



HAL
open science

Projet de valorisation d'un espace naturel et mégolithique : étude de la relation sol-végétation et des potentialités de restauration de milieux

Kevin de Langenhagen

► To cite this version:

Kevin de Langenhagen. Projet de valorisation d'un espace naturel et mégolithique : étude de la relation sol-végétation et des potentialités de restauration de milieux. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03576625

HAL Id: dumas-03576625

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03576625v1>

Submitted on 16 Feb 2022

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

<p>Année universitaire : 2020 – 2021</p> <p>Parcours : Transition, Environnement, Agriculture, Milieux</p> <p>Option de spécialisation : Sol, Eau, Hydrosystèmes</p>	<p>Mémoire de fin d'études</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> d'ingénieur d'AGROCAMPUS OUEST (École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de L'institutAgro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)✓ de master d'AGROCAMPUS OUEST (École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de L'institutAgro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)<input type="checkbox"/> de Montpellier SupAgro<input type="checkbox"/> d'un autre établissement
--	--

Projet de valorisation d'un espace naturel et mégalithique : étude de la relation sol-végétation et des potentialités de restauration de milieux

Par : Kevin DE LANGENHAGEN



Soutenu à Rennes, le 20/09/2021

Devant le jury composé de :

Président : Didier MICHOT

Maîtres de stage : Franck DANIEL, Jean-Louis BELLONCLE, Emmanuelle MORIN

Enseignants référents : Christian WALTER, Jacques HAURY

Autres membres du jury :

Bernard CLEMENT, Phytosociologue et Maître de conférences en écologie végétale à l'Université de Rennes 1

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

*« Il faut du courage pour se lever et parler. Il en faut tout autant pour
s'asseoir et écouter. »*

Winston Churchill

« L'expérience est le nom que chacun donne à ses erreurs. »

Oscar Wilde

REMERCIEMENTS

Je souhaite sincèrement rendre hommage et remercier chaleureusement, toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué au bon déroulement de mon stage et à ses réussites. Grâce à eux, ce fût assurément une belle aventure, tant sur le plan personnel que professionnel, ou encore pédagogique.

Je pense tout d'abord à mon trinôme de tuteurs du Département, qui m'a accueilli et intégré aux équipes, puis orienté dans cette grande structure. Leur accompagnement sur tous les plans, leur expérience et leur regard critique, ont été indispensables pour mener à bien le travail demandé. Je veux évidemment parler d'Emmanuelle MORIN, Responsable du Service Espaces Naturels Sensibles et Randonnées, Jean Louis BELLONCLE et Franck DANIEL, Chargés de mission au Service de l'Eau, de l'Aménagement Foncier et des Espaces Littoraux.

Par ailleurs, ces pensées sont adressées aux autres personnes ressources du Département du Morbihan, pour leurs précieux renseignements délivrés, dont font partie :

- Romain CHAUVIERE, Adjoint au Directeur des Routes et de l'Aménagement, pour m'avoir accepté, accueilli et orienté dans ce stage ;
- Thierry COUESPEL et Laurent PERIGNON, respectivement Chargé de mission et gestionnaire d'ENS au Service Espace Naturels Sensible et Randonnées ;
- Déborah SEBAG, Chargée de mission au Service Départemental Archéologie ;
- Benoît DOUILLARD, Chargé de mission au Service d'Information Géographique des Routes et de l'Aménagement.

Ces remerciements sont tout autant destinés aux membres du CSEM qui, par leur suivi et soutien scientifiques apportés, ont été une vraie boussole dans ces recherches, avec notamment :

- Bernard CLEMENT, Phytosociologue et Maître de conférences en écologie végétale à l'Université de Rennes 1, laboratoire écosystèmes-biodiversité-évolution, grand spécialiste des landes de Bretagne ;
- Philippe MEROT, Agronome et Directeur de recherche en agronomie et hydrologie, professeur consultant à Agrocampus Ouest ;
- Evelyne GOUBERT, Géologue et Maître de conférences en géosciences marines et géomorphologie littorale, Enseignante-chercheuse à l'Université de Bretagne Sud, Laboratoire Géoscience Océan.

Ce témoignage de ma reconnaissance va de même et sans conteste, à mes enseignants. Car en plus de me transmettre avec patience et passion leurs savoirs, ils ont su rester disponibles pour m'accompagner dans ce contexte particulier des années scolaires 2020-2021. Leur expertise, leur investissement et leurs conseils, ont sans aucun doute été déterminants. Il est question entre autres de :

- Jacques HAURY, Enseignant-chercheur en écologie végétale, de l'UMR INRAE Ecologie et Santé des Ecosystèmes, Laboratoire Ecologie et Santé des Plantes ;

- L'équipe ACO de l'UMR INRAE Sol Agro et hydrosystème Spatialisation, Département Milieu Physique / Paysage / Territoire, avec surtout :
 - Mes référents pédagogiques Christian WALTER, Directeur de l'unité, et Didier MICHOT, Enseignant-chercheur en science du sol / géophysique / gestion des déchets ;
 - Blandine LEMERCIER, Ingénieure de recherches en science du sol ;
 - Anne JAFFREZIC, Enseignante-chercheuse en Agro-hydrologie, premier contact de la formation qui a accepté ma candidature.

Il est également important d'adresser ces remerciements, à toutes les personnes rencontrées en chemin. Elles m'ont véritablement épaulé dans ma mission, que ce soit par leurs expériences et connaissances, ou tout simplement leur disponibilité. Je souhaite évoquer par exemple :

- Elise LAURENT, Botaniste-Phytosociologue spécialiste de la relation sol-végétation au Conservatoire Botanique National de Brest ;
- Delphine AUBIN, Chargée de mission Culture à l'intercommunalité d'Erdeven (Auray Quiberon Terre Atlantique) ;
- Emilie HEDDEBAUX, Chargée de mission et restauratrice du patrimoine de l'association Paysages de Mégalithes de Carnac et du Sud du Morbihan ;
- Manon TAUDIN, Agent technique de l'Office National des Forêts ;
- Erwan DE BONDUWE, Architecte Paysagiste du bureau d'études TIRIAD ;
- Sébastien GALLET, Maître de conférences à l'Université de Bretagne Occidentale, Département de Biologie de l'UFR Science, Géoarchitecture-Territoires-Urbanisation-Biodiversité-Environnement ;
- La fine équipe des stagiaires, dont Elodie et Gaël, partageant mon bureau et m'épaulant aussi dans des opérations de terrain parfois très physiques.

Je terminerai par une pensée particulière et profonde, à ma conjointe Laura DELAUNE et ma famille. Avec leur soutien infaillible et leurs recharges de bonnes énergies, ils ont été d'une aide inestimable dans ce voyage éprouvant, à bien des égards, qu'est la reconversion professionnelle.

Un grand merci à toutes et tous.

AVANT-PROPOS

Ce document et ses annexes jointes, sont une **partie intégrante et l'aboutissement de mon stage de fin d'études** supérieures en master (**mention** Agro-sciences, environnement, territoires, paysages, forêts ; **parcours** Transition, Environnement, Agriculture, Milieux ; **option de spécialisation** Sol-Eau-Hydrosystèmes). En effet, la maquette d'enseignements de ce cursus étant **pluridisciplinaire**, elle aborde de façon **systemique** la gestion des **ressources en sol et en eau**, dans l'aménagement de territoires en transition. Elle nécessite toutefois d'être accompagnée d'une **période de professionnalisation**, via un travail d'ingénierie en lien avec les disciplines enseignées en école. Ce stage s'est donc étalé **sur un semestre** de mars à août 2021, faisant l'objet d'une **convention entre** :

- **L'institut Agro – Agrocampus Ouest de Rennes**, lieu d'enseignements et organisme de ma formation continue ;
- **Le Département du Morbihan**, structure professionnelle commanditaire de l'étude exposée ci-après et qui m'a recruté en tant que stagiaire pour la réaliser.

Par ailleurs, pour un étudiant abordant ce genre de problématique complexe, cette période fût synonyme de mise à l'épreuve et notamment pour :

- Mon niveau de compréhension et d'esprit critique ;
- Mes capacités d'analyse et de synthèse ;
- Mes facultés de structuration d'idées et de rédaction ;
- Ma maîtrise du savoir-faire et mon adaptation du savoir-être ;
- La pertinence et la qualité de la méthodologie mise en place.

Ce document **valorisant l'aspect pédagogique** de mon travail d'étudiant, il s'est **inspiré d'un rapport d'étude qui était destiné au commanditaire** de l'étude associée. En effet, ce mémoire de stage est indispensable à la **délivrance du diplôme** sanctionnant mes 2 ans de **formation continue**, puisqu'il en est le support d'évaluation finale.

Quant aux livrables attendus au niveau professionnel, ils sont **délivrés sous forme d'un rapport d'étude et d'une note de synthèse**, tous deux issus de l'ensemble du travail effectué en amont. Ils sont de ce fait produits et rendus comme **service technique et scientifique, à destination du Département du Morbihan**, par leur caractère plutôt opérationnel.

Enfin, il est à préciser que ces rendus professionnels et pédagogiques, ont été accompagnés de présentations orales les 20 et 21 septembre 2021.

Modifications du document :

Indice	Date	Description	Rédacteur
0	20/06/2021	Création de la trame et rédaction des pages liminaires	KDL
1	12/07/2021	Modification de la trame, rédaction du rapport	KDL
2	16/08/2021	Modifications pour prise en compte des remarques de l'équipe encadrante	KDL
3	10/09/2021	Version finale	KDL
4		Prise en compte des corrections après rendu, pour publication	KDL

Crédit photos : Kevin DE LANGENHAGEN, sauf mention contraire.

SOMMAIRE

Les principaux paragraphes du présent document, sont structurés comme suit :

PRESENTATION DU DEPARTEMENT DU MORBIHAN	1
INTRODUCTION	3
1. DEMARCHE METHODOLOGIQUE	5
1.1 STRATEGIE SUIVIE.....	5
1.2 IDENTIFICATION DE LA ZONE D'ETUDE AU SEIN DE L'ENS ER VARQUEZ.....	5
1.3 ELABORATION DU PLAN D'ECHANTILLONNAGE.....	6
1.4 COLLECTE DES DONNEES TERRAIN POUR LA PHYTOSOCIOLOGIE ET LA PEDOLOGIE.....	9
1.4.1 <i>Cadrats pour les relevés de végétation</i>	9
1.4.2 <i>Sondages pour la caractérisation in-situ des propriétés de sols</i>	9
1.4.3 <i>Prélèvements pour analyses en laboratoire des paramètres physico-chimiques de sols</i>	11
1.5 RESSOURCES ET MOYENS MOBILISES	14
1.5.1 <i>Acteurs</i>	14
1.5.2 <i>Matériel et documentation</i>	14
1.5.3 <i>Planification</i>	15
2. ETAT DES CONNAISSANCES DISPONIBLES	16
2.1 CADRE JURIDIQUE ET REGLEMENTAIRE.....	16
2.1.1 <i>Patrimoine écologique</i>	16
2.1.2 <i>Patrimoine archéologique</i>	16
2.2 TOUR D'HORIZON DES VOILETS ENVIRONNEMENTAUX	17
2.2.1 <i>Volet végétation</i>	17
2.2.2 <i>Volet sol et sous-sol</i>	18
2.3 EVOLUTION DU PAYSAGE	20
2.4 RETOURS D'EXPERIENCES D'AUTRES PROJETS MORBIHANNAIS SIMILAIRES	21
3. ANALYSE, DESCRIPTION ET SYNTHESE DES DONNEES REUNIES	22
3.1 VEGETATION.....	22
3.1.1 <i>Unités homogènes de végétation</i>	22
3.1.2 <i>Relevés phytosociologiques</i>	29
3.2 SOLS	32
3.2.1 <i>Caractérisation in-situ</i>	32
3.2.2 <i>Analyses physico-chimiques</i>	36
3.3 ANALYSES CROISEES ET MISE EN EVIDENCE DES RELATIONS SOL / VEGETATION	42
3.3.1 <i>Tableaux de contingence</i>	42
3.3.2 <i>Analyses multi-dimensionnelle</i>	43
3.4 SYNTHESE SUR LES POTENTIALITES DE RESTAURATION DE LANDES.....	44
3.5 SCENARIOS ENVISAGEABLES SUR LA RESTAURATION.....	46
3.6 CRITIQUES METHODOLOGIQUES ET PRISE DE REcul SUR LES RESULTATS.....	54
CONCLUSION ET DISCUSSION	55
BIBLIOGRAPHIE	56
WEBOGRAPHIE	58
GLOSSAIRE	2
TABLE DES ILLUSTRATIONS	4
TABLE DES MATIERES	6

PRESENTATION DU DEPARTEMENT DU MORBIHAN

Datant de la Révolution française et de son lot de chambardements post-monarchie, les départements sont issus d'anciennes provinces redécoupées (« départir » signifie « partager ») (*Quillien, 2018*). Le chef-lieu devant être à moins d'un jour de cheval de tout point de ces nouveaux territoires, il leur est alors assigné le nom de l'élément le plus remarquable du paysage (cours d'eau, montagne, etc.). Ainsi, sachant la proximité du golfe sur l'océan Atlantique, considéré alors comme une petite mer ou « mor bihan » en breton, le Département du Morbihan est né (*Département du Morbihan, 2021*).

Aujourd'hui, au sein des institutions de la 5^{ème} république française, le département désigne 2 entités à ne pas confondre (département versus Département) (*Quillien, 2018*). Il y a d'abord le territoire métropolitain au sein de la région Bretagne, entre terre et mer ou roche et eau (*Département du Morbihan, 2021*). Cette circonscription administrative n°56, constituée de 21 cantons pour 250 communes sur 682 000 ha, accueille les services déconcentrés de l'Etat français qui sont coordonnés par le préfet. Il est aussi question d'une collectivité territoriale, qui a des rôles et missions en faveur de ses plus de 750 000 habitants, administrée par le Conseil départemental du Morbihan. Cette structure rassemblant des services publics, l'action et les décisions politiques, elle s'organise autour :

- D'une assemblée parlementaire de 42 conseillers (suffrage universel direct pour 6 ans), fixant le cadre des politiques et votant le budget (749M€ en 2021, 22% d'investissement) ;
- De services divers regroupant environ 2700 agents en 2021, répartis sur le territoire et œuvrant à la bonne exécution des décisions prises par l'assemblée.

Au niveau des compétences et sous-compétences, plusieurs actes de décentralisation ont fait évolués leurs périmètres, au fil des modifications dans le partage avec l'Etat français (lois de mars 1982, août 2004, etc.) (*Quillien, 2018*). Il a par exemple été fixé les principes d'autonomie de décision et de libre administration budgétaire de la collectivité, en lui transmettant des compétences et ressources. Cependant, l'Etat continue de financer sa collectivité par le biais des dotations, tout en contrôlant la conformité à la loi des actes et décisions de celle-ci.

Par la suite, la réforme concernant la nouvelle organisation territoriale de la République (loi NOTRe du 7 août 2015), réduisit le champs d'influence du Dpt56, comme d'autres collectivités. Depuis, il ne peut plus agir que dans certains domaines et souvent hors du champ économique, alors qu'il pouvait jadis intervenir davantage dans l'action publique, sur justification d'un intérêt territorial (clause de compétence générale) (*Département du Morbihan, 2021*) :

- Infrastructures et aménagement du territoire (routes / réseaux / ports, transports) ;
- Solidarité territoriale (soutien aux communes, animation territoriale, logement, prévention et sécurité, tourisme, environnement) ;
- Développement social et insertion (familles et Revenu de Solidarité Active) ;
- Autonomie (personnes âgées et handicapées) ;
- Education et jeunesse (collèges, enseignement artistique et sportif) ;
- Culture (médiathèques et archives, patrimoine et ouvrages d'arts).

En ce qui me concerne, j'ai travaillé pour le Dpt56 sur un sujet à l'interface de 2 sous-compétences, me retrouvant alors intégré à 2 services distincts mais complémentaires (aménagement et espaces naturels, cf. annexe I : Organigramme simplifié des services du Département du Morbihan). Par ailleurs, le caractère scientifique du stage a nécessité un suivi par le Conseil Scientifique de l'Environnement du Morbihan.

Service de l'Eau, de l'Aménagement Foncier et des Espaces Littoraux (SEAFEL)

Les différentes réorganisations de services et répartitions de compétences précitées, ont parfois mené à des regroupements. Le SEAFEL est en ce sens issu de la fusion de 3 périmètres de sous-compétences à la charge du Dpt56, ce qui lui permet d'agir de façon transversale. L'équipe dispose de plus d'une multitude d'outils pour mettre en œuvre les engagements du Dpt56, quant aux problématiques liées à l'environnement et au cadre de vie des morbihannais.

Ainsi, la qualité des eaux étant un enjeu environnemental et économique majeur, le petit et le grand cycle de l'eau sont des sujets importants pris en charge (accompagnement technique / financier de projets d'assainissement collectif, contrats territoriaux). L'aménagement foncier pourra de son côté conduire à des procédures d'Aménagement Foncier Agricole Forestier et Environnemental, des études environnementales dans le cadre de travaux routiers, ou encore à l'évaluation de programmes (Breizh Bocage II, etc.). Puis bien qu'une partie de la gestion des ports et espaces littoraux soit externalisée ou déléguée (sociétés privées, Conservatoire du littoral), le Dpt56 n'en est pas moins impliqué avec 32 ports départementaux, 55 mouillages, ou encore des destructions de navires abandonnés.

Service Espaces Naturels Sensibles et Randonnées (SENSR)

Un espace naturel sensible est une appellation qui qualifie un site naturel riche et intéressant, sur les plans écologiques et paysagers, mais fragiles et menacés (*Département du Morbihan, 2021*). Présentant des avantages pour la société, il nécessite tout de même une protection légale accompagnée d'actions, afin d'assurer sa pérennité et sa capacité à répondre aux enjeux qui y sont associés.

En ce sens et depuis 30 ans, la politique de préservation et de valorisation du patrimoine naturel, découle de la compétence du Dpt56 en matière de protection de la biodiversité et des paysages. Il dispose pour cela d'outils tels que la préemption de zones à réhabiliter / sauvegarder, la gestion des milieux naturels, ou encore l'agrégation et la création de connaissances. Un schéma départemental des ENS a d'ailleurs été produit et il est mis à jour périodiquement (2012-2022 pour celui en cours). Définissant concrètement la stratégie politique via 8 axes sur l'ensemble du territoire morbihannais, ce document s'est fait en partenariat avec des collectivités, des associations et le Conservatoire du littoral. Il en résulte aujourd'hui la protection d'une mosaïque de 3800 hectares d'ENS (dunes, marais, landes, tourbière, forêt, etc.).

Conseil Scientifique de l'Environnement du Morbihan (CSEM)

Créé en 2014 et composé de 7 membres, le CSEM est le prolongement du conseil scientifique de l'Observatoire Départemental de l'Environnement du Morbihan.

C'est pourquoi après consultation, il émet en toute indépendance des avis relatifs aux questions environnementales, sur des thématiques variées : production de connaissances sur l'eau, les espaces naturels, le littoral, le bocage, le changement climatique, etc. Ces saisines peuvent émaner du conseil départemental, ou succéder aux demandes d'autres collectivités locales. Les membres du CSEM sont donc amenés à proposer / suivre / encadrer des études à caractère scientifique / technique, sur des sujets qui leur sont soumis.

INTRODUCTION

Au sein de la région Bretagne, les paysages mégalithiques des rives du Morbihan, bénéficient d'une politique culturelle qui les a amenés aujourd'hui, à faire l'objet d'une démarche d'inscription au patrimoine mondial UNESCO (*DRAC Bretagne, 2010 ; Leblé et al, 2020*).

Dans le cadre de cette démarche, un projet est en réflexion à propos de l'aménagement des alignements de mégalithes sur la commune d'Erdeven (*De Bonduwe et Luzu, 2017*). Ils correspondent dans les faits à des ensembles de divers types, sur une bande d'environ 2,7km de long, s'étendant des lieux dits de Kerzerho à Varquez (plus de 1000 mégalithes).

S'inscrivant dans ce projet d'aménagement et en préfiguration de la candidature UNESCO, le Département du Morbihan a souhaité réaliser la présente étude, afin de mettre en place des actions associées à sa compétence « Espaces Naturels Sensibles » (cf. présentation du Dpt56) (*Conseil General du Morbihan, 2012 ; Heddebaux, 2013*). En effet, il porte la volonté de valoriser un site ENS concerné par cet aménagement et ce classement, car situé sur la commune littorale d'Erdeven : Er Varquez (*Ferrand, 2016*). Il s'agit là d'un boisement composé essentiellement de pins maritimes, qui borde un étang et abrite un groupement remarquable de mégalithes. Cependant, ces vestiges sont en réalité majoritairement dissimulés par la végétation de sous-bois (dressés ou couchés). Une ouverture de la végétation est donc envisagée sur une partie de cet espace naturel, sachant que des opérations similaires ont déjà été réalisées, au niveau de certains de ses monuments mégalithiques (cf. annexe II : Informations complémentaires sur le cadrage de l'étude - figures 1 à 4 et §Précisions archéologiques).

Les enjeux liés à ce projet de valorisation du site, par son aménagement et sa gestion a posteriori, sont par ailleurs multiples. Il est question d'abord de mettre en valeur son patrimoine naturel. En effet, l'ambition est relative à l'écologie par la restauration et le maintien de landes à partir de systèmes landicoles et forestiers, actuellement en place (*Blond, 2016 ; ONF, 2016*). Cet espace naturel alors réouvert et d'intérêt écologique, améliorerait la biodiversité du site, mais il convient de vérifier qu'un tel développement est possible, au regard des conditions biotiques et abiotiques des milieux. C'est d'ailleurs en ce sens que le caractère scientifique de l'étude présentée ici, impliquerait une plus-value sur le plan pédologique, par l'amélioration de la connaissance des sols du site et leur capacité à répondre à ce premier enjeu écologique.

De la même manière, la volonté ici est relative à l'archéologie, par la sublimation et la conservation des alignements de mégalithes d'Erdeven (*Leblé et al, 2020*). La mise en valeur de ce patrimoine, renforcerait ainsi l'appréciation universelle exceptionnelle de l'ensemble du bien à inscrire. La sélection des candidats au patrimoine UNESCO étant en réalité, conditionnée par la satisfaction de critères exigeants sur la totalité du périmètre inscrit (*UNESCO, 2021*).

De plus, il est également à considérer des enjeux liés au tourisme, avec jusqu'à 65 000 visiteurs en 2018 (éco-compteurs du Dpt56). En effet, Le Varquez offrant un spectacle à part et tout autant éblouissant que son voisin de Carnac, ce projet est sensé se faire dans l'optique de réguler la fréquentation de ce dernier. Cependant, cette affluence de nouveaux visiteurs, de Carnac ou d'ailleurs, devra être compatible avec les autres enjeux (ENS, alignements d'Erdeven, UNESCO) (*Ferrand, 2016*). Puis en plus de favoriser la biodiversité, l'ouverture de la végétation faciliterait l'aménagement et la gestion des alignements, en termes de sécurité des biens et des personnes. Force est de constater qu'il serait bénéfique de supprimer des arbres dangereux et en mauvais état, du fait de leur densité ou de leur vieillesse. Ils pourraient tout à fait chuter à proximité de lieux de passage / contemplation du patrimoine, ou encore propager d'éventuels incendies.

Enfin, la réussite d'un tel projet de double valorisation qui se veut expérimental, afficherait une exemplarité et appellerait à sa répétition au-delà du site ENS en question.

Au regard des éléments précités, le Dpt56 s'est donc interrogé en tant que commanditaire, propriétaire et gestionnaire de l'ENS Er Varquez. Il l'a fait, d'une part, à propos des caractéristiques pédologiques locales actuelles et, d'autre part, concernant les trajectoires de végétation probables après son ouverture, qui ensemble déterminent la capacité du milieu à retourner vers un écosystème de lande (*Laurent & Douard, 2017*).

En outre, il a souhaité mettre en lumière les potentialités de restauration, afin d'évaluer le gain écologique et paysager de la valorisation du patrimoine mégalithique.

Afin de répondre au mieux à cette problématique, plusieurs objectifs ont ainsi été fixés. Tout d'abord, ceci est passé par une caractérisation du contexte spécifique à L'ENS : aspects juridiques et environnementaux.

Ensuite, et afin de répondre de façon concrète, il a fallu réaliser un inventaire des sols et de la végétation. En effet, certaines propriétés de sols et leurs structures ont été déterminées, tout en conduisant une identification de marqueurs de podzolisation. Il en a été de même quant à la végétation, avec un approfondissement de la question sur la présence de la Ronce et de la Fougères aigle, parfois proliférantes et nécessitant d'être régulées.

En parallèle, cette mission a exigé de réaliser des recherches vis-à-vis des déterminants écologiques et sociologiques du site, en explorant son évolution à des échelles temporelles multiples. Puis ce travail a également requis de se nourrir de retours d'expérience de projets similaires, ainsi que de connaissances issues de la littérature scientifique relative aux disciplines abordées.

Enfin, il a été réalisé une analyse approfondie et croisée des données disponibles / collectées, tout en mobilisant l'expertise de plusieurs acteurs et partenaires. Différents scénarios ont ensuite été produits afin de mettre en avant les potentialités de restauration. Toutefois, ces avis ont eu pour unique but d'aider à la décision, dans l'optique de piloter et évaluation des actions d'aménagement, pour comprendre ce qui y est impliqué. Il s'agissait donc dans le cas présent d'orientations possibles, mais non directement de propositions concrètes garanties de résultats, les choix étant faits par le commanditaire et les acteurs des différents projets.

Nous allons donc commencer ici par parcourir la façon dont a été mis en évidence le lien entre les sols et la végétation, à travers une méthodologie adaptée et l'apport des connaissances en phytosociologie et pédologie. Puis suite à une rapide synthèse des connaissances disponibles, nous nous concentrerons ensuite sur les résultats récoltés pendant la campagne de terrain. Nous finirons alors par explorer les potentialités de restauration de ce site, préfigurant des scénarios formulés ici, à destination d'un acteur de la gestion des espaces naturels.

1. Démarche méthodologique

1.1 Stratégie suivie

Afin de répondre de façon pertinente à la problématique énoncée précédemment, en atteignant les objectifs associés, la stratégie s'est traduite par la mise en place d'une méthodologie d'étude (figure 1). Cela a donné lieu à la formulation d'axes de travail déclinés en différents sous-objectifs comme suit :

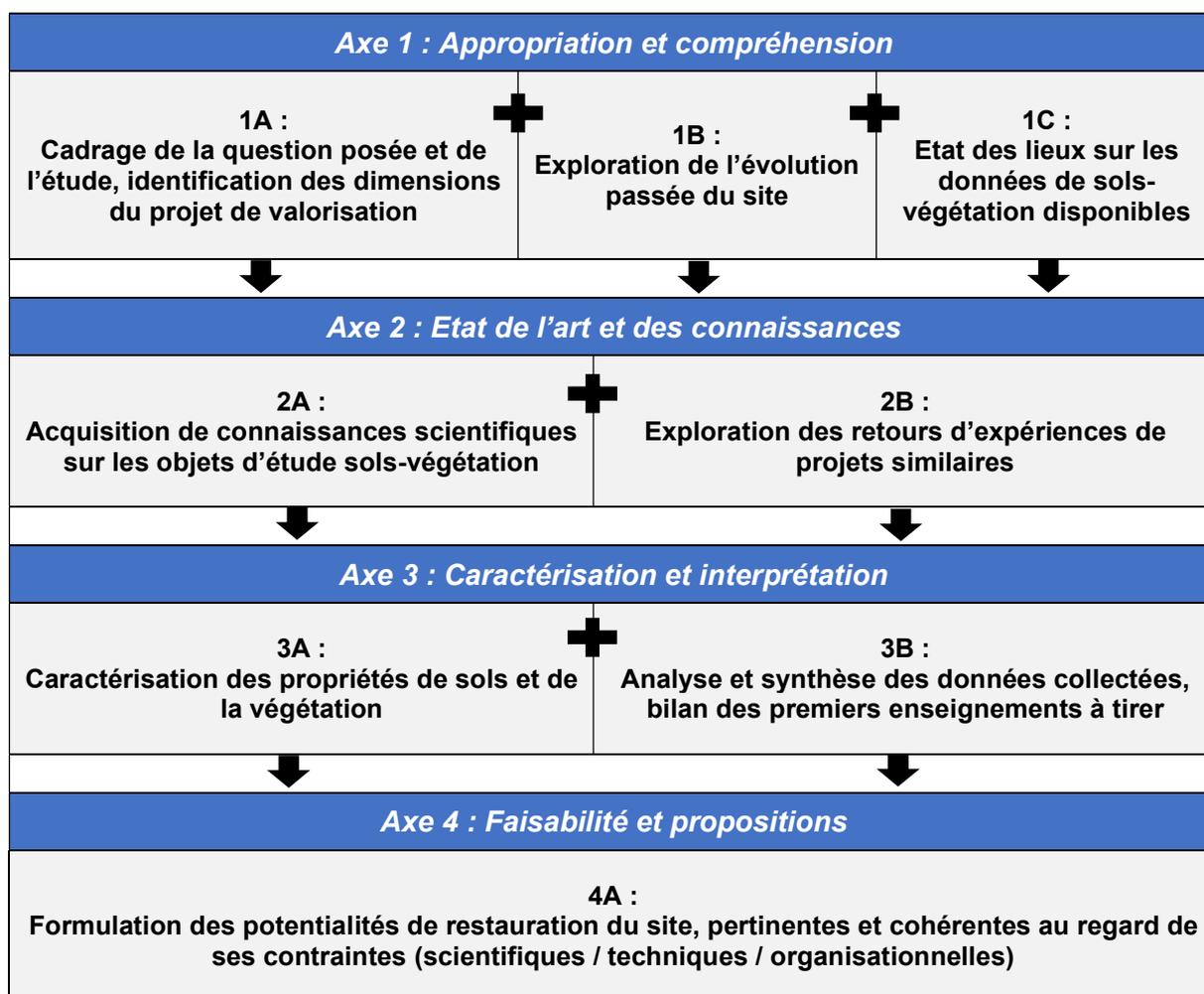


Figure 1 : représentation schématique des axes méthodologiques de l'étude

1.2 Identification de la zone d'étude au sein de l'ENS Er Varquez

L'ENS concerné ici possède une superficie de 52ha, étant intégré aux 150ha d'espaces boisés de la commune d'Erdeven et bordant l'étang communal du Varquez (ONF, 2016). Toutefois, après corrélation entre propriété départementale et alignements mégalithiques, la démarche méthodologique ci-dessus s'est appliquée sur un périmètre de 27ha (parcelles privées non comprises) (figure 2).

Par ailleurs, la superficie d'intervention potentielle sur la végétation, sera probablement à ajuster : d'une part, car le projet d'aménagement des alignements de mégalithes d'Erdeven n'est pas validé définitivement et, d'autre part, car des objets non géolocalisés (mégalithes / murets / talus / fossés), mais pouvant être d'intérêt archéologique, ont été aperçus pendant les opérations de terrain. La délimitation a donc été faite en sachant que le dernier recensement de mégalithes de 2007 nécessiterait une mise à jour (Heddebaux, 2013 ; Ferrand, 2016).

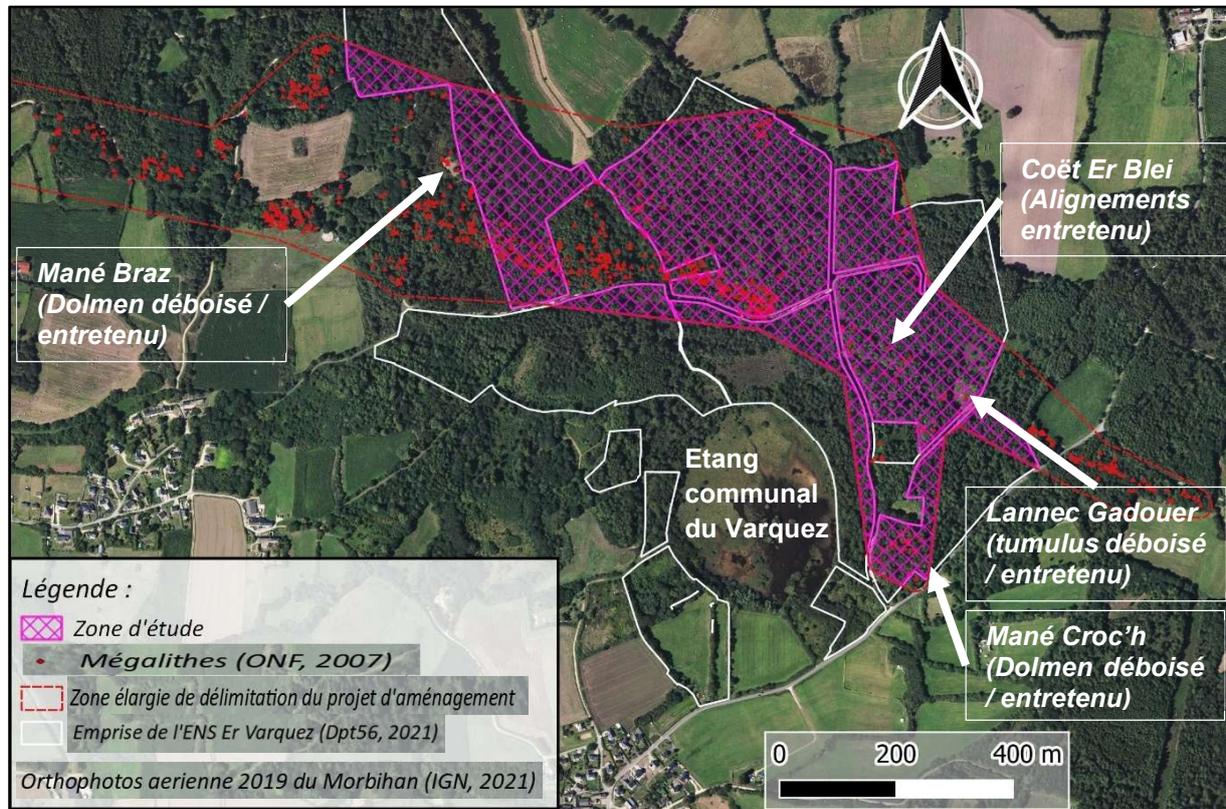


Figure 2 : emprise de la zone d'étude sur l'ENS Er Varquez

1.3 Elaboration du plan d'échantillonnage

La stratégie et la démarche de construction du plan d'échantillonnage au sein de la zone d'étude, se sont inspirées d'un travail sur la relation sol-végétation du CBNB (Laurent & Douard, 2017). Néanmoins, il a fallu s'adapter à l'échelle de la zone d'étude et ses contraintes archéologiques, ou encore aux impératifs temporels et économiques de cette mission. Cette stratégie a donc été établie au regard de couches de données cartographiques :

- Dans un premier temps, existantes et agrégées préalablement, telles que :
 - La géolocalisation par l'ONF des mégalithes et talus / murets (Dardignac & Leroux, 2007) ;
 - Les matériaux parentaux du sol (cf. annexe III : Carte géologique de la zone d'étude) (BdD CHARM-50, BRGM, 2019) ;
 - Les types de sols prédéterminés en 1980 (cf. annexe IV : Carte des sols de la zone d'étude en 1980 + nomenclature du tableau 1) (Rivière, 1980) ;
 - L'occupation historique des sols estimée (cf. annexe V : Carte de l'occupation des sols de 1950-1965 de la zone d'étude) (BdD ORTHO HISTORIQUE, IGN, 2018) ;

- Les altitudes (cf. annexe VI : Modèle numérique de terrain de la zone d'étude) (*BdD RGE ALTI 1m, IGN, 2017*) ;
 - Les grands types de la végétation spontanée naturelle à semi-naturelle (*BdD Cartographie numérique, CBNB, 2020 ; Sellin, 2020*) ;
 - Les habitats Natura2000 (cf. annexe VII : Carte des habitats Natura2000 de la zone d'étude) (*BdD BIG HABITATS, CBNB, 2016*) ;
 - Les types d'habitats en 2016 (cf. annexe VIII : Carte des habitats de la zone d'étude) (*Cartographie numérique, Blond, 2016*) ;
- Dans un second temps, cartographiée en mai pour cette mission et pour identifier les différences en sous-bois potentiellement liées aux conditions souterraines. Il a donc été nécessaire de construire :
- La carte des unités homogènes de végétation (cf. §3.1.1) (*BdD auto-construite, 2021*).

Ce dernier point correspond à une cartographie plus précise des milieux de la zone d'étude, le choix de la méthode ayant été fait grâce au document d'aide à la décision du CBNB (*Laurent et al, 2017a*). En effet, les unités homogènes de végétation, ou groupements végétaux, ont été délimitées en sous-bois, car les différentes bases de données consultées ne permettaient pas ce niveau de détail. Si l'habitat majoritaire identifié est une plantation de conifères, il apparaît sur le terrain des différences d'expression au sein des strates végétales (*Blond, 2016*). L'idée était donc de délimiter des aires homogènes, en termes de strates herbacée et arborée / arbustive, pour mieux appréhender les différences pédologiques de ce boisement uniforme.

Par suite, la mise en œuvre de cette cartographie a découlé d'une autre méthode du CBNB, pour les groupements végétaux (*Laurent et al, 2017b*). Elle implique entre autres, une connaissance exhaustive des groupements végétaux présents sur la zone d'étude, plutôt qu'une interprétation directe des syntaxons. Une recherche a ainsi été menée sur les inventaires existants, afin de pré-identifier la flore spontanée (*Blond, 2016 ; Sellin et al, 2020 ; CBNB, 2021*).

En outre, étant donné que la nomenclature de restitution du présent travail est celle de la classification EUNIS, il a fallu transposer les données disponibles depuis la classification CORINE Biotope (*Louvel-Glaser & Gaudillat, 2015*). Puis la détermination in-situ des espèces a été réalisée avec une flore forestière française (*Rameau et al, 2003*). Ces classifications, les référentiels HIC et le Prodrome de végétation de France, ont ensuite été mobilisés dans l'identification et la détermination des habitats (*INPN, 2021a*).

Considérant tout ceci, ces polygones ont été cartographiés avec un téléphone portable géolocalisable SAMSUNG Galaxy A3 + application Locus GIS pour Android).

Dans un troisième temps, ces informations spatialisées ont toutes été superposées, afin de former un plan d'échantillonnage stratifié. L'intérêt de ce procédé de construction était de surcroît multiple ici, car il a été possible ainsi de mesurer l'ampleur de la variabilité des milieux, décrits dans la littérature parcourue. Les associations végétales potentiellement présentes, ont aussi pu être pré-identifiées, comme la typologie / spatialisation probable des sols, tout en ayant une source de comparaison avec la caractérisation opérée dans cette mission. Il s'agissait également de prédéterminer d'éventuelles corrélations sol-végétation, ou encore de pressentir l'influence de l'occupation des sols historique.

Enfin, cet échantillonnage a également permis de respecter la règle de triple homogénéité floristique / phytosociologique / écologique, recommandée dans notre cas (*Delassus, 2015*).



Figure 3 : plan d'échantillonnage de la zone d'étude et types de caractérisations à réalisées

Finalement, il a été positionné 48 points de façon déterministe, dans les situations les plus caractéristiques au sein de ces strates définies (figure 3). Cela s'est fait également en évitant les ensembles flous, comme préconisé dans la littérature scientifique, soit des zones intermédiaires / de transition / de contact avec d'autres individus d'association végétales. Puis sachant que certains espaces de la zone de travail avaient déjà été ouverts au niveau de la végétation (Lannec Er Gadouer, Mané Croch, cf. figure 2), il était important d'y placer des points de références.

1.4 Collecte des données terrain pour la phytosociologie et la pédologie

La caractérisation pratiquée sur le terrain étant double, la mobilisation de connaissances existantes et méthodes éprouvées l'a également été. Celles consultées pour la cartographie des unités de végétation, ont ainsi de nouveau été utilisées dans cette étape, avec apport de la pédologie (Colombet, 2006 ; Baize et Girard, 2009 ; Jabiol et al, 2009 ; ACO, 2015a ; Delassus, 2015 ; Laurent & Douard, 2017). Toutefois, ces méthodes globalement appliquées en France (homogénéisation des pratiques), ont encore une fois été adaptées à l'étude.

1.4.1 Cadrats pour les relevés de végétation

Afin de collecter des données concernant le couvert végétal, des relevés phytosociologiques ont été entrepris au sein des 48 cadrats mis en place. S'inspirant d'un modèle proposé par le CBNB, une fiche descriptive a d'ailleurs été redimensionnée (par relevé, cf. annexe IX : Précisions et documents pour la campagne de collecte des données terrain - figures 6 / 7 et §Précisions relatives aux informations annotées). En effet, elle s'est voulue simplifiée par la suppression d'informations redondantes avec la pédologie, ou non primordiales dans le cas présent, et ce afin de correspondre aux besoins (exemple : algues, salinité car substrat acide et espèces potentielles considérées comme toutes glycophytes).

Par ailleurs, il est à noter que la superficie de 300 à 800m², recommandée pour des relevés phytosociologiques en forêt, était trop importante et pouvait amener ici à des confusions. En réalité, plusieurs polygones homogènes de végétation du sous-bois, auraient pu se retrouver au sein de la même zone relevée. Cette surface minimale a donc été revue à la baisse, pour se rapprocher de celle des habitats de landes et fourrés (50m² minimum) (Delassus, 2015).

1.4.2 Sondages pour la caractérisation in-situ des propriétés de sols

Dans le but d'identifier et décrire les différents horizons composant le sol, il a été réalisé des sondages à la tarière (sur sol non piétiné). Ils consistaient essentiellement à extraire des échantillons de la totalité du profil vertical du sol (ou le maximum), par sections successives apposées ensuite sur une gouttière graduée. Puis une photo d'identification du profil était faite, avec délimitation visuelle des différents horizons (figure 4).

Dans le même temps, le type d'humus, ou « matière organique humifiée », était déterminé après extraction d'une portion de celui-ci, selon un référentiel pour la description de ces horizons holorganiques de surface (Jabiol et al, 2009). Cependant, cela s'est opéré en indiquant seulement le nom de la forme d'humus de premier niveau (mor / moder / mull / amphimus, figure 5). En effet, la capacité à identifier avec certitude une séquence d'horizons de référence, ainsi que la maîtrise des clés de détermination apportées par le document, étaient insuffisantes à ce niveau. Notons également que cet humus se reconstitue mal dans le cas de landes anciennement étrépees, ce qui peut impliquer un biais d'interprétation sur leur fonctionnement (Colombet, 2006).



Figure 4 : photo du profil
pédologique au point 3

En supplément, des indices de podzolisation, identifiés comme les plus pertinents, ont été recherchés en lien avec les éléments de la littérature scientifique (exemple : horizons E / Bh, humus).

Par ailleurs, bien que tout ait été mis en œuvre pour optimiser cette campagne, seulement 40 points sur 48 ont été sondés à la tarière. En effet, afin de respecter le planning et en fonction des limites de sol pré-établies par J-M. Rivière en 1980, des secteurs d'étude ont été considérés comme moins prioritaires (représentativité optimale de la variabilité des conditions environnementales).

Enfin, des précautions particulières ont été observées vis-à-vis de la conservation du patrimoine archéologique. Elles se sont traduites par la génération et l'application de règles, en relation avec le Service Régional d'Archéologie (cf. annexe IX - §Précautions particulières relatives aux mégalithes présents sur la zone d'étude).

A la fin de cette étape, les renseignements liés à la caractérisation du profil pédologique, étaient inscrits sur une fiche descriptive (cf. annexe IX - figure 8 et 9).

Formes d'humus forestières		
Cas 1	• absence d'horizon OH • et horizon A biomacrostructuré ou mésostructuré • discontinuité entre horizons O et horizon A	mull
Cas 2	• succession d'horizons OL, OFzo, OHzo, A ou, parfois, OL, OFzo, A • et horizon A non grumeleux, massif, particulaire ou, parfois, soufflé • passage progressif entre les horizons O et A	moder
Cas 3	• horizons OL et OFnoz présents, parfois en plus OHnoz, OFzo, OHzo • passage très brutal entre un horizon OH et un horizon organo-minéral parfois humifère (matières organiques de diffusion)	mor
Cas 4	• succession d'horizons OL, OFzo, OHzo • et horizon A nettement biomacro- ou mésostructuré	amphimus
Formes d'humus des sols agricoles, landes et pelouses		
Cas 1	Horizon A biomacro- ou mésostructuré, absence de mat racinaire	mull de pelouse ou agri-mull
Cas 2	Horizon A non grumeleux (de juxtaposition), mat racinaire ou horizon OHzo possible	moder de pelouse ou agri-moder
Cas 3	Horizon A massif, mat racinaire ou horizon OHnoz possible	mor de pelouse ou agri-mor
Cas 4	Horizon A biomacrostructuré et horizon OHzo	amphimus de pelouse

Figure 5 : clé de détermination des principales formes d'humus forestières de milieux ouverts, climats tempérés (Source : Jabiol et al, 2009)

1.4.3 Prélèvements pour analyses en laboratoire des paramètres physico-chimiques de sols

Définition des paramètres à mesurer et du quantitatif

Premièrement, à des fins de comparaison d'éléments analogues et sachant que la profondeur de prélèvement influence fortement les résultats, il a été décidé de fixer des couches de sol cibles (Laurent & Douard, 2017). Ces prélèvements ont donc été faits sur une hauteur de 10cm sous les horizons organiques de surface (humus), puis la profondeur 20-40cm a été retenue pour l'horizon organo-minéral sous-jacent. Ces 2 mesures différenciées permettaient théoriquement de prélever tous les sols de la zone d'étude (même les moins épais) et ce pour :

- Exploiter la spatialisation des paramètres physico-chimiques ;
- Exploiter les grandeurs physico-chimiques des échantillons, afin d'appuyer la caractérisation des types de sols ;
- Maîtriser l'impact économique dû au quantitatif, sachant qu'il y avait peu d'intérêt à analyser systématiquement certaines variables, sauf si l'hétérogénéité était connue.

Par ailleurs, mesurer des grandeurs en laboratoire donne des valeurs certifiées et fiables, dans le cadre d'un traitement statistique. Il a aussi été possible de comparer ces résultats avec certaines caractéristiques appréciées subjectivement sur place (pH, texture).

De surcroît, établir des scénarios de trajectoires de la végétation, donc de potentialités de restauration, nécessite de connaître des paramètres de sol essentiels au développement végétal (Colombet, 2006). Il a été défini dans notre cas, les paramètres de niveau trophique et de potentiels hydrogène (pH), de la teneur en matière organique (MO) et du rapport carbone / azote (C/N), ou encore de la CEC et du taux de saturation.

Par conséquent et considérant que pour les mêmes raisons énoncées auparavant, seulement 40 points sur 48 ont pu être prélevés, correspondant alors au quantitatif suivant (cf. figure 3 : « analyses physico-chimiques complètes / partielles en laboratoire ») :

- sur 10 points et les 2 profondeurs = Phosphore échangeable (P)_{DYER} + pH_{eau} + pH_{KCl} + rapport C / N + granulométrie + CEC + taux de saturation (cations échangeables) + Aluminium échangeable (Al)_{KCl} ;
- sur 30 points et les 2 profondeurs = P_{DYER} + pH_{eau} + pH_{KCl} + rapport C / N ;

Définition des méthodes

Deuxièmement, les normes mise en œuvre et référentiels utilisés dans ces analyses de laboratoire, était indiqués sur les fiches échantillons pour éviter les erreurs de traitement en laboratoire (cf. annexe IX - figure 10). En effet, bien que sur le plan international, la référence pour mesurer le P échangeable soit la méthode OLSEN, il a été mesuré avec la méthode DYER (Fardeau et al, 1988). Cette méthode a paru plus adéquate pour un pH pressenti ici acide à très acide, résultant d'une couverture de résineux et d'un substrat géologique majoritairement acide (cf. §1.2) (Clément, 2017 ; ASUP, 2012). Le test d'effervescence vérifiant la présence de calcaire (solution d'acide chlorhydrique), n'a d'ailleurs pas été effectué sur ces sols siliceux.

En ce sens, la CEC et les cations échangeables ont été déterminées après extraction dans une solution de chlorure de cobaltihexamine. Cela permettait d'exploiter correctement les taux de saturation et de préserver le caractère acide des sols (UNIFA, 2021), sachant que la CEC varie en fonction du pH et que la méthode METSON s'effectue en remontant le sol à pH_{eau} = 7.

De plus, une détermination par combustion a été privilégiée pour la teneur en CO, car l'attaque acide peut la sous-estimer dans ces sols étudiés (*Christian Walter par mail, 18/05/2021*).

Enfin, l'aluminium échangeable et le pH, ont été mesurés avec du chlorure de potassium, afin de comparer et interpréter les propriétés de sols en termes d'acidité d'échange (*Ollat & Combeau, 1988*).

Par ailleurs, ces mesures ont également servi à la recherche d'indices de podzolisation (lessivage et lixiviation, taux d'aluminium, etc.), dans la continuité de l'identification citée précédemment (cf. §1.4.2).



Figure 6 : mise en œuvre d'une gouge graduée pour les prélèvements de sol

Pour finir, il a donc été prélevé 2 composites par point échantillonné, via l'utilisation d'une gouge (figure 6) d'où étaient extrait verticalement les volumes de terre correspondant. Ces prélèvements se sont faits aléatoirement autour du sondage, dans l'optique d'obtenir un poids de 300-400g de terre par couche de sol (préconisation laboratoire). Les composites 0-10cm et 20-40cm, mélangés séparément, ont ensuite été conditionnés en sachets plastiques transparents hermétiques, identifiés et doublés pour y inclure leur fiche de renseignements (cf. annexe IX - figure 10).

Puis l'ensemble des sachets a été envoyé au laboratoire d'analyses sous-traitant (cf. §1.5.2).

La localisation et répartition de ces opérations, réalisées sur chaque point échantillonné dans cette campagne terrain, sont représentées schématiquement ci-après (figure 7). Il s'agit d'une approche standardisée qui a été adaptée en fonction des situations rencontrées (aléas et contre-temps), tout en ayant un objectif d'homogénéité entre les relevés.

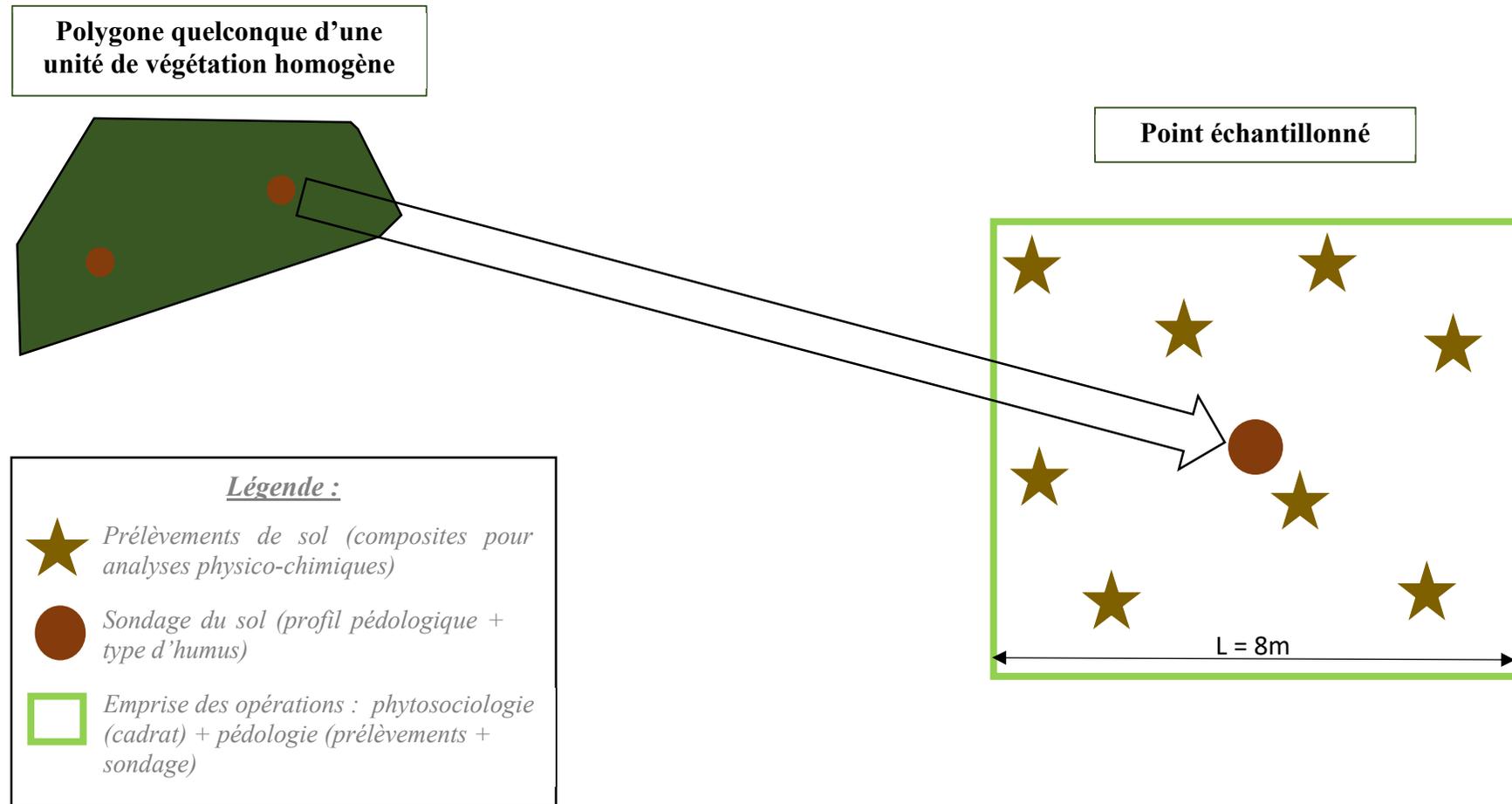


Figure 7 : schéma opérationnel sur un point échantillonné de la zone d'étude

1.5 Ressources et moyens mobilisés

1.5.1 Acteurs

La présente étude étant pluridisciplinaire et transversale, elle a requis la consultation et la collaboration de nombreux acteurs, afin de s'assurer de la prise en compte de l'ensemble des composantes du projet de valorisation. En effet, ces derniers œuvrant pour la connaissance / préservation du site, ou sa mise en valeur / gestion, ils représentent une diversité d'intérêts (Ferrand, 2016). Il était donc important de les impliquer ici, en les faisant participer en tant qu'acteurs du territoire et personnes ressources. Cela a permis de replacer l'action de chacun dans un contexte global cohérent, mais aussi de prendre connaissance des différents points de vue, en analysant leurs concordances et différences. Notons également que ces différentes personnes enquêtées sont actuellement réunies dans un comité de pilotage, concernant l'aménagement des alignements d'Erdeven.

Ainsi, outre le soutien de l'équipe encadrante (CSEM / Dpt56 / ACO), des acteurs ont été rencontrés dans le cadre spécifique de cette mission. Le recueil d'informations auprès d'une vingtaine de professionnels, de différents domaines et à diverses échelles, s'est fait notamment via des échanges avec : l'intercommunalité AQTa, la DDTM du Morbihan, la DRAC de Bretagne, le bureau d'études TIRIAD, l'Association Paysages de Mégalithes de Carnac et du Sud du Morbihan, l'UBO, l'UBS, le CBNB, l'ONF, le CMN.

1.5.2 Matériel et documentation

Ce travail étant à mi-chemin entre le terrain et l'étude analytique, il a requis l'emploi de diverses ressources matériels et documentaires, en supplément des moyens logistiques / matériels / documentaires du Dpt56. Ces outils mobilisés ici sont les suivants :

- Applications numériques, en interne avec GEOMAP, ou sur le web avec CARMEN (CARTographie du Ministère de l'Environnement, informations environnementales) ;
- Logiciel QGIS et application Locus GIS (SIG et cartographie) ;
- Logiciels R et RSTUDIO (démarche statistique et analyse de données, package Factoshiny), MICROSOFT EXCEL.

En outre, le matériel de terrain pour la pédologie et la phytosociologie, a gracieusement été préparé et prêté par l'organisme de formation ACO (cf. annexe IX - §Matériel).

Par ailleurs, les analyses physico-chimiques de sols ont été sous-traitées à un laboratoire prestataire, prospecté et sélectionné en fonction de plusieurs critères afin de pouvoir répondre aux contraintes de l'étude et ses exigences de qualité, à savoir :

- Être spécialisé et agréé pour les analyses de terre par l'arrêté daté du 18 décembre 2020, émanant du ministère de l'agriculture (25 établissements agréés) ;
- Être accrédité par le COmité FRançais d'ACcréditation (COFRAC) et / ou opérer les analyses selon des référentiels NF / EN / ISO ;
- Assurer des délais de traitement maximums de 15 jours ouvrés à réception des échantillons de sol ;
- Être en capacité de conserver les échantillons de sol pendant plusieurs mois, afin de réaliser au besoin des analyses supplémentaires ;
- Être localisé le plus près possible du site étudié et de l'hôtel du Département (Vannes).

D'après ces critères, 3 sociétés ont donc été répertoriées et contactées : CAPINOV / LABOCEA / LDA53. A réception des offres commerciales, celles-ci ont été analysées conformément aux règles des marchés publics (répartition égale de la note attribuée aux volets qualitatifs et tarifaires). C'est au final le laboratoire CAPINOV, qui a été le prestataire choisi pour prendre en charge la prestation (Z.I. de Lanninou, CS 20100, 29206 Landerneau Cedex, www.capinov.fr).

1.5.3 Planification

Ce projet de valorisation se déroulant en plusieurs étapes, cette première phase d'étude s'est étalée sur la durée de ce stage qui y était dédié (6 mois). Le déroulé chronologique général structurant cette période, régulièrement mis à jour en fonction des ajustements survenant en cours, est ainsi représenté en annexe II - §Diagramme de Gantt simplifié. Il y est représenté entre autres les échelons suivants :

- Le temps de cadrage et de lancement, donnant lieu à la production d'une note et l'élaboration de la feuille de route (1 mois) ;
- Le temps de préparation et d'opérations terrain, avec des impondérables qui sont venus modifier la programmation (retards de cartographie, disponibilités des personnes ressources / encadrantes) (figure 8). Cette partie de terrain s'est de plus révélée très substantielle et était contrainte par les délais de sous-traitance du laboratoire ;
- Le temps de traitement et d'interprétation des résultats (2 mois) ;
- La rédaction du rapport d'étude et de la note de synthèse, suivis des présentations orales.

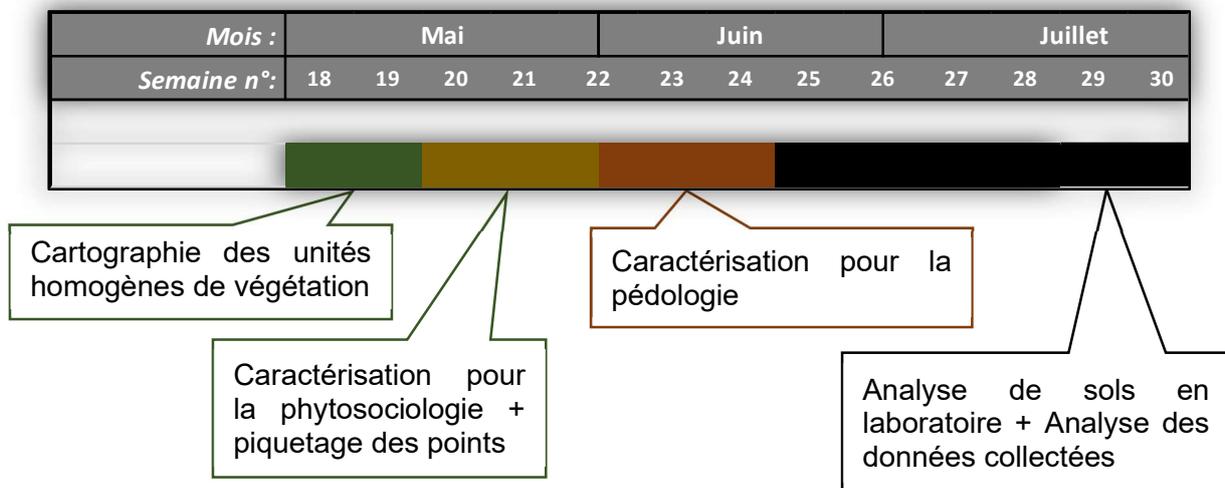


Figure 8 : planning spécifique à la période de terrain, axe 3 de la méthodologie d'étude

2. Etat des connaissances disponibles

2.1 Cadre juridique et réglementaire

2.1.1 Patrimoine écologique

La zone d'étude s'inscrit dans le périmètre de plusieurs protections, figurant en annexe X : Carte des périmètres de protections environnementales de la zone d'étude.

Premièrement, il s'agit du classement au titre du régime forestier, puisque tout l'ENS est inclut dans la forêt départementale du bois d'Erdeven. On se retrouve donc ici au sein d'un espace boisé soumis au code forestier, faisant l'objet d'un plan d'aménagement forestier, qui sert de référentiel pour le déboisement (*ONF, 2016*). Cependant, il est à remarquer que le défrichement est envisageable en justifiant d'une volonté de mettre fin à sa vocation forestière, avec mise en place d'une gestion active de l'espace (ou autorisation du propriétaire) (*Yolaine Bouteiller et Nathalie Morvan lors d'un entretien à la DDTM Morbihan, 07/07/2021*). Dans tous les cas, la loi Biodiversité (n°2016-1087 du 8 août 2016) impose le principe de compensation, bien qu'un décret modificatif du code forestier soit en attente à ce sujet.

Deuxièmement, la loi Littoral (n°86-2 du 3 janvier 1986) implique le classement de grands boisements significatifs, comme celui d'Erdeven, en Espace Boisé Classé (EBC), entraînant la conservation du caractère boisé de ces espaces. L'enjeu additionnel pour l'avancée de ce projet est alors le déclassement d'une partie de cet EBC (au moins toute la zone d'étude), au titre du Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune d'Erdeven. Il est par ailleurs à noter que la révision de ce PLU est en cours ou se fera d'ici 2022-2023. Quant aux travaux à venir, ils devront être compatibles et enregistrés, comme au PLU, au Schéma de COhérence Territoriale (SCOT) du Pays d'Auray.

Troisièmement, cet ENS du Varquez est situé dans l'emprise d'une zone Natura2000, au titre de la Directive européenne Habitats (n°92/43/CEE du 21 mai 1992) (*BRGM, 2021a*) : Zone Spéciale de Conservation (ZSC) « FR5300027 - Massif dunaire Gâvres-Quiberon et zones humides associées ». Le projet de valorisation devra en conséquence faire l'objet d'une étude d'incidence (DDTM), bien que celle-ci porterait plus sur le dérangement résultant de l'augmentation de la fréquentation du site, ainsi mis en valeur (*Yolaine Bouteiller et Nathalie Morvan lors d'un entretien à la DDTM Morbihan, 07/07/2021*).

Enfin, le site est concerné par l'emprise des zones marines protégées : Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (OSPAR). L'ensemble des interventions liées aux projet de valorisation, devront alors respecter les engagements de ce conventionnement.

2.1.2 Patrimoine archéologique

La présence des mégalithes, objets propriétés de l'Etat Français, requièrent également d'être en accord avec la réglementation, dans les futurs travaux relatifs aux projets sur l'ENS. Il s'agit en l'occurrence de la législation en lien avec la préservation du patrimoine historique français, de la politique culturelle du Dpt56, ou encore de la candidature UNESCO (*DRAC Bretagne, 2010 ; Leblé et al, 2020*). En effet, bien que les activités menées à titre archéologique doivent respecter les intérêts protégés par le Code de l'environnement, l'inverse est aussi valable (consultations et autorisations préalables, engagements) (*Ferrand, 2016*). Sans compter que certains ensembles mégalithiques sont protégés dans un rayon de 500m, étant classés Monuments historiques (art. L 621-32 Code du Patrimoine) (*Ferrand, 2016 ; ONF, 2016*).

Pour finir, l'ENS n'étant pas situé dans l'emprise de sites classés ou inscrits, il n'est pas soumis à leurs réglementations (BRGM, 2021a). Il en va de même pour celle des parcs et réserves naturelles, les arrêtés de biotope, etc., qui ne sont pas concernés.

2.2 Tour d'horizon des volets environnementaux

L'état de l'art mené ici a conduit à réunir un certain nombre de données relatives à la zone d'étude, quant aux composantes et propriétés des compartiments environnementaux, ou encore aux disciplines abordées. Cela a d'ailleurs participé à la constitution d'une base de données, tout en précisant les besoins complémentaires de données à récolter.

De plus, la typologie de milieux potentiels a été identifiée et les facteurs abiotiques associés au biotope du site ont été déterminés à l'échelle macroscopique. Il en a été de même pour la végétation et les paramètres estimés de ces sols. Il a aussi pu être prévisualisé la variabilité et les facteurs d'influence des compartiments sol-végétation, afin d'alimenter la construction des hypothèses de la présente étude.

Enfin, il était nécessaire de prévenir certains biais, notamment vis-à-vis de la surestimation de la variabilité des sols et unités de végétation. Cependant, ci-dessous n'apparaît qu'une synthèse des éléments les plus importants ayant servis dans la présente étude, sachant que l'ensemble de ces informations sont visibles en annexe XI : Complément d'informations sur les volets environnementaux de la zone d'étude.

2.2.1 Volet végétation

Premièrement, parmi les stations écologiques du Vannetais, 7 ont été identifiées comme potentiellement présentes sur le secteur d'étude (forestières ou landicoles) (Colombet, 2006) (Belloncle et al, 2010). Elles se différencient essentiellement par leur gradient hydrique et topographique, leur épaisseur d'enracinement possible, mais aussi par le niveau trophique et pH du sol. 2 stations avec la Fougère aigle y sont d'ailleurs décrites (pré-forestière et landicole, pauvres et bien drainés), ainsi que 4 autres de landes et 2 forestières (dont 1 avec la Ronce). Il est donc aussi question des groupes phytoécologiques dominants associés à ces stations, identifiés comme pouvant être représentés sur le site : espèces de lande, de milieux secs à très secs, de milieux humides, de milieux peu à moyennement acide, ou encore de milieux acides.

De la même façon, les types de landes qui pouvaient être rencontrées ou à restaurer, ont été classées par leur gradient d'humidité et situation géographique, mais aussi par leur origine. Il en ressort que l'ENS du Varquez pourrait accueillir majoritairement des landes secondaires intérieures, xérophiles ou mésohygrophiles (Clément, 2003 ; Glemarec et al, 2015).

Deuxièmement, le bois du Varquez est lui une mosaïque variée de 22 habitats abritant 229 espèces inventoriées en 2016 sur l'ENS. Une partie est en mauvais état comme certains qui ne peuvent plus être classifiés comme lande (Blond, 2016 ; Ferrand, 2016). En effet, des restes de landes secondaires xérophile à mésohygrophile sont dissimulés par des populations d'arbres et herbacées proliférante, cachant par la même occasion des indices sur l'ancienne occupation des sols. Le plan d'aménagement forestier mise en ce sens une diversification des essences et d'âges, de milieux et de strates, afin de tendre vers une futaie irrégulière (sauvegarde du Chêne et autres feuillus) (ONF, 2016). Les principaux habitats pouvant donc être rencontrés sur la zone d'étude (nomenclature CORINE Biotope), représentent 6 grands types (Blond, 2016) :

- Lande anglo-normande à *Ulex minor* (Ajonc nain) et *Erica ciliaris* (Bruyère ciliée), moyennement humide avec aussi *Molinia caerulea* (Molinie bleue) ;
- Lande anglo-armoricaine occidentale à *Ulex europaeus* (Ajonc d'Europe) et *Erica cinerea* (Bruyère cendrée), plutôt sèches avec aussi *Agrostis curtisii* (Agrostide de Curtis), sachant que l'Ajonc d'Europe domine par l'âge avancé du milieu et héberge une plante protégée, *Asphodelus arrondeaui* (Asphodèle d'Arrondeau, visible sur Mané Braz et quelques bordures) ;
- Lande à *Pteridium* (Fougères), qui est une ancienne lande envahie notamment par *Pteridium aquilinum* (Fougère aigle) ;
- Landes à *Ulex* (Ajoncs), qui sont majoritairement des fourrés d'Ajonc d'Europe ;
- Chênaie acidiphile (*Quercus*, boisement naturel), mésophiles avec aussi *Ilex aquifolium* (Houx) ;
- Autres boisements comme des pinèdes mixtes avec feuillus sur d'anciennes landes moyennement humides ;
- Avec en sous-bois, Fougère aigle proliférante, fourrés d'ajoncs et de ronces, tapis de molinies et agrostis, bruyères et callunes, prunelliers et bourdaines, saules, etc.

Troisièmement, la Ronce (*Rubus*) possède des capacités remarquables de polymorphie et d'adaptation, tant en termes de physiologie que de contrôle de sa plasticité phénotypique. C'est en partie grâce à ces facultés qu'elle conquiert en réalité très bien les milieux anthropisés, les haies et lisières forestières, ou encore les bords de chemins et friches rudérales (*Amor, 1974 ; Wehrlen, 1985*). La Fougère aigle n'est pas non plus en reste (*Pteridium aquilinum*), elle qui aime les espaces relativement humides, bien drainés et en position topographique basse. A l'aise en milieux acides, ses rhizomes phytotoxiques font d'elle une espèce très compétitive et envahissante, landicole mais pas endémique des landes (perturbations) (*Glemarec et al, 2015 ; Gallet & Roze, 2002*). Elles seront donc toutes deux des éléments importants à prendre en considération dans la restauration et la gestion des trajectoires de végétation.

Enfin, le Pin maritime quant à lui (*Pinus pinaster*), possède de bonnes capacités d'enracinement sur des sols difficiles comme ici. En effet, grâce à sa structure racinaire adaptative, il peut réagencer et développer ses racines filantes pour créer des pivots secondaires. Cela corrobore d'ailleurs avec son développement spontané sur les sols du bois du Varquez, qui s'en ait trouvé aisé pour cette espèce adapté (*Saint Cast, 2019*).

2.2.2 Volet sol et sous-sol

Premièrement sur le plan pédologique, les indicateurs fonctionnels et valeurs dominantes de l'entité physiographique d'Erdeven, sont celles des 7 Unités Typologiques de Sol (UTS) associées. En réalité, ces UTS pouvait avoir des caractéristiques voisines à ce qui a été caractérisé in-situ (cf. annexe XI - tableau 2).

Par conséquent, ces informations issues du programme « Sols de Bretagne » (*ACO, 2015b*), mentionnent des sols en majorité de type : Rankosol / Brunisol / Brunisol rédoxisol / Planosol typique / Fluvisol-rédoxisol. Il y est aussi indiqué que ces sols majoritairement hydromorphes sont souvent mal drainés, avec des argiles résiduelles de profondeur dont l'origine pourrait être anté-miocène (23 à 5Ma, après le Pliocène, surtout pour les planosols comme expliqué par JM Rivière en annexe III - tableau 1).

Enfin, il faut garder à l'esprit que ces données de pédologie sont données à titre indicatives car elles sont liées à des sondages souvent effectués sur sols agricoles. D'une manière générale, bien que donnant un bon premier niveau d'informations, les échelles sont trop grandes pour avoir une précision satisfaisante dans notre cas.

Deuxièmement sur le plan géomorphologique et topographique, la région concernée ici surplombe une roche mère très ancienne et dure, à base de leucogranites et composée essentiellement de : quartz, feldspaths alcalins, muscovite (micas blancs), plagioclases et biotite. Elle est pauvre en fer et magnésium, concentrée en silice et plutôt acide. Il existe en outre des zones d'altérites en place ou colluvionnées, en plus de la partie lacustre. Une ancienne connexion avec l'océan a par ailleurs été confirmée via des sédiments.

A propos du volet hydrographique, il est important de noter que l'étang du Varquez ne possède pas d'affluent, mais plutôt d'une source en son centre et d'un émissaire en assec saisonnier (Ferrand, 2016). C'est en réalité un lieu marécageux où certains sols mal drainés sont engorgés en saison hivernale. Cependant, aucun horizon réductique n'a été caractérisé dans les sols sondés (réduction du fer ferrique), bien que le test colorimétrique de détection du fer ferreux (phénantroline), n'était pas systématique lors des manipulations.

Podzolisation

Cette pédogénèse de sols tels que les podzosols, apparaît dans des régions géographiques humides et froides à tempérées, aussi bien en terrains plats que collinaires (Baize et Girard, 2009). Les processus de podzolisation nécessitent en outre une abondance d'acides organiques (acide fulvique par exemple), solubles dans les eaux de percolation, impliquant une faible activité biologique / surface adsorbante. En effet, l'altération biogéochimique attaque les minéraux altérables (primaires, argileux), avec ces solutions de composés organiques acides et complexants. Cela conduit à la formation de complexes organo-métalliques solubles et minéraux secondaires, qui vont migrer par les eaux gravitaires, éliminant / éluviant ainsi l'aluminium, le fer et autres cations, des horizons supérieurs. Puis s'en suit un processus d'immobilisation / accumulation, des constituants organiques et complexes organo-minéraux d'aluminium / fer.

Par ailleurs, cette pédogénèse est d'autant plus poussée et les solums différenciés, que l'altitude est élevée, le matériau parental riche en quartz et pauvre en argile / fer. Il est également à noter que les podzosols peuvent se trouver en zone tempérée, avec des landes à éricacées d'origine anthropique, qui auraient amplifié les processus de podzolisation. En réalité, ils sont compatibles avec certains types de landes, car accueillants pour peu de végétaux (bruyères / fougères / conifères / certains feuillus, etc.). En effet, théâtres de lessivages d'argiles et de lixiviations de nutriments, ils sont acides (pH < 5,5) et oligotrophes. Ils possèdent par là-même une faible capacité d'échange cationique, avec des argiles altérées et des complexes organo-minéraux immobilisés en couches sous-jacentes.

De même, il est question d'une tendance à la toxicité qui est due à de fortes concentrations en éléments comme l'aluminium, dans des horizons bien différenciés.

En outre, ces sols sont dotés d'une capacité assez basse de rétention en eau, car possédant majoritairement des textures sableuses. Puis lorsqu'une nappe phréatique est permanente, des conditions d'hydromorphie favorisent la formation d'horizons podzolisés réductiques / rédoxiques, et parfois noirâtre.

2.3 Evolution du paysage

Dans le but d'identifier les facteurs influençant autrefois les paysages, liés à des déterminants sociologiques / écologiques, il était primordial d'explorer l'historique du site et ses alentours. Une recherche a alors été menée pour prendre en compte ces éléments de considérations naturalistes, culturels et culturels, dans l'interprétation des résultats de la présente étude. Il s'agit là de récits qui explicitent des dynamiques naturelles influencées par des pressions anthropiques, induisant une modification des sols et de la végétation.

En ce sens, les éléments les plus importants sont résumés ci-dessous, mais faisant référence à l'annexe XII : Historique de la région de l'étang du Varquez.

Depuis le néolithique, en passant par l'antiquité et jusqu'à une nouvelle prédominance des arbres dans la région au XI^{ème} siècle, il s'avère que la répartition lande / couvert forestier a varié en fonction des dynamiques naturelles et anthropiques (*Mahaud, 1998 ; Colombet, 2006*). Puis, c'est à ce moment-là que la communauté monastique, suivie par d'autres populations, provoqua volontairement et involontairement une nouvelle régression de la surface boisée. Cette dernière fût victime, jusqu'à la fin du XVIII^{ème} siècle, de la demande énergétique, alimentaire et matérielle d'une société humaine en croissance démographique. Vinrent en parallèle s'ajouter sur ces milieux instables, appauvris par des pratiques agricoles / sylvicoles, des pressions liées au contexte économiques (guerres, pénuries, régime congéable, prélèvements fiscaux, etc.).

Par ailleurs, les cartes de Cassini (1750-1815) et de l'Etat-Major de France (1820-1866), représentant grossièrement la géométrie et les reliefs, ne font apparaître aucun couvert arboré sur le site (*Ferrand, 2016 ; IGN, 2021*). Ceci peut laisser penser que le Chêne pédonculé qui en est l'espèce endémique, a laissé place à la lande après coupe. Cette deuxième cartographie de l'Etat-Major, dessine d'ailleurs un étang du Varquez avec une faible profondeur, probablement due à un comblement naturel progressif. Il y apparaît en tous les cas, un milieu tourbeux sans aucune route alentours, évoluant probablement de façon spontanée vers une lande humide, mais néanmoins contrecarrée par l'activité humaine et le pâturage.

De surcroît, le cadastre napoléonien plus détaillé et réalisé entre 1811 et 1852, donne à voir un parcellaire hétérogène, à la fois typique du littoral, du bocage intérieur et des anciens communaux (maillage de parcelles carrées entourées de murets en pierres ou de talus, comme ceux géolocalisés par l'ONF). Ces dernières étaient utilisées comme terres de vaine pâture, renforçant l'idée d'un paysage très peu boisé et dominé par la lande vers le 18-19^{ème}, avec des prés et cultures sur buttes autour des hameaux.

Par conséquent, cette régression conduisit à une apogée en 1841, quand les landes représentaient 43% de la superficie départementale, tandis que celle des forêts était de 5% (*Mahaud, 1998 et 2000*). C'est à partir de ces années 1840-1850 que sont pris en compte dans la gestion des forêts, une multitude d'intérêts : aménagement du territoire et ressources pour l'industrie, économie et emplois, symbolique et esthétique du paysage, etc. Il en résulte une variation de la superficie morbihannaise des communaux, située entre 30 000 et 65 000ha, soit une des 10 plus fortes en France pendant la période 1846-1877 (*Ferrand, 2016*). Apparaît alors au sein du parcellaire, des plantations de Pin maritime qui intégrera, pour beaucoup de français, l'identité paysagère bretonne d'aujourd'hui (*Mahaud, 1998 et 2000*).

Le XX^{ème} siècle voit arriver des mutations du tissu économique et social, ainsi que de l'agriculture française qui se modernise et cherche la rentabilité (*De Bonduwe et Luzu, 2017*). La déprise agricole qui succède, permet aux massifs boisés plantés autrefois de se déployer

spontanément. Puis les usages de lande déclinent au profit de réaffectations forestières, agricoles et urbaines (Clément, 2003).

Ainsi en 1948, *Pinus pinaster* a gagné du terrain sur les landes mais reste des taches très localisées autour d'une dépression marécageuse (Ferrand, 2016). 15 ans plus tard, la surface de landes a évolué au sein d'une répartition équilibrée avec les pins (cf. annexe XII - figure 14).

A ce titre et malgré l'introduction du Pin maritime dans le Morbihan, les boisements périphériques aux alignements d'Erdeven sont sûrement spontanés pour la plupart. Cette espèce étant capable de coloniser landes sèches et humides, avec une bonne rapidité de reforestation d'environ 30 ans, elle s'y serait implantée au siècle dernier (De Bonduwe et Luzu, 2017).

Aujourd'hui, des travaux d'ouverture et d'entretien, ont été mis en place sur quelques ensembles mégalithiques, depuis 2007 (cf. §1.2). Cela fait l'objet d'un partenariat avec des chantiers d'insertion de la commune d'Erdeven, pour conserver ces milieux ouverts autour du patrimoine archéologique (Delphine Aubin par mail, 26/04/2021). Il est ici question de l'entretien semestriel (essentiellement gyrobroyage), provoquant pour certains l'arrivée de beaucoup d'autres végétaux (cf. Annexe XIII : Synthèse photographique des travaux d'entretiens sur la zone d'étude).

2.4 Retours d'expériences d'autres projets Morbihannais similaires

La diversité de projets d'aménagement de landes (restauration et gestion), en termes de conditions environnementales et déterminants sociologiques, a rendu difficile leur correspondance et l'interpolation qui pouvait en être faite. Malgré tout, l'idée était de comparer quelques expériences ayant une problématique proche, d'en utiliser l'expérience capitalisée et s'inspirer des solutions mises en œuvre.

En l'occurrence, 3 projets similaires ont été repérés et analysés, concernant des sites situés dans le Morbihan :

- Les mégalithes de Carnac, (informations / données CMN et UBO) ;
- Les mégalithes de Monteneuf (visite + documentation) ;
- Les landes de La Vraie Croix, ENS en gestion au Dpt56 (visite seulement).

La synthèse des visites effectuées et documents consultés, est disponible en annexe XIV : Retours d'expériences d'autres projets Morbihannais similaires. Il est à noter que ces expériences réalisées en contextes légèrement différents, sont essentiellement couronnées de succès. En effet, la végétation typique de lande anciennement implantée sur ces sites, est réapparue en poursuivant aujourd'hui sa reconquête et sa croissance.

Par ailleurs sur Carnac, la mise en place conjointe et complémentaire de programmes de fauche / pâturage, semble être une palette d'outils efficace.

Quant au site de Monteneuf, c'est de même un ensemble de travaux menés en parallèle et supplétifs, qui apportent des résultats satisfaisants d'aujourd'hui : roulage / débroussaillage / fauche / coupe / etc.

3. Analyse, description et synthèse des données réunies

3.1 Végétation

3.1.1 Unités homogènes de végétation

La cartographie des unités homogènes de végétation, effectuée début mai dans le cadre du présent travail (cf. §1.4), a permis d'identifier dans un premier temps 8 habitats principaux (figures 10 et 11). Ils correspondent aux sous strates arbustives et herbacées, avec une typologie de ces aires homogènes comme ci-dessous. Des photographies d'exemples types sont disponibles en Annexe XV : Photographies des unités homogènes de végétation rencontrées.

Fourré mésophile (Représente 2,8% de la surface cartographiée et correspondant au code « F3.1-Fourrés tempérés » de la classification EUNIS ; cf. annexe XV – figure 19).

Il est d'affinité atlantique / subatlantique / subcontinentale, de succession et normalement principalement caducifolié, caractéristique de la zone némorale mais colonisant aussi des stations fraîches et humides / perturbées comme ici (ou forêts sempervirentes méditerranéennes). On y retrouve entre autres le genre *Rubus* (Ronce) et *Lonicera periclymenum* (Chèvrefeuille des bois), ou encore *Ulex europaeus* et *Hedera helix* (Lierre) souvent relevés. Sachant que la version colonisée par la Fougère Aigle, alors majoritaire, est plus importante (20,5%).

Lande mésohygrophile méridionale (3,1% cartographiés ; code EUNIS « F4.12-Lande humide méridionale » ; cf. annexe XV – figure 20)

Humide et méso-hygrophile des domaines atlantique et subatlantique, se développant sur sols tourbeux ou paratourbeux, acides à très acides et pauvres (gleyodzols et sols semi-tourbeux), pouvant notamment former une ceinture de transition entre la lande sèche et tourbeuse (avec sphaignes et plantes carnivores non relevées dans notre cas). Elle est principalement hôte d'arbustes éricoïdes tels que *Erica ciliaris*, mais également d'*Ulex minor*. Toutefois, la collecte de données terrain à faire ressortir l'absence de sols très acides ou gleyifiés, d'*Erica tetralix*, mais aussi l'abondance de la Molinie bleue (caractéristique humide d'un sol dégradé), en parallèle de la déficience en *Erica / Ulex*. Tout ceci a très souvent mené à classer cet habitat dans ses variantes dégradées décrite ci-après (17,8%) et avec Fougère aigle proliférante (2,4%). Il est par ailleurs à remarquer que certaines unités caractérisées dans cette catégorie, l'étaient en HIC « 4030-8-Landes atlantiques fraîches méridionales » ou « 6410-9-Moliniaies hygrophiles acidiphiles atlantiques », par les différentes cartes mobilisées pour l'échantillonnage (cf. annexes VII et VIII). Ces habitats sont dits prioritaires en Europe de par leur richesse et raréfaction, mais aussi de par leurs faunes et flores très spécialisées (directive Habitat de l'Union Européenne). Cependant, la présence d'espèces typiques de cette lande, comme *Erica ciliaris* et *Ulex minor*, a permis de les classer en lande mésohygrophile dégradée. A contrario, l'abondance et la dominance de *Molinia caerulea* dans certains de ces polygones dépourvus de bruyères et ajoncs, pouvaient orienter la caractérisation vers cette moliniaie.

Lande mésohygrophile dégradée (17,8% ; code EUNIS « F4.13- Landes humides à *Molinia caerulea* » ; cf. annexe XV – figure 22)

Faciès dégradé de la lande mésohygrophile méridionale, dominé par *Molinia caerulea* (comprend les landes sur tourbières ouvertes drainées).

Lande sèche atlantique (0,2% ; code EUNIS « F4.238-Landes naines franco-britanniques à Ajoncs » ; cf. annexe XV – figure 21)

De la France subatlantique, se développant sur un sol peu épais et rarement ou jamais gorgé d'eau, siliceux et potentiellement podzolique. La végétation dont *Erica cinerea*, *Ulex minor / europaeus*, *Calluna vulgaris* (Callune vulgaire), est à l'aise dans ces conditions difficiles. Cet habitat est également classé HIC (« 4030-6-Landes atlantiques sèches méridionales »). Toutefois, des herbacées parfois présentes, comme *Agrostis curtisii*, pourraient impliquer de classer l'habitat comme « F4.235-Landes anglo-armoricaines à *Erica cinerea* et *Ulex gallii* » (semblable à 2016). La version colonisée par la Fougère Aigle y était plus importante (2,3%).

Moliniaie (2,7% ; code HIC « 6410-9-Moliniaies hygrophiles acidiphiles atlantiques » ; cf. annexe XV – figure 24)

Élément majeur des paysages des landes et forêts temporairement humides, en plaines françaises au climat eu - à thermo-atlantique, topographie à humidité temporaire hivernale, sur des sols à pseudo-gley para-tourbeux à tourbeux, avec roches mères acides (granite, gneiss, grès, schistes, sables...).

Ptériadaie (45,6% ; code EUNIS « E5.31-Formations à *Pteridium aquilinum* subatlantiques » ; cf. annexe XV – figure 23)

Système potentiellement landicole à *Pteridium aquilinum* apparaissant comme une étape de recolonisation du Quercion. La communauté végétale est dominée par la grande Fougère aigle, étendue et souvent fermée, où aucune espèce typique de lande n'était relevée.

Prairie basale (0,4% ; code EUNIS « E1.7-Pelouses sèches, acides et neutres fermées non-méditerranéennes » voir « E1.72 » ; cf. annexe XV – figure 26)

Sèche ou mésophile, de zone némorale, pérenne et fermée occupant un sol acide. Il y est entre autres présent *Agrostis capillaris* (*Agrostis capillaire*), *Danthonia decumbens* (*Danthonie retombante*), *Deschampsia flexuosa* (*Canche flexueuse*), *Potentilla erecta* (*Potentille érigée*). Bien qu'étant une zone non échantillonnée (non prioritaire et correspondant au dolmen de Mané Croc'h), elle s'est révélée intéressante par sa diversité végétale plus développée et des espèces de lande en bordure. En effet, il s'agit d'un monument anciennement enfermé dans la végétation, mais qui a bénéficié en 2019 d'une ouverture et d'une gestion de celle-ci ;

Prairie de fauche (0,8% ; code EUNIS E2.22-Prairies de fauche planitiaires subatlantiques ; cf. annexe XV – figure 25)

Mésophiles et mésotrophes à eutrophes, avec notamment *Arrhenatherum elatius* (*Fromental élevé*), *Dactylis glomerata* (*Dactyle agglomérée*), *Geranium pratense* (*Géranium des prés*), *Campanula patula* (*Campanule étalée*), *Galium album* (*Gaillet blanc*). Comme précédemment non échantillonnée, cette zone s'est aussi montrée intéressante en termes de diversité et de dynamique végétale. En effet, même si *Pteridium aquilinum* y était envahissante, elle comportait entre autres du Prunelier, du Pommier sauvage (*Malus sylvestris*), ou encore Molinie / Ronce / Lierre.

Dans un second temps, cette étape d'identification / délimitation a fait ressortir les différents couverts arborés, avec :

- Chênaie (5,1% de la surface cartographiée ; code EUNIS G1.8-Boisement acidophile dominé par *Quercus*) = Forêt de *Quercus robur* ou *Quercus petraea* (Chêne rouvre), recouvrant des sols acides. La strate herbacée est souvent constituée de groupes écologiques tels que *Deschampsia flexuosa*, *Vaccinium myrtillus* (Myrtille), *Pteridium aquilinum*, *Lonicera periclymenum*, *Holcus mollis* (Houlque molle) ;
- Pinède à Pin maritime (29,3% ; code EUNIS G3.71-Pinèdes à *Pinus pinaster* ssp. *atlantica* maritimes) = Forêt / plantation de *Pinus pinaster* ssp. *atlantica* (hors formation dunaire) ;
- Futaie mixte (62,5% ; G3.712-Pinèdes de *Pinus pinaster* ssp. *atlantica* et à *Quercus suber* aquitaniennes) = Forêt de *Pinus pinaster* ssp. *atlantica* avec une sous-strate arborescente entre autres composée de *Quercus robur*. Le sous-bois peut contenir parmi d'autres, *Erica cinerea*, *Pteridium aquilinum*, *Frangula alnus* (Bourdaïne), ou *Cistus salvifolius* (Ciste à feuilles de sauge) et *Calluna vulgaris* dans les stations les plus ouvertes, *Hedera helix* et *Ilex aquifolium* (Houx) dans celles les plus fermées, ou encore *Ulex europaeus* dans les plus acides.

Par ailleurs, ce dernier code est donné à titre indicatif pour les besoins de la présente étude, car il est normalement valable pour les milieux dunaires et non forestiers / landicoles. Il s'agit là de différencier des zones où le Chêne pédonculé est fortement présent par rapport à la pinède homogène, cohabitant avec le Pin maritime en strate arbustive ou arborée. Ce sont potentiellement des espaces où la lande dominait autrefois et où la fermeture naturelle aurait plutôt été le résultat de la croissance spontanée de chênes. Cette mixité est d'ailleurs encouragée, via l'application du plan d'aménagement forestier qui transcrit une volonté de transformation du couvert (cf. §2.2.1).

En outre, notons que la surface cartographiée dans cette étape est plus importante que la zone d'étude (41ha pour 27ha). Néanmoins, elle possède des proportions similaires à cette dernière, dans la répartition des habitats (figures 9, 10 et 11).

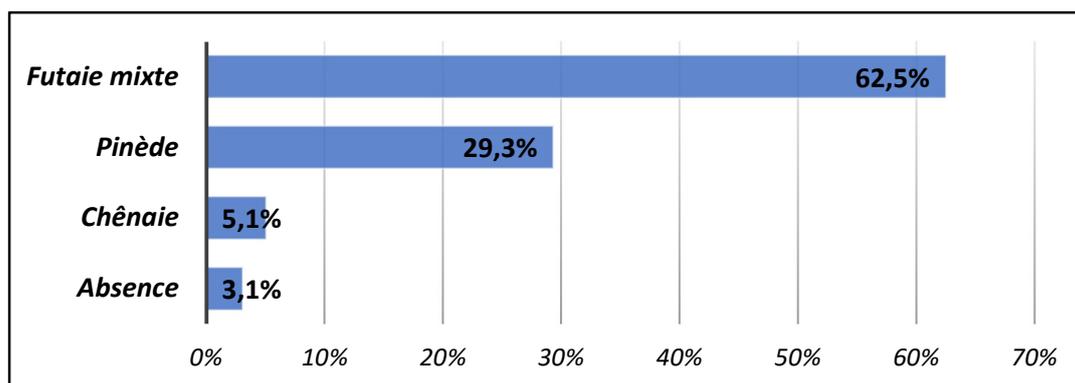


Figure 9 : répartition surfacique de la strate arborée actuelle dans l'emprise des unités homogène de végétation (G1.8 = chênaie ; G3.71 = pinède ; G3.712 = Futaie mixte)

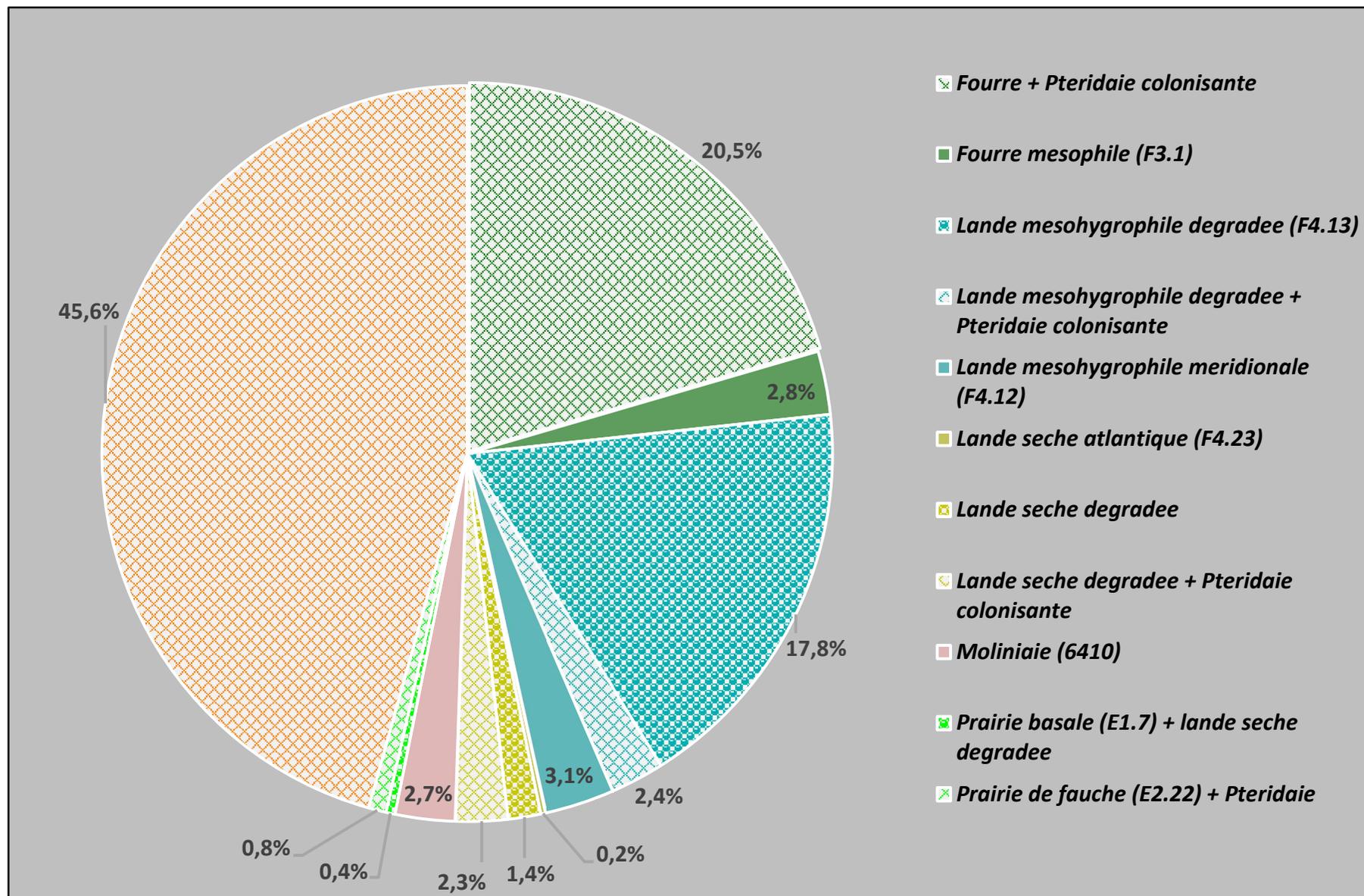


Figure 10 : répartition surfacique des unités homogènes de végétation (sous-bois)

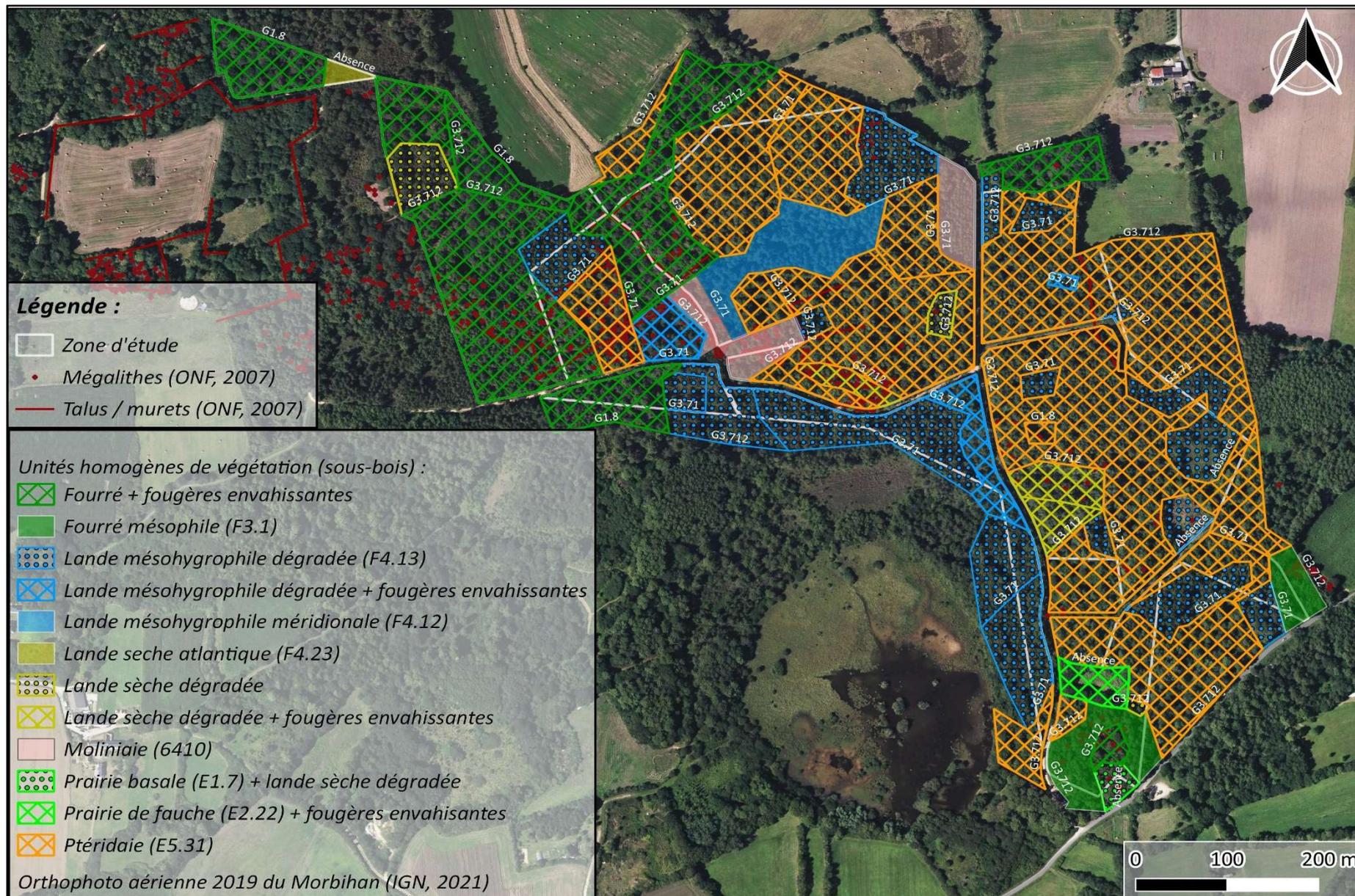


Figure 11 : carte des unités homogènes de végétation

Cette représentation pour partie correspondant à ce qui a été décrit dans la littérature concernant ce site (cf. §2.2.1), a fait apparaître des caractéristiques importantes des communautés : structure des entités fonctionnelles et physionomie, hétérogénéité et dynamique de fermeture des différents milieux.

En ce sens, sur les diagrammes de répartition surfacique précédents, on peut constater que :

- La Fougère aigle est prédominante et qu'elle a colonisé une grande partie de cette zone, soit 71% avec landes et fourrés envahis ;
- La lande mésohygrophile est davantage présente dans sa forme dégradée, soit 90% de cet habitat (F4.12 + F4.13) ;
- Ce mauvais état concerne aussi la lande sèche, même si la lande humide, majoritaire ici, semble mieux conservée (respectivement 5% contre 14%).

De plus, considérant ces proportions, la figure 12 et l'annexe V, les habitats se répartissent inégalement d'après les types d'occupation des sols estimée pour la période 1950-1965, avec :

- Les ptéridaies, fourrés et landes sèches (peu présentes), envahis par la fougère, qui le sont indifféremment sur les 3 types ;
- Celui de type « Moliniaie », qui semble correspondre davantage à d'anciens paysages de landes, mais aussi de cultures / pâtures, que de boisement.
- Celui de type « fourré mésophile » et « lande mésohygrophile dégradée », qui sont eux plus en lien avec d'anciens sols apparemment cultivés ou pâturés ;
- La « lande mésohygrophile méridionale » et sa version dégradée colonisée par *Pteridium aquilinum*, plus corrélées avec un paysage de lande à la période 1950-1965.

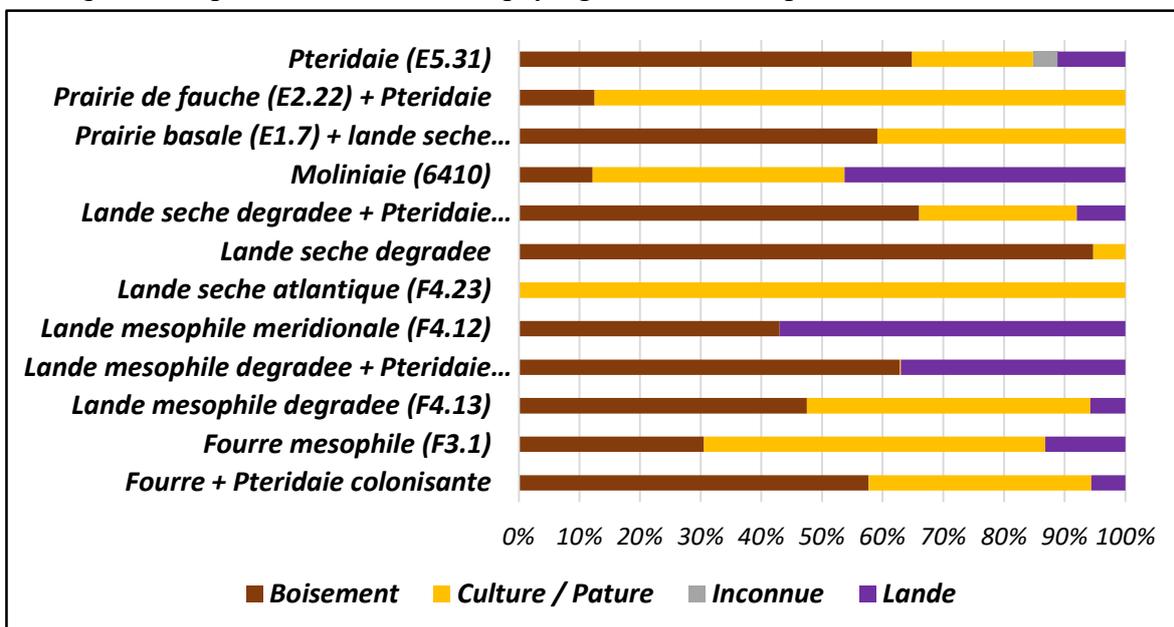


Figure 12 : répartition surfacique des unités homogènes de végétation, en fonction de l'occupation des sols estimée de la période 1950-1965

Dans tous les cas, ces unités homogènes de végétation révèlent une faible diversité d'habitats, au regard de ceux caractérisés en 2016 (22, cf. §2.2.1), avec une spatialisation assez proche, bien que cette mosaïque ne borde pas tellement l'étang qui accentuerait cette diversité. Globalement, cela vient tout de même appuyer les conclusions de l'inventaire de 2016, qui mentionne une biodiversité végétale appauvrie sous une strate très résineuse (Blond, 2016).

Il a effectivement été identifié à l'époque, dans l'emprise de la zone d'étude, seulement 4 types de strates herbacées et 2 de strates arborées (8 et 3 ici). Néanmoins, l'effet de bordure qui n'a pas été considéré dans cette mission (talus / murets / fossés), amène quand même à s'interroger sur le potentiel landicole de ces milieux. En effet, outre les 2 prairies évoquées ci-avant, des espèces typiques de lande bordaient ponctuellement les zones cartographiées (exemple : point 14 avec de la Bruyère ciliée, par ailleurs enregistré comme moliniaie ou HIC « 6410-9-Moliniaies hygrophiles acidiphiles atlantiques » dans la BIG Habitat du CBNB).

Considérant maintenant uniquement la strate arborée et de la même façon que pour la répartition surfacique de la strate herbacée (cf. annexe V, figures 9 et 13), on s'aperçoit que :

- La futaie mixte et la pinède, semblent s'accommoder de toutes les occupations de sols du milieu du siècle précédent, avec peut-être une légère corrélation au boisement pour l'une et à la lande pour l'autre ;
- La chênaie d'aujourd'hui occupe davantage les anciens espaces théoriquement cultivés / pâturés (sols plus profonds) ;
- Les parcelles estimées être occupées par la lande à la mi 20^{ème}, ne sont pas du tout représentée avec la chênaie à l'heure actuelle ;
- Le couvert forestier fait état d'une progression de plus de 80% depuis 1965.

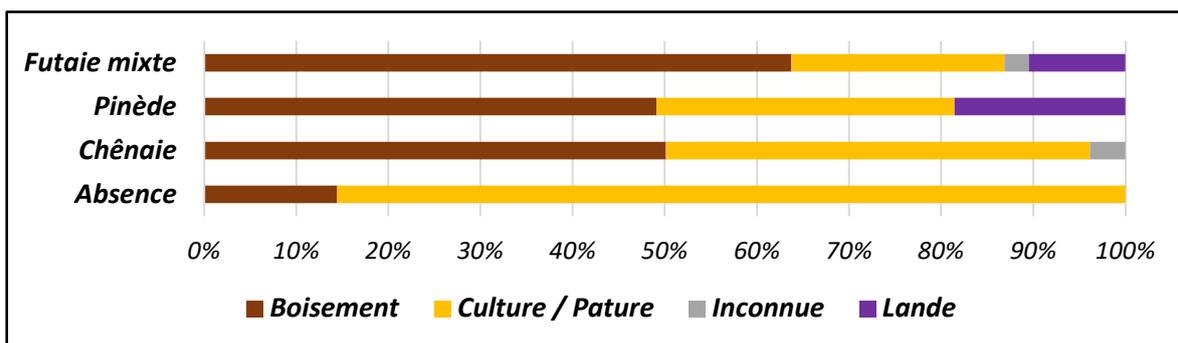


Figure 13 : répartition surfacique de la strate arborée actuelle, en fonction de l'occupation des sols estimée de la période 1950-1965

A présent, toujours dans cette analyse spatiale et en prenant en compte les figures 9 / 10 / 14, on s'aperçoit que :

- La ptéridaie se distingue davantage avec la futaie mixte qu'avec la pinède (plus humide) ;
- Les landes sèches et fourrés mésophiles, sont plus liés à la futaie mixte qu'à la pinède ;
- La moliniaie et la lande mésohygrophile, sont plus en relation avec la présence de la pinède (essence plus adaptée aux sols engorgés) ;
- Les fourrés colonisés par les fougères, semblent correspondre davantage à la chênaie ou à la futaie mixte qu'à la pinède, bien que la surface de cette strate soit peu représentée.

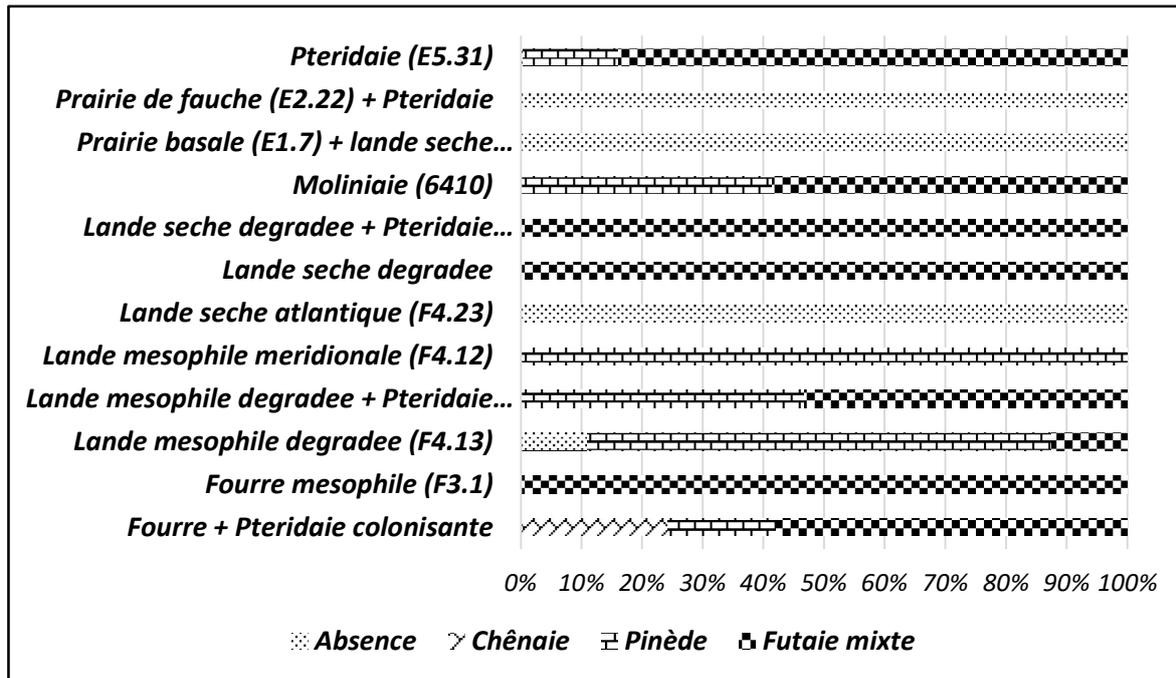


Figure 14 : répartition surfacique des unités homogènes de végétation, en fonction de la strate arborée actuelle

3.1.2 Relevés phytosociologiques

La flore de l'ensemble des 48 points échantillonnés ici, au sein de toutes les strates de végétation précédemment énoncées, est composée de 36 espèces sur 0,3ha. Ce chiffre issu de relevés en un seul passage au mois de mai, est à relativiser aux 229 espèces inventoriées en 2016, sur la totalité de l'ENS et son étang (51ha), avec une méthode différente.

Ainsi, on retrouve au sein de ces cadrats, des complexes de végétation de l'intérieur des terres, dont la physionomie est dessinée par 15 espèces de types vivaces ou annuelles, 12 espèces arbustives, ou encore 9 essences d'arbres, occupant :

- Des affleurements rocheux ;
- Des milieux forestiers bien drainés ;
- Des paysages landicoles mésophiles et mésohygrophiles ;
- Des bas de versants et fonds de vallons, avec engorgement temporaire.

Par ailleurs, on remarque sur les tableaux de contingence (figures 15 et 16), que :

- Le tiers des espèces a été relevé une seule fois, quand plus de la moitié l'a été moins de 4 fois, argumentant en faveur de la dégradation des milieux ;
- Le tiers des cadrats comportaient moins de 8 espèces différentes, quand seulement 10% en comportaient plus de 10, corrélant ce constat d'une biodiversité végétale appauvrie ;
- Dans la même idée, la flore remarquable des landes de Bretagne est peu représentée, avec seulement l'Asphodèle d'Arrondeau (*Asphodelus arrondeaui*) qui a été repérée, bien qu'elle fût aperçue plusieurs fois sur l'ENS ;

- Les espèces de lande comme la Bruyères ciliée / cendrée ou l'Ajonc nain, sont tout de même repérées dans presque la moitié des points échantillonnés, ce qui est un élément rassurant quant au potentiel de restauration de landes ;
- Le Pin maritime et le Chêne pédonculé, sont surreprésentés, corroborant l'importance du couvert arboré et alimentant l'hypothèse d'un développement naturel de ces espèces, liée notamment à la déprise agricole ;
- La Molinie et la Ronce, mais aussi l'Ajonc d'Europe et la Fougère, sont très présents (respectivement relevées 42 / 41 / 32 / 27 fois), confirmant que ce sont des espèces à surveiller dans le cas d'une ouverture de la végétation leur apportant plus de lumière.

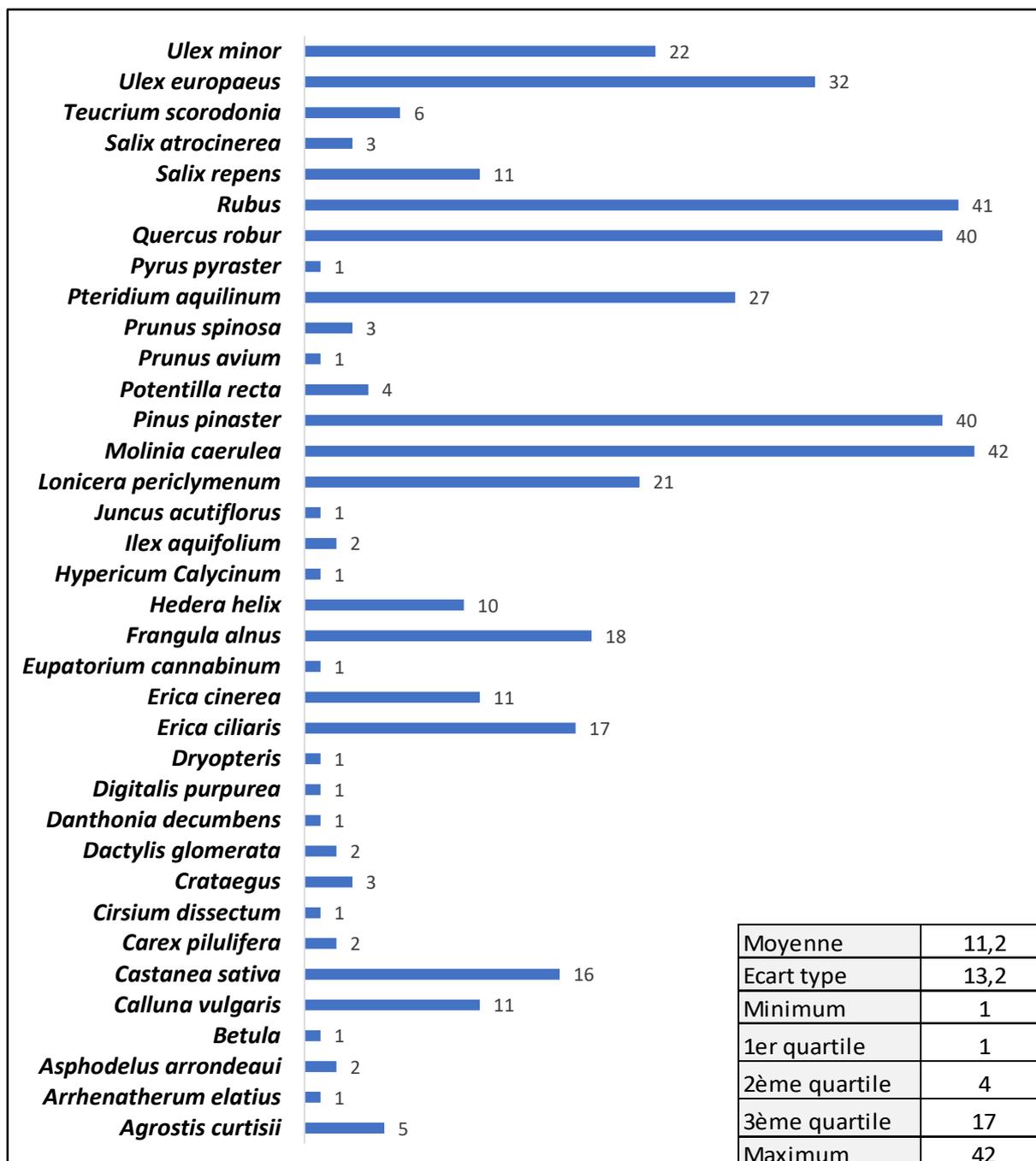


Figure 15 : occurrences de chaque espèce végétale relevée sur la zone d'étude, pour l'ensemble des cadrats de phytosociologie (48 points)

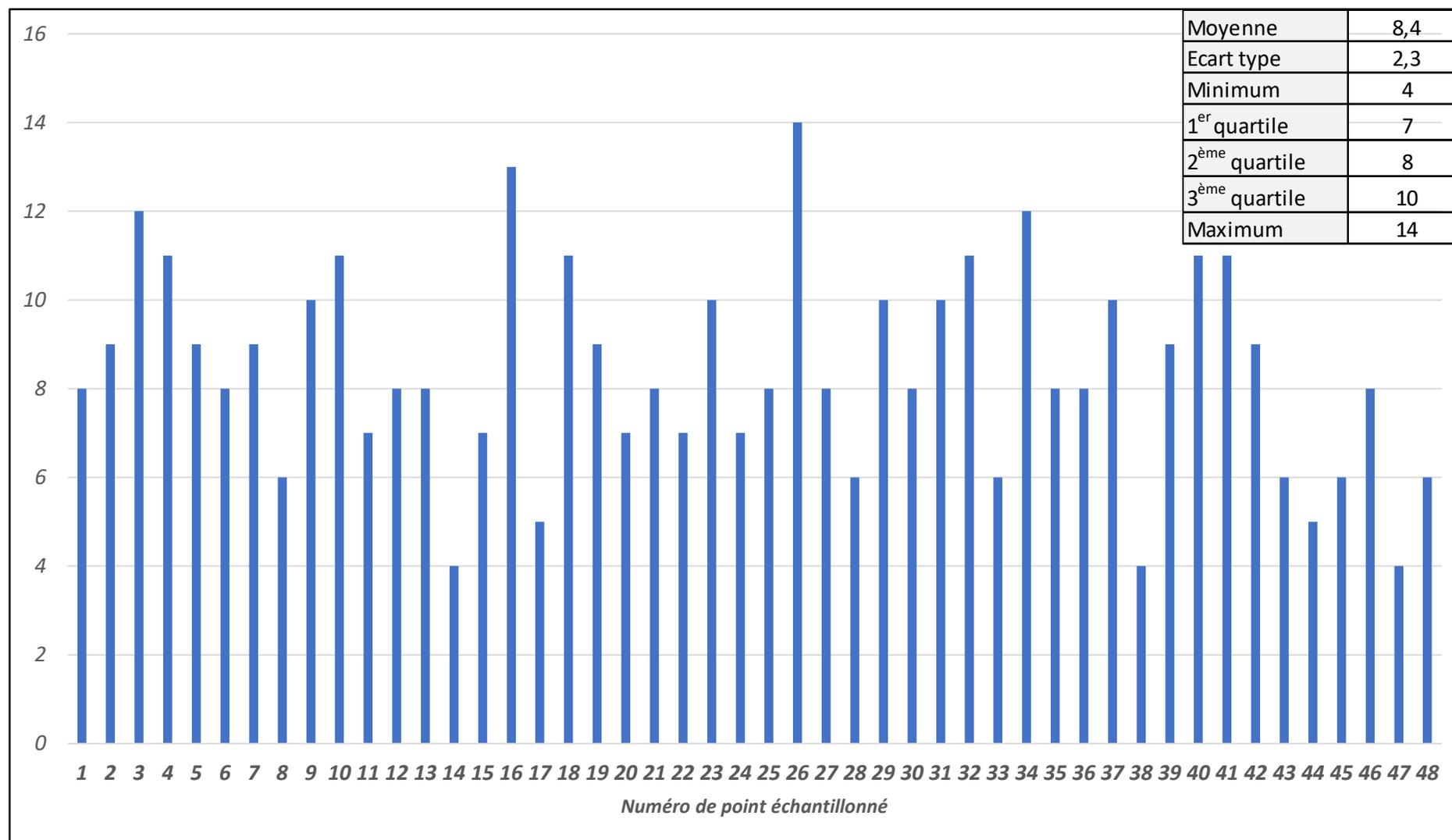


Figure 16 : contingence du nombre d'espèces végétales relevées sur la zone d'étude, au droit de chaque cadrat pour la phytosociologie (48 points)

3.2 Sols

3.2.1 Caractérisation in-situ

La caractérisation pédologique faite pendant la campagne de terrain, a permis d'observer et de décrire une vingtaine de sols, correspondant à différents codes 4 critères. Ils sont regroupés en 5 grands types, présentés ci-dessous et spatialisés ci-après (figures 17 à 19). Des photographies et descriptions d'horizons d'exemples types, sont disponibles en Annexe XVI : Compléments concernant la description des grands types de sols rencontrés.

Rankosol (12 sites ; annexe XVI – figure 27)

Superficiel avec des épaisseurs variant de 18 à 40cm, une texture peu différenciée et très sableuse car l'altération des leucogranites est peu avancée (éléments grossiers plus nombreux), relativement riche en matière organique sur l'horizon supérieur, acide et ayant un faible stock d'éléments minéraux nutritifs, plutôt sec ou bien drainé (pas d'hydromorphie) et situé majoritairement en pente ou sol plat rajeunit en permanence (érosion ou pressions agricoles / sylvicoles), possédant une forme d'humus Mor ou Moder voir Mull.

Brunisol (5 sites ; annexe XVI – figure 28) = plus épais allant jusqu'à plus de 100cm (tarière trop courte), une texture peu différenciée au sein du profil mais variable entre chaque site, un horizon structural S développé, peu acide voir neutre (point n°31), humide à bien drainé et souvent présentant des traits rédoxiques à moins de 40cm de profondeur, situé la plupart du temps sur sol plat, avec forme d'humus mor / moder.

Alocrisol (8 sites ; annexe XVI – figure 29) = d'épaisseur variable, texture souvent limon-sable-argile (LSa), présentant normalement un horizon S aluminique (concentré en aluminium), acide ou très acide (altérite modérément acide + forêts avec litière acidifiante), humide à bien drainé et souvent présentant des traits rédoxiques à moins de 40cm de profondeur, saturation très faible et surmonté d'une forme d'humus mor. Il est à remarquer que pour ce type de sol, le RP précise que la forme d'humus la plus typique est un oligomull, mais que dans un contexte acide, l'activité biologique peut facilement être perturbée par une modification de la couverture végétale (substitution d'essences, fermeture du couvert, envahissement d'éricacées, etc.).

Planosol (12 sites ; annexe XVI – figure 30)

Moyennement épais, peu évolué avec une morphologie différenciée par des horizons supérieurs perméables et rédoxiques (excès d'eau saisonniers), se superposant à des horizons en profondeur plus imperméables (plancher), acide à peu acide et situé sur replat et en basse altitude, avec forme d'humus mor / hydromor voir hydromoder. Le règlement pédologique français mentionne entre autres un horizon éluvial E et la possibilité d'un autre sous-jacent qui est illuvial BT, mais résultant de la translocation des argiles latéralement et non verticalement comme dans les podzols. En effet, cette différenciation texturale ne proviendrait pas d'un processus de lessivage, mais plutôt d'apport d'argiles provenant d'un autre matériau ancien (anté-miocène), comme énoncé plus haut (cf. §2.2.2 et annexe IV).

Fluvisol (3 sites ; annexe XVI – figure 31)

Moyennement épais, texture fréquente de limon-sable-argile, pas d'horizons de référence mais d'apports alluviales fluviales récentes (de l'holocène, transport puis sédimentation / atterrissement de matière) et rédoxiques (parfois inondé et avec une nappe libre phréatique affleurant), acide à peu acide et toujours situé en partie basse de versant, avec forme d'humus mor / moder / hydromoder. Le RP précise que les conséquences de l'engorgement sur les plantes sont atténuées par le fait que la nappe est circulante et oxygénée.

La typologie de ces profils de sols correspond ainsi pour partie, à ceux déjà énoncés plus avant (programme Sols de Bretagne, cf. §2.2.2 et annexe XI - tableau 2). Toutefois, l'épaisseur annoncée comme généralement forte sur la plupart d'entre eux, est plutôt moyenne. Ces 5 descriptifs représentant l'ensemble des observations de profils, les variations sont d'ailleurs liées aux différentes classes de profondeur et d'hydromorphie, dont :

- 14 sols peu profonds, 24 moyennement profonds, 2 profonds ;
- 12 sols non hydromorphes, 2 peu hydromorphes, 26 plutôt hydromorphes.

Par ailleurs, considérant les figures 17 et 18, il en ressort que :

- Les alocrisols sont tous surplombés de forme d'humus « mor » ;
- Les brunisols se retrouvent indifféremment avec des humus « mor » ou « moder », sachant que 3 d'entre eux ont un pH à la limite de les classer comme Alocrisol (points 16 / 25/ 29) ;
- Les fluvisols sont représentés de la même façon avec les 3 formes, bien qu'il y ait peu d'individus ;
- Les planosols, bien qu'avec des humus « mor » majoritaires, sont ceux avec le plus de formes hydromoder ;
- Les rankosols sont davantage accompagnés par des humus de forme « mor ».

En outre, au regard des annexes VI et XVII – figure 32, il est visible que :

- Le gradient d'humidité suit le gradient topographique, avec :
 - des sols majoritairement hydromorphes aux plus basses altitudes ;
 - des sols sans hydromorphie au niveau des pentes les plus fortes (drainage).
- Les fortes pentes se retrouvent en présence de sols peu épais (érosion).

En supplément, on constate aujourd'hui : 30% de rankosols caractérisés, 30% de planosols, 20% d'alocrisols, 7,5% de fluvisols, 12,5% brunisols. Suite à la superposition de ces résultats sur la carte des sols de 1980, il apparaît globalement une bonne correspondance entre les limites de ces minutes de terrain et les sondages faits dans cette étude (cf. annexe XVI – figure 33). Les différences étant surtout dues à des sondages proches de certaines limites cartographiques photo-interprétées, ou à des changements de langage (cf. annexe IV - tableau 1).

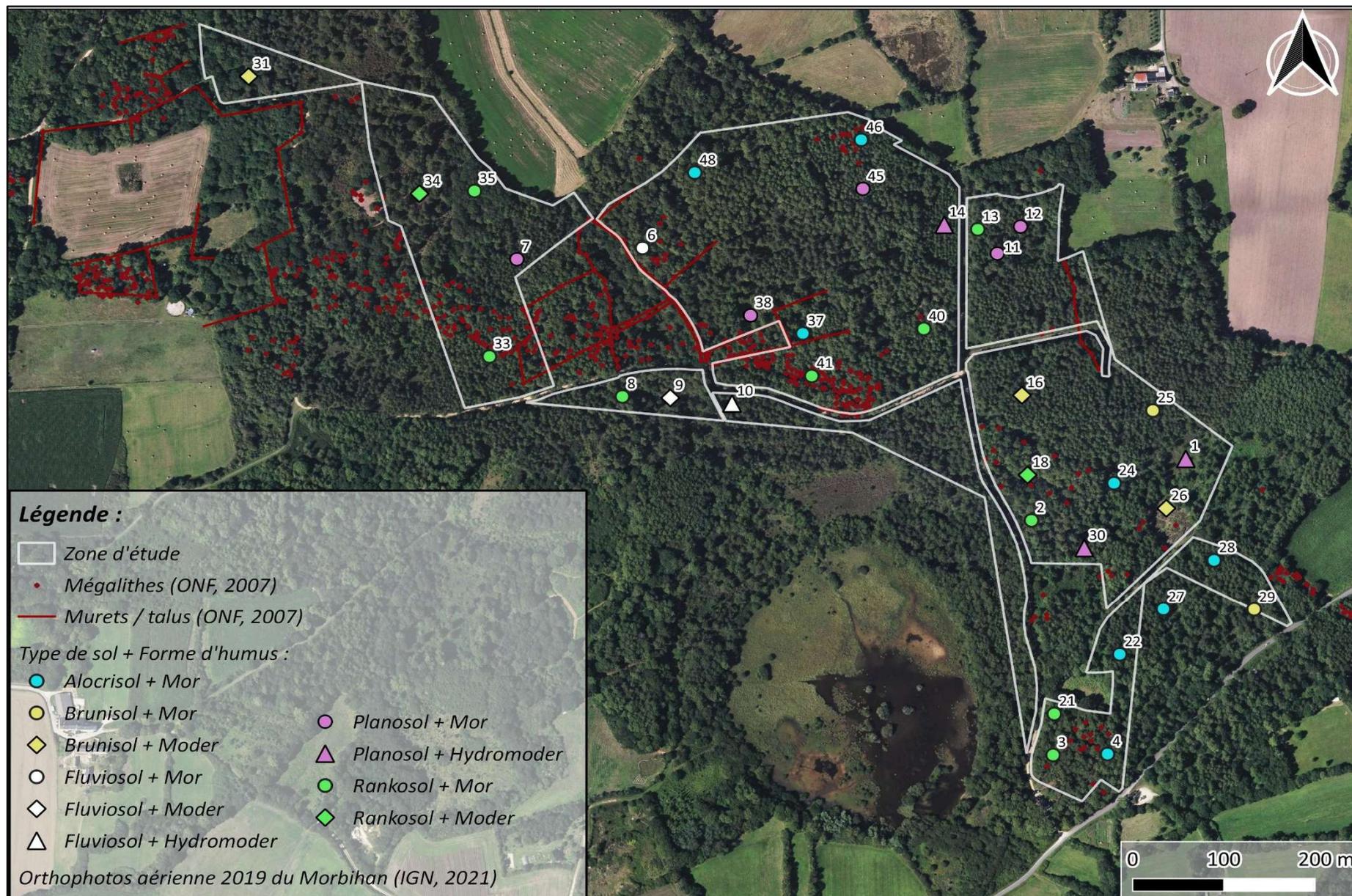


Figure 17 : carte des types de sols en fonction des humus, au droit des points échantillonnés

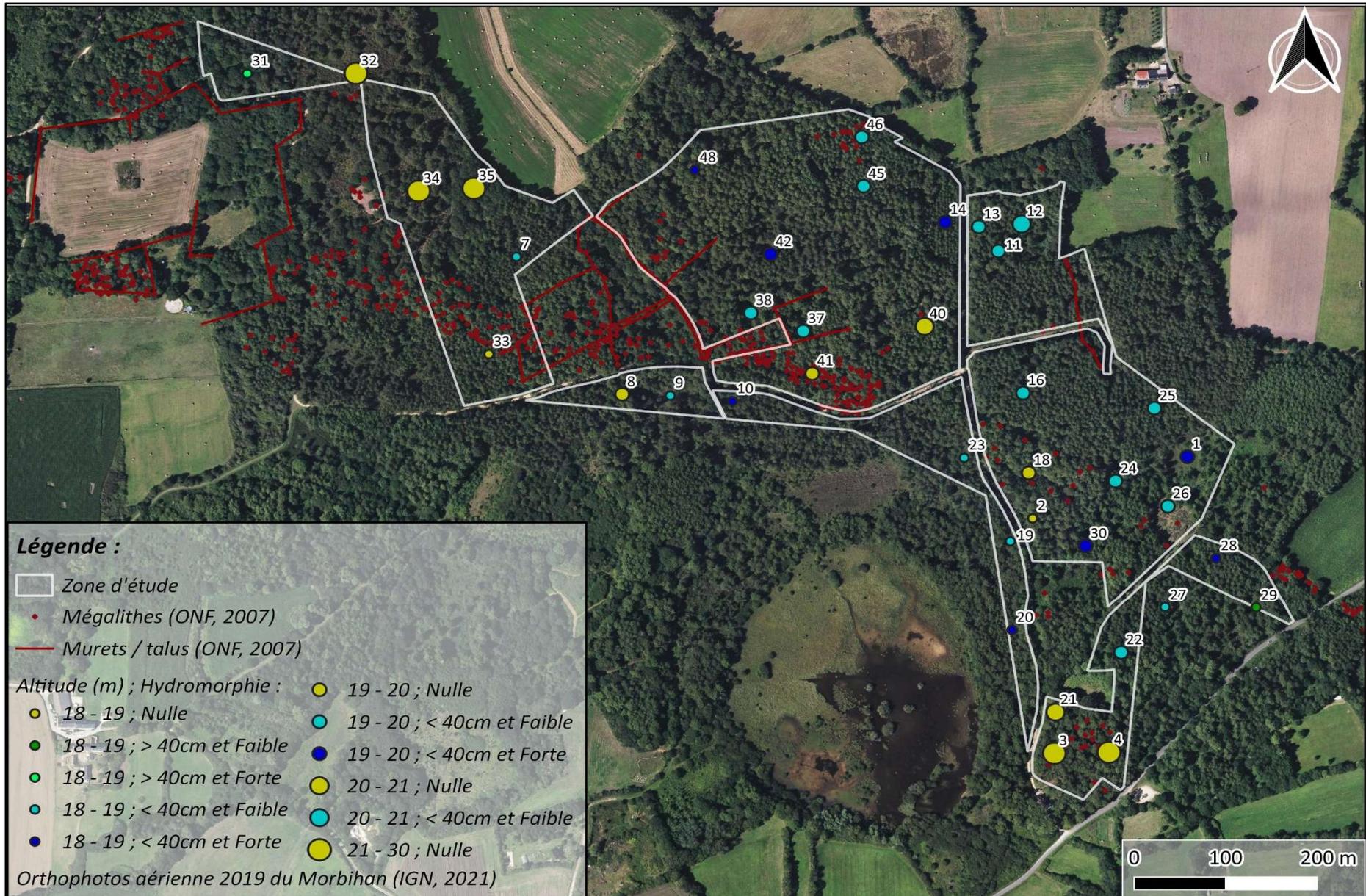


Figure 18 : carte de l'hydromorphie en fonction de l'altitude, au droit des points échantillonnés

Par la suite et dans la continuité des analyses faites avec les occupations de sols estimées en 1950-1965, la figure 19 nous fait percevoir :

- Des parcelles boisées en 1965, correspondant aujourd'hui légèrement plus à des planosols ;
- Des alocrisols aujourd'hui qui semblent plutôt anciennement cultivées / pâturées.

	Boisement	Culture / Pature	Inconnue	Lande	TOTAUX	PART
Alocrisol	2	5		1	8	20%
Brunisol	2	2		1	5	13%
Fluvisol	2	1			3	8%
Planosol	9	2		1	12	30%
Rankosol	7	4		1	12	30%
TOTAUX	22	14	0	4	40 échantillons	
PART	55%	35%	0%	10%		

Figure 19 : tableau de contingence des types de sols caractérisés en 2021 par rapport à l'occupation des sols estimée de la période 1950-1965

Grâce à une analyse du même genre réalisée avec les formes d'humus, cela fait ressortir :

- Une corrélation plus forte entre la forme Moder et d'anciennes cultures / pâtures ;
- Une forme Mor plus représentée sur des anciennes parcelles de boisement et de landes.

Enfin, les processus de podzolisation ne semblent pas être présents dans ces sols (cf. §2.2.2). Pourtant, un couvert végétal modifié et acidifiant, comme dans le présent contexte, peut être synonyme de début de processus de podzolisation. Les formes d'humus déterminées ici, sont en outre en grande partie de celles mal décomposées (mor / moder), surmontant des horizons pour certains éluviaux / illuviaux (lessivage / accumulation) et pour beaucoup acides. Cet humus reste un témoin de la faible activité biologique et trophie du sol, ainsi que d'une disponibilité des nutriments presque nulle dans les horizons OF / OH (fragmentaire / humifié). Plusieurs autres paramètres semblent également réunis pour entamer cette pédogénèse, ce dans plusieurs sols échantillonnés : substrat, CEC, trophie, oxydoréduction. Cependant, il s'agit de processus qui se retrouvent d'avantage en conditions climatiques spécifiques, pour un type de matériau parental donné et à des altitudes plus élevées. Mis à part les planosols, il y a eu de surcroît peu de différenciation texturale relevée dans ces sols, pas d'horizon albique ni podzolique. Cela mérite donc une prise en compte mesurée, tout en sachant que si la podzolisation et ses mécanismes apparaissent rapidement à l'échelle géologique, elle se produit sur des centaines d'années à plusieurs millénaires. Pour ce constat, comme pour l'identification de la typologie de sols, les analyses physico-chimiques ci-après ont confirmé ces dires.

3.2.2 Analyses physico-chimiques

Les analyses en laboratoire effectuées sur les prélèvements de sols, ont permis de mesurer précisément un certain nombre de paramètres physico-chimiques. Ces grandeurs ont apporté des éléments supplémentaires de compréhension, à la relation étudiée ici (Laurent & Douard, 2017). En effet, étant donné que le matériau parental est plutôt homogène dans notre situation et qu'il influence fortement ces paramètres comme le pH, il était insuffisamment révélateur de la diversité pédologique / phytosociologique.

Premièrement, à propos de ce potentiel hydrogène d'une importance majeure pour l'identification des types de sols, il résulte d'après les résultats présentés en figure 20 :

- Une majorité de sols acides ;
- 12,5% de sols peu acides ;
- 2 brunisols ressortent peu acide et basique (respectivement points n°26 et 31), sous humus « Moder » et potentiellement en culture / pâture en 1965 ;
- 95,5% des échantillons avec un $\text{pH}_{\text{KCl}} < 4,2$ dans l'horizon A, ce qui traduit une forte contrainte sur la disponibilité des minéraux (UNIFA, 2021) ;
- Une acidification généralisée des sols en cours avec $\text{pH}_{\text{eau}} > \text{pH}_{\text{KCl}}$ sur la totalité des mesures, bien que cela soit un processus long (Dambrine, 2021).

Par ailleurs, la détermination de l'acidité pour ce travail, a été fait en fonction des critères suivants (tolérance de 0,2 unités) (Jabiol et al, 2009) :

- Hyper-acide = horizon A avec un $\text{pH}_{\text{eau}} < 3,5$;
- Très acide = horizon A avec $3,5 < \text{pH}_{\text{eau}} < 4,2$;
- Acide = horizon A avec $4,2 < \text{pH}_{\text{eau}} < 5,0$;
- Peu acide = horizon A avec $5,0 < \text{pH}_{\text{eau}} < 6,5$;
- Neutre = horizon A avec $6,5 < \text{pH}_{\text{eau}} < 7,5$;
- Basique = horizon A avec $7,5 < \text{pH}_{\text{eau}} < 8,7$;
- Très basique = horizon A avec $\text{pH}_{\text{eau}} > 8,7$;

Deuxièmement, en lien avec le taux de matière organique (MO), sachant que cette grandeur est liée à la réserve utile des sols, ainsi qu'à l'activité microbologique (minéralisation), il s'avère que (UNIFA, 2021) :

- 90% des profils échantillonnés ont une acidité plus importante dans leur horizon supérieur (sinon équivalente), plus riche en matière organique (MO), confirmant les résultats de l'étude au sein du PNR Armorique (Laurent & Douard, 2017) ;
- Cette MO dans l'horizon 0-10cm, est assez élevée d'une manière générale et surtout pour les rankosols, bien que cela paraisse normal étant donné l'environnement forestier (figure 49, surtout n°3 / 18 / 32 / 34).

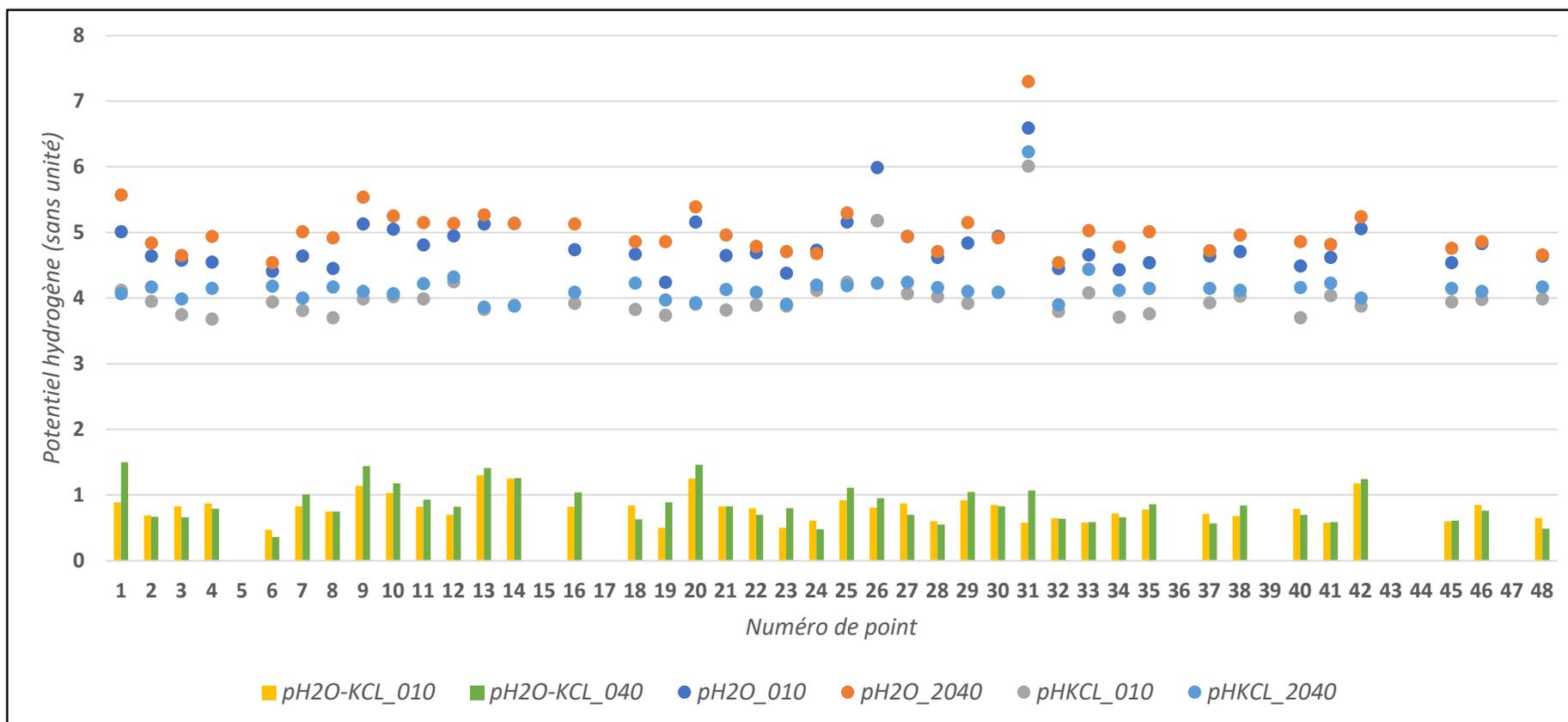


Figure 20 : potentiels hydrogènes (pH) et acidité d'échange, méthodes H2O et KCl, en fonction du point échantillonné, profondeur 0-10cm et 20-40cm

	pH2O_010	pH2O_2040	pHKCL_010	pHKCL_2040	pH2O-KCL_010	pH2O-KCL_2040
Moyenne	4,8	5,0	4,0	4,2	0,8	0,9
Ecart type	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3
Minimum	4,2	4,5	3,7	3,9	0,5	0,4
1 ^{er} quartile	4,6	4,8	3,8	4,1	0,7	0,7
2 ^{ème} quartile	4,7	4,9	3,9	4,1	0,8	0,8
3 ^{ème} quartile	5,0	5,2	4,0	4,2	0,9	1,0
Maximum	6,6	7,3	6,0	6,2	1,3	1,5



Figure 21 : carte de la teneur en matière organique (MO) et du rapport carbone / azote (C / N), au droit des points échantillonnés, profondeur 0-10 cm

Troisièmement, concernant le niveau trophique (cf. §1.4.3), on constate au niveau de l'azote total, au global faible mais ne semblant pas subir de lixiviation (cf. annexe XVI – figure 34) :

- Celles-ci sont assez variables pour l'horizon 0-10cm, avec 20% des échantillons qui sont les plus concentrés et 20% qui le sont moins, c'est-à-dire que :
 - Les taux les plus forts correspondent en majorité à des rankosols (n°3 / 13 / 14 / 18 / 32 / 34 / 40) et des planosols (n°14 / 42), peut-être anciennement cultivés / pâturés ;
 - Les taux les plus faibles correspondent à des humus de forme « Mor » (n°11 / 12 / 16 / 21 / 25 / 28 / 33 / 45 / 46) ;
- Elles sont plus homogènes dans l'horizon sous-jacent, mais toutes plus basses.

Par conséquent, dans les horizons 0-10cm et 20-40cm, les rapports carbone / azote sont principalement assez hauts (figure 21), variant dans les mêmes proportions, sauf pour 10% des points plus haut et 12,5% plus bas.

A propos du phosphore échangeable (cf. annexe XVI – figure 35), la variabilité est un peu plus élevée mais pour des teneurs encore toutes faibles, sachant que 5 échantillons présentent des teneurs plus fortes et en profondeur. Il s'agit de rankosols anciennement boisés, surtout en pente régulière et sous humus « Mor » (n°3 / 8 / 18 / 34 / 40). Les sols en pente régulière dans cette analyse, comme ces derniers, sont d'ailleurs souvent liés à une lixiviation de phosphore.

Quant à l'aluminium échangeable et pour seulement 20 mesures (cf. annexe XVI – figure 35), il se révèle être :

- Assez variable dans sa teneur plus élevée dans les horizons supérieurs, sauf pour les points n°26 / 31, qui sont des brunisols sous humus « Moder » et peut-être cultivés / pâturés en 1965. Sur ce dernier, au pH basique, il est même presque nul sur 40cm de profondeur ;
- Plus concentré dans des rankosols (n°8 / 13 / 18 / 19 / 32 / 40).

Par suite, il ressort principalement des 20 analyses en laboratoire du calcium échangeable, d'une part, et de potassium / magnésium / sodium échangeable, d'autre part, que (cf. annexe XVI – figure 36) :

- 10% des points sont beaucoup plus concentrés en calcium, soit les n°26 / 31 qui sont en outre les moins acides ;
- 22,5% le sont davantage en cations K / MG / NA (n°13 / 19 / 20 / 22 / 31).

Par conséquent, la capacité d'échange cationique (CEC), qui influence entre autres la fertilité du sol et le lessivage (figures 53 et 54) :

- Varie sensiblement pour certains échantillons par le haut (n°13 / 19 / 20 / 22 / 31), d'autres par le bas (n°7 / 8 / 26 / 32 / 33 / 40 / 41 / 46) ;
- Est toujours supérieure pour celles des horizons 0-10cm vis-à-vis de celles des horizons 20-40cm.

Enfin dans ces même figures 53 et 54, le calcul des taux de saturation de cette CEC, en rapport avec l'acidité et les réserves de cations, donne les résultats suivants :

- Tous les horizons échantillonnés sont désaturés ($S/CEC < 20\%$), sauf les n°26 / 31 qui sont oligosaturés ($20\% < S/CEC < 50\%$) ;
- La majorité des points voient leur horizon supérieur moins saturé que la couche 20-40cm, sauf pour les points n°3 / 18 / 26 / 33 / 46, qui sont liés à d'anciennes parcelles potentiellement cultivées / pâturées.



Figure 22 : carte de la capacité d'échange cationique (CEC) et du taux de saturation de la CEC, au droit des points échantillonnés, profondeur 0-10 cm

Pour finir, on constate donc que ces sols déjà acides pour la plupart, continuent de s'acidifier, sachant que le couvert végétal participe à ce phénomène, étant constitué pour une bonne partie de pins et fougères. La matière organique et le rapport C / N quant à eux, sont assez hauts avec une teneur en azote total plutôt basse. Puis le phosphore échangeable, nutriment également moins disponible de par l'acidité, est généralement bas. L'aluminium échangeable lui, est présent mais pas excessif et surtout concentré dans les horizons supérieurs, de rankosols et sols au pH les plus acides. Les cations échangeables, CEC et taux de la saturation, sont tous trois principalement à des niveaux de désaturation des sols. Il est évidemment à noter des variations liées au type de sol, à l'occupation de sol historique ou la topographie, avec par exemple les rankosols et les points n°26 / 31 (brunisol), qui semblent souvent dénotés.

3.3 Analyses croisées et mise en évidence des relations sol / végétation

Suite à la description des compartiments sol / végétation et de leur analyse distincte, les données ont été analysées de façon intégrative, mais avec 2 approches différentes.

3.3.1 Tableaux de contingence

Cette étape de croisement des données est tout d'abord concentrée sur les unités homogènes de végétation, les types de sol caractérisés dans cette étude et l'occupation des sols estimée de 1950-1965. En effet, l'idée était de faire ressortir l'influence de cette occupation des sols sur la relation sol-végétation. Ainsi, on constate pour ces milieux de l'intérieur des terres que (cf. annexe XVI – figures 38 / 39)

- Les fourrés mésophiles et surtout ceux colonisés par la grande fougère, sont présents aujourd'hui uniquement sur des espaces déjà boisés ou cultivés / pâturés à l'époque (pas de landes), ce pour la plupart des sols sauf pour le Planosol où il n'a pas été échantillonné ;
- La lande mésohygrophile dégradée, ainsi que sa version envahie par *Pteridium aquilinum*, est davantage en lien avec un couvert arboré déjà présent à la mi 20^{ème}, ce pour la plupart des sols. Cela corrobore l'analyse spatiale faite au §3.1.1, où elle se retrouve plus souvent sous pinède et pas du tout sous chênaie. Seule une occurrence relie d'anciennes landes à une lande mésohygrophile sur Planosol aujourd'hui, sans fougères ni molinie dominante ;
- La lande mésohygrophile se retrouve sur tous les types de sols mais reste légèrement plus supportée par les planosols, comme la moliniaie uniquement échantillonnée dessus. Cette corrélation traduit les contraintes de ce sol, auquel la Bruyères ciliée / l'Ajonc nain / la Molinie bleu sont bien adaptés (*Glemarec et al ; 2015*) ;
- La lande sèche est plutôt liée aux rankosols, indifféremment des occupations de sol historiques. Cette corrélation traduit également les fortes contraintes de ce type de sol, auxquelles la lande sèche est particulièrement adaptée (*Glemarec et al ; 2015*) ;
- La Fougère aigle semble s'accommoder davantage avec les alocrisols / planosols / rankosols, supportant de la forêt, ou dans une moindre mesure ayant été cultivés / pâturés, depuis les années 1965.

Par ailleurs, la figure 56 superpose les unités homogènes de végétation avec les types sols caractérisés en 2021, ainsi que les limites de sols décrites en 1980 et photo-interprétés (J-M Rivière). On y perçoit la complexité d'analyser le lien sol-végétation.

3.3.2 Analyses multi-dimensionnelle

Après avoir rassemblé et saisi informatiquement toutes ces informations recueillies (SIG + terrain + laboratoire), elles ont été prétraitées avant de compléter la base de données. Il a été vérifié préalablement à leur exploitation, qu'elles permettent de répondre de façon explicite à la problématique, ou le cas échéant, de définir les besoins complémentaires. L'intérêt vis-à-vis de la réalisation d'une telle analyse croisée, était d'alimenter la réflexion sur les relations pédologie-phytosociologie et d'en préciser la teneur. Elle a ainsi nourri l'élaboration des hypothèses de trajectoires de la végétation après ouverture des milieux, préfigurant les potentialités de restauration / gestion sur la zone d'étude.

En conséquence, la base de données est restituée sous forme d'un tableau synthétique attributaire, composé de 48 individus (échantillons) pour plus de 100 variables, qualitatives et quantitatives (cf. annexe XVII : Informations sur l'analyse multi-dimensionnelle, §Description des champs de la table de données utilisée). Toutefois, il n'était pas indispensable d'intégrer de nombreux paramètres dans la suite de la présente étude, sachant que :

- Plusieurs d'entre eux étaient considérés comme naturellement reflétés dans d'autres (humidité et hydromorphie, altitude et position dans le versant, forme du relief et pente, intensité lumineuse et couverture arborée, CO et MO, etc.) ;
- Certains étaient très peu représentés (recouvrement bryophytes, strate arbustive, etc.) ;
- Quelques uns étaient invariables au sein de la zone (surface relevée, etc.).
- Le code 4 critères synthétise le profil de sol et sa description morphologique des horizons, ainsi seuls les 4 facteurs qui y correspondent ont été utilisés (matériau parental + hydromorphie + type de sol + profondeur) ;
- La période de l'année où les relevés ont été faits, n'étant pas représentative en termes de d'expression de la strate herbacée, ni les recouvrements, ni les hauteurs n'ont été conservés ici ;
- Les 8 individus sans aucune donnée pédologique, ont été écartés ;
- Les informations sur l'environnement et la météo aux points sondés, les commentaires et différents contacts, ou encore la description floristico-écologique des milieux, ont été mobilisés post analyse dans l'interprétation du présent travail ;
- Les informations diverses et données ponctuelles des observations, ou encore les textes associés à des codes, étaient évidemment inutiles ici ;

Par la suite, les corrélations ont été établies entre les 32 variables quantitatives (physico-chimie + topographie), pour éliminer celles redondantes à plus de 90%. Ces corrélations constituent par ailleurs une information intéressante notamment si poursuite de l'étude il y a, ou pour d'autres travaux (cf. annexe XVII - §Table de l'analyse des corrélations). Il en est ressorti principalement :

- Une corrélation entre pH_{eau} et pH_{kcl} , qui peut s'expliquer par l'acidification généralisée et des variations assez proches entre les 2 valeurs, sachant aussi qu'il s'agit de mesurer la même chose avec 2 méthodes différentes ;
- Une relation étroite entre l'azote N et la matière organique MO, pouvant provenir de l'azote organique compris en mesurant l'azote total ;
- Que le calcium Ca était aussi corrélé au pH, car toutes deux sont liés à la CEC, mais aussi parce que le Ca est lié à l'anion OH^- , lui-même directement lié à l'acidité du sol.

L'étape suivante a consisté à caractériser la variable « unité de végétation homogène » (modalités), par ces variables quantitatives restantes, qui lui étaient les plus corrélées (η^2 , p-value < 0,05). Cela a permis de discriminer 8 variables (cf. annexe XVII - §Caractérisation de la variable « HAB_unitvegea » et de ses modalités) : MO 10-20cm et 20-40cm, P 20-40cm, altitude, classe d'hydromorphie, C / N 20-40cm, Al 20-40cm, classe de profondeur.

Par ailleurs, il a été réalisé une analyse en composante principale (ACP), sur les variables quantitatives après étude des corrélations, intégrant les unités homogènes de végétation comme variable de regroupement en supplémentaire. Sur les axes 1 à 4 du plan factoriel résultant et représentant 77,7% de l'information, les variables les plus corrélées à ces axes (> 70%, p-value < 0,05), étaient : l'hydromorphie, le pH_{KCl} 20-40cm, le rapport C/N 20-40cm, l'aluminium pour les 2 couches de sol, le potassium 20-40cm, la saturation de la CEC 0-10cm.

Malheureusement, par manque de temps, l'analyse multidimensionnelle n'a pu continuer plus en profondeur. Cependant, il eût été idéal de réaliser une analyse des correspondances multiples (ACM), sur les variables qualitatives les plus importantes et les quantitatives restantes transformées en modalités (humus, type de sol, hydromorphie, couvert arboré, ect.).

Enfin, le suivi écologique sur Carnac a fait transparaître que les gradients d'humidité et de topographie, sont les éléments les plus importants, sachant aussi que les groupements végétaux (strates herbacée / arborée) sont indicateurs d'oligotrophie ou de mésotrophie (*Sébastien Gallet lors d'un entretien téléphonique, 28/04/2021*).

3.4 Synthèse sur les potentialités de restauration de landes

Considérant les multiples analyses précédentes, il était nécessaire de synthétiser le potentiel des milieux de la zone d'étude, à accueillir des landes après restauration. La figure 23 cartographie ces probabilités sur 3 niveaux, par type de lande, sachant que les potentiels forestiers, prairiaux ou landicoles hygrophiles, n'ont pas été analysés ici. Cependant, elles semblent globalement favorables à la restauration d'au moins 2 types de landes secondaires, ou station à végétation de lande dominante, sauf pour le point n°31 (station à végétation préforestière, cf. annexe XI - §Volet écosystémique). Les niveaux de potentialité ci-après prennent par ailleurs en compte des critères jugés automatiquement déclassants, comme suit :

- La ptéridaie stricto sensu ;
- Les fougères proliférantes ;
- L'absence d'espèce typique de lande ;
- Un pH_{eau} trop neutre / basique (points n°26 / 31) ;
- Des données complètement manquantes au niveau de la pédologie (points n°5 / 15 / 17 / 36 / 39 / 43 / 44 / 47).

Par ailleurs, au même titre que sur les landes de Monteneuf, les landes sèches (xérophile) sont celles qui devraient moins progresser, par rapport à des landes mésohygrophiles qui pourraient sensiblement s'étendre (cf. annexe XIV - §Monteneuf).

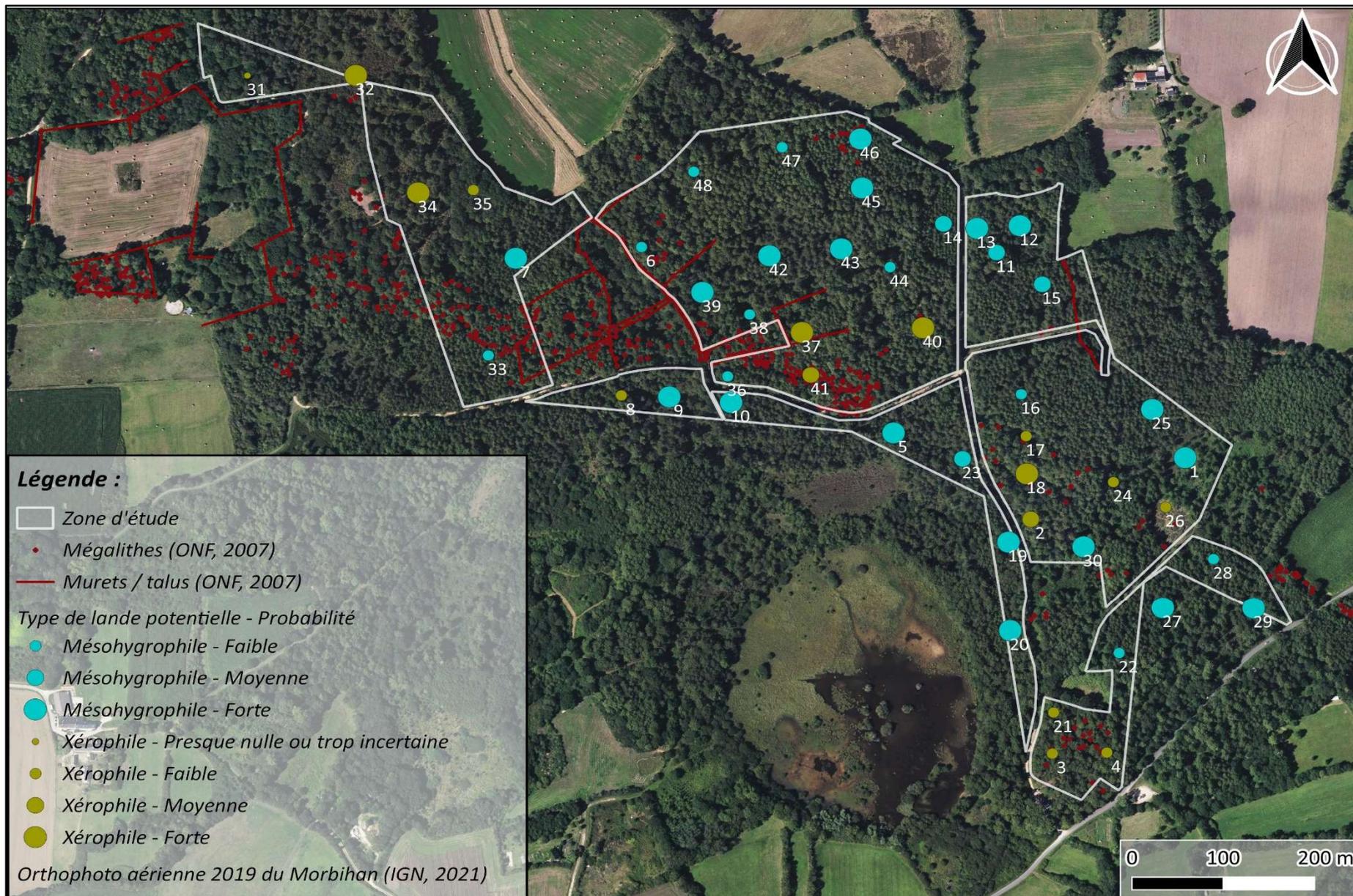


Figure 23 : carte du potentiel de restauration par type de lande au droit des points échantillonnés

3.5 Scénarios envisageables sur la restauration

Comme vu précédemment, les hypothèses et donc les scénarios de restauration, sont nombreux au sein de cette partie du Varquez. Les bruyères et ajoncs y ont disparus en partie, le reste étant majoritairement dégradé / envahi par une Fougère aigle qui est à l'aise dans la plupart des conditions. Néanmoins dans le cadre de la présente étude, les conditions édaphiques caractérisées de ces systèmes landicoles / forestiers, ainsi que les enseignements tirés sur les trajectoires de la végétation, ont amené à mettre en avant 3 scénarios décrits ci-après. Ces potentialités de restauration sont également relatives aux travaux plus ou moins interventionnistes à venir, donc au degrés de correction volontaire de ces trajectoires. En effet, la restauration d'écosystèmes dégradés / détruits par la pression anthropique comme dans notre cas, implique dans un premier temps de maîtriser les sources de perturbation. Puis il faut rappeler qu'il est question ici d'accompagner un projet paysager, qui a pour objet de faire ressortir un patrimoine archéologique, notamment via la substitution de landes et prairies à la forêt (*De Bonduwe et Luzu, 2017*). Le patrimoine écologique quant à lui, suscite un consensus sur le fait de devoir retrouver un potentiel de milieux ouvert, telles que les landes et prairies (*Ferrand, 2016*). L'idée est donc d'orienter l'aménagement et la gestion de l'ENS Er Varquez, pour valoriser l'ensemble de mégalithes et favoriser la biodiversité végétale, tout en conservant au mieux ces deux patrimoines.

En ce sens, les résultats attendus sur la zone d'étude au terme de 10 ou 15ans, à titre indicatif étant donné les hypothèses et incertitudes sont résumés ci-dessous (figure 24) :

<i>Unité de végétation homogène - surface actuelle (ha, cf. §4.1.1)</i>	Scénario 1 (ha)	Scénario 2 (ha)	Scénario 3 (ha)
Fourré mésophile - 1,2	1,8	1,8	1,8
Fourré mésophile envahie par les fougères – 8,5	8,2	4,6	4,6
Lande plutôt humide – 1,3	0,2	9,6	12,9
Lande plutôt humide et dégradée – 7,4	1	0,8	0,8
Lande plutôt humide et dégradée, envahie par les fougères - 1	8,6	6,4	3,8
Moliniaie - 1,1	0,6	0	0
Moliniaie colonisée par les fougères – 0	0,5	0,5	0
Lande plutôt sèche – 0,01	0,4	1,4	2,2
Lande plutôt sèche et dégradée – 0,7	1,1	0,7	0,1
Lande plutôt sèche et dégradée, envahie par les fougères - 1	0	0	0
Prairie – 0	0	0	0,3
Prairie envahie par les fougères – 0,3	0,3	0,3	0
Ptéridaie- 19	19	10,6	10,2
Chênaie - 2,1	2,1	2	2
Futaie mixte - 26	28,6	18,7	18,6
Pinède - 12,2	9,6	8,7	6

Figure 24 : Tableau comparatif des surfaces de végétation escomptées sur la zone d'étude (hectares) à horizon de 10-15ans, pour 3 scénarios

Scénario 1 : Non intervention

Ce premier scénario est celui de l'évolution naturelle des milieux, sans aucune intervention ni aménagement ou actions de gestion, de plus qu'aujourd'hui (figure 25). Il prend donc en compte : le plan d'aménagement forestier (futaie mixte irrégulière), ainsi que l'entretien déjà mis en place sur Lannec Er Gadouer (lande rase), Mané Croc'h (lande rase) et Coët Er Blei (futaie mixte peu dense) (ONF, 2016). La chênaie est d'ailleurs en grande partie sauvegardée et sa surface se stabilise, avec une progression de la répartition des surfaces de pinède / futaie mixte de 1% par an en moyenne.

Par conséquent, les fougères continuent alors leur développement sur les endroits déjà colonisés, étant plus adaptées dans ce cas que les ronces, bruyères et ajoncs. Puis elles envahissent d'autres zones favorables à leur biologie et où la lumière est amenée par les coupes forestières. Cela a pour effet de faire disparaître des unités encore considérées comme landes dégradées, mais aussi de mettre en péril des espaces de landes aujourd'hui dépourvus de *Pteridium aquilinum*. En revanche, des conditions considérées non favorables à son développement (essentiellement sols trop superficiels, sécheresse / humidité trop prononcée), favoriseront plutôt d'autres stations davantage landicoles ou forestières.

Enfin, le terme « cohabitation » signifie que les deux types de végétation ont été relevés sur la zone et que le potentiel développement est le même.

Scénario 2 : interventions modérées

Ce deuxième scénario est celui des compromis, qui privilégie de mettre en valeur le patrimoine mégalithique au niveau du couloir proposé dans le projet d'aménagement. Cela se fera par des interventions différenciées (figure 26), établies selon les critères suivants :

- Prise en compte totale du projet d'aménagement des alignements mégalithiques d'Erdeven, avec restauration / gestion limitées au couloir d'aménagement ;
- Prise en compte majoritaire du plan d'aménagement forestier, qui sera à modifier car 1 zone ouverte non conservée et en fonction des zones nouvellement ouvertes. Considérant par ailleurs une évolution de 1% par an en moyenne, de la répartition des surfaces de pinède / futaie mixte irrégulière ;
- Prise en compte partielle des orientations de gestion de l'ENS, avec quelques zones prioritaires par rapport au patrimoine écologique (Blond, 2016 ; Ferrand, 2016) ;
- Prise en compte de l'entretien au niveau des zones déjà ouvertes ;
- Les espaces où la Fougère aigle est gérée ont donné lieu au retour d'espèces de landes ;

Quant au terme « cohabitation », sa signification est la même que précédemment.

Scénario 3 : Interventions fortes

Ce troisième scénario est celui d'une ouverture totale (figure 27), avec coupes des arbres et éradication de la Fougère aigle au niveau des alignements mégalithiques. Il est donc établi selon les conditions écologiques, mais aussi en fonction des critères suivants :

- Prise en compte totale du projet d'aménagement des alignements mégalithiques d'Erdeven, avec restauration / gestion au niveau du couloir d'aménagement ;

- Prise en compte totale du plan d'aménagement forestier, qui sera à modifier en fonction des zones nouvellement ouvertes. Considérant par ailleurs une évolution de 1% par an en moyenne, de la répartition des surfaces de pinède / futaie mixte irrégulière ;
- Prise en compte totale des orientations de gestion de l'ENS, avec restauration / gestion du patrimoine écologique (*Blond, 2016 ; Ferrand, 2016*) ;
- Prise en compte de l'entretien au niveau des zones déjà ouvertes ;
- Les espaces où la Fougère aigle est gérée ont donné lieu au retour d'espèces de landes ;

Quant au terme « cohabitation », sa signification est la même que précédemment.

Enfin, suite au développement des scénarios, la figure 28 propose une synthèse comparative entre les recommandations faites ici et d'autres orientations / propositions.

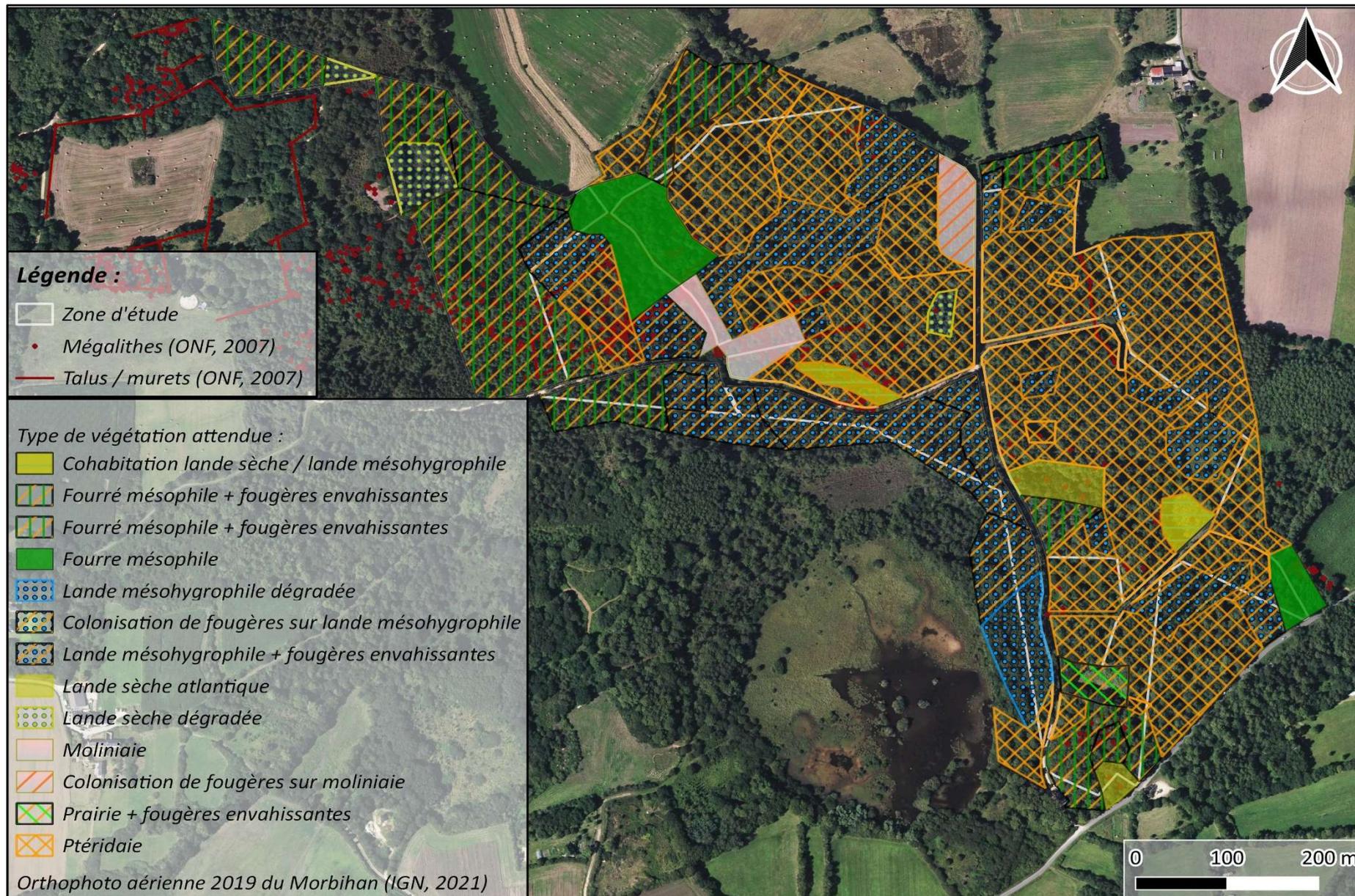


Figure 25 : carte du scénario 1 représentant la végétation attendue sans aucune intervention supplémentaire

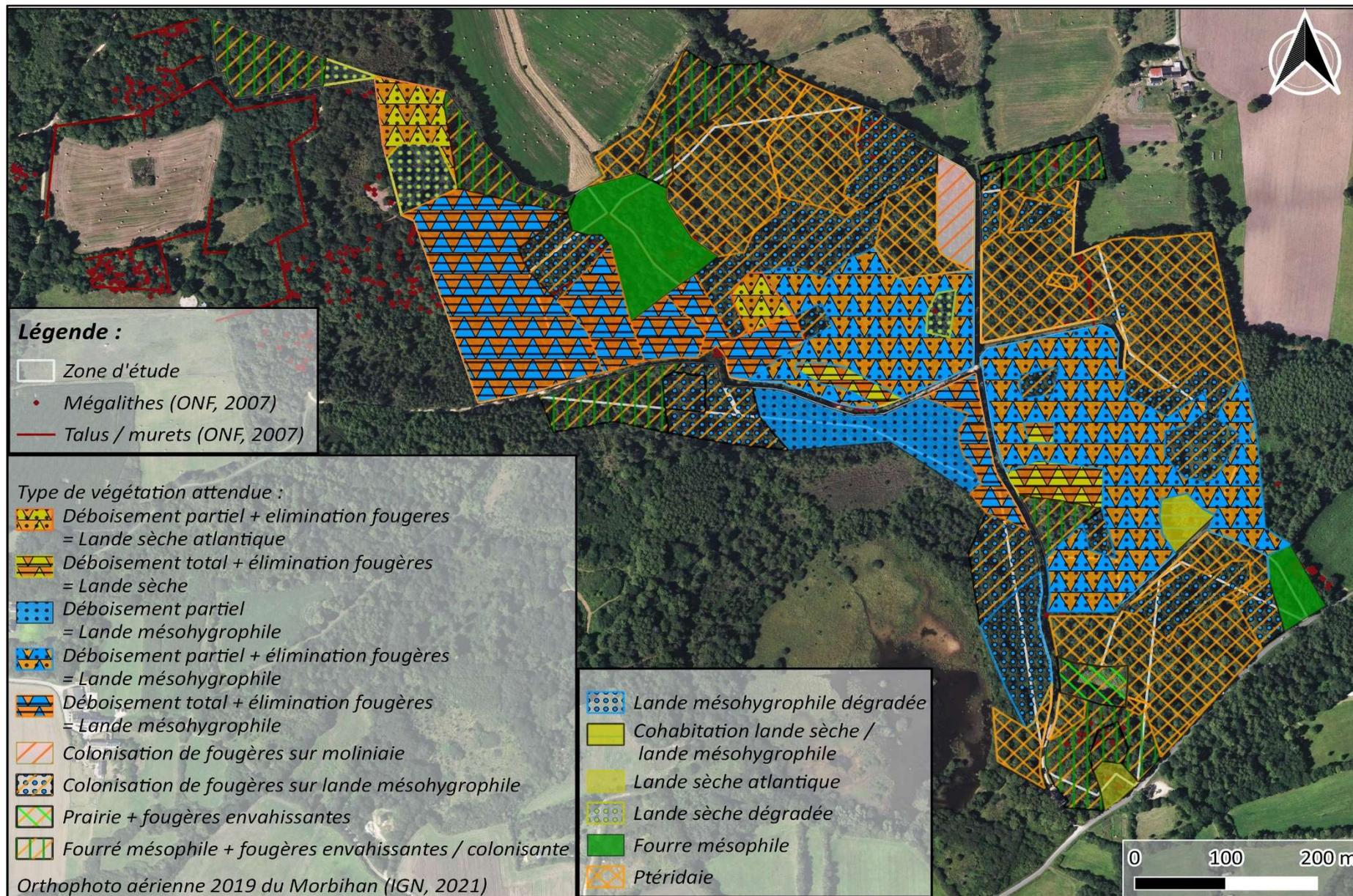


Figure 26 : carte du scénario 2 représentant la végétation attendue avec interventions modérées (patrimoine archéologique essentiellement)

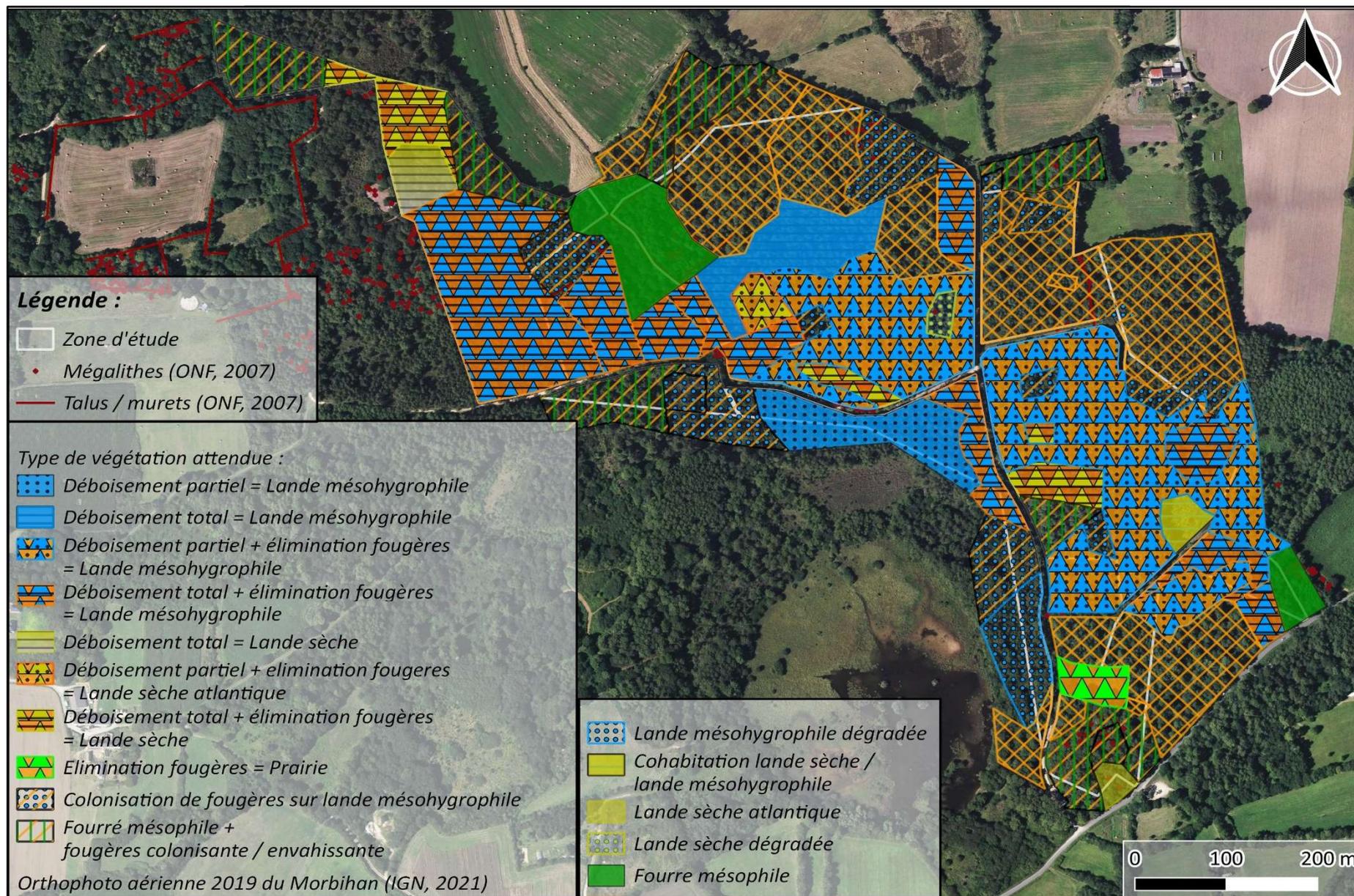


Figure 27 : carte du scénario 3 représentant la végétation attendue après son ouverture maximale (patrimoine écologique + archéologique)

	Conséquences pour : Aménagement des alignements de mégalithes d'Erdeven	Conséquences pour : Aménagement forestier du bois d'Erdeven	Conséquences pour : Gestion de l'ENS Er Varquez
Scénario de restauration / gestion 1	<ul style="list-style-type: none"> - Conservation des mégalithes difficile - Connaissance des mégalithes limitée car notoriété amoindrie et non valorisés - Lecture des mégalithes impossible - Remise en cause du classement UNESCO à l'échelle du bien 	<ul style="list-style-type: none"> + Continuité du plan sans modification - Surface terrière difficilement maîtrisable - Certains peuplements arrivés à terme à remplacer 	<ul style="list-style-type: none"> + Pas de perturbations supplémentaires de la sensibilité écologique du lieu + Risque moindre d'expansion des espèces végétales invasives + Pas de maîtrise des espèces envahissantes (fougères et ronces) + Tranquillité du lieu mieux conservée - Pas d'hétérogénéité du paysage (pas de réouverture de landes / prairies) - Appauvrissement de la biodiversité (pas de fauche tardive, fermeture des milieux) - Pas d'aménagement face à la fréquentation actuelle
Scénario de restauration / gestion 2	<ul style="list-style-type: none"> + Conservation optimale des mégalithes sur la totalité du couloir des alignements + Connaissances archéologique mise en avant + Lecture optimale des alignements dans leur globalité + Fréquentation supplémentaire et renforcement candidature UNESCO 	<ul style="list-style-type: none"> + Opportunité de diminuer la surface terrière + Certains peuplements arrivés à terme à ne pas remplacés + Meilleure mixité de la futaie irrégulière par les lisières mises en place au sein du couloir des alignements mégalithiques - Complexifie l'entretien des boisements par le morcellement de l'espace - Modification du plan 	<ul style="list-style-type: none"> -/+ Augmentation modérée de la pression anthropique sur une zone Natura2000 -/+ Risque limité d'expansion des espèces végétales invasives -/+ Maîtrise limitée des espèces végétales envahissantes (fougères et ronces) -/+ Pluralité améliorée du paysage (quelques landes / prairies) -/+ Enrichissement modéré de la biodiversité (fauche tardive, ouverture de milieux, conservation des biotopes existants) -/+ Espaces de tranquillité encore conservés en majorité - Perturbations de certains habitats et leur faune, (y compris chemin autour de l'étang)

<p>Scénario de restauration / gestion 3</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Conservation optimale des mégalithes sur la totalité du couloir des alignements + Connaissances archéologique mise en avant et lecture optimale des alignements dans leur globalité + Fréquentation supplémentaire et renforcement candidature UNESCO 	<ul style="list-style-type: none"> + Opportunité de diminuer la surface terrière + Certains peuplements arrivés à terme à ne pas remplacés + Meilleure mixité de la futaie irrégulière par les lisières mises en place au sein du couloir des alignements mégalithiques - Complexifie l'entretien des boisements par le morcellement de l'espace - Modification du plan 	<ul style="list-style-type: none"> + Pluralité forte du paysage (davantage de landes / prairies) + Enrichissement de la biodiversité (fauche tardive, ouverture de milieux, conservation des biotopes existants, arrivée possible de nouvelles espèces ou anciennement implantées, patrimoniales, etc) + Aménagement complet face à l'afflux de visiteurs qui augmente (parcours de découverte, parking, chemin entourant l'étang) - Augmentation forte de la pression anthropique sur la zone Natura2000 - Majorité des espaces de tranquillité supprimés - Perturbation brutale de plusieurs habitats et de leur faune, avant retour à l'équilibre (y compris le chemin aménagé autour de l'étang) - Risque accentué d'expansion des espèces végétales invasives - Maîtrise appuyée des espèces végétales envahissantes (fougères et ronces)
--	---	--	--

Figure 28 : Synthèse comparative des scénarios avec des orientations / propositions déjà formulées

3.6 Critiques méthodologiques et prise de recul sur les résultats

Il existe évidemment quelques points d'amélioration dans la conduite de ce genre de travaux. En effet, les opérations de terrain par exemple, ont mobilisé beaucoup de temps et contraint les autres jalons de travail, ce malgré des risques anticipées. Dans le cadre d'un suivi d'avancement plus appuyé et afin d'optimiser la planification, il eut été alors appréciable de créer des indicateurs accompagnant la mise en place du tableau de bord (cf. annexe III). La phase de collecte aurait en outre pu bénéficier d'une numérisation directe pendant les relevés (formulaire de saisie pré-dimensionnés), même si les fiches utilisées les ont harmonisés.

Par la suite, bien qu'une double relève fût effectuée (phytosociologie et pédologie), la précision de géolocalisation était très variable et parfois non satisfaisante (jusqu'à 32m). Les premières coordonnées étaient obtenues à l'aide d'une application sur téléphone portable, quand les secondes l'étaient par terminal GPS portatif (GARMIN ETREX 22x). Ce détail n'est donc pas à négliger, car des résultats ont pu être faussés par la proximité de certains points échantillonnés à une limite géographique (pédologie, géologie, végétation, etc.).

De surcroît, malgré des relevés phytosociologiques fait pendant la saison recommandée en termes d'expression de la flore, la hauteur de la majorité des peuplements n'était pas maximale (fougères entre autres). Cette question de saisonnalité est d'ailleurs d'autant plus pertinente dans le cadre de recherches sur cette thématique sol-végétation. Il aurait été aussi souhaitable d'avoir des aires de relevés phytosociologiques plus importantes, pour gagner en représentativité (Delassus, 2015). Cette vigilance est également à apporter vis-à-vis de la frontière écologique entre *Ulex minor* et *Ulex gallii*, se faisant grossièrement sur l'axe St Brieuc / Vannes (Sébastien Gallet lors d'un entretien téléphonique, 28/04/2021). Cela a donc pu se révéler être un biais supplémentaire d'interprétation, sachant qu'ils se différencient difficilement sans niveau d'expertise suffisant.

De la même manière, la représentativité des échantillons par rapport aux types de sols, ou encore aux variations locales de profondeur, n'est pas assurée (Colombet, 2006). En effet, l'hétérogénéité naturelle de cette dernière n'est pas à exclure, surtout dans le cadre d'une cartographie précise des sols. Une répétition des sondages pédologiques par unité de végétation, aurait donc pu lever ce doute. L'attention est également attirée sur la nécessité de garder un œil critique, quant à l'attribution in-situ des couleurs d'horizons pédologiques via la charte MUNSELL (chroma et valeur). En effet, l'état de propreté et d'usure du matériel ont pu impliquer un biais additionnel dans l'interprétation des résultats. Puis l'appareil utilisé pour effectuer les photographies témoins de profils, étant un équipement de moyenne à bas de gamme, il a rendu l'analyse de ces images difficile a posteriori (mauvais contraste).

Enfin, concernant l'analyse multi-dimensionnelles, il pourrait être plus judicieux et porteur de meilleurs résultats, de mettre en œuvre une analyse factorielle multiple pour exploiter le plein potentiel des variables quantitatives.

CONCLUSION ET DISCUSSION

Finalement, malgré une relation sol / végétation très complexe à appréhender, il apparaît des potentialités certaines au sein de la zone d'étude et probablement sur l'ensemble de l'ENS Er Varquez. Cependant, il reste suite à cette étude, plusieurs points de questionnement et développement, explicités dans le rapport d'étude fournit au commanditaire de celle-ci.

D'une part, il s'agit de l'évaluation du potentiel des milieux et de leur évolution, En effet, dans un écosystème tel que celui du Varquez, cohabitent différents végétaux répartis en plusieurs strates d'importance variée. Ils sont en compétition permanente pour l'eau et la lumière, mais aussi les éléments minéraux, amenant le système à un état relatif d'équilibre par sa dynamique de développement (*Aussenac et al, 1996*). C'est donc une évolution permanente avec apparition et maintien des individus qui s'adaptent au niveau de ressources, mais disparition des autres.

En ce sens, un changement brutal de la structure du couvert végétal, qu'il soit artificiel ou naturel, modifie les caractéristiques d'un milieu avec des conséquences sur son fonctionnement écologique. La fragilité du patrimoine naturel retrouvé et la stabilité du nouvel écosystème seront assurément sujets à de potentielles nouvelles perturbations. Il s'agira par exemple des éléments biogènes, potentiellement exportés des milieux après ouverture de la végétation, mais aussi lixivié en cas d'incendies (cf. annexe XI - §Matière organique et éléments biogènes) (*Clément & Touffet, 1980 ; Forgeard & Frenot, 1996*). Il sera question également de l'évolution du pH des sols, de la remontée de la nappe libre par endroits suite au déboisement, ou encore de l'exposition naissante à un couloir de vent créé par l'aménagement des alignements mégalithiques. Quant aux différents types de landes, elles ont des productivités primaires propres à chacune, bien qu'elles restent les plus productives dans leur conditions écologique de référence (cf. annexe XI - §Productivité primaire et biomasse) (*Forgeard, 1977*). Etant donné les états de conservation des milieux du site Er Varquez, la prédiction est difficile.

Tout ceci sans compter les impacts et pressions supplémentaires, dus à une possible démultiplication de la fréquentation (marche / cyclisme / équitation).

D'autre part, au niveau des impacts environnementaux, il serait judicieux de continuer les démarches entamées ici, afin de nourrir la réflexion : autres projets similaires, partenariat avec le CBNB et lien avec le programme CarHAB, approche par série de végétation au niveau cartographique, constitution de la banque de graines, fiches synthèses des ensembles sols / complexes végétation, etc.

En outre, non considéré ici mais considérable, le volet social est effectivement un incontournable dans ce type de projet. En effet, transformer les paysages de la sorte et de nos jours, nécessitera l'acceptation des usagers et l'implication des propriétaires fonciers privés.

Par ailleurs, les impacts économiques et aspects budgétaires sont également inévitables (investissements, moyens financiers / humains / matériels). Un certain nombre de sources de financements sont donc à examiner : taxe d'aménagement, financements de l'Etat et de l'UE, moyens supplémentaires dus au classement UNESCO, valorisation du bois de coupe, etc.

Pour finir, il est à noter que dans le cadre du rapport d'étude, il a été préconisé les meilleures leviers et modalités de gestion de ces habitats aujourd'hui déséquilibrés et boisés.

BIBLIOGRAPHIE

- Association Les Landes (2021a).** *Réserve Naturelle Régionale des Landes de Monteneuf : Bilan d'activité 2020.* Association Les Landes, 49p.
- Association Les Landes (2021b).** *Réserve Naturelle Landes de Monteneuf : Demande de prolongation du plan de gestion 2016-2020.* Association Les Landes. Présentation au Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN), 42p
- Amor RL (1974).** *Ecology and control of blackberry (Rubus fruticosus L. agg.) II.* Weed Research n°14, p231–238.
- Aussenac G, Granier A, Bréda N (1996).** *Effets des modifications de la structure du couvert forestier sur le bilan hydrique, l'état hydrique des arbres et la croissance.* INRA, Unité d'Écophysiologie forestière, Biologie et forêt, p54-62.
- Baize D, Girard M-C (2009).** *Référentiel pédologique 2008.* Association française pour l'étude du sol (AFES), Quæ, 405p.
- Belloncle J-L, Daniel F, Plus C, Lançon A, Frostin G (2010).** *Atlas de l'environnement du morbihan.* Observatoire Départemental de l'Environnement du Morbihan (ODEM), Département du Morbihan, 300p.
- Blond C (2016).** *Espace Naturel Sensible du bois du Varquez (Erdeven) : Inventaire et cartographie de la flore et habitats de végétation.* Département du Morbihan, 45p.
- Clément B (2003).** *Landes et pelouses, 40 ans de connaissances et de conservation du patrimoine naturel en Bretagne.* Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Université de Rennes 1, UMR6553 Ecobio, 9p.
- Clément B, Touffet J (1980).** *Répartition et évolution de la matière organique et des éléments biogènes dans la lande mésophile des Monts d'Arrée.* Bull. Ecologique vol. 11, n°3, p307-314.
- Colombet M (2006).** *Guide des stations forestières du Vannetais.* Centre Régional de la Propriété Forestière (CRPF) de Bretagne, 48p.
- Conseil General du Morbihan (2012).** *Schéma Départemental des Espaces Naturels et Sensibles du Morbihan 2013-2022.* Département du Morbihan, 150p.
- Dardignac C, Leroux V-E (2007).** *Inventaire mégalithique sur la forêt départementale d'Erdeven et ses environs - rapport de prospection archéologique.* Direction générale de l'Office national des forêts, Service régional d'archéologie de Bretagne, Département du Morbihan, 48p.
- De Bonduwe E, Luzu T (2017).** *Alignements mégalithiques sur la commune d'Erdeven : Diagnostic.* Tiriad. Etude d'aménagement et de suivi de chantier de l'ensemble mégalithique du Varquez - Kerzerho sur la commune d'Erdeven, 26p.
- Delassus L (2015).** *Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques.* Conservatoire botanique national de Brest, 25p + annexes.
- DRAC Bretagne (2010).** *Projet pour une candidature au Patrimoine Mondial.* Direction régionale des affaires culturelles de Bretagne, 29p.
- Fardeau J-C, Morel C, Boniface R (1988).** *Pourquoi choisir la méthode Olsen pour estimer le phosphore " assimilable " des sols ?* Agronomie, EDP Sciences, vol.8, n°7, p577-584.

Ferrand J-P (2016). *Espace naturel sensible des bois du Varquez à Erdeven : Diagnostic et orientations pour la gestion.* Département du Morbihan, 78p.

Forgeard F (1977). *Biomasse et productivité primaire de quelques landes armoricaines.* Botanica Rhedonica, Série A, n°15, p31-35.

Forgeard F, Frenot Y (1996). *Effects of burning on heathland soil chemical properties : an experimental study on the effect of heating and ash deposits.* Journal of Applied Ecology, n°33, p803-811.

Gallet S, Rozé F (2002). *Préconisation de gestion de la végétation du site des alignements de Carnac.* Université de Rennes 1, UMR EcoBio 6553, 133p.

Glemarec E, Delassus L, Goret M, Guitton H, Hardegen M, Jonin M, Juhel C, Lacroix P, Lieurade A, Magnanon S, Reimringer K, Thomassin G, Zambettakis C (2015). *Les landes du Massif armoricain, approche phytosociologique et conservatoire.* Conservatoire botanique national de Brest. Cahiers scientifiques et techniques n°2, 278p.

Heddebaux E (2013). *Sites mégalithiques Propriétés du département du Morbihan au titre des Espaces Naturels Sensibles, Périmètre d'étude UNESCO.* Association Paysages de Mégalithes, Département du Morbihan, 35p.

IGN (2016). *Légende de la carte de Cassini.* Institut national de l'information géographique et forestière, échelle 1/864 000^{ème}, 1p.

IGN (2021). *Légende de la carte de l'Etat-Major (1820-1866) : tableau des teintes conventionnelles, des routes et des divisions territoriales.* Institut National de l'Information Géographique et Forestière, échelle 1/20 000^{ème}, 1p.

Jabiol B, Brêthes A, Brun J-J, Ponge J-F, Toutain F, Zanella A, Aubert M, Bureau F (2009). *Typologie des formes d'humus forestières (sous climats tempérés).* Association Française pour l'Étude du Sol. Référentiel pédologique 2008, Quae, p327-355.

Laurent E, Delassus L, Hardegen M, Magnanon S, Sellin V, Dissez C (2017a). *Aide au choix d'une méthode de cartographie des végétations.* Conservatoire botanique national de Brest, Guide méthodologique (Programme « Connaissance et cartographie des végétations sur de grands territoires : étude méthodologique »), 12 p.

Laurent E, Delassus L, Hardegen M (2017b). *Méthodes d'inventaire et de cartographie des groupements végétaux.* Conservatoire botanique national de Brest, Guide méthodologique (Programme « Connaissance et cartographie des végétations sur de grands territoires : étude méthodologique »), 42 p + annexes.

Laurent E, Douard S (2017). *Les principaux types de sols du PNR d'Armorique et leurs relations avec la végétation.* Conservatoire botanique national de Brest, Outil de référence (Programme « Connaissance et cartographie des végétations sur de grands territoires : étude méthodologique »), 89 p + annexes.

Leblé G, Chazelle C, Grapin H, Beullier M, Faury L, Drouin C (2020). *Etude paysagère destinée à construire la candidature UNESCO des mégalithes de Carnac et des rives du Morbihan : Phase I, diagnostic paysager.* Atelier de Paysage Claude Chazelle / Archéodunum, Association Paysages de Mégalithes, 94p.

Louvel-Glaser J, Gaudillat V (2015). *Correspondances entre les classifications d'habitats CORINE Biotopes et EUNIS.* Museum National d'Histoire Naturelle (MNHN), Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE), 119 p.

Mahaud J (2000). *Les boisements de conifères du Morbihan, de l'environnement au paysage : Les processus écologiques et sociaux d'acclimatation et de naturalisation de trois essences résineuses introduites.* Ecole Nationale Supérieure du Paysage (ENSP). Actes du séminaire « Etapes de recherches en paysage », n°1, p17-20.

Mahaud J (1998). *Les paysages forestiers du Morbihan, du recul à la reconquête.* Courrier de l'environnement de l'INRA, n°34, p67-74.

Ollat C, Combeau A (1988). *Méthodes de détermination de la capacité d'échange et du pH d'un sol : Relations entre le complexe absorbant et le pH.* Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer, IDERT, p343-379.

ONF (2016). *Fiche d'aménagement ERD : forêt de Carnac et Erdeven.* Département du Morbihan, 37p.

Quillien P-J (2018). *Tout savoir sur les collectivités territoriales.* Ellipses, 216p.

Rameau JC, Mansion D, Dumé G, Timbal J, Lecoïnte A, Dupont R, Keller R (2003). *Flore forestière française : guide écologique illustré, tome 1: Plaines et collines.* Institut pour le développement forestier, 1785 p.

Rivière J-M (1980). *Carte des sols d'Auray au 1/25 000^{ème}.* Carte à main levée issue de minutes de terrain + légende. Agrocampus Ouest.

Saint Cast C (2019). *Modélisation du développement architectural, de l'acclimatation au vent dominant et de l'ancrage du système racinaire du pin maritime.* Université de Bordeaux, thèse doctorale en Biodiversité et Ecologie, 216p.

Sellin V (coord.), Auguin Y, Garcia O, Guilhauma G, Hardegen M, Studerus K (2020). *Cartographie des grands types de végétation de Bretagne. Département du Morbihan : notice de la carte.* Fond Européen de Développement Régional (FEDER) / Région Bretagne / Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) de Bretagne / Agence de l'eau Loire-Bretagne / Département du Finistère / Département d'Ille-et-Vilaine / Département des Côtes-d'Armor / Département du Morbihan / Brest métropole. Conservatoire botanique national de Brest, 102 p. + annexes.

Wehrle L, (1985). *La ronce (Rubus fruticosus L. agg.) en forêt.* Revue Forestière Française n°4, p288–304.

WEBOGRAPHIE

ACO (2015a). *Données et outils.* Agrocampus Ouest. [En ligne, consulté le 16 mars 2021], disponible sur l'URL : <http://sols-de-bretagne.fr/donnees-et-outils/view,repository/>

ACO (2015b). *Carte des Sols de Bretagne.* Agrocampus Ouest. [En ligne, consulté le 16 mars 2021], disponible sur l'URL : <http://geowww.agrocampus-ouest.fr/solsdebretagne>

ASUP (2012). *L'analyse du phosphore dans les sols.* Atelier Sols, Urbanisme et Paysages (ASUP). [En ligne, consulté le 30 juillet 2021], disponible sur l'URL : <http://solsetpaysages.canalblog.com/archives/2012/04/21/24070023.html>

BRGM (2019). *Cartes géologiques - Téléchargement des cartes géologiques départementales à 1/50 000 (BdD Charm-50).* Bureau de Recherches Géologiques et Minières. [En ligne, consulté le 30 mars 2021], disponible sur l'URL : <https://infoterre.brgm.fr/page/cartes-geologiques>

BRGM (2021a). *Catalogues des adhérents Carmen : Catalogue des cartes de Bretagne.* Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, Agence Française pour la Biodiversité, Système d'Information sur la Nature et les Paysages, Système d'Information sur l'Eau, Bureau de Recherches Géologiques et Minières. [En ligne, consulté le 20 avril 2021], disponible sur l'URL : <https://administration.carmencarto.fr/services/catalogue/10>

BRGM (2021b). *Localisation des différents types de roches en France.* Bureau de Recherches Géologiques et Minières. [En ligne, consulté le 10 avril 2021], disponible sur l'URL : <https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/cartes-geologiques>

CBNB (2016). *Base d'Information Géographique (BIG) HABITATS.* Conservatoire Botanique National de Brest, [En ligne, consulté le 22 avril 2021], disponible sur l'URL : <http://www.cbnbrest.fr/geonetwork/srv/fre/catalog.search#/metadata/11b9ce0b-d48c-42c0-be36-d60b6ada0931>

CBNB (2020). *Carte des grands types de végétation par télédétection du Morbihan.* Conservatoire botanique national de Brest. [En ligne, consulté le 30 mars 2021], disponible sur l'URL : <http://www.cbnbrest.fr/observatoire-milieux/cartes-de-repartition/cgtv/carte-des-grands-types-de-vegetation-de-bretagne/la-carte-du-morbihan>

Dpt56 (2021). *Atlas de l'environnement du Morbihan : Etat de l'environnement.* Conseil scientifique de l'environnement du Morbihan, Département du morbihan. [En ligne, consulté le 2 août 2021], disponible sur l'URL : https://csem.morbihan.fr/dossiers/atlas_env/etat_environnement.php

Dambrine E (2021). *L'acidification des sols : origine, approche, enjeux et maîtrise : Acidité et acidification des sols, une introduction.* [En ligne, consulté le 30 juillet 2021], disponible sur l'URL : https://comifer.asso.fr/images/pdf/colloque_dambrine.pdf

Département du Morbihan (2021). *Missions et organisation.* Département du Morbihan. [En ligne, consulté le 30 juin 2021], disponible sur l'URL : <https://www.morbihan.fr/departement-du-morbihan/le-fonctionnement/missions-et-organisation/les-competences>

IGN (2017). *RGE ALTI.* Institut national de l'information géographique et forestière. [En ligne, consulté le 17 avril 2021], disponible sur l'URL : <https://geoservices.ign.fr/documentation/donnees/alti/rgealti>

IGN (2018). *BD ORTHO HISTORIQUE.* Institut national de l'information géographique et forestière. [En ligne, consulté le 10 avril 2021], disponible sur l'URL : <https://geoservices.ign.fr/documentation/donnees/ortho/bdorthohisto>

IGN (2021). *CONSULTATION ET IMPRESSION DE DONNÉES ANCIENNES ET ACTUELLES : COMPAREZ DES CARTES ET DES PHOTOS AÉRIENNES ANCIENNES ET ACTUELLES.* Institut national de l'information géographique et forestière. [En ligne, consulté le 16 juillet 2021], disponible sur l'URL : <https://remonterletemps.ign.fr>

INPN (2021a). *Référentiel habitats (HABREF) : Typologies.* Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN). [En ligne, consulté le 29 mars 2021], disponible sur l'URL : <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/referentiels/habitats/typologies>

UNESCO (2021). *Les critères de sélection.* United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. [En ligne, consulté le 12 juillet 2021], disponible sur l'URL : <https://whc.unesco.org/fr/criteres/>

UNIFA (2021). *Quelques clés pour comprendre les résultats d'analyse : L'analyse chimique.* Union des Industries de La Fertilisation (UNIFA). [En ligne, consulté le 30 juillet 2021], disponible sur l'URL : <https://fertilisation-edu.fr/le-sol/en-savoir-plus.html>

GLOSSAIRE

La liste des sigles / abréviations / acronymes ainsi que leur signification, est la suivante :

- ACO: L'institut Agro – AgroCampus Ouest
- AQTA : communauté de communes Auray Quiberon Terre Atlantique
- BdD : Base de Données
- BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
- CBNB : Conservatoire Botanique National de Brest
- D56 : Département du Morbihan
- CEC : Capacité d'Echange Cationique
- CMN : Centre des Monuments Nationaux
- CSEM : Conseil Scientifique de l'Environnement du Morbihan
- DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer
- DRAC : Direction Régionale des Affaires Culturelles
- ENS : Espace Naturel Sensible
- EUNIS : European Nature Information System
- GPS : Global Positioning System
- HIC : Habitat d'Intérêt Communautaire
- IGN : Institut National de l'Information Géographique et Forestière
- INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement
- LGO : Laboratoire Géoscience Océan
- ONF : Office National des Forêts
- PNR : Parc Naturel Régional
- RNR : Réserve Naturelle Régionale
- RRP : Référentiel Régional de Pédologie
- RPF : Référentiel Pédologique Français
- SIG : Système d'Information Géographique
- UBO : Université de Bretagne Occidentale
- UBS : Université de Bretagne Sud
- UMR : Unité Mixte de Recherche
- UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture)
- URL : Uniform Resource Locator

TABLE DES ILLUSTRATIONS

La liste des figures et tableaux du présent document est présentée ci-dessous (hors annexes) :

FIGURE 1 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES AXES METHODOLOGIQUES DE L'ETUDE	5
FIGURE 2 : EMPRISE DE LA ZONE D'ETUDE SUR L'ENSERVARQUEZ	6
FIGURE 3 : PLAN D'ECHANTILLONNAGE DE LA ZONE D'ETUDE ET TYPES DE CARACTERISATIONS A REALISEES	8
FIGURE 4 : PHOTO DU PROFIL PEDOLOGIQUE AU POINT 3	10
FIGURE 5 : CLE DE DETERMINATION DES PRINCIPALES FORMES D'HUMUS FORESTIERES DE MILIEUX OUVERTS, CLIMATS TEMPERES	10
FIGURE 6 : MISE EN ŒUVRE D'UNE GOUGE GRADUEE POUR LES PRELEVEMENTS DE SOL	12
FIGURE 7 : SCHEMA OPERATIONNEL SUR UN POINT ECHANTILLONNE DE LA ZONE D'ETUDE	13
FIGURE 8 : PLANNING SPECIFIQUE A LA PERIODE DE TERRAIN, AXE 3 DE LA METHODOLOGIE D'ETUDE	15
FIGURE 9 : REPARTITION SURFACIQUE DE LA STRATE ARBOREE ACTUELLE DANS L'EMPRISE DES UNITES HOMOGENE DE VEGETATION	24
FIGURE 10 : REPARTITION SURFACIQUE DES UNITES HOMOGENES DE VEGETATION (SOUS-BOIS)	25
FIGURE 11 : CARTE DES UNITES HOMOGENES DE VEGETATION	26
FIGURE 12 : REPARTITION SURFACIQUE DES UNITES HOMOGENES DE VEGETATION, EN FONCTION DE L'OCCUPATION DES SOLS ESTIMEE DE LA PERIODE 1950-1965	27
FIGURE 13 : REPARTITION SURFACIQUE DE LA STRATE ARBOREE ACTUELLE, EN FONCTION DE L'OCCUPATION DES SOLS ESTIMEE DE LA PERIODE 1950-1965	28
FIGURE 14 : REPARTITION SURFACIQUE DES UNITES HOMOGENES DE VEGETATION, EN FONCTION DE LA STRATE ARBOREE ACTUELLE	29
FIGURE 15 : OCCURRENCES DE CHAQUE ESPECE VEGETALE RELEVÉE SUR LA ZONE D'ETUDE, POUR L'ENSEMBLE DES CADRATS DE PHYTOSOCIOLOGIE (48 POINTS)	30
FIGURE 16 : CONTINGENCE DU NOMBRE D'ESPECES VEGETALES RELEVÉES SUR LA ZONE D'ETUDE, AU DROIT DE CHAQUE CADRAT POUR LA PHYTOSOCIOLOGIE (48 POINTS)	31
FIGURE 17 : CARTE DES TYPES DE SOLS EN FONCTION DES HUMUS, AU DROIT DES POINTS ECHANTILLONNES	34
FIGURE 18 : CARTE DE L'HYDROMORPHIE EN FONCTION DE L'ALTITUDE, AU DROIT DES POINTS ECHANTILLONNES	35
FIGURE 19 : TABLEAU DE CONTINGENCE DES TYPES DE SOLS CARACTERISES EN 2021 PAR RAPPORT A L'OCCUPATION DES SOLS ESTIMEE DE LA PERIODE 1950-1965	36
FIGURE 20 : POTENTIELS HYDROGENES (PH) ET ACIDITE D'ECHANGE, METHODES H2O ET KCL, EN FONCTION DU POINT ECHANTILLONNE, PROFONDEUR 0-10CM ET 20-40CM	38
FIGURE 21 : CARTE DE LA TENEUR EN MATIERE ORGANIQUE (MO) ET DU RAPPORT CARBONE / AZOTE (C / N), AU DROIT DES POINTS ECHANTILLONNEES, PROFONDEUR 0-10 CM	39
FIGURE 22 : CARTE DE LA CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE (CEC) ET DU TAUX DE SATURATION DE LA CEC, AU DROIT DES POINTS ECHANTILLONNEES, PROFONDEUR 0-10 CM	41
FIGURE 23 : CARTE DU POTENTIEL DE RESTAURATION PAR TYPE DE LANDE AU DROIT DES POINTS ECHANTILLONNES	45

FIGURE 24 : TABLEAU COMPARATIF DES SURFACES DE VEGETATION ESCOMPTEES SUR LA ZONE D'ETUDE (HECTARES) A HORIZON DE 10-15ANS, POUR 3 SCENARIOS	46
FIGURE 25 : CARTE DU SCENARIO 1 REPRESENTANT LA VEGETATION ATTENDUE SANS AUCUNE INTERVENTION SUPPLEMENTAIRE	49
FIGURE 26 : CARTE DU SCENARIO 2 REPRESENTANT LA VEGETATION ATTENDUE AVEC INTERVENTIONS MODEREES (PATRIMOINE ARCHEOLOGIQUE ESSENTIELLEMENT)	50
FIGURE 27 : CARTE DU SCENARIO 3 REPRESENTANT LA VEGETATION ATTENDUE APRES SON OUVERTURE MAXIMALE (PATRIMOINE ECOLOGIQUE + ARCHEOLOGIQUE)	51
FIGURE 28 : SYNTHESE COMPARATIVE DES SCENARIOS AVEC DES ORIENTATIONS / PROPOSITIONS DEJA FORMULEES	53

TABLE DES MATIERES

La synthèse de toutes les parties composant ce document est exposée ci-dessous :

REMERCIEMENTS	9
AVANT-PROPOS	11
SOMMAIRE	13
PRESENTATION DU DEPARTEMENT DU MORBIHAN	1
INTRODUCTION	3
1. DEMARCHE METHODOLOGIQUE	5
1.1 STRATEGIE SUIVIE.....	5
1.2 IDENTIFICATION DE LA ZONE D'ETUDE AU SEIN DE L'ENS ER VARQUEZ.....	5
1.3 ELABORATION DU PLAN D'ECHANTILLONNAGE.....	6
1.4 COLLECTE DES DONNEES TERRAIN POUR LA PHYTOSOCIOLOGIE ET LA PEDOLOGIE.....	9
1.4.1 Cadrats pour les relevés de végétation	9
1.4.2 Sondages pour la caractérisation in-situ des propriétés de sols	9
1.4.3 Prélèvements pour analyses en laboratoire des paramètres physico-chimiques de sols	11
1.5 RESSOURCES ET MOYENS MOBILISES	14
1.5.1 Acteurs	14
1.5.2 Matériel et documentation	14
1.5.3 Planification	15
2. ETAT DES CONNAISSANCES DISPONIBLES	16
2.1 CADRE JURIDIQUE ET REGLEMENTAIRE.....	16
2.1.1 Patrimoine écologique	16
2.1.2 Patrimoine archéologique	16
2.2 TOUR D'HORIZON DES VOLETS ENVIRONNEMENTAUX	17
2.2.1 Volet végétation	17
2.2.2 Volet sol et sous-sol	18
2.3 EVOLUTION DU PAYSAGE	20
2.4 RETOURS D'EXPERIENCES D'AUTRES PROJETS MORBIHANNAIS SIMILAIRES	21
3. ANALYSE, DESCRIPTION ET SYNTHESE DES DONNEES REUNIES	22
3.1 VEGETATION	22
3.1.1 Unités homogènes de végétation	22
3.1.2 Relevés phytosociologiques	29
3.2 SOLS	32
3.2.1 Caractérisation in-situ	32
3.2.2 Analyses physico-chimiques	36
3.3 ANALYSES CROISEES ET MISE EN EVIDENCE DES RELATIONS SOL / VEGETATION	42
3.3.1 Tableaux de contingence	42
3.3.2 Analyses multi-dimensionnelle	43
3.4 SYNTHESE SUR LES POTENTIALITES DE RESTAURATION DE LANDES.....	44
3.5 SCENARIOS ENVISAGEABLES SUR LA RESTAURATION.....	46
3.6 CRITIQUES METHODOLOGIQUES ET PRISE DE REcul SUR LES RESULTATS.....	54
CONCLUSION ET DISCUSSION	55
BIBLIOGRAPHIE	56
WEBOGRAPHIE	58
GLOSSAIRE	2
TABLE DES ILLUSTRATIONS	4

RESUME

<p>MEMOIRE – STAGE DE FIN D'ETUDES</p>  	<p>Diplôme : Master Spécialité : Transition, Environnement, Agriculture, Milieux Option : Sol, Eau, Hydrosystèmes Enseignants référents : Didier MICHOT, Christian WALTER, Jacques HAURY</p>
<p>Auteur : Kevin DE LANGENHAGEN Date de naissance : 04 / 08 / 1988</p>	<p>Organisme d'accueil : Département du Morbihan</p>
<p>Nb pages : 59 Annexes : 72</p>	<p>Adresse : 2, rue Saint Tropez - CS 82400, 56009 VANNES Cedex - France</p>
<p>Année de soutenance : 2021</p>	<p>Maîtres de stage : Emmanuelle MORIN, Jean-Louis BELLONCLE, Franck DANIEL</p>
<p>Titre français : Projet de valorisation d'un espace naturel et mégalithique : étude de la relation sol-végétation et des potentialités de restauration de milieux</p>	
<p>Titre anglais: Project to valuate a natural and megalithic space: study of the soil-vegetation relationship and the potential for environmental restoration</p>	
<p>Résumé : Une ouverture partielle de la végétation est envisagée sur un espace naturel sensible majoritairement boisé, situé sur la commune d'Erdeven (56). Lieu de monuments mégalithiques remarquables, mais surtout abritant de nombreux mégalithes dissimulés par la végétation, le projet vise la double valorisation écologique et archéologique. Cela a soulevé de nombreuses interrogations et notamment vis-à-vis des caractéristiques pédologiques, en lien avec les trajectoires de la végétation et les potentialités de restauration du site. La caractérisation des sols et de la végétation a donc été établie, leur relation analysée, faisant aussi le lien avec l'historique du site, afin de proposer des scénarios de restauration en fonction de ce potentiel.</p>	
<p>Abstract: A partial opening of the vegetation is considered on a mainly wooded sensitive natural area, located in Erdeven (56). Place of remarkable megalithic monuments, but above all sheltering many megaliths hidden by vegetation, the project aims to double ecological and archaeological valuing. This has raised many questions, particularly regarding to the soil characteristics, in connection with the vegetation trajectories and the potential for restoration of the site. Therefore, the characterisation of soils and vegetation has been established, their relationship analysed, also linking with the history of the site, in order to propose restoration pattern based on this potential.</p>	
<p>Mots-clés : écologie, pédologie, phytosociologie, restauration, valorisation, lande, forêt, mégalithes,</p>	
<p>Key Words : ecology, pedology, phytosociology, restoration, valuing, heathland, forest, megaliths,</p>	