

Dynamique phytosociologique et trajectoires écologiques d'une lande humide armoricaine restaurée :

15 années de suivi botanique aux Grandes Landes de Trébédan (Côtes-d'Armor)

Yannick Meneux - Février 2026

Résumé

Les Grandes Landes de Trébédan constituent l'un des derniers ensembles de landes humides atlantiques au sein du Parc naturel régional Vallée de la Rance - Côte d'Émeraude. Entre 2012 et 2025, un suivi botanique annuel standardisé a été mené sur des quadrats permanents afin d'évaluer l'évolution de la végétation en réponse à différentes mesures de gestion.

À partir de 15 années d'inventaires floristiques, nous avons réalisé une analyse phytosociologique intégrant les valeurs indicatrices d'Ellenberg pondérées par l'abondance spécifique. Les résultats montrent que les opérations de restauration ont permis une réouverture durable du milieu sans dérive trophique ni modification édaphique notable, tout en maintenant le fonctionnement hydrique potentiel de la lande. Les analyses multivariées (NMDS et ACP) mettent en évidence des trajectoires écologiques contrastées selon les secteurs, soulignant l'importance d'une gestion différenciée et d'un suivi à long terme.

1. Introduction

Les landes humides atlantiques constituent des habitats semi-naturels d'intérêt patrimonial majeur, aujourd'hui fortement régressifs sous l'effet combiné de l'abandon des pratiques agro-pastorales traditionnelles, de la fermeture par les ligneux et de l'altération des régimes hydriques (Gallet & Roze, 2001 ; Thébaud et al., 2014).

La réserve biologique des **Grandes Landes de Trébédan** (Côtes-d'Armor) qui s'étend sur 15 ha, dont 6 ha de landes ouvertes, s'inscrit dans ce contexte. L'abandon des usages agropastoraux traditionnels, les opérations de drainage réalisées à partir des années 1970, ainsi que les pressions diffuses exercées par l'agriculture intensive environnante et les évolutions climatiques récentes ont profondément modifié les conditions locales. Dans ce contexte, se pose la question de la capacité de ces milieux à retrouver et maintenir un fonctionnement écologique compatible avec la conservation des landes humides atlantiques, en dépit de pressions durables liées aux conditions de l'eau et aux nutriments. L'enjeu est d'évaluer dans quelle mesure des actions de gestion ciblées, telles que l'étrépage et le pâturage extensif, peuvent infléchir les trajectoires floristiques, restaurer des communautés caractéristiques de milieux oligotrophes et hygrophiles, et limiter les effets cumulatifs du drainage, de l'eutrophisation diffuse et du changement climatique.

À travers l'analyse d'un suivi botanique de longue durée, cette étude vise à répondre aux questions suivantes :

1. Les interventions de gestion (étrépage, pâturage extensif) permettent-elles de réorienter durablement ces trajectoires vers des communautés de lande humide oligotrophe ?
2. Les trajectoires floristiques observées traduisent-elles une tendance à l'eutrophisation et à la fermeture du milieu sous l'effet combiné du drainage, des apports azotés diffus et du changement climatique ?

3. Dans quelle mesure les unités les plus sensibles, notamment les zones à fonctionnement de bas-marais, constituent-elles des indicateurs précoces des modifications du régime hydrique et trophique ?
4. Les analyses multivariées permettent-elles de distinguer des phases dynamiques successives et d'identifier les facteurs écologiques qui les sous-tendent ?

2. Présentation du site d'étude

2.1 Localisation et contexte biogéographique

Le site des Grandes Landes de Trébédan est situé dans l'est des Côtes-d'Armor, au sein du domaine bioclimatique atlantique. Il repose sur des substrats siliceux acides, favorables au développement de landes humides oligotrophes.

Le fonctionnement hydrique est caractérisé par :

- une hydromorphie hivernale marquée¹,
- un **assèchement estival prononcé**, les inventaires étant réalisés en juillet, période où la surface du sol est généralement hors d'eau.

2.2 Gestion du site

Carte 1 : Les cinq zones d'inventaire des Grandes Landes de Trébédan (A, B, C, D et E)



¹ Sur les trente dernières années, la pluviométrie en Bretagne - et donc autour de Trébédan - ne montre pas de hausse linéaire nette des cumuls annuels, mais plutôt une **forte variabilité interannuelle**. On observe surtout une **redistribution saisonnière**, avec des hivers globalement plus humides et des étés plus fréquemment secs. Parallèlement, les **épisodes pluvieux intenses** tendent à devenir plus marqués, augmentant le risque de précipitations extrêmes sur de courtes durées.(cf. <https://donneespubliques.meteofrance.fr/>)

Plusieurs phases de gestion structurantes ont été mises en œuvre :

- **Étrépage massif en 2013** sur les parcelles A, B et C, visant à éliminer une forte colonisation ligneuse,
- **Nouvel étrépage en 2018** sur les parcelles D et E,
- **Pâturage extensif** de juin à septembre en 2016–2017 puis en 2021–2022.

3. Méthodologie

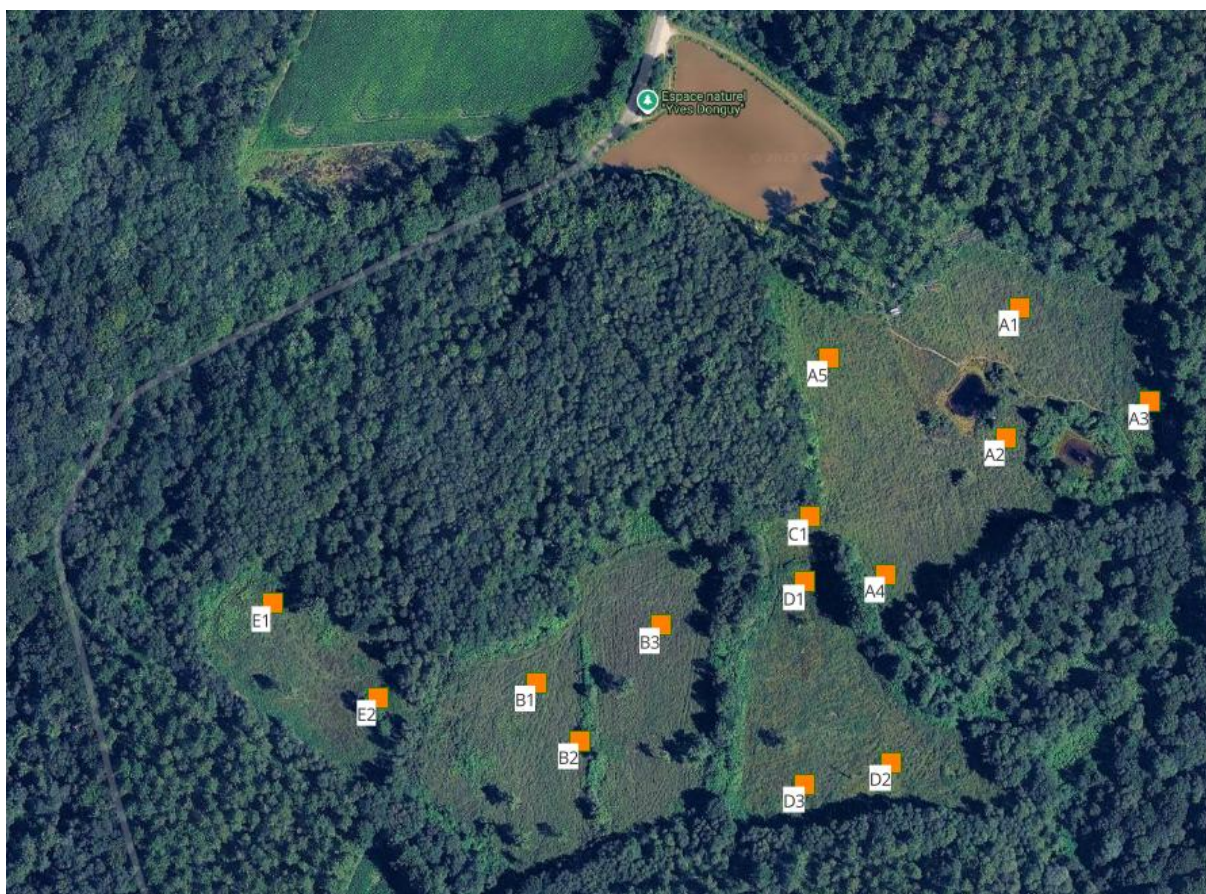
3.1 Dispositif d'inventaire

Le suivi botanique repose sur un réseau de **14 quadrats permanents de 5 × 5 m**, installés de manière à prendre en compte l'hétérogénéité écologique et structurelle des différentes parcelles composant le site des Grandes Landes de Trébédan. La répartition des quadrats est la suivante :

- **Zone A** : 5 quadrats (A1, A2, A3, A4 et A5),
- **Zone B** : 3 quadrats (B1, B2 et B3),
- **Zone C** : 1 quadrat (C1),
- **Zone D** : 3 quadrats (D1, D2 et D3),
- **Zone E** : 2 quadrats (E1 et E2).

Les quadrats ont été positionnés de façon permanente afin de permettre une analyse diachronique fine des dynamiques de la végétation. Leur implantation vise à couvrir les principaux faciès de lande et de prairie humide présents sur le site (zones plus ou moins humides, secteurs ouverts ou en cours de fermeture).

Carte 2 : Localisation des 14 quadrats d'inventaire botanique



Chaque année, un **relevé floristique exhaustif** est réalisé sur chaque quadrat, en période estivale (juillet), avec estimation de l'abondance-dominance de chaque espèce selon l'**échelle de Braun-Blanquet**².

Photo 1 : Inventaires botaniques (en 2014 et 2023)



3.2 Traitement des données

Les données issues des inventaires ont fait l'objet d'un traitement préalable visant à garantir leur cohérence et leur comparabilité sur l'ensemble de la période de suivi.

Ce traitement comprend :

- une **harmonisation taxonomique**, incluant la correction des erreurs orthographiques et la gestion des synonymes botaniques,
- la **conversion des coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet** en valeurs numériques standardisées, permettant les analyses statistiques et les pondérations ultérieures.

Ces étapes ont permis de constituer une base de données homogène, adaptée à des analyses écologiques et phytosociologiques à long terme.

3.3 Valeurs indicatrices d'Ellenberg³

Les analyses écologiques reposent sur les **valeurs indicatrices d'Ellenberg** (Ellenberg et al., 1992)⁴, utilisées comme indicateurs intégrés des conditions stationnelles. Les indices pris en compte concernent :

- la lumière (L),
- l'humidité édaphique (F),
- la réaction du sol (R),

² L'échelle de **Braun-Blanquet** est un système utilisé en écologie végétale pour estimer l'abondance et la couverture relative des espèces dans une parcelle donnée. Elle attribue à chaque espèce une valeur qualitative allant de très rare [+] à dominante [5], facilitant la comparaison et l'analyse des communautés végétales.

³ Les indices d'**Ellenberg** sont des valeurs attribuées aux plantes pour indiquer leurs préférences écologiques vis-à-vis de facteurs environnementaux comme la lumière, l'humidité, le pH ou la fertilité du sol. Ils permettent d'estimer les conditions écologiques d'un site en analysant la composition floristique présente.

⁴ Pour l'évaluation des conditions stationnelles nous avons utilisé les valeurs indicatrices d'Ellenberg adaptées au contexte français. Les valeurs proviennent de la base *Baseflor* (P. Julve, 1998, mises à jour) et du référentiel BAGo (intégration et transformation des valeurs Ellenberg/Julve).

- la richesse en nutriments (N)⁵,
- la température (T).

Les valeurs ont été **pondérées par l'abondance-dominance** des espèces afin de refléter la structure réelle des communautés végétales et d'éviter une lecture fondée uniquement sur la richesse spécifique.

Les analyses ont été conduites en tenant compte du contexte des inventaires, réalisés en période estivale, lorsque le site est généralement hors d'eau. Les indices d'humidité (F) sont ainsi interprétés comme des indicateurs du **fonctionnement hydrique potentiel**⁶ des sols plutôt que de leur état hydrique ponctuel au moment des relevés.

3.4 Analyses statistiques

Trois niveaux complémentaires d'analyse ont été mis en œuvre :

1. une **analyse temporelle**, visant à suivre l'évolution interannuelle des valeurs moyennes d'Ellenberg à l'échelle du site,
2. une **analyse spatiale**, comparant les trajectoires écologiques des différentes zones et des quadrats,
3. des **analyses multivariées**, permettant d'appréhender à la fois la dynamique de la composition spécifique et les gradients écologiques sous-jacents:
 - **Ordination non métrique (NMDS)**, fondée sur une distance de Bray-Curtis calculée à partir des données floristiques,
 - **Analyse en composantes principales (ACP)**, basée sur les indices Ellenberg pondérés.

Le choix combiné de ces deux méthodes (NMDS et ACP) répond à une logique complémentaire : la NMDS permet de décrire la dynamique floristique observée à partir des données de terrain, tandis que l'ACP apporte une lecture explicative fondée sur des indicateurs écologiques intégrateurs. Cette approche conjointe permet ainsi de dépasser une simple description des changements de composition spécifique pour proposer une interprétation fonctionnelle des trajectoires observées, en lien avec les pratiques de gestion et les conditions stationnelles.

3.5 Analyse fonctionnelle selon la classification de Raunkiær

En complément des approches floristiques et écologiques, une typologie fonctionnelle de la végétation a été réalisée à l'aide de la **classification biologique de Raunkiær** (Raunkiær, 1934).

Cette classification, fondée sur la position des bourgeons de renouvellement des plantes durant la saison défavorable, permet de regrouper les espèces en grands **types biologiques** (phanérophytes, chaméphytes, hémicryptophytes, géophytes et thérophytes). Elle offre ainsi une lecture synthétique des **stratégies adaptatives dominantes** au sein des communautés végétales.

Le recours à cette approche vise notamment à :

- compléter la phytosociologie par une lecture fonctionnelle indépendante de l'identité floristique stricte,
- analyser les réponses de la végétation aux perturbations liées à la gestion (étrépages, pâturage extensif),

⁵ dont P absorbable ; si N est faible, c'est P qui est le facteur limitant.

⁶ intégration annuelle de la variabilité saisonnière de l'hydromorphie.

- détecter les trajectoires de fermeture ou de banalisation, en particulier par le suivi des phanérophytes et des thérophytes.

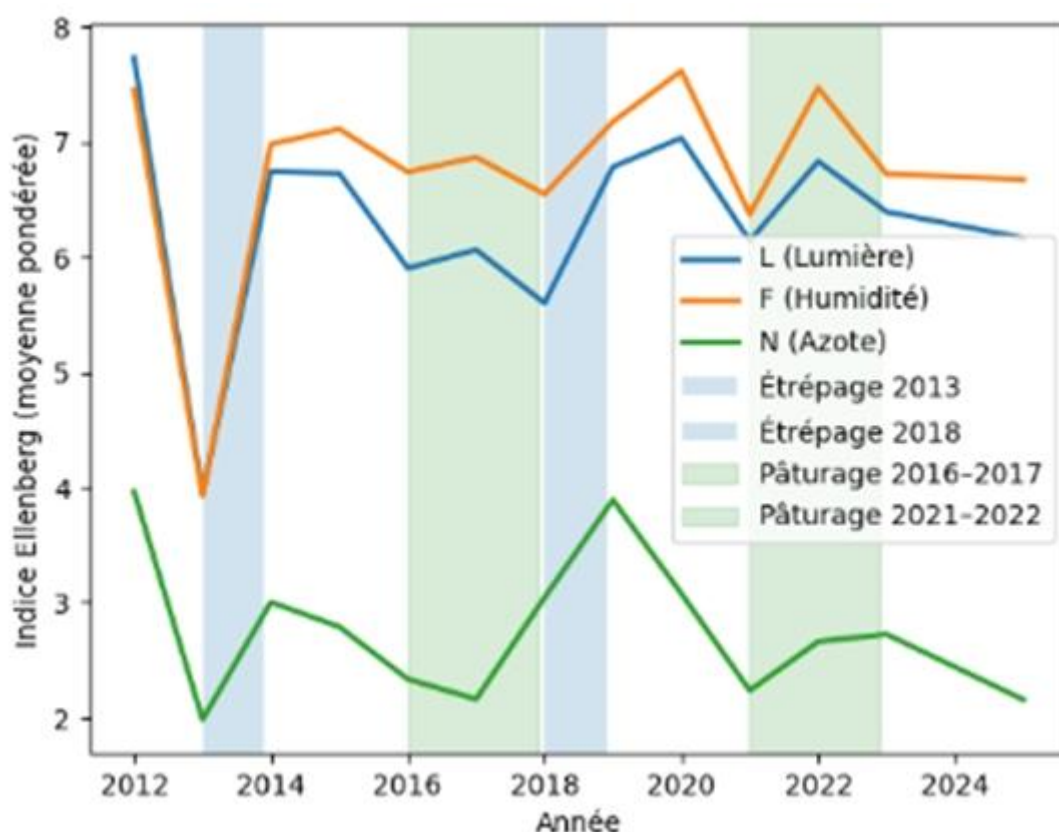
À chaque taxon inventorié a été attribué un type biologique de Raunkiær à partir des flores et bases de données botaniques de référence. Les analyses ont porté sur les grands groupes fonctionnels, sans distinction de sous-catégories fines, afin de conserver une lisibilité adaptée à une interprétation naturaliste et gestionnaire.

Les spectres biologiques ont été calculés à partir des données d'abondance-dominance pondérées par le recouvrement, puis analysés :

- à l'échelle de l'ensemble du site,
- par grandes zones,
- et sur l'ensemble de la période de suivi (2012–2025).

4. Premiers enseignements de l'analyse statistique

Figure 1 : Evolution temporelle des indices Ellenberg depuis 2012



Les valeurs présentées dans le graphique ci-dessus correspondent à des moyennes annuelles pondérées par l'abondance-dominance des espèces. Il met en évidence une dynamique végétale fortement structurée par les opérations de gestion (étrépage, pâturage) et par la variabilité interannuelle des conditions hydriques.

4.1 Rupture majeure liée à l'étrépage de 2013

L'année 2013 constitue une discontinuité écologique nette dans les trajectoires observées. On note simultanément :

- une chute brutale de l'indice F(humidité),

- une diminution marquée de L(lumière),
- une baisse importante de N (azote).

Cette triple inflexion traduit clairement l'effet d'un étrépage massif, qui agit comme une remise à zéro du système :

- export de la matière organique → appauvrissement trophique ($\downarrow$ N),
- exposition d'horizons minéraux → conditions édaphiques plus contraignantes,
- perturbation du couvert → recomposition floristique rapide.

La forte baisse de F suggère une dominance transitoire d'espèces pionnières, xérophiles ou opportunistes, typiques des milieux fraîchement perturbés.

4.2 Phase de recolonisation post-étrépage (2014–2017)

À partir de 2014, les indices témoignent d'un **processus de réorganisation progressive** :

- remontée rapide de F → retour d'espèces hygrophiles,
- augmentation de L → structuration d'un couvert plus ouvert,
- stabilisation de N à des valeurs basses à modérées.

Cette phase correspond :

- à la recolonisation par espèces caractéristiques de landes / bas-marais,
- à une reprise de la végétation herbacée,
- à un système encore oligotrophe.

Photo 2 : Vues de la zone A juste après étrépage (2013) et en 2023



4.3 Effets du pâturage (2016–2017)

Durant la période pâturée :

- F reste relativement élevé,
- N demeure bas,
- L fluctue modérément.

Ce schéma est cohérent avec les effets attendus du pâturage extensif :

- une limitation de l'accumulation de biomasse,

- une réduction de la compétition des espèces dominantes,
- un maintien d'un milieu relativement ouvert.

L'absence de hausse nette de N suggère que le pâturage n'a pas entraîné d'eutrophisation significative à l'échelle du site.

4.4 Nouvelle perturbation : étrépage de 2018

L'année 2018 introduit une seconde inflexion dans les trajectoires :

- baisse de L,
- modification de F,
- remontée transitoire de N.

Cette réponse différenciée reflète probablement :

- l'hétérogénéité spatiale des parcelles concernées (quadrats d/e),
- une réponse floristique moins radicale qu'en 2013,
- une dynamique de rajeunissement localisée.

La remontée de N peut traduire :

- une minéralisation post-perturbation,
- une recolonisation par espèces nitrophiles transitoires,
- ou une redistribution des dominances.

4.5 Variabilité hydrique interannuelle (2019–2022)

Les fluctuations de F sur cette période indiquent une sensibilité du cortège végétal aux conditions hydrologiques annuelles :

- F élevé en 2020 et 2022
- creux relatif en 2021

Cela suggère :

- alternance d'années plus humides / plus sèches
- réponse rapide des communautés végétales
- plasticité écologique du système

4.6 Pâturage 2021–2022 : effet stabilisateur

La période pâturée récente s'accompagne de :

- valeurs élevées de F,
- contenu de n relativement modéré,
- L stabilisé.

Ce profil évoque :

- un maintien des conditions ouvertes,
- une limitation de la fermeture ligneuse,

- un contrôle indirect des espèces compétitrices.

4.7 Tendance générale sur 15 ans

Malgré deux perturbations majeures, le système montre :

- une résilience fonctionnelle notable,
- un retour récurrent vers des valeurs hygrophiles (F élevé),
- un maintien global d'un statut trophique modéré à faible (N bas).

Cela suggère que :

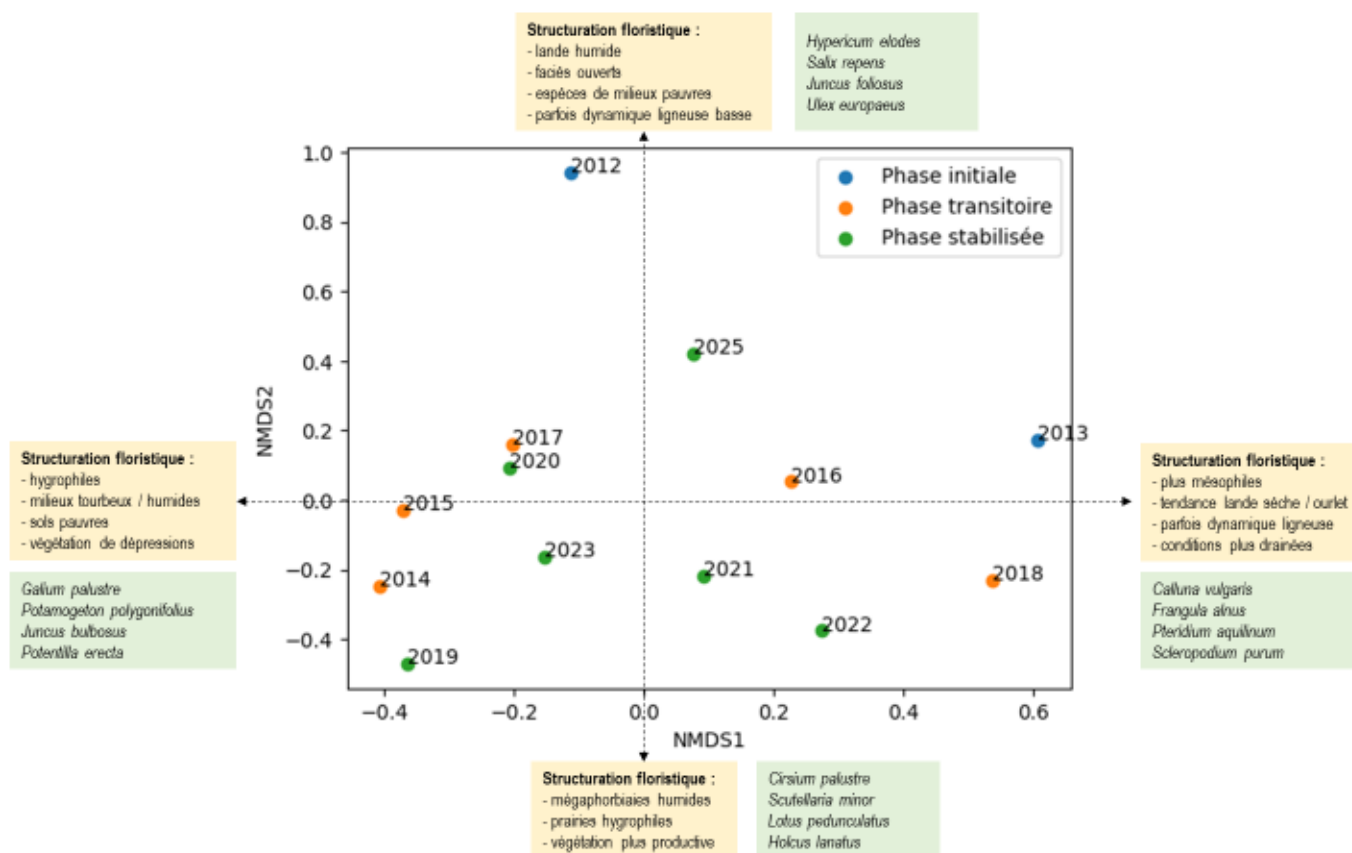
- la gestion par étrépage et pâturage contribue à contenir l'eutrophisation,
- les communautés conservent une signature de milieux oligotrophes à méso-oligotrophes,
- la dynamique reste typique de végétations de landes / bas-marais atlantiques.

5. Structuration floristique et dynamique temporelle (NMDS)

5.1 Structuration temporelle des communautés végétales

La NMDS représente les relevés en fonction de leur similarité floristique : la distance entre deux points traduit leur proximité écologique.

Figure 2 : Structuration temporelle des communautés végétales révélée par NMDS



5.2 Conseils de lectures

Dans une ordination NMDS, bien que les axes n'aient pas de signification écologique stricte, leur interprétation suggère :

- **NMDS1 : Gradient hydrique / trophique**
 - NMDS1 (–) → végétations humides oligotrophes
 - NMDS1 (+) → végétations plus sèches / mésophiles / structurées
- **NMDS2 : Gradient structural / physionomique**
 - NMDS2 (–) → végétation plus herbacée / productive
 - NMDS2 (+) → lande / formations plus ouvertes / ligneuses basses

L'ordination NMDS met en évidence une structuration nette des relevés botaniques au cours du temps, faisant apparaître trois ensembles floristiques distincts. Ces ensembles correspondent à des phases dynamiques successives :

- un **état initial** caractérisé par une forte présence de ligneux et d'espèces sciaphiles. Cet ensemble, isolé, traduit des unités à dynamique ligneuse observées avant les opérations de restauration (2012-2013) montre une lande en voie de fermeture
- une **phase transitoire post-étrépage** marquée par une grande variabilité floristique. Ce second ensemble, plus dispersé (2014 à 2018), se caractérise par des cortèges pionniers et une forte variabilité interannuelle montre une phase transitoire de reconstruction floristique
- et un état **stabilisé** dominé par des communautés de lande humide ouverte qui (2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025) et montre un habitat restauré, fonctionnel et stabilisé.

Ces groupes émergent sans hypothèse a priori et traduisent une réorganisation rapide de la végétation à la suite des modifications des conditions stationnelles induites par la gestion.

Remarques de lecture :

Bien que les années 2022 et 2025 appartiennent toutes deux à la phase stabilisée, leur éloignement relatif sur l'ordination NMDS traduit de relatives différences de composition floristique et d'abondance des espèces. Les variations reflètent la variabilité interannuelle propre aux communautés de lande humide, liée notamment aux conditions climatiques et aux dynamiques internes de la végétation, sans remettre en cause le fonctionnement écologique globalement stabilisé du milieu.

5.3 Caractéristiques des différentes phases

5.3.1 Phase initiale - Lande en voie de fermeture / dynamique ligneuse

- **Espèces dominantes (abondance moyenne élevée)**
 - *Betula pubescens* - recouvrement faible à modéré (plantules à jeunes tiges)
 - *Salix atrocinerea* - faible à modéré
 - *Frangula alnus* - faible
 - *Pteridium aquilinum* – modéré
 - *Molinia caerulea* - modéré
- **Espèces accompagnatrices fréquentes**
 - *Rubus fruticosus* agg.
 - *Agrostis capillaris*
 - *Holcus lanatus*

➤ **Structuration floristique**

Milieu fermé à semi-ouvert, concurrence ligneuse marquée, lumière limitée.

5.3.2 Phase transitoire / post-étrépage, instable

➤ **Espèces dominantes (forte variabilité interannuelle)**

- *Molinia caerulea* – abondance modérée à élevée
- *Agrostis capillaris* - modéré
- *Holcus lanatus* - modéré
- *Juncus effusus* – faible à modéré

➤ **Espèces pionnières / opportunistes**

- *Ranunculus flammula* - faible
- *Juncus bulbosus* - faible
- *Carex echinata* - faible
- *Rumex acetosella* - faible

➤ **Structuration floristique**

Milieu très ouvert, forte lumière, mosaïque floristique, instabilité fonctionnelle.

5.3.3 Phase stabilisée - Lande humide ouverte fonctionnelle

➤ **Espèces dominantes (structure stable)**

- *Molinia caerulea* – modérée à élevée
- *Juncus acutiflorus* – modéré
- *Carex echinata* - modéré
- *Agrostis canina* - modéré

➤ **Espèces hygrophiles caractéristiques**

- *Ranunculus flammula* - faible à modéré
- *Hydrocotyle vulgaris* - faible
- *Juncus bulbosus* - faible
- *Sphagnum spp.* (ponctuel)

➤ **Structuration floristique**

Milieu ouvert, hygromorphe, oligotrophe, fonctionnement stabilisé.

5.4 Remarques et conclusion

Ces cortèges floristiques correspondent à des assemblages fonctionnels dominants et ne constituent pas des syntaxons phytosociologiques stricts.

Bien que *Calluna vulgaris*, *Erica tetralix* ou *ciliaris* et *Ulex minor* constituent des espèces structurantes des faciès de lande stabilisée, leur contribution à la structuration NMDS demeure limitée, probablement en raison de leur présence transversale aux différentes phases dynamiques.

La coexistence d'*Erica tetralix* et *Erica ciliaris* au sein des mêmes quadrats reflète le chevauchement de leurs niches écologiques et la microhétérogénéité hydrique caractéristique des landes humides atlantiques⁷.

⁷ Ce qu'a parfaitement montré une étude du fonctionnement hydrologique du site réalisée en 2025.

Une PERMANOVA⁸ ne met pas en évidence de différenciation significative de composition floristique entre les phases dynamiques (pseudo-F = 0.283, p = 0.383), suggérant une continuité des assemblages végétaux malgré les transitions temporelles observées.

L'analyse de dispersion multivariée (PERMDISP) ne révèle pas de différence significative de variabilité floristique entre phases (F = 0.053, p = 0.948), indiquant une homogénéité relative de la dispersion écologique au cours du temps.

La NMDS temporelle met en évidence une structuration floristique progressive, traduisant des transitions graduelles entre états de végétation. Cette organisation suggère que les changements observés s'inscrivent dans des gradients écologiques sous-jacents, justifiant une analyse complémentaire "spatiale" fondée sur les indices d'Ellenberg.

Photo 3 : Lande en voie de fermeture (à gauche) et lande fonctionnelle (à droite)



Photo 4 : Espèces des Grandes Landes (de gauche à droite : *Molinia caerulea*, *Erica tétralix*, *Juncus effusus*)

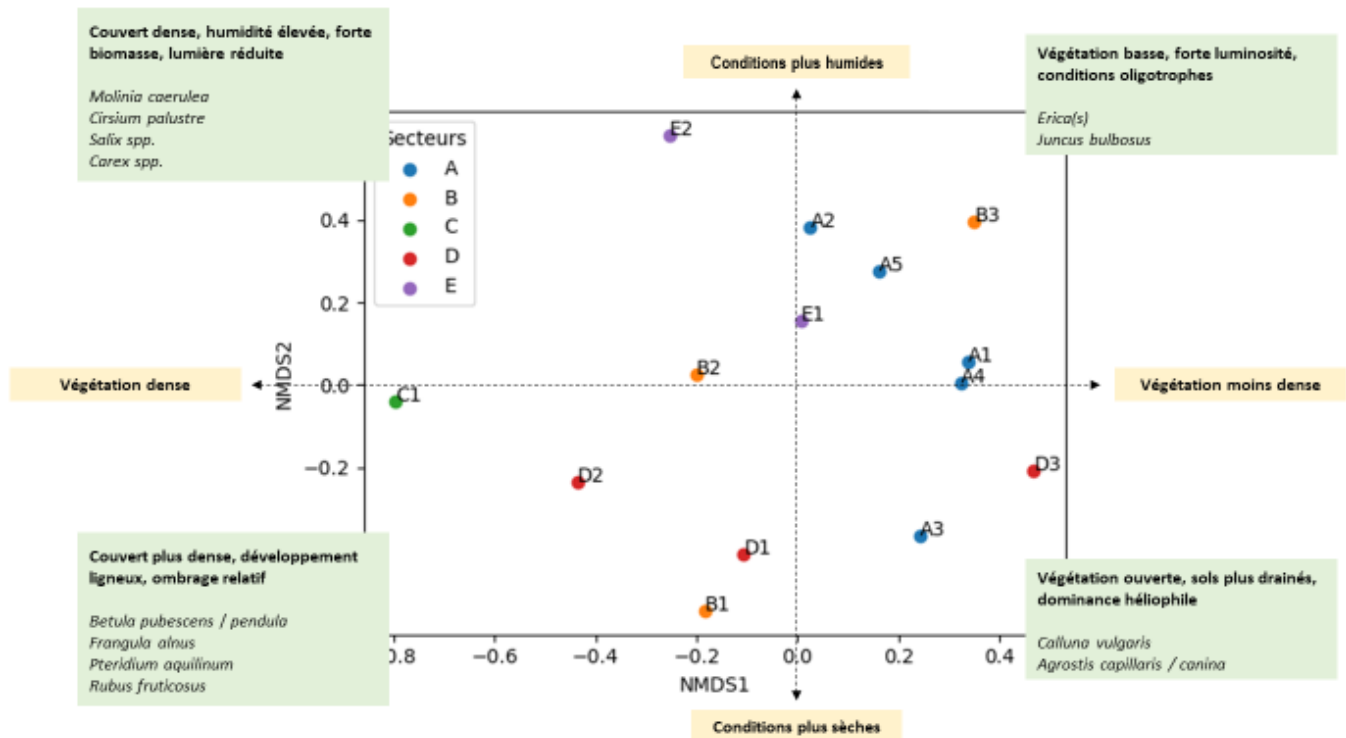


6. Structuration spatiale des communautés végétales (NMDS)

Afin d'analyser la structuration spatiale des communautés végétales, une NMDS a été réalisée sur une matrice Quadrat × Espèces construite à partir des abondances moyennes interannuelles. Les dissimilarités floristiques entre quadrats ont été calculées à l'aide de la distance de Bray–Curtis, adaptée aux données d'abondance/recouvrement. Cette approche permet de caractériser les différences spatiales de composition floristique indépendamment de la variabilité interannuelle.

⁸ Analyse de la variance par permutation.

Figure 3 : Structuration floristique des quadrats (NMDS spatiale)



6.1 Structuration écologique des différentes zones

6.1.1 La zone A

Les quadrats du secteur A présentent une structuration relativement cohérente dans l'espace NMDS, suggérant une composition floristique globalement homogène. Leur positionnement indique des communautés associées à des conditions intermédiaires, traduisant un équilibre entre ouverture du milieu et humidité édaphique. Toutefois, des variations intra-secteur apparaissent, notamment entre A2 et A3.

Le quadrat A3 montre un léger décalage vers des conditions plus humides, possiblement lié à une microdépression ou à une rétention hydrique accrue.

À l'inverse, A2 semble davantage associé à des conditions plus mésophiles, reflétant un drainage localement plus efficace. Ces différences suggèrent l'existence de microgradients stationnels à fine échelle au sein du secteur A.

L'ensemble traduit une mosaïque écologique subtile malgré une gestion homogène.

6.1.2 La zone B

Les quadrats du secteur B montrent une dispersion plus marquée dans l'ordination NMDS, indiquant une variabilité floristique intra-secteur plus importante que dans le secteur A. Cette hétérogénéité pourrait refléter des différences locales de structure de végétation ou de conditions hydriques.

Le quadrat B1 apparaît légèrement isolé, suggérant une composition spécifique distincte, possiblement influencée par une dynamique locale ou un historique stationnel particulier.

À l'inverse, B2 et B3 présentent un regroupement plus net, traduisant des assemblages floristiques relativement proches. Le positionnement de B3 vers des conditions légèrement plus humides pourrait indiquer une influence hydrique plus marquée.

Cette organisation suggère un gradient écologique intra-secteur, probablement contrôlé par la microtopographie ou la dynamique de recolonisation post-gestion. Le secteur B illustre ainsi une structuration interne contrastée mais écologiquement cohérente.

6.1.3 La zone C

Le quadrat C1 présente un indice d'humidité Ellenberg significativement plus élevé que les autres quadrats ($F = 8.49$ vs 6.62), associé à un cortège hygrophile caractéristique incluant *Isolepis fluitans*, *Juncus acutiflorus* et *Ranunculus flammula*. Cette singularité floristique confirme l'existence d'une micro-hétérogénéité hydrique intra-site.

6.1.4 La zone D

Bien que les quadrats D1, D2 et D3 soient localisés dans des zones hydrologiquement humides, leur position dans l'espace NMDS suggère une composition floristique plus proche de faciès mésophiles. Ce décalage pourrait refléter des effets d'exondation saisonnière, de dynamique post-étrépage ou de spécificités édaphiques locales.

6.1.5 La zone E

Les quadrats du secteur E montrent une structuration floristique distincte, marquée par une variabilité intra-secteur modérée et un décalage notable d'E2, suggérant l'influence de microgradients stationnels et d'effets persistants de la gestion.

6.2 Conclusion de la NMDS spatiale

La NMDS spatiale met en évidence une structuration floristique différenciée entre quadrats, traduisant l'existence de gradients écologiques intra-site. Cette organisation révèle une mosaïque végétale persistante, suggérant que les variations stationnelles locales influencent durablement la composition des communautés végétales.

7. Lecture écologique des phases dynamiques (ACP Ellenberg)

Si les NMDS précédents ont mis en évidence la dynamique floristique observée sur le site, elles n'en explicitent pas les mécanismes écologiques sous-jacents. Une analyse en composantes principales, fondée sur les valeurs indicatrices d'Ellenberg, permet d'interpréter ces trajectoires en les replaçant dans l'espace des facteurs du milieu.

L'ACP met en évidence :

- un axe1 principalement structuré par le gradient d'ouverture (**L**) et de trophie (**N**),
- un axe 2 qui reflète un gradient hydrique (**F**).

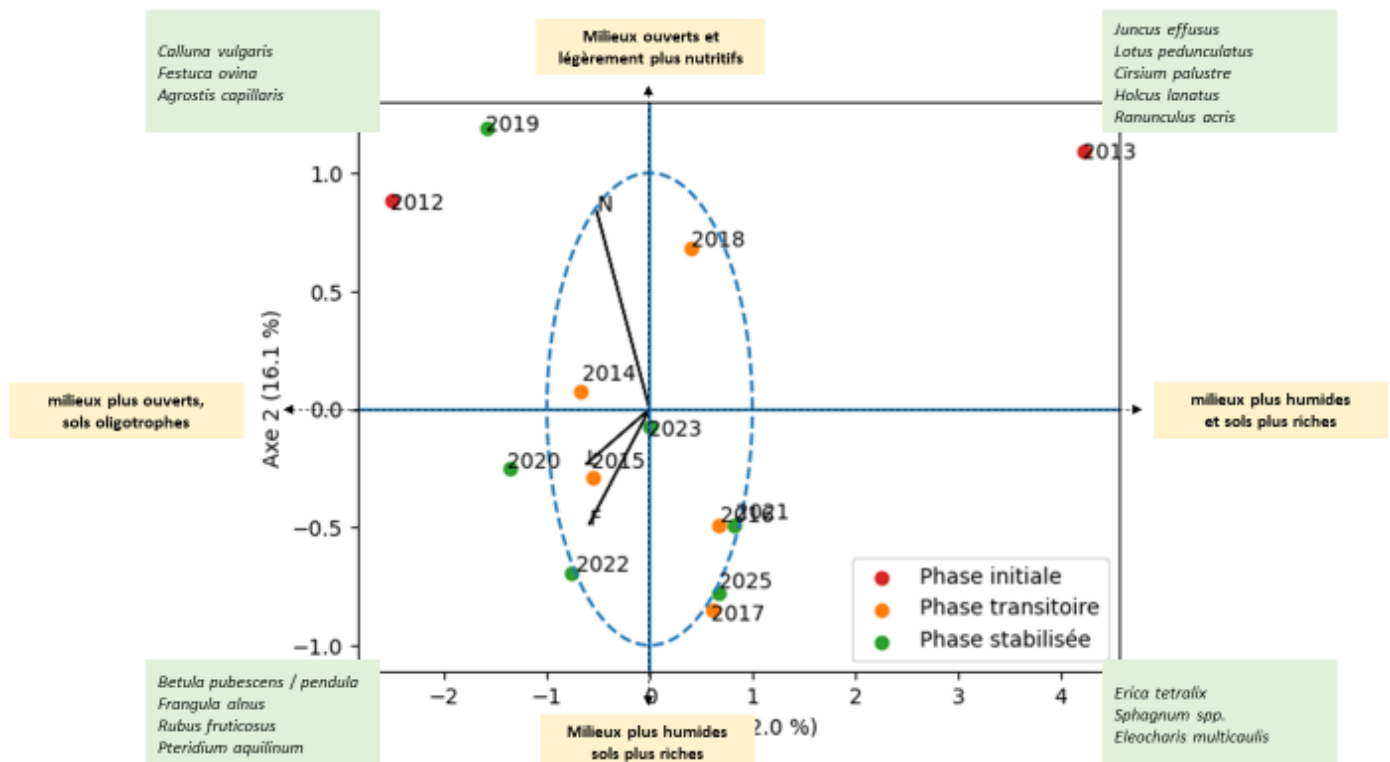
Les années sont projetées dans un espace synthétique où leur position résulte de la combinaison de ces trois variables.

Les trajectoires des quadrats illustrent clairement l'effet des étrépages comme **ruptures écologiques positives**.

La projection des relevés sur le plan factoriel de l'ACP montre que les trois groupes identifiés par la NMDS s'ordonnent clairement le long d'un gradient principal de lumière (**L**), opposant les phases initiales à la phase stabilisée, et d'un gradient secondaire lié aux conditions hydriques du sol (**F**). Les opérations d'étrépage modifient drastiquement les conditions stationnelles, favorisant l'installation d'espèces héliophiles, oligotrophes et hygrophiles au détriment des communautés forestières

initiales. La dynamique observée correspond ainsi à une dynamique secondaire induite par la transformation des facteurs du milieu.

Figure 4 : Analyse en composantes principales (ACP) des trajectoires annuelles fondée sur les indices d'Ellenberg



7.1 Remarques de lecture

Sur le plan factoriel de l'ACP, la position de chaque année résulte d'un compromis entre les conditions de lumière, d'humidité édaphique et de trophie du sol, estimées à partir des valeurs indicatrices d'Ellenberg pondérées par l'abondance des espèces.

Les pôles de l'ACP traduisent des combinaisons écologiques contrastées, opposant des communautés hygrophiles oligotrophes (*Erica tetralix*, *Sphagnum spp.*) à des assemblages de milieux plus secs et ouverts (*Calluna vulgaris*), ainsi qu'à des formations en dynamique de fermeture (*Betula spp.*, *Frangula alnus*).

7.2 Influence des gradients environnementaux sur la composition floristique

7.2.1 2012 : l'état initial fermé

2012 se situe du côté faiblement lumineux de l'axe 1 (L) et relativement éloigné des valeurs élevées d'humidité (F). Cela s'explique simplement par :

- une forte présence de ligneux et de sous-bois,
- une végétation encore fermée, dominée par des espèces sciaphiles,
- des conditions lumineuses limitées au sol.

2012 représente l'état initial du site, avant restauration, marqué par une fermeture du milieu et une faible disponibilité lumineuse.

7.2.2 2013 : l'année charnière post-étrépage,

2013 occupe une position intermédiaire sur l'axe 1 (L) et décalée sur l'axe 2 (F). Cela reflète :

- l'effet immédiat de l'étrépage,
- une ouverture brutale du milieu,
- une végétation encore instable, composée d'un mélange :
 - d'espèces relictuelles de l'état initial,
 - et d'espèces pionnières ou opportunistes.

2013 correspond à une phase de transition écologique, où les conditions stationnelles sont profondément modifiées mais la végétation n'est pas encore stabilisée.

7.2.3 2019 : l'état stabilisé de lande humide ouverte

2019 se positionne clairement du côté fortement lumineux de l'axe 1 et plus proche des valeurs élevées d'humidité. Cela traduit :

- une lande humide ouverte bien installée,
- dominée par des espèces héliophiles et hygrophiles,
- un fonctionnement hydrique conservé malgré l'ouverture du milieu.

2019⁹ illustre un état stabilisé post-restauration, caractérisé par des conditions lumineuses élevées et une végétation typique de lande humide fonctionnelle.

7.3 Conclusion de l'ACP temporelle

Cette ACP met en évidence une structuration écologique cohérente avec les phases dynamiques identifiées. Les variations observées traduisent une réorganisation progressive des conditions stationnelles, suggérant une trajectoire écologique globalement convergente vers un fonctionnement de lande humide oligotrophe.

8. Lecture écologique des zones (ACP Ellenberg)

En complément de la NMDS spatiale, une ACP a été réalisée afin d'explicitier les gradients écologiques associés à la structuration floristique observée. Cette approche permet d'interpréter les différences entre quadrats à partir de variables environnementales synthétiques dérivées des indices d'Ellenberg.

Lecture du graphique :

Les axes de l'ACP ne correspondent pas à des variables mesurées directement, mais à des gradients synthétiques dérivés des indices d'Ellenberg¹⁰.

⁹ Deux relevés proches sur un plan d'ACP peuvent être éloignés sur un axe non représenté, ou différer sur une variable secondaire, c'est pour cette raison qu'il faut être prudent quand on interprète une ACP.

La position relative des années sur le plan factoriel est déterminée par leurs scores factoriels sur les axes de l'ACP, lesquels résultent d'une combinaison pondérée des variables L, F et N. Bien que certaines années apparaissent proches sur la projection bidimensionnelle, leurs scores sur l'axe 1 - fortement corrélé à la lumière - diffèrent, ce qui justifie leur interprétation contrastée au regard du gradient lumineux.

Les différences observées entre 2012 et 2019 reposent sur leurs scores factoriels respectifs sur l'axe 1 de l'ACP, et non sur la distance visuelle entre les points.

¹⁰ Les axes de l'ACP sont obtenus en combinant mathématiquement les variables analysées (ici les indices d'Ellenberg). PC1 est construit pour résumer au mieux les différences entre relevés, PC2 résume la variabilité

- L'axe PC1 "Gradient trophique / fertilité" (71.7 % de variance expliquée) traduit principalement un gradient trophique et hydrique,
- Tandis que PC2 "Gradient hydrique" (25.7 %) reflète une composante écologique secondaire.

Les ellipses de couleurs représentent la dispersion des scores PC1-PC2 pour chaque groupe de quadrats sur l'ensemble de la période étudiée. Elles illustrent la variabilité interannuelle des conditions écologiques synthétiques dérivées des indices d'Ellenberg.

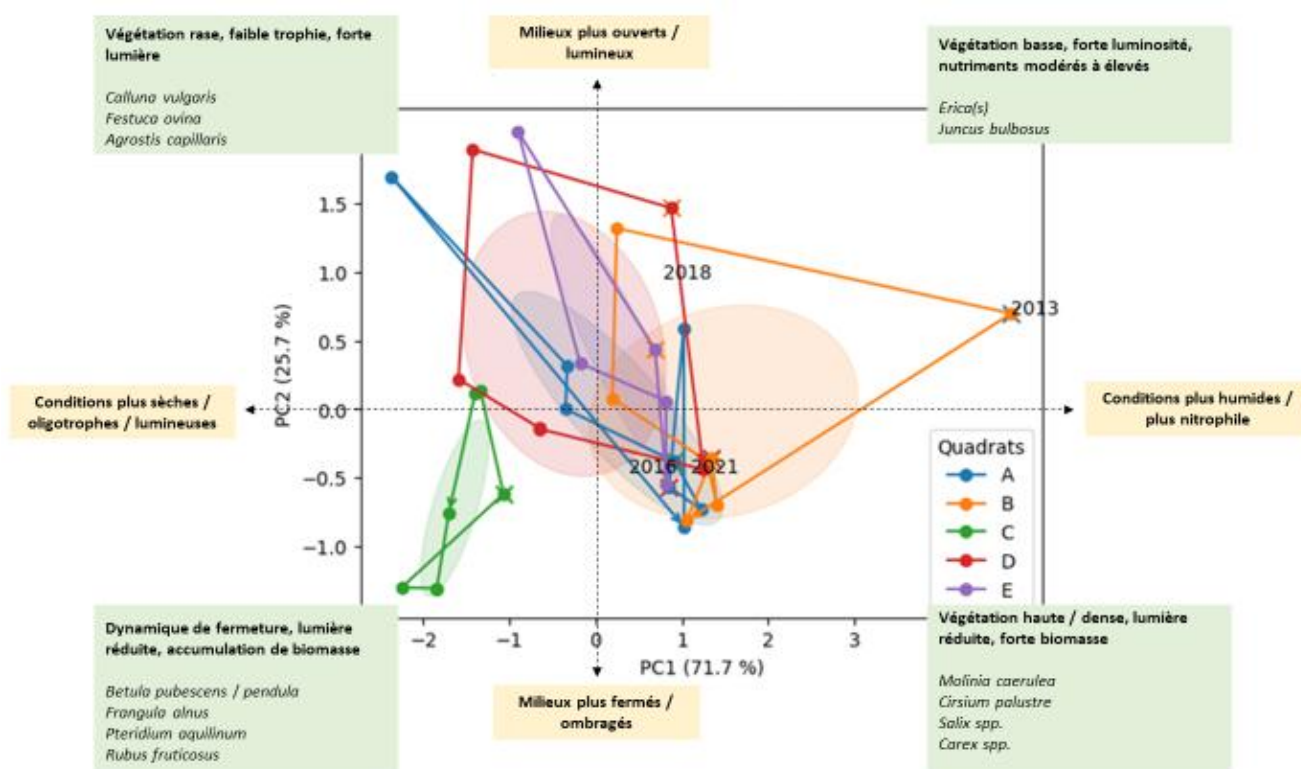
- Certaines ellipses sont plus larges → quadrats plus dynamiques
- D'autres plus compactes → quadrats plus stables

Les "diamants" représentent la niche écologique moyenne (2012–2025) de chaque quadrat :

Les "flèches" représentent la direction globale du changement alors que les années clés (étrépage, pâturage) sont annotées.

L'ACP basée sur les indices d'Ellenberg révèle quatre pôles écologiques majeurs correspondant à des gradients combinés d'humidité, de trophie et d'ouverture du milieu. Ces pôles traduisent l'opposition entre faciès de lande humide ouverte, lande sèche, formations en dynamique de fermeture et moliniaies hygrophiles.

Figure 5 : Analyse en composantes principales des trajectoires écologiques des quadrats (Ellenberg L, F, N)



Remarque :

Bien que le quadrat C1 corresponde à la zone la plus humide du site, sa position dans l'ACP reflète vraisemblablement l'influence combinée d'une forte oligotrophie et d'une luminosité relativement plus faible. Cette situation illustre le caractère multidimensionnel des gradients Ellenberg¹¹.

restante tout en étant indépendante de PC1. Les analyses multifactorielles de l'étude ont été réalisées sous R à l'aide du package vegan.

¹¹ Les indices L, F et N de C1 sont les suivants (en comparaison des autres quadrats) : **7,53** vs 6,3; **8,49** vs 6,62 et **2,63** vs 2,54

8.1 Influence des gradients environnementaux sur la composition floristique

8.1.1 Quadrats A & B : signature d'une perturbation ancienne et structurante

Les quadrats des zones A et B soumises à un étrépage intensif en 2013, présentent une dynamique typique d'un système fortement réinitialisé. On observe :

- une rupture marquée des indices en 2013,
- une remontée progressive de F (humidité),
- un maintien de n (azote) à des valeurs relativement faibles,
- une stabilisation de I (lumière) à des niveaux modérés à élevés.

Cette trajectoire suggère :

- un effet durable de l'exportation de matière organique,
- un maintien d'un statut oligotrophe,
- une recolonisation dominée par espèces de milieux ouverts pauvres en nutriments.

Les zones A et B semblent ainsi caractérisés par une mémoire écologique de la perturbation, encore perceptible plus d'une décennie après l'intervention. Ils se caractérisent par un statut trophique durablement plus faible, suggérant un effet rémanent de l'exportation de matière organique. Ils présentent une trajectoire homogène et stable après 2013, constituant un noyau de référence écologique.

8.1.2 Quadrat C : une trajectoire légèrement différenciée

Bien qu'étrépis la même année (2013), la zone C montre une dynamique plus nuancée :

- Variations plus modérées des indices,
- Valeurs de F généralement élevées,
- N parfois légèrement supérieur à A/B,
- L relativement stable.

Cette divergence pourrait traduire :

- Une intensité locale d'étrépage différente,
- Des conditions hydriques particulières,
- Une composition floristique initiale distincte.

La zone C représente une zone écologiquement intermédiaire, où la recolonisation hygrophile aurait été plus rapide ou moins contrainte.

8.1.3 Quadrats D & E : réponse typique d'un étrépage récent

Les quadrats des zones D et E étrépisés en 2018, présentent une dynamique cohérente avec une perturbation plus récente :

- modification des indices à partir de 2018,
- augmentation transitoire de N,
- fluctuations de F,
- réorganisation de L.

Contrairement aux quadrats A/B :

- N est initialement plus élevé,
- les indices montrent une variabilité plus forte,
- la trajectoire indique un système encore en phase d'ajustement.

Cela suggère :

- une minéralisation post-perturbation,
- une recolonisation opportuniste,
- une stabilisation écologique non encore atteinte.

Les zones D et E montrent des trajectoires plus instables, avec une tendance à la recolonisation ligneuse, notamment par *Betula* et *Salix*.

Photo 5 : Vues de la zone D avant et après étrépage (2018 et 2019)



8.2 Conclusion de cette ACP spatiale

Les gradients identifiés par l'ACP offrent une clé de lecture fonctionnelle cohérente avec les regroupements observés en NMDS. L'ACP appliquée aux indices d'Ellenberg met en évidence des trajectoires écologiques différentielles entre zones et quadrats.

Les secteurs A et B conservent la signature d'une perturbation ancienne mais structurante, traduisant un appauvrissement trophique durable et une stabilisation vers des communautés de lande humide ouverte.

La zone C se distingue par une identité hygrophile marquée, confirmant son rôle de pôle hydrique fonctionnel au sein du site.

Les quadrats D et E, soumis à un étrépage plus récent, présentent des trajectoires encore instables, révélant des processus de réorganisation écologique en cours.

Ces résultats soulignent l'importance de la mémoire des perturbations, de l'hétérogénéité stationnelle et du décalage temporel des réponses végétales aux pratiques de gestion."

9. Toute première conclusion

Les analyses multivariées combinant NMDS et ACP révèlent une dynamique végétale structurée à la fois dans le temps et dans l'espace.

La NMDS temporelle met en évidence des phases dynamiques successives traduisant la réorganisation progressive des communautés végétales après gestion, tandis que la NMDS spatiale souligne la persistance d'une hétérogénéité floristique intra-site.

L'ACP fondée sur les indices d'Ellenberg apporte une lecture explicative robuste en identifiant les gradients écologiques sous-jacents à ces structurations. La convergence de ces approches confirme que les étrépages constituent des perturbations écologiques majeures, capables de réinitialiser durablement les trajectoires végétales sans induire de dérive trophique.

Des trajectoires différentielles persistent entre quadrats, reflétant la mémoire des perturbations et la variabilité stationnelle.

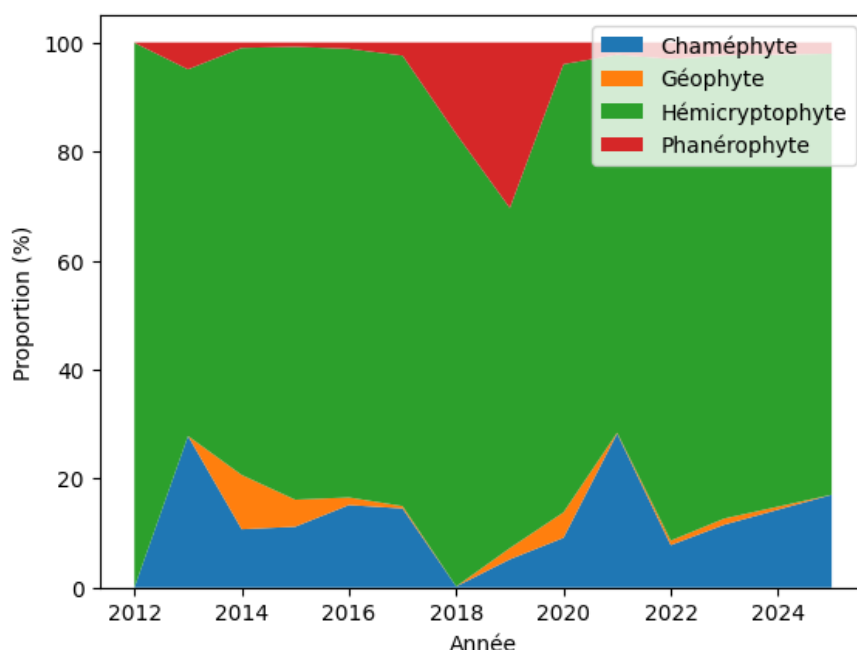
L'ensemble traduit un système écologiquement dynamique mais stable dans son identité de lande humide oligotrophe.

10. Spectre biologique et dynamiques fonctionnelles

Le spectre biologique des Grandes Landes de Trébédan, établi selon la classification de Raunkiær, permet de décrire la structure fonctionnelle de la végétation et d'évaluer les stratégies adaptatives dominantes en réponse aux contraintes écologiques et aux pratiques de gestion.

10.1 Spectre biologique global du site

Figure 6 : Évolution temporelle du spectre biologique en mode floristique¹² (Raunkiær)



Sur l'ensemble de la période étudiée, la végétation des Grandes Landes de Trébédan est très largement dominée par les **hémicryptophytes**¹³, suivies par les **chaméphytes**¹⁴, tandis que les **phanérophytes**¹⁵ restent globalement minoritaires en recouvrement.

¹² Pour construire ce graphique, on a seulement compté les espèces indépendamment de leur abondance-recouvrement ; une espèce égale donc une unité même si elle couvre 40% d'un quadrat.

¹³ Espèces caractéristiques : *Molinia caerulea*, *Juncus spp.*, *Agrostis canina*, *Potentilla erecta*,...

¹⁴ Espèces caractéristiques : *Calluna vulgaris*, *Erica tétralix*, *Erica cinerea*, *Ulex minor*,...

¹⁵ Espèces caractéristiques : *Betula spp.*, *Salix spp.*, *Frangula alnus*, *Pinus spp.*,...

L'évolution temporelle du spectre biologique met en évidence la dominance persistante des **hémicryptophytes** tout au long de la période étudiée. Cette stabilité suggère le maintien d'une structure fonctionnelle largement pérenne, caractéristique des végétations herbacées durables des landes oligotrophes.

Les variations observées chez les **chaméphytes** traduisent une dynamique plus fluctuante, marquée par une diminution consécutive aux opérations d'étrépage, suivie d'une recolonisation progressive. Cette trajectoire reflète la réinstallation graduelle des espèces ligneuses basses typiques de la lande.

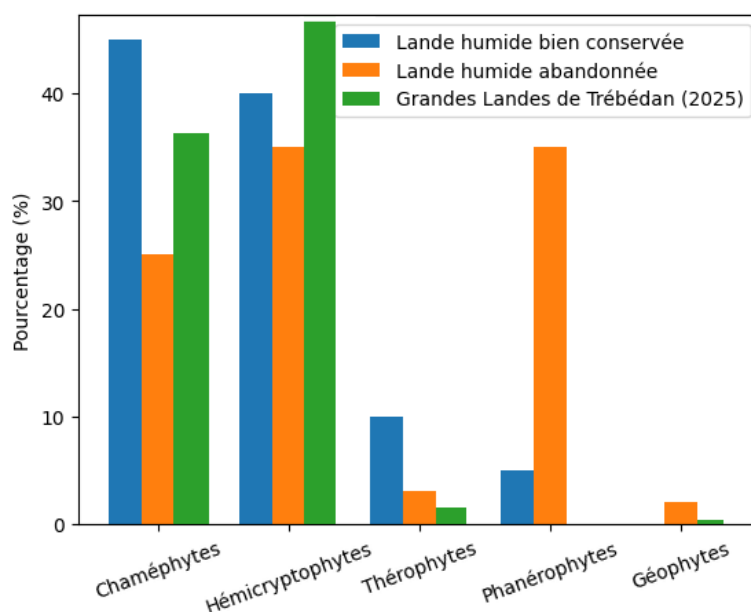
Les **phanérophytes** présentent quant à eux des fluctuations ponctuelles, révélatrices de phases temporaires de développement ligneux, rapidement atténuées par les interventions de gestion. La faible contribution des géophytes et thérophytes indique une perturbation limitée à long terme et l'absence de dérive vers des stades rudéraux instables.

La trajectoire des **géophytes**¹⁶ est marquée par des apparitions transitoires après perturbation (étrépage, pâturage), suggérant une réponse opportuniste aux fenêtres de réduction de la compétition.

Ce spectre biologique est caractéristique :

- des **landes humides atlantiques acidiphiles**,
- des prairies oligotrophes peu intensifiées,
- de milieux soumis à des perturbations modérées et récurrentes.

Figure 7 : Comparaison de spectres biologiques en mode pondéré¹⁷ (Raunkiær)



Le spectre biologique actuel, dominé par les hémicryptophytes et complété par une proportion stable de chaméphytes, suggère une lande fonctionnelle présentant l'empreinte durable des perturbations passées.

Comparativement au spectre attendu d'une lande bien conservée, où les chaméphytes sont généralement dominants, cette distribution traduit une composante herbacée pérenne renforcée, probablement liée aux opérations d'étrépage et aux dynamiques de recolonisation.

¹⁶ Espèces caractéristiques : *Carex panicea*, *Potamogeton spp.*, *Eleocharis spp.*, *Ranunculus flammula*, ...

¹⁷ Pour construire ce graphique la présence d'une espèce a été pondérée par son indice de recouvrement-abondance ce qui contribue à renforcer l'importance (en%) des chaméphytes, c'est-à-dire des bruyères...

10.2 Signification écologique des principaux types biologiques

10.2.1 Hémicryptophytes

Les hémicryptophytes constituent le groupe fonctionnel dominant sur l'ensemble du site. Ce type biologique est particulièrement bien adapté :

- aux sols hydromorphes à engorgement hivernal,
- aux milieux ouverts soumis à pâturage extensif,
- aux perturbations ponctuelles telles que l'étrépage.

Leur domination traduit un **fonctionnement écologique stable** et une bonne résilience des communautés végétales.

10.2.2 Chaméphytes

Les chaméphytes, dominées par *Calluna vulgaris* et *Erica tetralix*, occupent une place importante dans les zones les plus typiques de lande humide.

Leur maintien dans le temps, sans expansion excessive ni disparition, constitue un indicateur :

- du maintien des conditions oligotrophes,
- de l'absence de fermeture ligneuse,
- d'une gestion compatible avec les exigences écologiques des landes atlantiques.

10.2.3 Géophytes

Les géophytes sont peu nombreuses mais écologiquement significatives. La présence de *Ranunculus flammula*, principalement concentrée dans la zone C, constitue un indicateur fort de sols hydromorphes à engorgement hivernal.

Cette espèce traduit le maintien d'un fonctionnement hydrique favorable, malgré des conditions estivales souvent sèches au moment des relevés.

Elle confirme ainsi le rôle de la zone C comme secteur charnière, à l'interface entre lande humide et formations prairiales oligotrophes.

10.2.4 Phanérophytes

Les phanérophytes (*Betula pubescens*, *Salix atrocinerea*, *Frangula alnus*, *Quercus robur*) sont globalement peu abondantes en recouvrement, mais jouent un rôle structurant dans la dynamique du site.

Leur augmentation avant les opérations d'étrépage, puis leur régression brutale après intervention, constitue l'un des signaux fonctionnels les plus nets de l'efficacité de la gestion.

10.3 Évolution temporelle du spectre biologique

Avant les opérations de restauration (2012–2013), le spectre biologique montre :

- une augmentation relative des phanérophytes,
- une diminution des chaméphytes.

traduisant une trajectoire de fermeture progressive.

Après les étrépages de 2013 et 2018 :

- les phanérophytes régressent fortement,
- les hémicryptophytes redeviennent dominantes,
- les chaméphytes se maintiennent durablement.

Le pâturage extensif n'entraîne aucune augmentation des thérophytes et contribue à stabiliser la structure fonctionnelle de la végétation.

Tableau 1 - Espèces indicatrices - Lecture spatiale par zones

Zone	Type biologique dominant	Lecture fonctionnelle
A-B	Hémicryptophytes + chaméphytes	Lande humide stable
C	Hémicryptophytes + géophytes	Zone hydrologique clé
D-E (avant 2018)	Phanérophytes	Fermeture progressive
D-E (après 2018)	Hémicryptophytes dominantes	Restauration en cours

10.4 Apport de l'analyse selon Raunkiær à l'interprétation globale

L'analyse du spectre biologique selon Raunkiær confirme et complète les résultats issus :

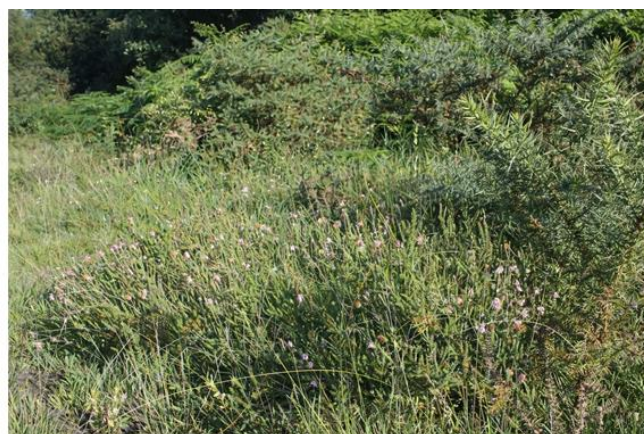
- des valeurs indicatrices d'Ellenberg,
- de l'analyse phytosociologique des cortèges floristiques.

La convergence de ces approches montre que :

- les trajectoires observées sont écologiquement cohérentes,
- les actions de gestion ont un effet fonctionnel mesurable,
- la végétation restaurée présente une résilience élevée.

L'évolution interannuelle des types biologiques montre la domination constante des hémicryptophytes, signature d'un fonctionnement durablement herbacé et hygrophile des communautés restaurées, tandis que les fluctuations ponctuelles des phanérophytes traduisent des épisodes transitoires de dynamique ligneuse rapidement contenus, illustrant à la fois la résilience de la lande humide et la nécessité d'un entretien régulier pour maintenir l'ouverture du milieu.

Photo 6 : Zone d'hémicryptophytes (à gauche) et zone de chaméphytes (à droite)

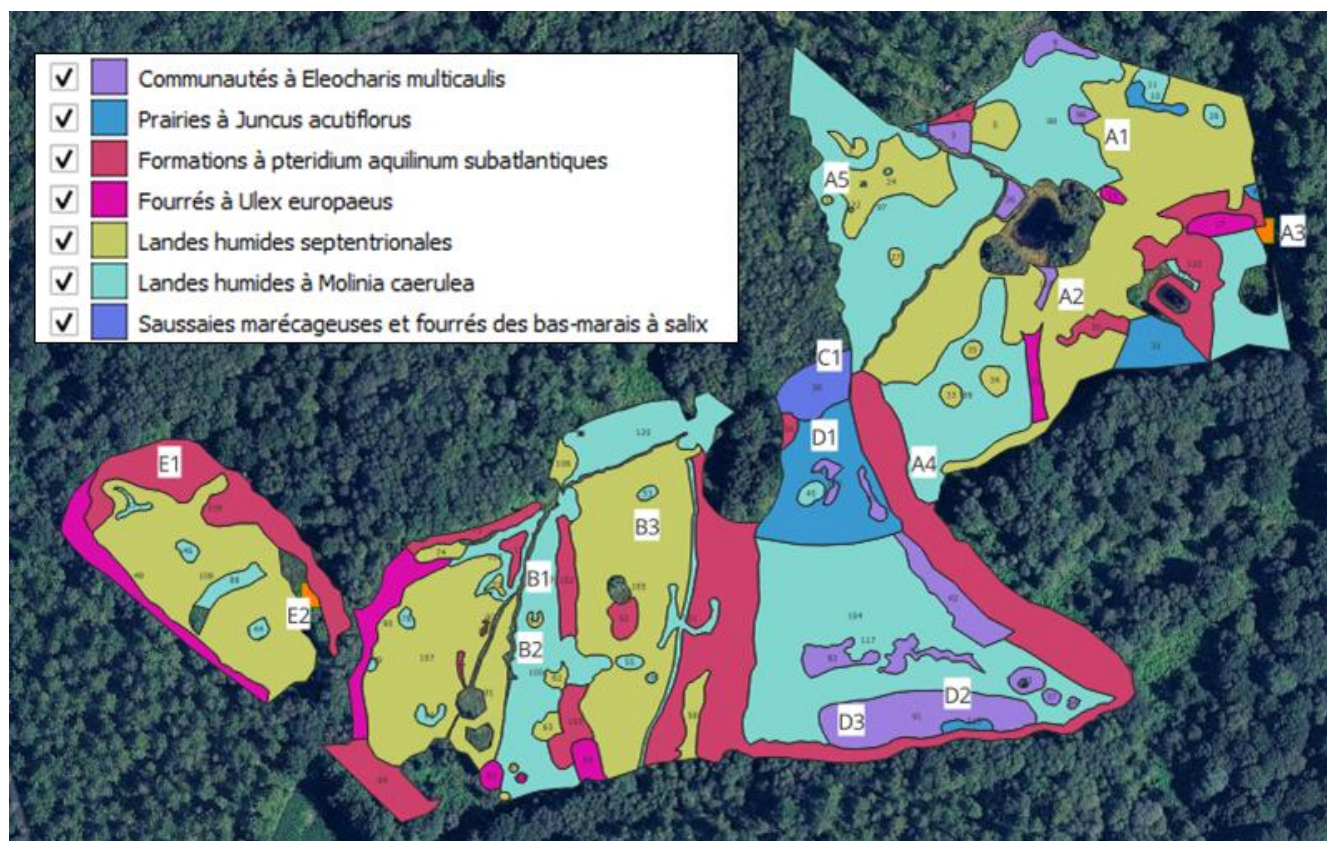


11. Résultats phytosociologiques : cortèges floristiques et organisation spatiale

11.1 Une mosaïque de communautés de lande humide et de prairie oligotrophe

L'analyse conjointe des inventaires floristiques, des valeurs indicatrices d'Ellenberg pondérées et des ordinations multivariées met en évidence une organisation phytosociologique cohérente du site, structurée autour de **landes humides acidiphiles atlantiques et de prairies humides oligotrophes de transition**.

Carte 3 : Cartographie des habitats EUNIS (juillet 2023)¹⁸



L'ensemble du site relève de la classe des **Calluno-Ulicetea**¹⁹, avec des influences marquées de la classe des **Molinio-Juncetea**²⁰ et des **Littorelletea uniflorae**²¹ dans les secteurs les plus humides et ouverts. Les communautés observées ne correspondent pas à des associations "pures", mais à des faciès et complexes de végétation, typiques des landes intérieures armoricaines. Cortèges floristiques caractéristiques par zones.

¹⁸ Cartographie réalisée par Iwein Le Frapper, étudiant Master 2 "Gestion et conservation de la biodiversité », Université de Bretagne Occidentale" en juillet 2023. Cette carte des habitats montre la mosaïque d'habitats humides acides dont l'organisation spatiale est guidée par un gradient hydrique, des dépressions très humides vers des marges plus drainées.

¹⁹ La classe **Calluno-Ulicetea** regroupe des végétations de landes acidophiles dominées par des chaméphytes, se développant sur des sols oligotrophes et soumises à des dynamiques étroitement liées aux perturbations.

²⁰ La classe **Molinio-Juncetea** regroupe des végétations herbacées hygrophiles des sols hydromorphes, dominées par des hémicryptophytes graminoides telles que *Molinia caerulea* et *Juncus spp.*, dont le maintien dépend étroitement des pratiques de gestion extensive.

²¹ La classe **Littorelletea uniflorae** regroupe des végétations amphibies pionnières des bordures d'eaux oligotrophes, dominées par des espèces de petite taille adaptées aux alternances d'immersion et d'exondation.

11.1.1 Zones A et B : lande humide ouverte stabilisée (étrépage 2013)

Ces zones présentent, après étrépage, une remarquable stabilité floristique et écologique ; cortège floristique dominant :

- *Erica tetralix* / *Erica ciliaris*
- *Molinia caerulea*
- *Calluna vulgaris*
- *Ulex minor*
- *Agrostis canina*
- *Juncus acutiflorus* / *J. conglomeratus*
- *Potentilla erecta*

➤ Interprétation phytosociologique

Ces cortèges correspondent à des formes bien exprimées de lande humide à *Erica tetralix* et *Ulex minor* soit l'**Ulici minoris-Ericetum tetralicis**, habitat patrimonial à forte valeur de conservation en Bretagne.

La faible présence de ligneux (*Betula*, *Salix*, *Frangula*) après 2014 témoigne de l'efficacité durable de la restauration.

➤ Intérêt écologique

Développée sur des sols pauvres, acides et hydromorphes, ces deux zones abritent une biodiversité spécialisée, tant floristique que faunistique. Elle offre des habitats essentiels à de nombreux invertébrés, ainsi qu'à des reptiles, amphibiens et oiseaux inféodés aux milieux ouverts humides. Sensible au drainage, à l'enrichissement trophique et à l'embroussaillage, elle dépend d'une gestion extensive pour sa conservation et constitue un enjeu patrimonial majeur pour le site des Grandes Landes.

11.1.2 Zone C : Complexe de prairie humide et de bas marais (zone charnière)

Ce secteur est une combinaison correspondant à deux communautés :

- une communauté prairiale (**Ca**) à *Juncus acutiflorus* et *Molinia caerulea*,
- et une communauté de bas-marais oligotrophe (**Cb**) à *Eleocharis multicaulis*, la plus longuement couverte d'eau au printemps.

Les cortèges observés sont dominés par des espèces hygrophiles et mésohygrophiles, telles que :

- Pour **Ca** :
 - *Molinia caerulea*,
 - *Agrostis canina*,
 - *Carex echinata*,
- Pour **Cb**
 - *Eleocharis multicaulis*,
 - *Juncus bulbosus*
 - *Ranunculus flammula*
 - *Viola palustris*
 - *Hydrocotyle vulgaris*
 - présence ponctuelle de *Sphagnum* spp.

La présence ponctuelle de *Sphagnum* spp. confirme le maintien d'un fonctionnement hydrique favorable, malgré une physionomie globalement herbacée. L'ensemble de ces éléments traduit un

secteur à hydromorphie fonctionnelle, distinct des landes plus strictes et des unités à dynamique ligneuse.

➤ Interprétation phytosociologique

La zone C s'interprète comme une mosaïque hygrophile oligotrophe associant deux unités de végétation liées à un gradient d'humidité et de durée d'inondation.

La sous-unité **Ca**, relève d'une prairie humide oligotrophe à mésohygrophile relevant du Caro **verticillati-Juncetum acutiflori**, en faciès à *Molinia caerulea*. Le cortège (*Agrostis canina*, *Carex echinata*) traduit des sols acides pauvres, soumis à une humidité durable mais avec une exondation saisonnière.

La sous-unité **Cb**, correspond à un **bas-marais oligotrophe acide**, occupant les microdépressions les plus longuement inondées et relevant de la classe **Littorelletea uniflorae**. La présence de *Ranunculus flammula* et *Hydrocotyle vulgaris* confirme un engorgement prolongé printanier.

La présence ponctuelle de *Sphagnum spp.* indique le maintien local de conditions hydriques stables et oligotrophes, suggérant des amorces de fonctionnement tourbeux ou, a minima, une dynamique bryophytique hygrophile active.

➤ Intérêt écologique

Les zones **Ca** et **Cb** hébergent une biodiversité spécialisée, incluant de nombreux invertébrés, amphibiens, ainsi qu'une faune de milieux ouverts humides (reptiles, avifaune). Sensible au drainage, à l'enrichissement trophique et à l'embroussaillage, cet ensemble présente un intérêt écologique et patrimonial notable qu'il convient de préserver.

A noter que la fréquentation humaine non maîtrisée de cette zone constitue un facteur de dégradation notable : le piétinement répété entraîne un tassement des sols hydromorphes, une altération de la végétation hygrophile et une banalisation floristique. Les secteurs de **bas-marais oligotrophe à *Eleocharis multicaulis*** particulièrement sensibles, sont exposés à des perturbations hydriques et structurelles qui peuvent compromettre leur fonctionnalité écologique.

Photo 7 : Détails de la zone C (communauté prairiale à gauche) et bas-marais (à droite)



11.1.3 Zones D et E : unités à dynamique ligneuse (étrépage 2018)

Avant 2018, ces zones présentaient une dérive nette vers des stades préforestiers ; cortège floristique pré-étrépage :

- *Betula pubescens*

- *Salix atrocinerea*
- *Frangula alnus*
- *Rubus fruticosus* agg.
- *Holcus lanatus*
- *Agrostis capillaris*

Après étrépage, une recolonisation par les espèces typiques de lande humide est observée (*Erica tetralix*, *Ulex minor*, *Erica ciliaris*, *Molinia*, *Potentilla*, *Juncus*), mais la trajectoire reste instable, avec une reprise ponctuelle des ligneux.

➤ **Interprétation phytosociologique**

Les zones D et E traduisent une dynamique successionnelle typique des landes humides atlantiques.

Avant l'étrépage (2018), le cortège dominé par *Betula pubescens*, *Salix atrocinerea* et *Frangula alnus* indiquait une évolution vers des fourrés et pré-boisements hygrophiles, relevant des **Salicetea auritae**. Cette dérive ligneuse reflétait :

- un relâchement des perturbations (pâturage / gestion),
- une fermeture progressive du milieu,
- une compétition accrue pour la lumière.

L'étrépage a réinitialisé localement la succession en supprimant :

- la strate ligneuse installée,
- la litière enrichie,
- une partie des horizons organiques superficiels.

La recolonisation actuelle par *Erica tetralix*, *Ulex minor*, *Erica ciliaris*, *Molinia caerulea* et *Juncus spp.* témoigne d'un retour vers des communautés de lande humide (**Calluno-Ulicetea**).

Toutefois :

- la reprise ponctuelle des ligneux
- l'hétérogénéité des recouvrements
- la dominance locale de la molinie

indiquent une trajectoire encore instable, typique d'un stade post-restauration.

Ces secteurs illustrent donc une transition réversible entre :

- stades préforestiers hygrophiles (**Salicetea auritae**)
- landes humides restaurées (**Calluno-Ulicetea**)

➤ **Intérêt écologique**

Les **zones D et E**, habitats ouverts restaurés, accueillent une faune spécialisée, notamment des invertébrés des milieux oligotrophes humides, des amphibiens liés aux zones engorgées, ainsi que des reptiles et oiseaux exploitant les structures basses pour l'alimentation et le refuge. Sensibles à l'embroussaillage, à l'enrichissement trophique et aux modifications hydrologiques, ces unités nécessitent une gestion extensive adaptée afin de stabiliser la trajectoire vers des stades de lande humide fonctionnelle, à forte valeur patrimoniale.

12. Discussion : lecture phytosociologique et implications de gestion

12.1 Une restauration écologiquement efficace

Les analyses montrent que l'étrépage, lorsqu'il est combiné à un pâturage extensif, permet :

- une **réouverture durable** du milieu,
- sans eutrophisation,
- sans modification de la réaction du sol,
- et sans altération du fonctionnement hydrique potentiel.

Les cortèges floristiques observés correspondent à des habitats d'intérêt communautaire bien conservés.

12.2 Le rôle central des zones de transition

La zone C illustre l'importance des **zones charnières**, souvent sous-estimées dans les suivis classiques. Ces secteurs concentrent :

- une forte diversité floristique,
- des espèces hygrophiles indicatrices,
- et une sensibilité accrue aux modifications hydrologiques.

Leur maintien constitue un enjeu prioritaire de conservation.

12.3 Intérêt d'un suivi à long terme

La durée du suivi permet de dépasser les fluctuations interannuelles liées au climat et de révéler des trajectoires écologiques robustes, rarement documentées dans les études de gestion conservatoire.

12.4 Implications pour la conservation

Les parcelles D et E nécessitent une vigilance accrue, tandis que les secteurs A–C peuvent être considérés comme des références pour le maintien des landes humides armoricaines.

12.5 Clé de lecture gestionnaire basée sur les espèces indicatrices

Tableau 2 - Espèces indicatrices et règles de gestion

Espèce indicatrice	Signal écologique	Interprétation	Action recommandée
<i>Betula pubescens</i>	Fermeture	Début de boisement	Intervention rapide
<i>Salix atrocinerea</i>	Engorgement + fermeture	Dérive vers fourrés	Étrépage ciblé
<i>Carex nigra</i>	Hydromorphie fonctionnelle	Bon état	Surveillance
<i>Juncus bulbosus</i>	Sols humides oligotrophes	Équilibre	Aucune
<i>Holcus lanatus</i>	Enrichissement	Banalisation	Ajuster pâturage

12.6 Raunkiær comme outil d'aide à la décision

L'approche par types biologiques permet de traduire les résultats scientifiques en **règles de gestion simples** :

Tableau 3 - Types biologiques et règles de gestion

Signal Raunkiær	Lecture écologique	Décision de gestion
Hémicryptophytes dominantes	Fonctionnement stable	Maintien des pratiques
Chaméphytes stables	Oligotrophie conservée	Aucune action lourde
Géophytes présentes	Hydromorphie fonctionnelle	Protection prioritaire
Phanérophytes en hausse	Fermeture amorcée	Intervention rapide
Thérophytes en hausse	Perturbation excessive	Réduction de pression

L'analyse selon Raunkiær montre que :

- les zones A et B présentent une **structure fonctionnelle équilibrée** ;
- la zone C joue un rôle clé de **réservoir hydrologique et fonctionnel** ;
- les zones D et E restent **sous vigilance**, en raison de la reprise ponctuelle des phanérophytes.

Les résultats confirment que :

- l'étrépage est un outil efficace de "remise à zéro" fonctionnelle,
- le pâturage extensif est un **outil de stabilisation**, mais non suffisant seul sur les secteurs à forte dynamique ligneuse.

13. Conclusion

Le suivi botanique conduit aux Grandes Landes de Trébédan sur une période de quinze années met en évidence la capacité de la lande humide atlantique à retrouver un fonctionnement écologique satisfaisant lorsque les interventions de gestion sont **ciblées, raisonnées et inscrites dans la durée**. Les opérations d'étrépage, complétées par un pâturage extensif adapté, ont permis de restaurer durablement des milieux ouverts sans induire de dérive trophique ni de modification notable des caractéristiques édaphiques, tout en préservant le fonctionnement hydrique potentiel des sols.

L'analyse conjointe de plusieurs niveaux de lecture - composition floristique, valeurs indicatrices d'Ellenberg, cortèges phytosociologiques et types biologiques de Raunkiær - montre que ces actions de gestion ont dépassé la seule modification physionomique du site, en influençant également **les stratégies biologiques dominantes de la végétation**. Les trajectoires observées traduisent une résilience marquée des communautés de lande humide, soulignant l'importance d'un entretien approprié des phases d'ouverture et d'une vigilance particulière portée aux secteurs écologiquement sensibles, notamment les zones de transition hydrique.

Au-delà des résultats écologiques, cette étude souligne le **rôle central des suivis naturalistes de long terme** dans la compréhension fine des dynamiques propres aux milieux semi-naturels. En articulant gestion conservatoire et observation continue, elle montre que la gestion peut devenir un

véritable outil de connaissance, tandis que l'analyse rétrospective des données accumulées contribue, en retour, à affiner et ajuster les pratiques de gestion. Ce travail illustre ainsi la valeur d'une connaissance construite dans le temps, souvent portée par des acteurs bénévoles, et met en évidence l'intérêt d'articuler étroitement expertise de terrain, protocoles accessibles et analyses intégratives pour accompagner durablement la conservation des landes humides armoricaines.

Ancien espace agricole progressivement abandonné et largement recolonisé par les ligneux depuis la fin des années 1960, le site des Grandes Landes de Trébédan a retrouvé, à la suite des opérations d'étrépage de 2013 et 2018, un véritable caractère landicole. L'analyse des inventaires botaniques réalisés depuis 2012 met en évidence une réorganisation progressive de la végétation, traduisant la restauration d'une **structure, d'une composition et d'un fonctionnement écologique cohérents avec ceux d'une lande humide atlantique fonctionnelle**.

Références bibliographiques (sélection)

- **Delassus, L. (coord.)** (2015). *Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques*. Conservatoire botanique national de Brest, 25 p. (document technique).
- **Gallet, S., & Roze, F.** (2001). *Dynamique des landes humides atlantiques*. Ecologie.
- **Glemarec, E., & al.** (2015). *Les landes du Massif armoricain. Approche phytosociologique et conservatoire*. Brest : Conservatoire botanique national de Brest, 278 p., annexe. (Les cahiers scientifiques et techniques du CBN de Brest ; 2).
- **Guinochet, M.** (1973). *Phytosociologie*. Paris : Masson.
- **Julve, P.** (1998, mise à jour continue). *Baseflor : Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France* (Base de données). Version consultée. Disponible en ligne ou via Tela-Botanica.
- **Kent, M.** (2012). *Vegetation Description and Data Analysis*. Wiley.
- **Lahondère, C. (éd.)** (1997). *Initiation à la phytosociologie (méthode sigmatiste)*, n° 16. Centre de Ressources et de Documentation Durable (CRDD).
- **Legendre, P., & Legendre, L.** (2012). *Écologie numérique* (3^e éd.). *Développements en modélisation environnementale*, Vol. 24. Elsevier Science, Amsterdam.
- **Perrin, G., & al.** (2023). *La démarche Ellenberg : une alternative simple et robuste à la démarche réglementaire pour la délimitation des zones humides en France métropolitaine*. *Sciences Eaux & Territoires*, (43), 37–42. <https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2023.43.7506>.
- **Thébaud, C., & al.** (2014). *Gestion conservatoire des landes bretonnes*. Norois.

Remerciements

Le suivi botanique mené entre 2012 et 2025 a reposé sur l'implication des bénévoles de Bretagne Vivante, avec la supervision successive de Daniel Chicouène, Yann Laurent, Olivier Babut et Bernard Clément.

Merci à Alain Bédacarrats, Benoît Dujol, Olivier Massard et Bernard Clément pour leurs précieux conseils et leur relecture attentive.

Merci aussi à Jean-Yves Raux, Géraldine Dassa et Mouna Haji pour la mise à disposition et l'autorisation d'utilisation des photographies illustrant cet article.