France, Suisse, Belgique et Luxembourg*. Les références du naturaliste, Delachaux et Niestlé, 320 p.
- PLATEL J.P. 1992. - *Carte géol. France (1/50 000), feuille Belin (850)* - Orléans : BRGM. Notice explicative par J.P. PLATEL (1992), 66 p.
- PLATEL J.P. 1992. - *Notice explicative, Carte géol. France (1/50000), feuille Belin (850)* - Orléans : BRGM, 66 p. Carte géologique par J.P. PLATEL (1992).

PLATEL J.P., DUBREUILH J. 1991. - *Carte géol. France (1/50 000), feuille Parentis-en-Born (874)* Orléans : BRGM. Notice explicative par PLATEL J.P., DUBREUILH J. (1991), 63 p.

PLATEL J.P., DUBREUILH J. 1991. - *Notice explicative, Carte géol. France (1/50000), feuille Parentis-en-Born (874)* - Orléans : BRGM, 63 p. Carte géologique par J.P. PLATEL (1991).

ROYAUD A. 1999. - *Les Sphaignes (Bryophytes) de Gironde.1. Clé d'identification des espèces.* Bull Soc. Bot. Bordeaux, tome 27(1), pp.19-24.

ROYAUD A. 2000. - *Mousses et lichens de Belin-Béliet (Gironde), de Sore et d'Argelouse (Landes), Comptendu des excursions du 22 janvier et du 5 mars 2000.* Bull Soc. Bot. Bordeaux, tome 28 (4), pp. 209-213.

ROYAUD A. 2008. - *Inventaire des Bryophytes et des Lichens du site du Plata, commune de Sore.* Bulletin de la Société Mycologique Landaise, n°34, pp.31-32.

SMITH A.J.E. 2004. - *The Moss Flora of Britain and Ireland.* Cambridge University Press, second edit, 1012 p.

VAN DEN BERGHEN C. 1969. - *Notes sur la végétation du Sud-Ouest de la France. VII - Observations sur la végétation des landes tourbeuses et des tourbières du département des Landes.* Bull. Jard. Nat. Belgique, 39, pp.283-400.

Site internet : <http://cybergeog.revues.org/23155#sthash.6B4yZ955.dpuf>

ANNEXE 1 : Inventaire bryologique par tourbière

Tourbière, lieu-dit	Hongrand				Cruchada		Pujoublan				Castelsarrazin						
	Belin-Bélieu				Moustey		Argelouse				Sore						
	Commune	Royaud, 2000	Blanchard & Lamothe, 2003	A. Le Fouler, 2012	V. Hugonnot, 2012	A. Le Fouler, 2012	V. Hugonnot, 2012	Royaud, 2000	Blanchard & Lamothe, 2003	A. Le Fouler, 2012	V. Hugonnot, 2012	Royaud, 2007	Royaud, 2000	Blanchard & Lamothe, 2003	A. Le Fouler, 2012	V. Hugonnot, 2012	
Observateurs et année d'observation																	
Sphaignes minérotrophes	<i>Sphagnum subnitens</i>					•	•	•	•	•		•				•	
	<i>Sphagnum palustre</i>			•	•	•	•	•	•	•		•		•			
	<i>Sphagnum cuspidatum</i>	•	•	•	•	•	•		(•)			•		(•)			
	<i>Sphagnum denticulatum</i>	•	•	•	•	•	•	•	(•)	•		•	•	(•)	(•)	•	
	<i>Sphagnum tenellum</i>	•	•		•			non revue	•			•					•
	<i>Sphagnum angustifolium</i> PR							•									
	<i>Sphagnum fallax</i> PR											•	•				•
Sphaignes minéro-ombrotrophes	<i>Sphagnum papillosum</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	<i>Sphagnum rubellum</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	<i>Sphagnum magellanicum</i> PR	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	<i>Sphagnum fimbriatum</i> PR							•						•		•	
Sphaignes ombrotrophes	<i>Sphagnum capillifolium</i>						•			•							
Hépatiques sphagnicoles	<i>Odontoschisma sphagni</i>					•	•							•		•	
	<i>Mylia anomala</i>				•												
	<i>Kurzia pauciflora</i>				(•)		•									•	
	<i>Calyptogelia sphagnicola</i>															•	
	<i>Cephalozia connivens</i>				•		•				•	•				•	
	<i>Riccardia latifrons</i>						•									•	
	<i>Cephalozia macrostachya</i> subsp. <i>macrostachya</i>				•												
Autres bryophytes	<i>Sciuro-hypnum plumosum</i>					•											
	<i>Pellia epiphylla</i>										•						
	<i>Rhizomnium punctatum</i>					•											
	<i>Fissidens adianthoides</i>					•											
	<i>Aulacomnium palustre</i>					•											
	<i>Dicranum bonjeani</i>							•									
	<i>Calyptogelia arguta</i>										•						
	<i>Pallavicinia lyellii</i>																
	<i>Calyptogelia fissa</i>										•						
	<i>Frullania tamarisci</i>						•										
	<i>Scleropodium purum</i>						•										
	<i>Fissidens osmundoides</i>						•										
	<i>Frullania dilatata</i>						•										
	<i>Zygodon viridissimus</i>															•	
	<i>Ulotia crispata</i>						•										
	<i>Ulotia bruchii</i>						•										
	<i>Dicranum scoparium</i>															•	
	<i>Mnium hornum</i>						•										
	<i>Isoetium myosuroides</i>						•										
	<i>Hypnum cupressiforme</i>															•	
	<i>Odontoschisma denudatum</i>																
<i>Hypnum jutlandicum</i>				•		•					(•)						
<i>Kindbergia praelonga</i>						•											
<i>Leucobryum glaucum</i>															•		
<i>Pleurozium schreberi</i>															•		
<i>Leucophyllum albicans</i>											•						
Plantes vasculaires	<i>Calluna vulgaris</i>		•	•		•		•	•					•			
	<i>Carex trinervis</i>		•														
	<i>Drosera intermedia</i> PN							•						•			
	<i>Drosera rotundifolia</i> PN		•	•			•		•					•			
	<i>Eleocharis multicaulis</i>													•			
	<i>Erica ciliaris</i>		•	•			•		•	•				•			
	<i>Erica tetralix</i>		•	•			•		•	•				•			
	<i>Eriophorum polystachion</i>		•	•			•		•	•				•			
	<i>Phragmites australis</i>						•										
	<i>Gentiana pneumonanthe</i> P33						•		•								
	<i>Juncus acutiflorus</i>								•					•			
	<i>Juncus bulbosus</i>													•			
	<i>Juncus heterophyllus</i>						•							•			
	<i>Molinia caerulea</i>		•	•			•		•	•				•			
	<i>Myrica gale</i>						•		•	•				•			
	<i>Narthecium ossifragum</i> P33		•	•			•		•	•				•			
	<i>Polygala serpyllifolia</i>						•										
	<i>Potentilla erecta</i>						•										
	<i>Rhynchospora alba</i>		•				•		•					•			
	<i>Schoenus nigricans</i>		•	•			•		•	•				•			
	<i>Scutellaria minor</i>																
	<i>wahlenbergia hederacea</i>																

ANNEXE 2 : Résultats bruts des transects phytosociologiques

Site de Hongrand

Tourbière		Hongrand																		
Observateur		Anthony LE FOULIER - Vincent MATHIEU																		
Date		03/10/2012																		
Numéro de placette		6																		
Distance / piquet fixe supérieur		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Longueur		8.4	5.6	8	7.8	1.3	31.3	12	3	7	2.7	2.6	6.2	16.5	17	21	10.8	9.5	6.5	10
Granulométrie (S, L, A, G, C, B)		Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Paratourbe	Paratourbe	Sable organique	
Pente (°)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Sol nu (%)		0	0	0	0	0	0	<2	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Litière (%)		15	15	15	15	25	15	10	10	5	10	20	15	15	15	10	15	15	25	90
Eau libre (%)		0	<1	0	0	0	0	0	1	<1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recouvrement phanérogames		100	100	100	5	100	<5	90	90	60	100	65	90	90	90	100	100	100	100	100
Recouvrement bryophytes (%)		<5	<5	30	60	20	35	35	35	75	100	80	70	40	60	40	35	3	25	0
Recouvrement lichens (%)		0	0	0	5	2	3	20	15	5	0	0	>5	15	5	15	5	2	0	0
Strate bryo-lichénique (hors		2	2	5	35	10	30	25	15	5	5	20	10	30	30	30	5	2	<5	0
Hauteur d'eau (cm)		0	<1	0	0	0	0	0	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hauteur strate masculine		40	50	50	50	25	45	40	50	20	50	30	35	40	50	40	70	70	70	0
Hauteur strates herbacée (cm)																				
<i>Lonicera periclymenum</i>																				
<i>Pteridium aquilinum</i>																				
<i>Frangula dodonei</i>																				
<i>Frangula dodonei (Juvénile)</i>																				
<i>Pinus pinaster mort</i>																				
<i>Pinus pinaster adulte</i>																				
<i>Pinus pinaster juvénile</i>																				
<i>Erica ciliaris</i>																				
<i>Molinia caerulea</i>																				
<i>Calluna vulgaris</i>																				
<i>Erica tetralix</i>																				
<i>Sphagnum rubellum</i>																				
<i>Eriophorum polystachion</i>																				
<i>Schoenus nigricans</i>																				
<i>Drosera rotundifolia</i>																				
<i>Sphagnum papillosum</i>																				
<i>Sphagnum magellanicum</i>																				
<i>Narthecium ossifragum</i>																				
<i>Sphagnum cuspidatum</i>																				
<i>Sphagnum cf. auriculatum</i>																				

Site du Cruchada

Tourbière		Cruchada																			
Observateur		Anthony LE FOULIER (CBNSA), Coline GARDE (DREAL Ag)																			
Date		04/10/2012																			
Numéro de placette		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Distance / papier fine copier (cm)		2,5	9	14	26		49	52	56	59	73	83	85	92	100	119	140		183	206	
Longitude		3	6,5	5	12	23			3	4	3	14	10	2	7	8	19	21	41	23	10
Géomorphologie (S, L, A, G, C, B)																					
Pente (%)		35	30	20	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sol (m)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Laines (%)		40	20-25	10	5-10	5-10	20	7	7	15	10	5	10	10	10	15	10	10	5	15	25
Eau libre (%)		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Recouvrement phanérogames (%)		90	100	100	90	90	75	90	75	95	100	75	100	95	95	100	95	70	100	100	100
Recouvrement bryophytes (%)		35	0	0	0	0	35	50	50	50	40	50	40	50	60	50	50	50	20	5	5
Recouvrement lichens (%)		5	0	0	0	0	1	1	1	15	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Hauteur d'eau (cm)		0	0	0	0	0	<-1	0	0	0	0	5	2	5	0	0	0	0	0	0	0
Hauteur strates muscinak		5	7				50	40		35	35	55	30	60		55		65	30	100	160
Hauteur strates herbacées (cm)		1	110	60	55	55	40	55	55	50	25	10	25	20	25		50		65	65	80
<i>Frangula dodonei</i>	HR	HR	4	5		HR	HR	2	7	35				1					2	70	
<i>Frangula dodonei</i> (juvénile)		2	2	3	3			1		10	10	15		2	3		1				
<i>Pinus pinaster</i>																				2	
<i>Pinus pinaster</i> (juvénile)	1	HR		1									HR							2	
<i>Ulex europaeus</i>	2																				
<i>Erica cinerea</i>	15																				
<i>Erica scoparia</i>	25	2																			
<i>Pteridium aquilinum</i>	25	10	2																		3
<i>Sphagnum palustre</i>	2*																				10
<i>Myrica gale</i>	45	20													30		3		30	30	65
<i>Gentiane pneumonanthe</i>														1			1				
<i>Erica ciliaris</i>	5	20	20	10	10																5
<i>Molinia caerulea</i>	20	35	35	35	30	35	35	35	45	25	5	20	10	35	40		20		20	35	50
<i>Calluna vulgaris</i>	35	20	10	25	30	15	15	10	15	30	3	30	10	20	20		5		3	25	5
<i>Erica tetralix</i>	5	25	20	25	30	30	20	15	40	15	30	25	35	35	35		20		15	20	
<i>Sphagnum rubellum</i>	2	2		20	30	30	40	15	25	20	30	45	25 (55?*)	20	25*		20		15		
<i>Eriophorum polystachion</i>				2	15	10	8	5				5	5	5			20			10	
<i>Schoenus nigricans</i>	15	25	15	25	15	25	10			40	35	40	50	20		10		20		20	
<i>Drosera rotundifolia</i>					5	3	8					2	3					3			2
<i>Sphagnum papillosum</i>		1		10*	10	10	15	15	5	30	5	10			25			15		20	
<i>Sphagnum subnitens</i>		2		5			1	5										3			
<i>Sphagnum magellanicum</i>																		15			5
<i>Phragmites australis</i>							HR		20	10	20	8	25								
<i>Narthecium ossifragum</i>							5	8				25	2	20			2		20	15	5
<i>Sphagnum cuspidatum</i>				?			2	2													
<i>Sphagnum auriculatum</i>												2									
<i>Polygala serpyllifolia</i>								2	1					3	3				2		
<i>Rhynchospora alba</i>									3												10
<i>Potentilla erecta</i>												5	3	3							
<i>Juncus heterophyllus</i>				3																	
<i>Autres bryophytes</i>		1	6	25	7	20	20	10	30	20	7	5	10		25		5		5		15

Site de Pujoublanc

Tourbière	Pujoublanc															
Observateur	Anthony LE FOULER															
Date	05/10/2012															
Numéro de placette	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Distance / piquet file supérieur	5	0	7	4.5	11.5	16.5	20	22	23.5	30	40	43	48	50	52	60
Longueur	5	7	4.5	5	3.5	2	1.5	6.5	10	3	5	2	2	8		
Nature du sol	Sable organique	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe	Tourbe
Pente (°)	10-30	15-20	15-20	15-20	45	0	20	20	20-25	10	5	15-20	45	0-10		
Sol nu (%)	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	5	15	10	5		
Litière (%)	70 (alg. Pinus)	20-40	50	50	30	5	30	30	30	20	5	20	15	5		
Eau libre (%)	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	3	5		
Recouvrement phanérogames (%)	60	100	100	92	100	90	##	95	95	95	100	95	95	95		
Recouvrement bryophytes (%)	30	20	20	20	35	30	5	40	8	35	15	30	30	50		
Recouvrement lichens (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Hauteur d'eau (cm)	0	0 (< 1 cm)	0	0	0	0.5	0	0	0	0	2	0	3	10		
Hauteur strates herbacées (cm)	115	40	55	45	35	10	35	45	50	45	40	55				
<i>Erica scoparia</i>	5															
<i>Erica cinerea</i>	20															
<i>Pteridium aquilinum</i>	55	20	5	2	3						3	20	10			
<i>Frangula dodonei</i>	2	10	20		HR							HR	10			
<i>Pinus pinaster</i>	40	20		3												
<i>Myrica gale</i>			20								5	5	25	20	10	
<i>Gentiane pneumonanthe</i>							2	2								
<i>Calluna vulgaris</i>	40	5		8	5	3	10	5	20	25	20		5			
<i>Erica ciliaris</i>	20			20	15	5	20	10	20		8	3				
<i>Molinia caerulea</i>	50	60	50	20	5	15	20	35	50	45	40	65	80			
<i>Erica tetralix</i>	40	30	35	40	20	20	30	35	20	25	20	20				
<i>Schoenus nigricans</i>	5		15	40	5	50	30	20	20	10	5					
<i>Sphagnum papillosum</i>	10*			3*	5		30	10	20	10*	15					
<i>Sphagnum rubellum</i>				3*	5	5		5	10		10	10				
<i>Sphagnum subnitens</i>				20*				5	10*	5*			5			
<i>Eriophorum polystachion</i>				1				5								
<i>Sphagnum cf. capillifolium</i>				3*												
<i>Drosera rotundifolia</i>					2		2									
<i>Narthecium ossifragum</i>				HR	3	70	2	20	1							
<i>Sphagnum cf. auriculatum</i>					30											
<i>Rubus sp.</i>													15	15	15	
<i>Alnus glutinosa</i>													30	70	60	
<i>Quercus robur</i>													15	30	30	
<i>Sphagnum palustre</i>													10	30*		
<i>Walenbergia hederacea</i>														5		
<i>Scutellaria minor</i>														2		
<i>Blechnum spicans</i>														10		
<i>Osmunda regalis</i>														5		
<i>Salix atrocinerea</i>														5		
Hépathique														5		
<i>Pinus pinaster</i> (juvénile)				3	5	3			2	3						
<i>Pinus pinaster</i> (plantule)				3						2						
Lichen				15	10		3									
<i>Frangula dodonei</i> (Juvénile)	3			2				2		2				3		
<i>Juncus heterophyllus</i>				3												
Autres bryophytes												5	5			