

# ANALYSE DES EFFETS DU BRULAGE DIRIGE SUR L'ETAT DE CONSERVATION DE LA CLADIAIE DE LA TOURBIERE DU LAC DE LOURDES

## VILLE DE LOURDES



Vue de l'expérimentation de brûlage dirigé (10 mars 2014, Apexe).

# SOMMAIRE

---

## INTRODUCTION

I.	MATERIELS ET METHODES .....	5
I.1.	ZONE D'ETUDE .....	5
I.2.	BRULAGE DIRIGE .....	6
I.3.	MISE EN PLACE DES DISPOSITIFS DE SUIVI .....	7
I.4.	COLLECTE DES DONNEES.....	15
I.5.	ANALYSE DES DONNEES RECUEILLIES.....	16
II.	RESULTATS .....	18
II.1.	RESULTATS BRUTS .....	18
II.2.	L'ANALYSE PHYTOSOCIOLOGIQUE .....	21
II.3.	LES ANALYSES STATISTIQUES .....	22
	CONCLUSION.....	31
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	32
	TABLE DES MATIERES.....	33
	ANNEXES.....	34

## INTRODUCTION

---

Dans le cadre de l'animation du document d'objectifs (docob) du site Natura 2000 « Tourbière et Lac de Lourdes », le comité de pilotage a décidé de lancer une expérimentation de brûlage dirigé sur une surface limitée de la tourbière du Lac de Lourdes afin de contenir le développement des ligneux sur un habitat d'intérêt communautaire prioritaire que constitue la cladiaie (formation quasi monospécifique à Marisque – *Cladium mariscus*).

L'expérimentation de l'utilisation du brûlage dirigé vise à tester cette technique comme une éventuelle méthode alternative de gestion de la cladiaie. Ainsi, elle a pour but d'acquérir des connaissances quant à l'emploi du feu pour conserver l'habitat prioritaire que constitue la cladiaie. Si la mise en œuvre du brûlage est plus économique et beaucoup moins gourmande en temps et en main-d'œuvre par rapport aux techniques de coupe, son efficacité sur les ligneux et son effet sur l'habitat de la cladiaie restent aujourd'hui mal connus. Le but est donc bien d'expérimenter et d'acquérir des connaissances sur une technique de gestion de l'habitat de la cladiaie. L'opération sera reconduite sur avis du COPIL uniquement si les résultats sont jugés satisfaisants. L'objet de la présente étude est de mettre en place un dispositif permettant d'évaluer les effets de cette technique, et savoir s'ils sont positifs ou négatifs.

En cas d'effet positif, cette technique pourrait être utilisée comme moyen d'entretien, en alternance avec d'autres méthodes, notamment la coupe ou le pâturage. L'objectif restant de contrôler le développement des ligneux sur la tourbière en alternant sur une même surface les moyens utilisés au fil des années.

## AVERTISSEMENT

---

L'auteur attire l'attention du lecteur sur le caractère provisoire des conclusions de la présente étude. En effet, l'impact d'un brûlage dirigé sur une végétation donnée s'étudie sur le long terme. L'absence d'impact sur la composition floristique de la végétation étudiée après un seul brûlage ne peut présager des impacts après des brûlages répétés sur le long terme.

De plus, le dispositif de suivi a été mis en place après l'expérimentation de brûlage dirigé. L'état témoin comparatif sur lequel se base l'ensemble de cette étude a été choisi au plus près sur une végétation fortement similaire. Les différences observées dans la composition floristique du témoin par rapport aux autres situations peuvent être dues à ses propres caractéristiques spécifiques et non au brûlage. Dans l'idéal, l'état « zéro » aurait dû être constitué sur la végétation avant le brûlage afin de pouvoir constater d'éventuelles évolutions de celle-ci après brûlage.

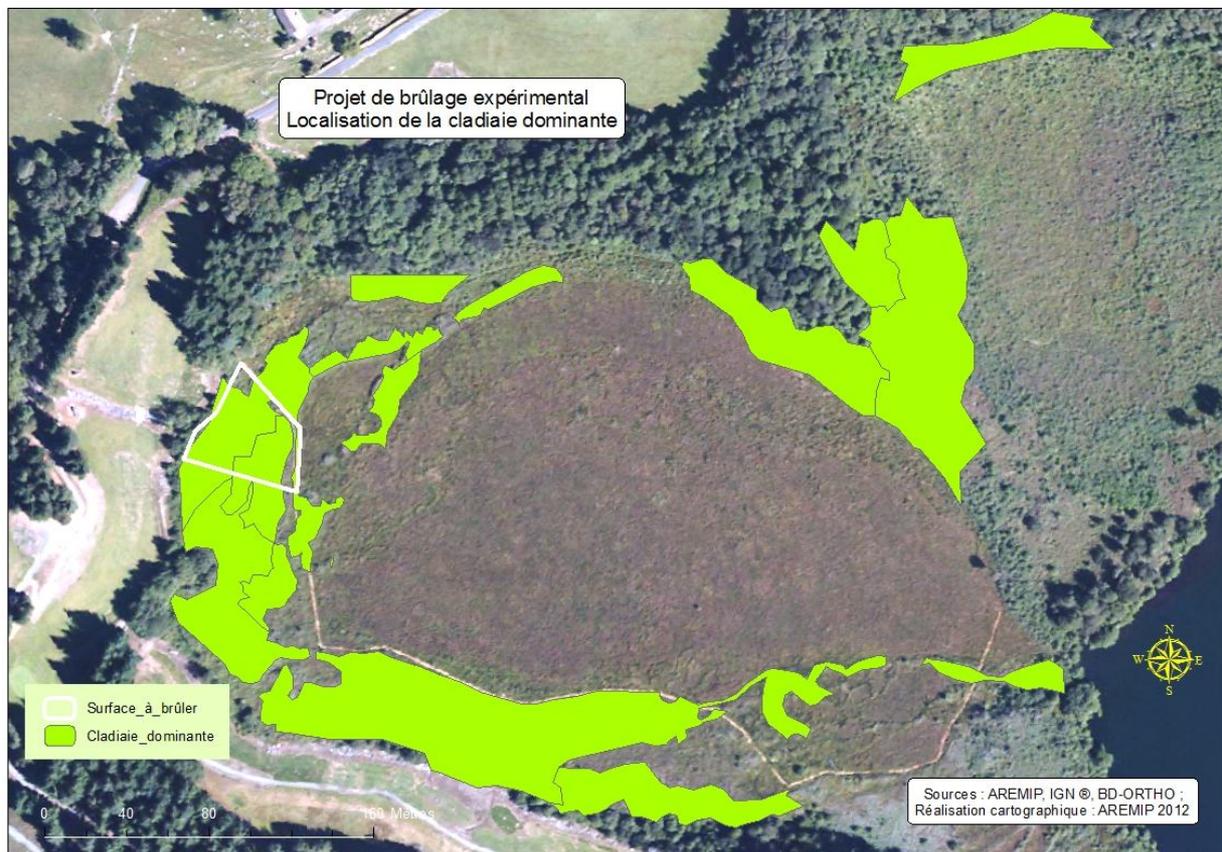
L'étude porte ici sur une cladiaie particulière dont la composition floristique est propre au Sud-ouest de la France. En aucun cas les conclusions énoncées ci-après peuvent être généralisées à d'autres cladiaies sans que des études similaires ne soient conduites.

Enfin, la présente étude ne porte que sur la végétation. Ses conclusions ne peuvent être généralisées telles quelles à la faune. Des études dédiées sur la faune des cladiaies devront être menées à l'avenir afin de vérifier si les effets observés sur la faune sont comparables à ceux présentés ici pour la flore.

# I. MATERIELS ET METHODES

## I.1. ZONE D'ETUDE

La zone d'étude prend place sur le pourtour de la tourbière bombée située à l'extrémité orientale du Lac de Lourdes. En effet, la cladiaie prend place dans la dépression qui entoure la tourbière. L'expérimentation porte sur une petite partie seulement.



## I.2. BRULAGE DIRIGE

L'expérimentation de brûlage dirigé s'est déroulée le 10 mars 2014. La zone a été délimitée au préalable puis un corridor de sécurisation a été créé par faucardage de la cladiaie. Cette bande avait pour objectif de faciliter l'accès à la zone d'expérimentation et surtout de contenir tout éventuel départ de feu vers la tourbière. C'est sur ce pare-feu qu'a circulé la vingtaine de personnes présentes le jour de l'expérimentation.



**AVANT**



**PARE-FEU**



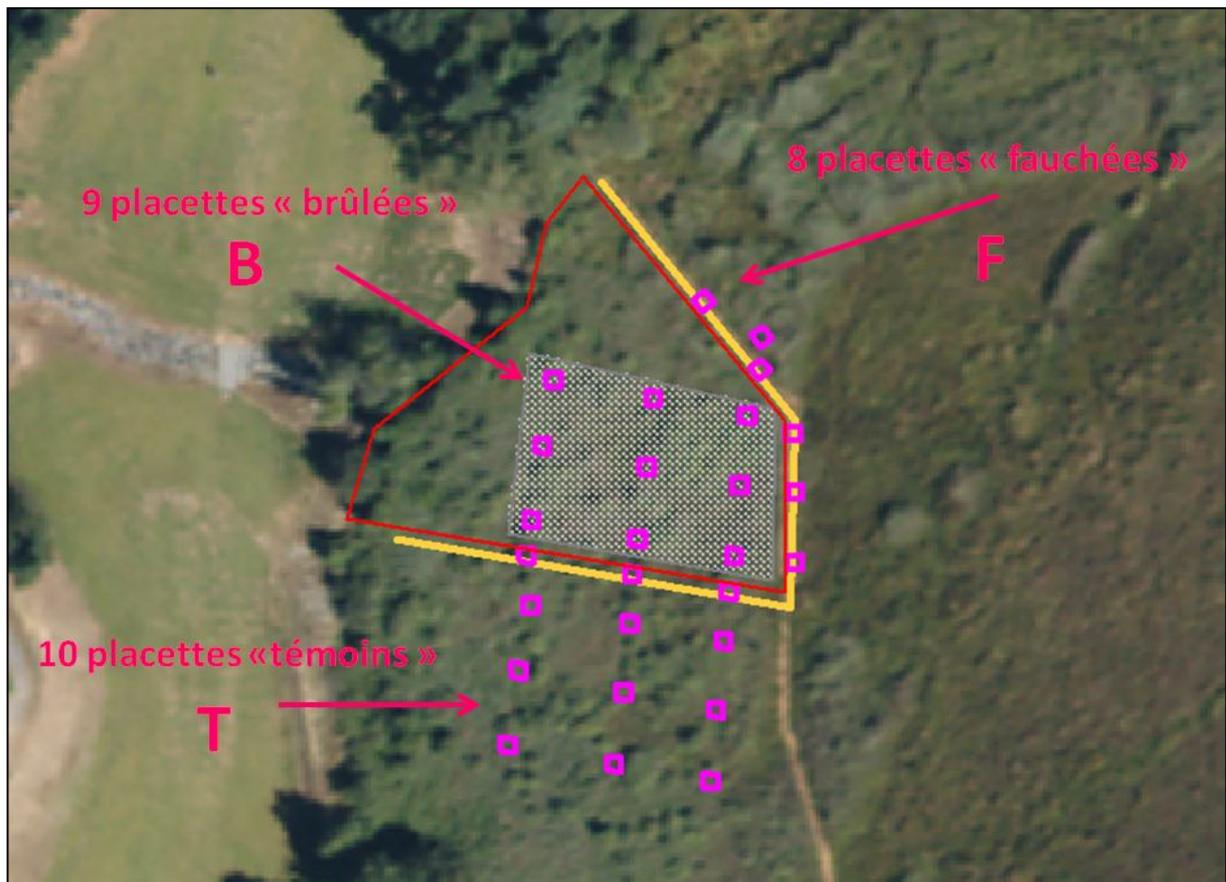
**APRES**

### I.3. MISE EN PLACE DES DISPOSITIFS DE SUIVI

Afin de mener à bien ce suivi et d'évaluer les éventuels effets du brûlage dirigé sur l'état de conservation de la cladiaie, des placettes seront matérialisées sur site par un piquetage couplé à un relevé GPS. L'objectif est de collecter des données sur l'année qui suit l'opération de brûlage. Celle-ci s'étant déroulée le 10 mars 2014, le dispositif de suivi a été mis en place courant juin 2014.

1. Un premier dispositif de suivi a été installé à l'intérieur de la zone brûlée et a été subdivisé en neuf placettes de 2 x 2 m<sup>2</sup> par un carroyage de 3 x 3 de façon à reproduire les inventaires sur des surfaces équivalentes et homogènes.
2. Un second dispositif a été installé à l'intérieur de la cladiaie voisine selon le même type de carroyage. Ce second dispositif tient lieu d'état « zéro » devant permettre une comparaison fine de l'état de conservation de l'habitat avec et sans brûlage.
3. La bande de sécurité périphérique fauchée à l'occasion de l'opération de brûlage a été mise à profit pour installer un troisième dispositif de suivi. En effet, la fauche sans brûlage constitue la méthode classique de gestion de ce type d'habitat. 8 placettes supplémentaires ont donc été disposées sur le pourtour de la zone brûlée afin de tester la gestion par la fauche.

L'ensemble du dispositif (témoin + fauche + brûlage) a été cartographié sous SIG. Des photographies ont été prises sur site afin de pouvoir retrouver facilement les placettes d'une année sur l'autre.

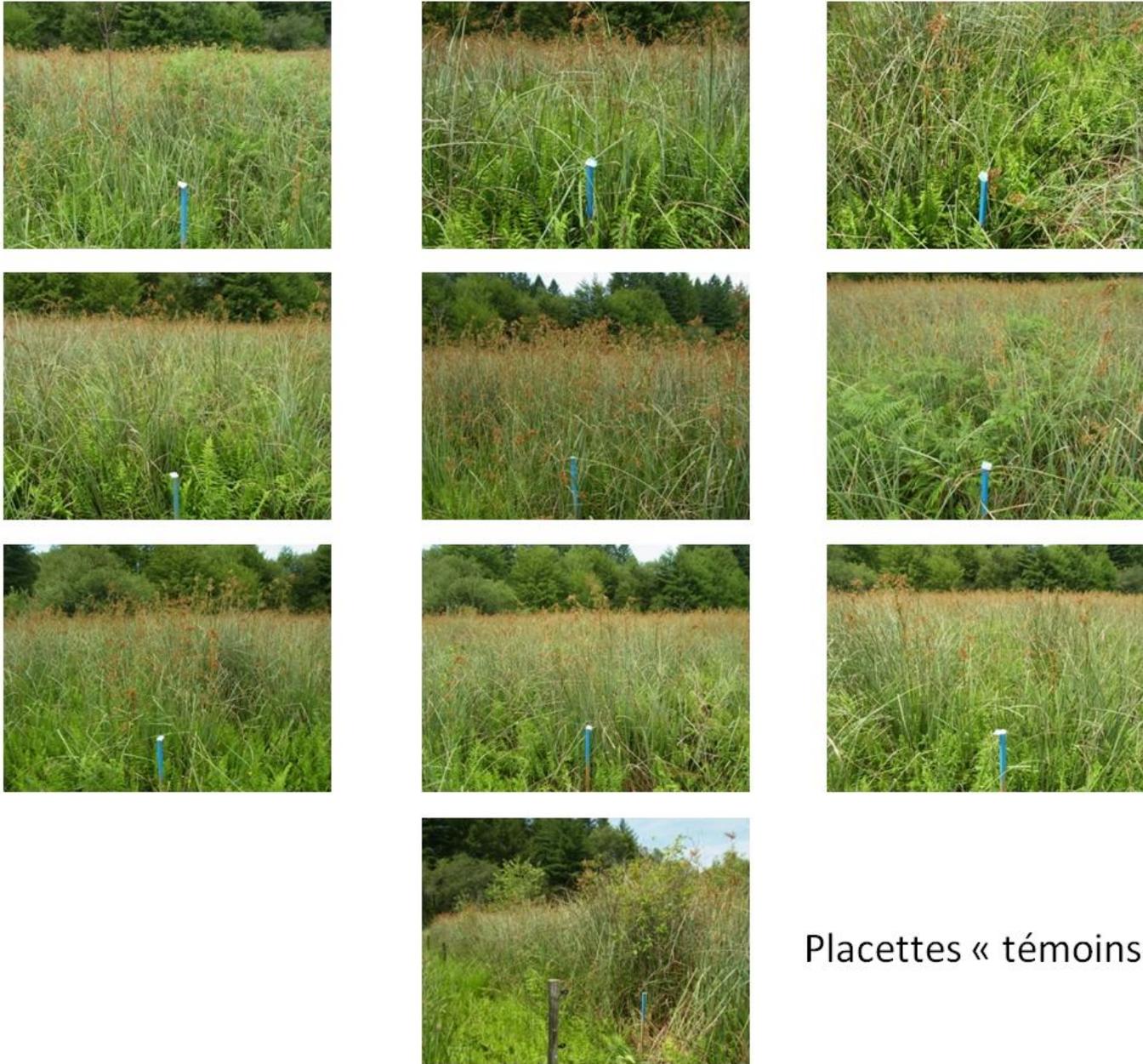




Exemple d'implantation des trois types de placettes de suivi.

Pour chaque placette un piquet en bois peint en bleu fluo marque le coin sud-est et permet de faciliter le suivi d'une année sur l'autre.

Les pages suivantes présentent les planches photographiques de l'ensemble des trois groupes de placettes, en 2014 et en 2015. En juillet 2016, lors d'une visite sur le terrain avec Emilie Mansanné - l'animatrice du site Natura 2000 – il était déjà difficile de voir la différence entre les trois dispositifs. En effet, physionomiquement, la cladiaie brûlée ou fauchée avait recouvré son aspect initial.



Placettes « témoins » 2014



Placettes « témoins » 2015



Placettes « brûlées » 2014



## Placettes « brûlées » 2015



Placettes «fauchées » 2014



## Placettes « fauchées » 2015

## I.4. COLLECTE DES DONNEES

Dès le début de la mission, un inventaire floristique le plus complet possible a été réalisé sur chaque placette. L'inventaire concerne les Angiospermes (= plantes à fleurs), les Gymnospermes (= conifères au sens large) et les Ptéridophytes (= fougères et plantes alliées). Les mousses n'ont pas été recensées.

Un relevé phytosociologique (relevé en abondance - dominance) a donc été établi pour chaque groupement végétal ; il peut ainsi ensuite être caractérisé selon la nomenclature la plus actuelle (EUR 27, CORINE Biotopes).

La méthode de relevé est basée sur l'approche classique sigmatiste et suit les étapes détaillées ci-après, fidèle en cela aux règles de l'art en la matière. La végétation sur chaque parcelle a été jugée homogène : un seul type de végétation est présent et non une mosaïque. C'est par la connaissance de l'écologie des espèces que le phytosociologue sait déterminer cette homogénéité floristique (ex : secteurs plus ou moins humides dans une lande).

- ✓ Respect d'une aire minimale de relevé par groupement<sup>1</sup>

Une très grande attention a été portée au choix de la surface du relevé total sur chacun des trois dispositifs (env. 35 m<sup>2</sup> par dispositif). L'aire minimale du relevé est déterminée ainsi : le nombre d'espèces notées augmente avec la surface prospectée puis la présence d'une nouvelle espèce supplémentaire devient exceptionnelle ; quand le nombre d'espèces notées n'augmente plus alors l'aire minimale est couverte et le groupement peut être considéré comme phytosociologiquement décrit.

- ✓ Estimation du recouvrement par strate

Chaque groupement végétal présent est décrit strate par strate. Le recouvrement de chaque strate est évalué. Ce recouvrement exprimé en pourcentage de la surface du relevé est donc inférieur ou égal à 100 pour une strate donnée. La cladiaie est un milieu réputé très dense. La strate herbacée recouvre donc ici 100% de chacune des placettes.

- ✓ Comptage du nombre de pieds pour les plantes à faible recouvrement

En dehors des 2 espèces les plus recouvrantes, chaque espèce présente sur une placette a été soigneusement dénombrée pied à pied. Ainsi, l'effectif a été notée pour chaque plante.

---

<sup>1</sup> Ce point est essentiel pour une reproductibilité du suivi et surtout pour une analyse fondée des évolutions constatées dans la composition floristique d'une fois à l'autre. Souvent ce point est négligé. Si cette erreur a peu de conséquence sur la description phytosociologique de milieux prairiaux (faible aire minimale), elle rend inutilisable les données sur les boisements.

- ✓ Estimation de l'abondance et de la dominance de chaque espèce

A chaque espèce inscrite dans le relevé est attribué un coefficient d'abondance-dominance. L'abondance correspond au nombre d'individus occupant la surface du relevé. La dominance correspond au recouvrement total de l'espèce projeté au sol. Nous utiliserons l'échelle suivante :

- **5** : espèce recouvrant plus des  $\frac{3}{4}$  de la surface du relevé,
- **4** : espèce recouvrant de la moitié aux  $\frac{3}{4}$  de la surface du relevé,
- **3** : espèce recouvrant du quart à la moitié de la surface du relevé,
- **2** : espèce très abondante (mais recouvrant moins de  $\frac{1}{20}$  de la surface du relevé),
- **1** : espèce abondante et à dominance très faible ou peu abondante mais à dominance plus grande,
- **+** : espèce rare ou **i** : individu isolé.

- ✓ Synthèse sous forme d'un tableau de relevés

L'ensemble des données floristiques recensées a été synthétisé sous forme d'un tableau : sur une même ligne horizontale figurent le nom scientifique actuel de l'espèce<sup>2</sup>, son nom vernaculaire, le coefficient d'abondance-dominance qui lui a été affecté et son effectif.

Le tableau de relevés phytosociologiques n'a pas vocation à vulgarisation en tant que tel. Au contraire, il constitue la somme des données recueillies sur le terrain avec pour principal objectif d'être repris plus tard par d'autres phytosociologues qui pourront assurer ainsi le suivi de la dynamique d'évolution du milieu dans le temps et dans l'espace. C'est à ce titre que la nomenclature botanique doit être la plus rigoureuse possible (les noms d'auteur sont systématiquement précisés).

## **I.5. ANALYSE DES DONNEES RECUEILLIES**

Au vu des relevés floristiques de 2014 et 2015, une analyse statistique a été réalisée pour identifier les cortèges floristiques significativement similaires et ceux significativement différents. L'objectif était de démontrer l'influence ou non de l'ouverture par la fauche et surtout de démontrer si le brûlage dirigé n'a eu aucun effet (pas de différence significative par rapport aux placettes témoin), ou si au contraire un effet significatif pouvait être relevé ; auquel cas l'analyse devait permettre de statuer s'il s'agit d'un simple effet d'ouverture similaire à la fauche, ou si le brûlage dirigé provoque une mutation des cortèges floristiques différente de la fauche.

Dans la littérature scientifique, les écobuages en tourbière sont réputés provoquer un pic de minéralisation par la production d'une couche de cendres issue de la carbonisation du couvert végétal. Comme la cladiaie figure parmi les habitats méso-eutrophes, rien ne dit

---

<sup>2</sup> La dénomination des espèces respecte la nomenclature botanique actuelle. Les noms scientifiques correspondent à ceux de la BDNFF (Base de Données Nomenclaturale de la Flore de France) révisée en 2015 (TAXREF, version n° 9.0, réalisée sous l'égide du Muséum national d'histoire naturelle de Paris).

qu'un tel apport d'éléments minéraux conduisent à changer sa composition floristique comme ce serait le cas pour des habitats oligotrophes.

Pour ce faire, les données brutes ont été analysées avec différents outils statistiques présentés ci-après.

#### ➤ **Analyse de Redondance (RDA) et Canonique des Correspondances (ACC)**

L'analyse de **redondance** a été développée par VAN DEN WOLLENBERG (1977) comme alternative à l'Analyse Canonique des Corrélations (CCorA). L'Analyse de redondance permet d'étudier la relation entre deux tableaux de variables Y et X. Tandis que la CCorA est une méthode symétrique, l'analyse de redondance est **dissymétrique**. Avec la CCorA, les composantes extraites de deux tableaux sont telles que leur corrélation est maximisée. Avec l'analyse de redondance, les composantes extraites à partir de X sont telles qu'elles sont autant que possible corrélées avec les variables de Y. Les composantes de Y sont ensuite extraites de telle sorte qu'elles soient autant que possible corrélées avec les composantes extraites de X.

L'analyse canonique des **correspondances** (en anglais, *Canonical Correspondence Analysis*, ou CCA) a été développée dans le cadre d'applications en écologie (C.J.F. TER BRAAK, 1986). Néanmoins, cette méthode dont le cadre conceptuel est bien défini, peut être utilisée dans d'autres domaines.

Pour ces analyses (RDA/CCA/DCA), nous avons utilisé le logiciel **CANOCO v.4.5** pour Windows, développé par l'Université de Wageningue aux Pays-Bas, qui est l'outil le plus populaire pour l'ordination dans les applications écologiques.

#### MANOVA

L'analyse de variance multivariée (ou MANOVA pour « Multivariate analysis of variance ») est un test statistique qui vise à déterminer si des facteurs qualitatifs ont des effets significatifs sur plusieurs variables dépendantes quantitatives prises collectivement. En cela, la MANOVA est donc une généralisation de l'analyse de la variance (ANOVA), qui est univariée, c'est-à-dire qui ne porte que sur une seule variable dépendante. La MANOVA est aussi utilisée pour identifier des interactions entre les variables dépendantes et entre les variables indépendantes.

#### ANCOVA

L'analyse de la covariance (ANCOVA) est une méthode statistique visant à tester, par un modèle linéaire général, l'effet sur une variable dépendante continue d'une ou plusieurs variables indépendantes catégorielles, indépendamment de l'effet d'autres facteurs quantitatifs continus, dits covariables. En d'autres termes, l'ANCOVA est une combinaison entre une ANOVA et une régression de telle sorte que l'ANCOVA permet de tester si certains facteurs ont un effet sur la variable résultat après avoir enlevé la variance due aux covariables. L'inclusion de covariables peut accroître la puissance statistique parce qu'elles sont la cause d'une certaine variabilité.

## II. RESULTATS

### II.1. RESULTATS BRUTS

#### II.1.1. LES PLACETTES DU TEMOIN

NOM_TAXON_(TAXREF v9.0)	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9		T10	
	B B	Nb t	B B	N bt	B B	Nb t	B B	N bt	B B	N bt	B B	Nb t	B B	N bt	B B	N bt	B B	N bt	B B	Nb t
<b>STRATE ARBOREE</b>																				
<b>STRATE ARBUSTIVE</b>																				10
<i>Frangula dodonei</i> Ard.																				2
<b>STRATE HERBACEE</b>	100		100		100		100		100		100		100		100		100		100	
<i>Cladium mariscus</i> (L.) Pohl	3		3		4		4		4		4		5		4		4		5	
<i>Thelypteris palustris</i> Schott	4		3		2	4 5	3		3		2	2 2	4		5		4		2	2 5
<i>Frangula dodonei</i> Ard.	+	3			+	3	+	3	1	5	+	3	+	1	+	3	1	8		
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	+	1	+	5			+	3	+	1	+	2	+	3	+	2	1	4	+	2
<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench																				
<i>Galium palustre</i> L.													+	1						
<i>Solanum dulcamara</i> L.	+	1											+	1						
<i>Betula pendula</i> Roth					+	3														
<i>Carex echinata</i> Murray																				
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.							+	3					1	4	1	3				
<i>Lythrum salicaria</i> L.																				
<i>Lotus pedunculatus</i> Cav.					+	2							+	1						
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.																				
<i>Hypericum androsaemum</i> L.																				
<i>Salix atrocinerea</i> Brot. (s)									+	1										
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.													1	2						
<i>Mentha aquatica</i> L.																	+	2		
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rausch.																				
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn					+	1					5									
<i>Rubus</i> sp. L.													+	1						
<i>Stellaria holostea</i> L.																				

## II.1.2. LES PLACETTES FAUCHEES

NOM_TAXON_(TAXREF v9.0)	F1		F2		F3		F4		F5		F6		F7		F8	
	BB	Nb t	BB	Nb t	BB	Nb t	BB	Nb t	BB	Nb t	BB	Nb t	BB	Nb t	BB	Nb t
<b>STRATE ARBOREE</b>																
<b>STRATE ARBUSTIVE</b>																
<i>Frangula dodonei</i> Ard.																
<b>STRATE HERBACEE</b>	100		100		100		80		100		100		100		100	
<i>Cladium mariscus</i> (L.) Pohl	3		4		4		4		5		4		5		4	
<i>Thelypteris palustris</i> Schott	2		5		4		3		4		3		4		5	
<i>Frangula dodonei</i> Ard.	1	8	1	9	2	14	1	10	1	10	+	4	+	3	1	12
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.			+	3	+	2	+	2	+	3	1	6	+	4	+	3
<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	4						+	1			1		2		1	
<i>Galium palustre</i> L.							+	20								
<i>Solanum dulcamara</i> L.									+	1					+	1
<i>Betula pendula</i> Roth																
<i>Carex echinata</i> Murray															+	3
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.																
<i>Lythrum salicaria</i> L.	+	1					+	1								
<i>Lotus pedunculatus</i> Cav.																
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	+	1														
<i>Hypericum androsaemum</i> L.															+	2
<i>Salix atrocinerea</i> Brot. (s)																
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.																
<i>Mentha aquatica</i> L.																
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rausch.							+	1								
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn											4					
<i>Rubus sp.</i> L.					+	1										
<i>Stellaria holostea</i> L.							+	3								

## II.1.3. LES PLACETTES BRULEES

NOM_TAXON_(TAXREF v9.0)	B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7		B8		B9	
	BB	Nb t	BB	Nb t	BB	Nb t	BB	Nb t	BB	Nb t	BB	Nb t	BB	Nb t	BB	Nb t	BB	Nb t
<b>STRATE ARBOREE</b>																		
<b>STRATE ARBUSTIVE</b>					10													
<i>Frangula dodonei</i> Ard.					2													
<b>STRATE HERBACEE</b>	90		100		100		100		100		100		100		100		100	
<i>Cladium mariscus</i> (L.) Pohl	+	1	3		5		5		4/5		4		4/5		5		5	
<i>Thelypteris palustris</i> Schott	3		5		4		4		5		4		4/5		5		3	
<i>Frangula dodonei</i> Ard.			+	10	2	15			1	5	+	2			+	3	+	1
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	+	1	+	8	1	6	+	1	1	8	+	3	+	6	+	5	1	7
<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	5						1/2				2				+	1	1	
<i>Galium palustre</i> L.																		
<i>Solanum dulcamara</i> L.																		
<i>Betula pendula</i> Roth																		
<i>Carex echinata</i> Murray																		
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.																		
<i>Lythrum salicaria</i> L.																		
<i>Lotus pedunculatus</i> Cav.			+	3														
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.																		
<i>Hypericum androsaemum</i> L.																		
<i>Salix atrocinerea</i> Brot. (s)																		
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.																		
<i>Mentha aquatica</i> L.																		
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rausch.																		
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn																		
<i>Rubus</i> sp. L.			+	1														
<i>Stellaria holostea</i> L.																		

## II.2. L'ANALYSE PHYTOSOCIOLOGIQUE

NOM_TAXON_(TAXREF 2015)	Nom vernaculaire (INPN 2016)	T	F	B	FAMILLE (APG IV)
<b><i>Cladium mariscus (L.) Pohl</i></b>	Marisque	4	4	5	<i>Cyperaceae</i>
<b><i>Thelypteris palustris Schott</i></b>	Thélyptéris des marais	3	4	4	<i>Thelypteridaceae</i>
<i>Frangula dodonei Ard.</i>	Bourdaie	1	1	1	<i>Rhamnaceae</i>
<i>Eupatorium cannabinum L.</i>	Eupatoire chanvrine	1	1	1	<i>Asteraceae</i>
<i>Molinia caerulea (L.) Moench</i>	Molinie bleue		1	1	<i>Poaceae</i>
<i>Galium palustre L.</i>	Gaillet des marais	r	+		<i>Rubiaceae</i>
<b><i>Solanum dulcamara L.</i></b>	Morelle douce-amère	r	r		<i>Solanaceae</i>
<b><i>Lysimachia vulgaris L.</i></b>	Lysimaque commune	+			<i>Primulaceae</i>
<i>Pteridium aquilinum (L.) Kuhn</i>	Fougère aigle	+	1		<i>Dennstaedtiaceae</i>
<i>Rubus sp. L.</i>	Ronce commune	r	r		<i>Rosaceae</i>
<i>Salix atrocinerea Brot.</i>	Saule roux	r			<i>Salicaceae</i>
<i>Betula pendula Roth</i>	Bouleau verruqueux	r			<i>Betulaceae</i>
<i>Alnus glutinosa (L.) Gaertn.</i>	Aulne glutineux	+			<i>Betulaceae</i>
<i>Lotus pedunculatus Cav.</i>	Lotier des fanges	+			<i>Fabaceae</i>
<i>Mentha aquatica L.</i>	Menthe aquatique	r			<i>Lamiaceae</i>
<i>Lythrum salicaria L.</i>	Salicaire		+		<i>Lythraceae</i>
<i>Cirsium palustre (L.) Scop.</i>	Cirse des marais		r		<i>Asteraceae</i>
<i>Carex echinata Murray</i>	Laïche étoilée		r		<i>Cyperaceae</i>
<i>Potentilla erecta (L.) Rausch.</i>	Tormentille		r		<i>Rosaceae</i>
<i>Stellaria holostea L.</i>	Stellaire holostée		r		<i>Caryophyllaceae</i>
<i>Hypericum androsaemum L.</i>	Millepertuis androsème		r		<i>Hypericaceae</i>

Avec la forte dominance du Marisque et de la Fougère des marais – seules espèces à couvrir plus de la moitié de chaque aire cumulée de relevé – il est assez aisé de rattacher ces communautés végétales à l'association phytosociologique du ***Cladietum marisci*** décrit par Allorge en 1922. C'est le Marisque qui est la caractéristique d'association. La Fougère des marais ou Thélyptéris des marais est une espèce caractéristique de l'alliance phytosociologique des végétations des bords d'étangs, lacs, rivières et marais sur sol mésotrophe à eutrophe, des sols riches en matière organique, à éléments fins, souvent tourbeux (***Magnocaricion elatae*** W.Koch 1926). Les caractéristiques de classes sont par exemple la Lysimaque commune et la Morelle douce-amère.

La Molinie bleue et le Menthe aquatique sont plutôt des espèces compagnes des milieux tourbeux ; le Gaillet des marais, une compagne des sources et des cressonnières ; et enfin la Salicaire, le Cirse des marais et l'Eupatoire chanvrine sont des compagnes des mégaphorbiaies. S'ajoutent pour terminer des espèces ligneuses qui ne sont pas caractéristiques des cladiaies mais qui les envahissent pour former d'autres habitats forestiers (saulaie et aulnaie marécageuses présentent aussi sur le site).

Ce type de végétation est référencé sous le code **CCB 53.3** – « Végétation à *Cladium mariscus* » dans le manuel européen d'interprétation des habitats (code CORINE biotopes).

La cladiaie est aussi un habitat naturel d'intérêt communautaire qui est concerné par le réseau européen Natura 2000. Il correspond à l'habitat naturel élémentaire codé **UE 7210-1** « Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae* ».

**Sur la base de cette analyse phytosociologique on peut affirmer que le brûlage ou la fauche n'ont pas détruit cet habitat naturel. Après l'expérimentation, l'habitat naturel d'intérêt communautaire n'a pas subi d'incidence au point de remettre en cause son état de conservation au sein du site Natura 2000. Dans les trois dispositifs, il s'agit toujours de l'association du *Cladietum marisci*.**

## II.3. LES ANALYSES STATISTIQUES

### II.3.1. L'ANALYSE DE LA VARIANCE (ANOVA)

C'est un test statistique qui s'applique lorsque l'on mesure un ou plusieurs facteurs de variabilité (ici T/F/B) qui ont de l'influence sur la distribution d'une variable continue à expliquer (effectifs des différentes espèces).

L'analyse de variance permet simplement de répondre à la question de savoir si tous les échantillons suivent une même loi normale (= hypothèse nulle).

Dans le cas où l'on rejette l'hypothèse nulle, cette analyse ne permet pas de savoir quels sont les échantillons qui s'écartent de cette loi. Pour identifier les échantillons correspondant, on utilise différents tests «post-hoc». Nous avons utilisé deux tests « post-hoc » :

✓ Le test de Scheffé permet de déterminer les différences significatives entre les moyennes des groupes dans une analyse de variance. Le test de Scheffé est considéré comme l'un des tests « post-hoc » les plus conservateurs.

$$TS: F_s = \frac{(\bar{x}_i - \bar{x}_j)^2}{s_w^2 \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}$$

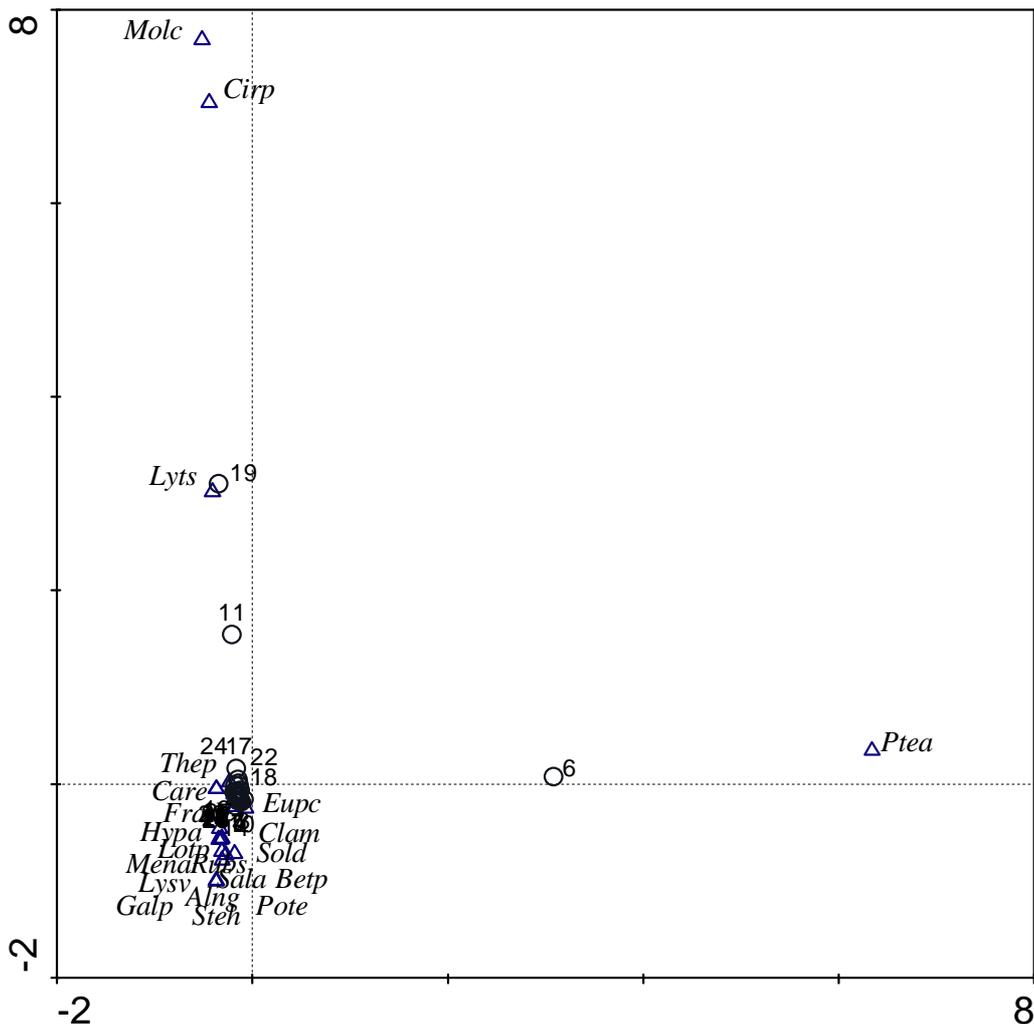
✓ Le test HSD de Tukey est généralement plus conservateur que le test LSD de Fisher mais moins conservateur que le test de Scheffé.

$$TS: q = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_j}{\sqrt{s_w^2/n}}$$

➤ Calculs de base

ID	H (indice de diversité)	moy de H	s (nbre d'espèces)	moy s	J (indice homogénéité)	moy J
T1	0,371	0,416	5	5,3	0,530	0,604
T2	0,387		3			
T3	0,431		6			
T4	0,421		5			
T5	0,390		5			
T6	0,473		5			
T7	0,464		10			
T8	0,389		5			
T9	0,451		5			
T10	0,385		4			
F1	0,588	0,481	6	5,875	0,755	0,639
F2	0,404		4			
F3	0,451		5			
F4	0,619		9			
F5	0,422		5			
F6	0,446		5			
F7	0,413		5			
F8	0,505		8			
B1	0,357	0,400	4	4,444444	0,593	0,632
B2	0,476		6			
B3	0,450		4			
B4	0,345		4			
B5	0,423		4			
B6	0,423		5			
B7	0,359		3			
B8	0,389		5			
B9	0,379		5			

➤ Analyse des correspondances



Cette analyse est riche d'enseignement. Tout d'abord elle confirme qu'il n'y a pas de différence entre les trois groupes testés, c'est-à-dire que sur la base des coefficients d'abondance-dominance ou sur la base des effectifs de chaque espèce, c'est toujours de la cladiaie !

Toutefois, s'il n'y a pas de différence significative entre le témoin, la parcelle brûlée et le pare-feu fauché, l'analyse montre que certaines parcelles se distinguent :

- Une placette témoin atypique (**T6**) où la Fougère aigle a un plus fort recouvrement ;
- Une placette « brûlée » atypique (**B1**) où la Molinie domine ;
- Une placette fauchée-piétinée atypique (**F1**) où la Molinie domine.

**T6**



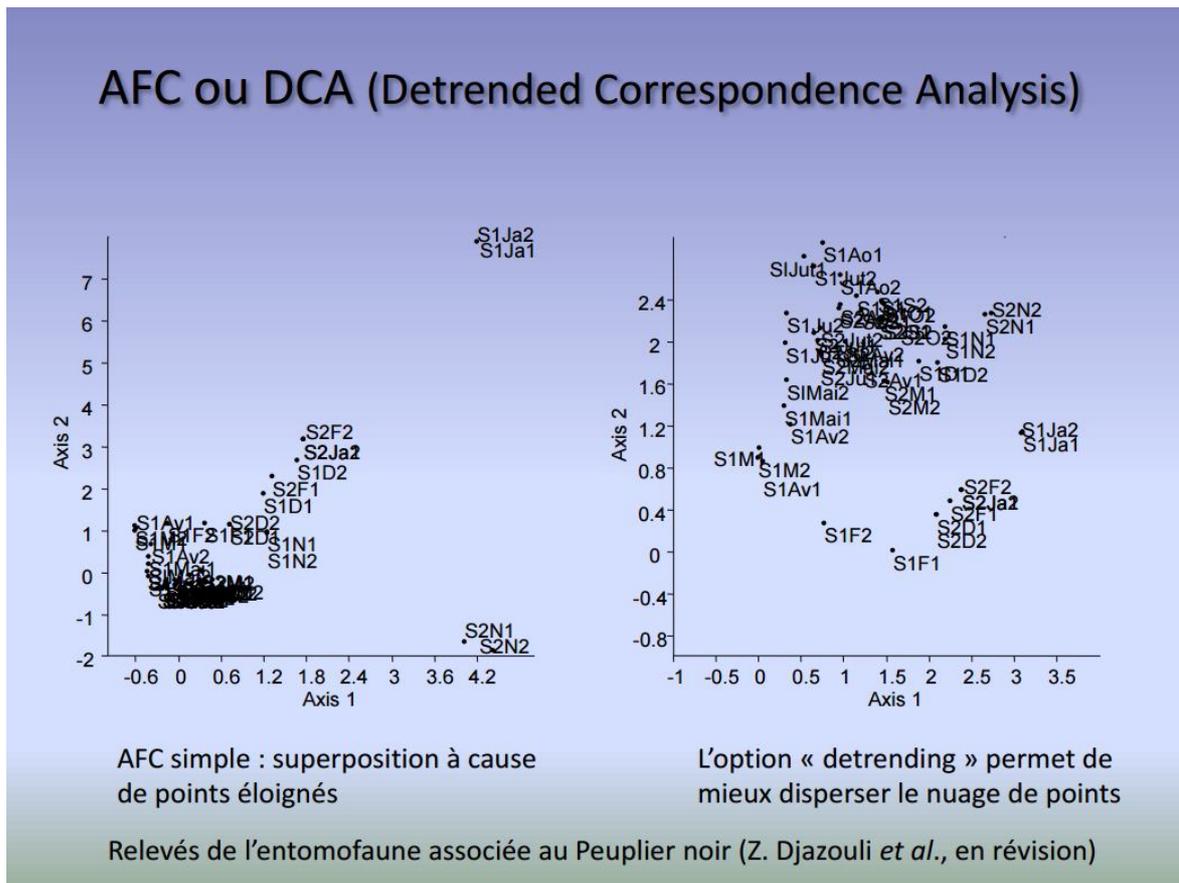
**B1**



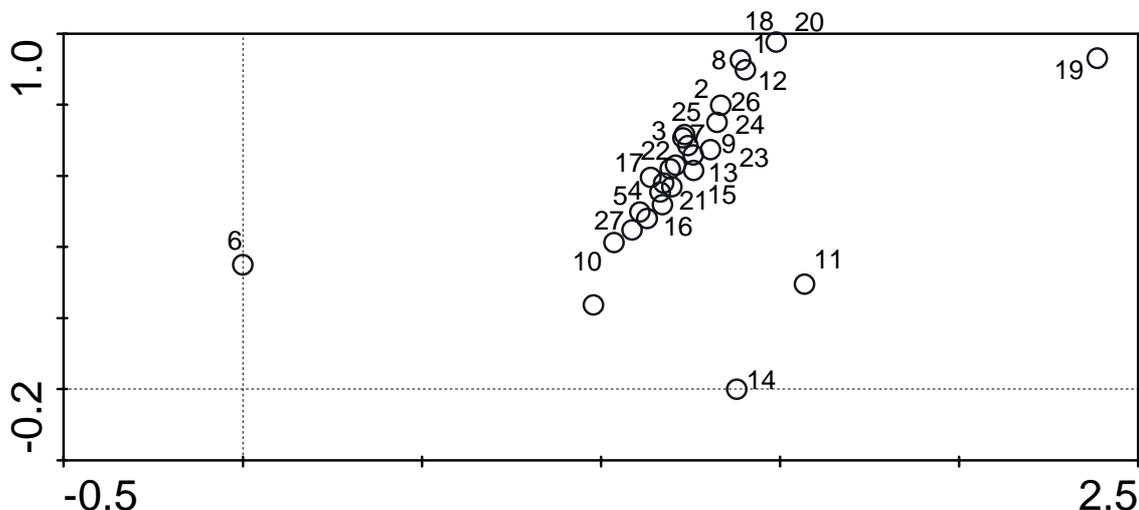
**F1**



### II.3.2. L'ANALYSE DES CORRESPONDANCES « DETENDANCEE »



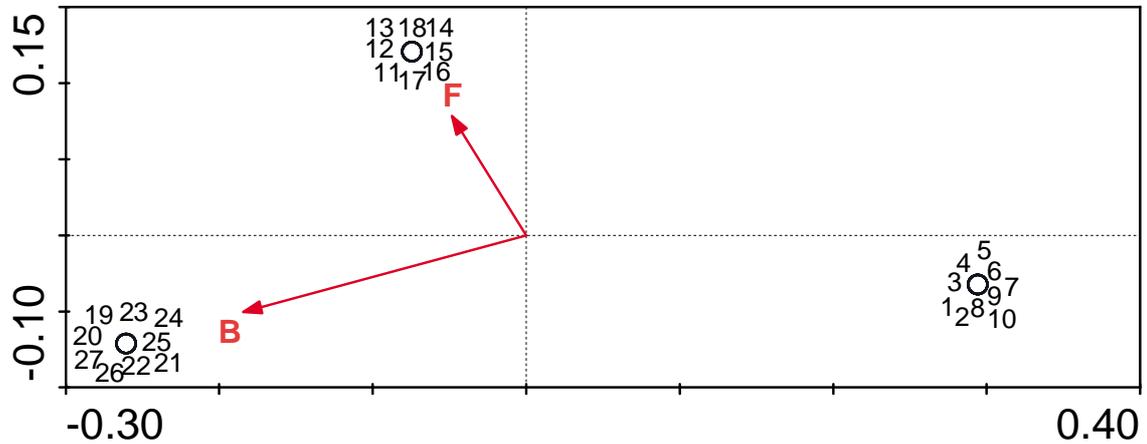
Comme nos placettes sont fort similaires, une analyse des correspondances « détendancée » permet d'éclater un peu le jeu de placettes et d'accentuer en quelque sorte leurs différences. Le résultat de cet « éclatement » est représenté dans la figure ci-dessous.



Mêmes constats que précédemment. Toutefois, se détache en plus la placette « fauchée-piétinée » (F4 – n°14) non regroupée aux autres due à la présence marquante de *Galium palustre* et surtout *Stellaria holostea*.

### II.3.3. L'ANALYSE DES REDONDANCES

Cette dernière analyse est très instructive car elle permet de confirmer que les parcelles gérées ne sont pas significativement différentes du témoin. En revanche, l'analyse des redondances permet de mettre en évidence une différence significative entre le groupe de placettes brûlées et le groupe de placettes du pare-feu.



**Il y a une différence significative entre le groupe de placettes brûlées et le groupe de placettes du pare-feu.**

## II.3.4. L'ANALYSE DES DONNEES ENTRE LES 3 GROUPES

Analyse des variances								
Effet significatif en rouge quand $p < 0,05$								
Variable	SCE	ddl	MS	SCE	ddl	MS	F	p
H	0,030650	2	0,015325	0,07570	24	0,003154	4,858441	<b>0,016919</b>
s	8,876852	2	4,438426	57,19722	24	2,383218	1,862367	0,177062
J	0,006381	2	0,003190	0,16037	24	0,006682	0,477456	0,626127

SCE = somme des carrés des écarts

F = distribution

ddl = degrés de liberté

p = probabilité

MS = moyenne des carrés

On s'aperçoit que la différence entre les groupes n'est significative que pour leur valeur d'indice de diversité. Il n'y a aucune différence significative entre les groupes quant au nombre d'espèces par placette et quant à leur valeur d'indice de similarité.

Sans fractionnement en groupes. Test Scheffe : différences significatives si $p < 0,05$			
grupa	T	F	B
T		0,071439	0,826204
F	0,071439		<b>0,023969</b>
B	0,826204	<b>0,023969</b>	

H index

Test HSD (N inégaux) ; variable H, différences significatives si $p < 0,05$			
grupa	T	F	B
T		0,074425	0,819019
F	0,074425		<b>0,021980</b>
B	0,819019	<b>0,021980</b>	

Sans fractionnement en groupes. Test Scheffe : différences significatives si $p < 0,05$			
grupa	T	F	B
T		0,737568	0,493499
F	0,737568		0,183936
B	0,493499	0,183936	

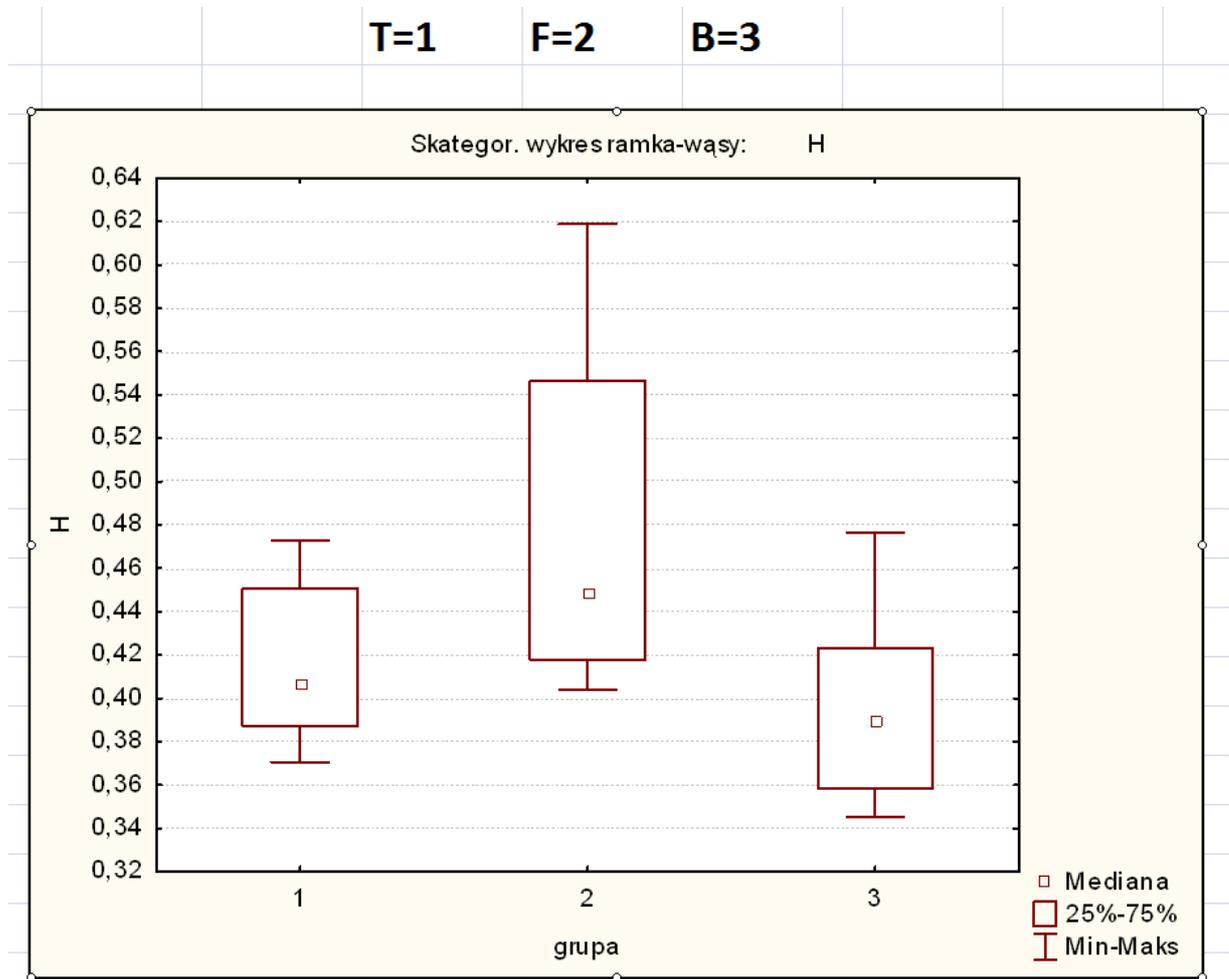
S

Sans fractionnement en groupes. Test Scheffe : différences significatives si $p < 0,05$			
grupa	T	F	B
T		0,667721	0,762612
F	0,667721		0,983101
B	0,762612	0,983101	

J index

Le test de robustesse de Scheffé confirme que seul l'indice de diversité spécifique permet d'expliquer la différence significative entre les groupes. Le test HSD le confirme aussi.

La figure ci-dessous vient illustrer ce résultat.



On peut voir ici que le groupe des parcelles témoin (1) n'est pas significativement différent des deux autres groupes (2 et 3). En revanche, les groupes des placettes fauchées et des placettes brûlées sont significativement différents. Cherchons à savoir maintenant quelles sont les données qui expliquent cette différence. Il nous faut maintenant passer à une analyse intra-groupes.

### II.3.5. L'ANALYSE DES DONNEES INTRA-GROUPES

<b>T</b>	Corrélation intra-groupes. Groupe T, Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$				Niveau de corrélation p intra-groupes. Groupe T, Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$				Covariance intra-groupes. Groupe T, Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$			
	Variable	H	s	J	Variable	H	s	J	Variable	H	s	J
	H	1,000000	0,563146	-0,099837	H		0,090065	0,783771	H	0,001352	0,037863	-0,000353
	s	0,563146	1,000000	<b>-0,759303</b>	s	0,090065		<b>0,010854</b>	s	0,037863	3,344444	<b>-0,133641</b>
J	-0,099837	<b>-0,759303</b>	1,000000	J	0,783771	<b>0,010854</b>		J	-0,000353	<b>-0,133641</b>	0,009262	
<b>F</b>	Corrélation intra-groupes. Groupe F, Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$				Niveau de corrélation p intra-groupes. Groupe F, Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$				Covariance intra-groupes. Groupe F, Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$			
	Variable	H	s	J	Variable	H	s	J	Variable	H	s	J
	H	1,000000	<b>0,813578</b>	0,426072	H		<b>0,014017</b>	0,292534	H	0,006719	<b>0,115165</b>	0,002071
	s	<b>0,813578</b>	1,000000	-0,165212	s	<b>0,014017</b>		0,695819	s	<b>0,115165</b>	2,982143	-0,016917
J	0,426072	-0,165212	1,000000	J	0,292534	0,695819		J	0,002071	-0,016917	0,003516	
<b>B</b>	Corrélation intra-groupes. Groupe B, Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$				Niveau de corrélation p intra-groupes. Groupe B, Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$				Covariance intra-groupes. Groupe B, Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$			
	Variable	H	s	J	Variable	H	s	J	Variable	H	s	J
	H	1,000000	0,576275	0,268456	H		0,104349	0,484895	H	0,002063	0,023084	0,000987
	s	0,576275	1,000000	-0,612078	s	0,104349		0,079787	s	0,023084	0,777778	-0,043688
J	0,268456	-0,612078	1,000000	J	0,484895	0,079787		J	0,000987	-0,043688	0,006550	

La première ligne concerne le groupe des placettes témoin. On trouve au sein de ce groupe une corrélation entre l'indice de similarité et le nombre d'espèces par placette.

La seconde ligne concerne le groupe des placettes fauchées. On trouve au sein de ce groupe une corrélation entre l'indice de diversité et le nombre d'espèces par placette.

Enfin, la dernière ligne montre l'absence d'éléments significativement corrélés au sein du groupe de placettes brûlées. En revanche, analysé espèce par espèce, on s'aperçoit qu'il y a une corrélation négative entre la présence de Molinie et celle de Marisque au sein de ce jeu de placettes.

Corrélation intra-groupes. Groupe B, coefficient de corrélation significatif si $p < 0,05$ (rouge)					
Variable	Clam	Thep	Frad	Eupc	Molc
Clam	1,000000	0,241423	-0,181845	0,283574	<b>-0,985604</b>
Thep	0,241423	1,000000	0,315158	0,336816	-0,567386
Frad	-0,181845	0,315158	1,000000	0,303058	-0,240192
Eupc	0,283574	0,336816	0,303058	1,000000	-0,575615
Molc	<b>-0,985604</b>	-0,567386	-0,240192	-0,575615	1,000000

De même, dans le groupe de placettes fauchées on trouve une corrélation négative entre la présence d'Eupatoire chanvrine et celle de la Bourdaine.

Corrélation intra-groupes. Groupe F, coefficient de corrélation significatif si $p < 0,05$ (rouge)					
Variable	Clam	Thep	Frad	Eupc	Molc
Clam	1,000000	0,504184	-0,198898	0,106066	-0,720196
Thep	0,504184	1,000000	0,326167	-0,306786	-0,557736
Frad	-0,198898	0,326167	1,000000	<b>-0,802938</b>	-0,040299
Eupc	0,106066	-0,306786	<b>-0,802938</b>	1,000000	0,349005
Molc	-0,720196	-0,557736	-0,040299	0,349005	1,000000

### II.3.6. SYNTHÈSE DES INFORMATIONS ISSUES DE CES ANALYSES

Au vu des résultats exposés ci-avant, on peut les résumer ainsi :

- Seul l'indice de diversité (H) expliquerait une composition significativement différente des cortèges des placettes « brûlées » de ceux des placettes « fauchées » (différence non significative sur le nombre d'espèces ou sur l'indice de similarité).
- Dans les placettes « témoin » l'indice de similarité serait corrélé au nombre d'espèces.
- Dans les placettes « fauchées », c'est l'indice de diversité qui serait corrélé au nombre d'espèces.
- Seule l'Eupatoire chanvrine apporterait une différence entre les placettes « témoins » et les placettes « brûlées » ; ces dernière ayant une « réponse » opposée à la Bourdaine dans les placettes « fauchées ».
- La Molinie donnerait une réponse « opposée » au Marisque dans les parcelles « brûlées ».

## CONCLUSION

---

Sous réserve des éléments de prudence listés dans l'avertissement de ce rapport, l'analyse des données conduit aux conclusions suivantes :

✓ Du point de vue phytosociologique, on retrouve un cortège floristique typique de la cladiaie après une fauche comme après le brûlage dirigé ( $B \approx T \approx F$ ). Cette opération de gestion ne remettrait pas en cause l'état de conservation de cet habitat patrimonial, du moins à court terme et après un unique brûlage dirigé.

✓ Si les placettes fauchées ou brûlées ne sont pas significativement impactées au regard des placettes du témoin, ces deux modes de gestion conduiraient à 2 situations significativement différentes ( $B \neq F$ ) en termes de diversité floristique ( $F > B$ ) : les placettes fauchées auraient une diversité floristique significativement plus forte que celles brûlées.

✓ Vers l'extérieur du dispositif, 2 placettes ne correspondraient pas à de la cladiaie dense mais plutôt à un bas-marais dominé par de la Molinie. Elles auraient dû être sorties du jeu de données.

✓ La gestion par la fauche semble pouvoir favoriser l'Eupatoire chanvrine aux dépens de la Bourdaine.

✓ La cladiaie dense évoluant vers le fourré de Bourdaine tendrait à s'homogénéiser.

✓ La cladiaie floristiquement la plus riche serait celle qui est fauchée, tant en nombre d'espèces qu'en faciès de cladiaie différents.

=> => En 1ère analyse, la fauche semble être un mode de gestion préférable au brûlage

Cette dernière conclusion ne s'entend que si nous considérons que l'augmentation de la diversité spécifique de la cladiaie est une situation plus intéressante. Encore faut-il s'accorder sur le type de cladiaie qui aurait le meilleur état de conservation. Rien ne dit qu'il s'agisse du type le plus diversifié. D'autres travaux devront venir corroborer ou infirmer ces premiers résultats qui doivent être pris uniquement, à ce stade, comme des pistes de réflexions. Pour l'instant, aucune pratique de gestion ne doit, faute de résultats complémentaires, être généralisée à l'ensemble du site.

## Références bibliographiques

---

- A.P.G. (2016) - *An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV*. Botanical Journal of the Linnean Society **181** (1): 1-20.
- ALLORGE, P., 1922. Les associations végétales du Vexin français. Thèse, Univ. Paris. 342 p., 1 carte. Lesot, Nemours.
- BARDAT J., BIORET F., BOTINEAU M., BOULLET V., DELPECH R., GEHU J.M., HAURY J., LACOSTE A., RAMEAU J.C., ROYER J.M., ROUX G. et TOUFFET J. (2004) – *Prodrome des végétations de France*. Ed. MNHN, Paris, 171 p.
- BENSETTITI F., GAUDILLAT V. & HAURY J. (Coord.) (2002) - *Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides*. MATE/MAP/ MNHN. Ed. la Documentation française, Paris, 457 p. + CDrom.
- BISSARDON M., GUIBAL L. et RAMEAU J.-C. (1997) – *CORINE biotopes. Version originale, types d'habitats français*. Ed. Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts (ENGREF), Nancy, 217 p.
- CBNPMP coord. (2010) – *Guide des plantes protégées de Midi-Pyrénées*. Ed. Biotope, Mèze, Coll. Parthénope, 400 p.
- CORRIOL G. (2008a) – Clé typologique des habitats naturels de Midi-Pyrénées et des Pyrénées françaises (version 5.3). Ed. CBNPMP, Bagnères-de-Bigorre, 14 p.
- EUROPEAN COMMISSION (2007) – *Interpretation manual of european union habitats. Version EUR 27*. Ed. Commission Européenne DG. Environment, Bruxelles, 142 p.
- FOURNIER P. (1947) - *Les quatre flores de France, Corse comprise*. Ed. Lechevalier (1990), Paris, 1104 p.
- GARGOMINY O., TERCERIE S., REGNIER C., RAMAGE T., SCHOELINCK C., DUPONT P., VANDEL E. DASZKIEWICZ P., & PONCET L. (2015). - *TAXREF v9.0, référentiel taxonomique pour la France*. MNHN, Paris.
- JOCE (1992) - *Directive Habitats, Faune, Flore 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages*.
- JORF (2001) - *Arrêté du 16 novembre 2001 relatif à la liste des types d'habitats naturels et des espèces de faune et de flore sauvages qui peuvent justifier la désignation de zones spéciales de conservation au titre du réseau écologique européen Natura 2000 selon l'article L. 414-1-I du code de l'environnement*.
- JORF (2005) - *Arrêté du 30 décembre 2004 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Midi-Pyrénées complétant la liste nationale*.
- JORF (2007) - *Arrêté du 19 avril 2007 modifiant la liste des types d'habitats naturels et des espèces de faune et de flore sauvages qui peuvent justifier la désignation de zones spéciales de conservation au titre du réseau écologique européen Natura 2000*.
- MANNEVILLE O., VERGNE V., VILLEPOUX O. & G.E.T. (1999) – *Le monde des tourbières et des marais. France, Suisse, Belgique et Luxembourg*. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris, 320 p.
- PRELLI R. (2002) – *Les Fougères et plantes alliées de France et d'Europe occidentale*. Ed. Belin, 432 p.
- TISON J.-M. & de FOUCAULT B. (coords) (2014) – *Flora Gallica. Flore de France*. Ed. Biotope, Mèze, 1196 p.

# Tables des matières

---

## INTRODUCTION

I.	MATERIELS ET METHODES .....	5
I.1.	ZONE D'ETUDE .....	5
I.2.	BRULAGE DIRIGE .....	6
I.3.	MISE EN PLACE DES DISPOSITIFS DE SUIVI .....	7
I.4.	COLLECTE DES DONNEES.....	15
I.5.	ANALYSE DES DONNEES RECUEILLIES.....	16
II.	RESULTATS .....	18
II.1.	RESULTATS BRUTS .....	18
II.1.1.	Les placettes du témoin.....	18
II.1.2.	Les placettes fauchées.....	19
II.1.3.	Les placettes brûlées.....	20
II.2.	L'ANALYSE PHYTOSOCIOLOGIQUE .....	21
II.3.	LES ANALYSES STATISTIQUES .....	22
II.3.1.	L'analyse de la variance (ANOVA) .....	22
II.3.2.	L'analyse des correspondances « détendancée ».....	25
II.3.3.	L'analyse des redondances.....	26
II.3.4.	L'analyse des données entre les 3 groupes .....	27
II.3.5.	L'analyse des données intra-groupes.....	29
II.3.6.	Synthèse des informations issues de ces analyses.....	30
	CONCLUSION.....	31
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	32
	TABLE DES MATIERES.....	33
	ANNEXES.....	34

## **ANNEXES**

**Annexe I: La cladiaie – fiche tirée des cahiers des habitats naturels**









