MASTER 1 Agrosciences, Environnement, Territoires, Paysages, Forets
Parcours Ecologie – Biodiversité
Université de Picardie – Jules Verne

CARACTERISATION DES REMPLISSAGES DE FOSSES CREUSEES DANS LES SOLS TOURBEUX DE LA SOMME ET DE L'AUTHIE

Mémoire de stage rédigé par Chloé RETEL

Encadrants du stage : Boris Brasseur, Adrien Berquer

Année universitaire 2022-2023

Avant-propos

Le stage présenté a été réalisé au sein de l'UMR (Unité de Recherche Mixte) 7058 EDYSAN, qui fait partie du CNRS ainsi que l'Université Picardie-Jules Verne. EDYSAN correspond à « Ecologie et Dynamique des Systèmes Anthropisés » et s'intéresse à diverses problématiques qui concernent l'impact des changements globaux sur les écosystèmes et les agrosystèmes. Ces problématiques sont traités par le biais de 3 axes :

- Axe 1 : Intensification écologique des systèmes de production
- Axe 2 : Ecologie fonctionnelle des néo-écosystèmes forestiers
- Axe transversale : Ecologie historique des forêts et des paysages

Au sein de ces axes, les chercheurs sont répartis comme présenté sur l'organigramme ci-contre. Ce stage a été réaliser au sin du Pôle de Sante Saint-Charles, situé 1, rue des Louvels à Amiens.

La réalisation de ce stage s'inscrit au sein de deux projets de recherches que sont ARCHEOFEN et le Life Anthropofens, qui sont animés en partie par l'UMR EDYSAN et le Conservatoire des Espaces Naturels des Hauts-De-France (CEN), qui a co-piloté ce stage. Le CEN Hauts-De-France est un regroupement d'associations, à but non lucratif et reconnue d'intérêt général. Il est notamment chargé de la gestion de plus de 500 sites naturels représentant une diversité importante d'habitats d'intérêts patrimoniaux. Que ce soit par de la gestion directe ou par médiation avec les différents acteurs, le CEN est chargé de préserver, d'étudier et de valoriser les lieux qui lui sont confiés.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon maître de stage, Monsieur Boris Brasseur qui m'a donné l'opportunité de participer à ce stage. Merci de votre intérêt quant au sujet et de votre implication au cours de celui-ci. J'ai ainsi pu découvrir le monde de la recherche dans les meilleures conditions. Merci également à Monsieur Adrien Berquer pour ses interactions riches en informations.

Je tiens également à remercier Elodie Hemery, avec qui j'ai eu le bonheur de partager ces 3 mois de stage. Son savoir, son implication et sa bonne humeur tout au long du stage m'ont permis de progresser dans les meilleures conditions.

Je souhaiterai également remercier les étudiants avec qui j'ai partagé mon bureau lors de ce stage : Shin Mignon, Florent Hulin et Mattéo Dorvillé, qui ont été de vrais soutiens et d'excellents compagnons de travail. Tout comme l'intégralité des personnes que j'ai rencontrées dans les locaux d'EDYSAN et qui m'ont accueilli avec beaucoup de bienveillance.

Enfin, je souhaiterai remercier mes amis et ma famille pour le soutien qu'ils m'ont apporté tout au long de ce travail et plus particulièrement Solenn, Youna, Bryan, Daphné et Victor.

Table des matières

Avant-propos 3

Remerciements 4

Introduction 1

Synthèse bibliographique 2

1) Contexte géologique, pédologique et historique de l'étude 2

a) Histoire géologique des vallées de la Somme et de l'Authie 2

b) Les tourbières alcalines fluviogène du Nord-Ouest de la France 3

c) Exploitation anciennes sur les sols tourbeux dans les vallées de la Somme et de l'Authie 4

2) Caractérisation pédologique des sols de fond de vallées 8

a) Etudes des sols de tourbières et de la tourbe 8

b) Anthroposols formés par remplissages de fosses 9

Matériel et méthodes 10

1) Description des zones d'études 10

2) Protocoles et organisation des phases terrains et laboratoire 11

a) Protocole de la phase « terrain » 11

b) Protocole de la phase « laboratoire » 12

c) Jeu de données et traitement statistique 14

Résultats : 14

1) Identification des sols étudiés au terrain, quantification des sols anthropisés : 14

2) Caractéristiques des horizons échantillonnés 15

a) Caractéristiques macroscopiques visuelles : étude des horizons échantillonnés 15

b) Caractéristiques et résultats des tests de laboratoire : 17

c) Les séquences d'horizons de sols anthropisés 19

d) Comblement naturel (radeau flottant de tourbe) d'une ancienne fosse 20

Discussion : 21

1) Dynamique de formation des sols anthropisés 21

2) Apport des données de laboratoire 23

3) Plan d'échantillonnage et processus pédologiques inexpliqués 24

Conclusion 24

Bibliographie 1

Bilan personnel 4

Glossaire 4

Annexes 5

Résumé 7

Mots-clés : tourbières - pédologie 7

Abstract 7

Key words : peatlands -pedology 7

Introduction

La présence et l'exploitation de la tourbe à entrainer des modifications importantes du paysage depuis plusieurs siècles, comme c'est le cas dans les vallées de la Somme et de l'Authie. La production de cette tourbe au sein d'écosystèmes de zones humides, les tourbières, a notamment servit de combustible et de fertilisant pour les terres, ce qui en a fait une ressource cruciale durant plusieurs siècles (Branigan *et al.* 2002). L'exploitation importante de ces sols revêt aujourd'hui de nombreux enjeux : en plus d'abriter une biodiversité riche et diversifié, ces sols sont de véritables stocks de carbone et fournissent des services écosystémiques intéressants comme la régulation de l'eau dans les sols (Joosten & FAO 2012). On estime les tourbières représentent aujourd'hui une surface de 3% de la Terre tout en contenant 21% du carbone terrestre. Ces milieux sont même considérés comme les plus efficaces dans la conservation du carbone à long terme (Jurasinski *et al.* 2020). Face aux questionnements actuels concernant les émissions de carbone et le rôle des tourbières dans le changement climatique, l'étude sur le fonctionnement et la restauration de celles-ci est d'actualité.

Les capacités notables de stockage de carbone des tourbières réside dans leur processus de formation. La présence d'une végétation dite turfigène (productrice de tourbe) ainsi qu'une saturation en eau permanente sont nécessaires à une tourbière dite active (Liu *et al.* 2022). Le matériau produit, la tourbe, est donc le résultat d'une décomposition lente et partielle des végétaux. Les espèces végétales à l'origine de la tourbe ainsi que le type d'alimentation en eau de la tourbière déterminent le fonctionnement de cette dernière. Les conditions réunies dans les vallées de la Somme et de l'Authie permettent la présence de tourbières alcalines de fond de vallées, soient les plus vastes de l'Europe de l'Ouest.

Malheureusement, les projets d'assèchement et de drainage des zones humides et l'anthropisation en général, ont entrainé une forte dégradation des tourbières, à la fois en terme de superficie mais également de qualité des sols. C'est dans ce contexte que s'inscrivent les projets ARCHEOFEN Somme et LIFE Anthropofens, qui ont pour but d'étudier les tourbières et leur dynamiques afin de mieux les protéger et les restaurer. Ces projets sont menés par le Conservatoire des Espaces Naturels des Hauts de France et accompagnés par l'unité mixte de recherche EDYSAN (UMR7058), qui ont encadré la réalisation de ce mémoire.

Le présent rapport va s'intéresser à la caractérisation des remplissages des fosses creusées dans les sols tourbeux des vallées de la Somme et de l'Authie. L'objectif est de comprendre les dynamiques et les évolutions des sols exploités dans les environnement

tourbeux jusqu'à nos jours. Pour cela, nous allons travailler à établir une clé de détermination des sols anthropisés présents sur les sites retenus lors de notre étude, à l'aide d'observations pédologiques ainsi que d'analyses en laboratoire d'échantillons collectés. Nous nous intéresserons également aux sols présentant une reprise de turfigénèse afin d'étudier la dynamique de comblement de fosses creusées à l'aide de photographies aériennes de zones d'intérêt.

Synthèse bibliographique

1) Contexte géologique, pédologique et historique de l'étude

a) Histoire géologique des vallées de la Somme et de l'Authie

Les vallées de la Somme et de l'Authie sont toutes deux creusées dans les craies blanches à silex du Turonien supérieur au Santonien (Crétacé supérieur) qui se sont déposées entre 93 à 83 millions d'années (François 2023). Afin de bien situer les différentes périodes, les dates suivantes seront données en BP pour « Before Present », soit une datation à partir de 1950.

Les premières tourbières se forment pendant la fin de la dernière ère glaciaire, lors du Bölling (14 700 à 14 100 ans BP), une période de réchauffement qui modifie le tracé des cours d'eau : la Somme passe d'un réseau de chenaux en tresse à un système de transition avec une réduction du nombre de bras (Antoine 1997; Cloquier 2006), ce qui est observable sur la figure 1.

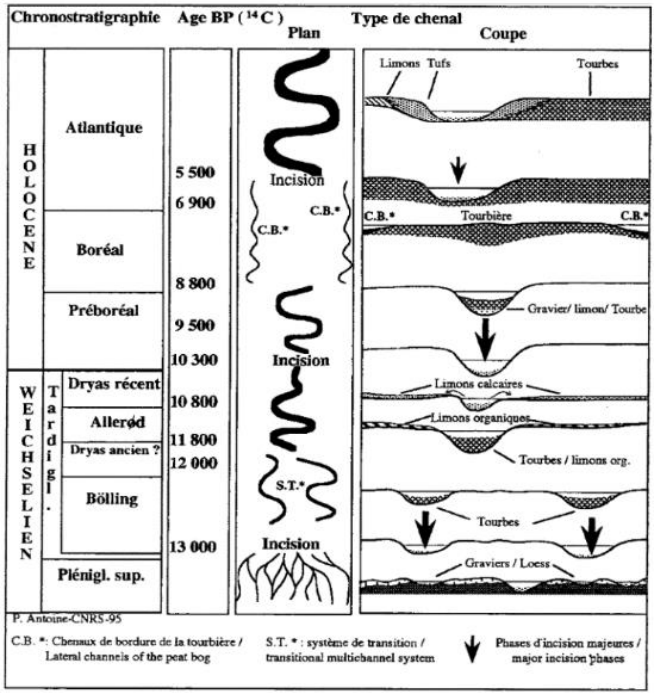


Figure 1 : Reconstitution des dépôts tourbeux en vallée de la Somme entre le Pléniglaciaire supérieur et l'Atlantique (Antoine 1997; Ducrocq 1999)

Dans l'intervalle entre deux interstades chauds, le refroidissement climatique du Dryas crée une déstabilisation du couvert végétal ainsi que des sols entrainant des atterrissements limoneux en fond de vallée. Une autre période de réchauffement pendant le Tardiglaciaire, l'Alleröd (entre 13 900 et 12 900 BP) permet l'établissement d'une Paléo-Somme large, déposant des limons calcaires. Après une incision fluviale, la formation des tourbières reprends au début de l'Holocène, lors du Préboréal (11800 à 10000 BP). Une grande quantité des dépôts tourbeux sont effectués, sur les bords d'un chenal

unique et calme (van Asselen *et al.* 2009). La formation des tourbes continue ensuite au cours de l'Holocène.

b) Les tourbières alcalines fluviogène du Nord-Ouest de la France

i. Fonctionnement et spécificités des tourbières alcalines

Le type de tourbière dépend majoritairement de son alimentation hydrique. Ainsi, les tourbières alcalines du Nord-Ouest de la France sont des tourbières dites minérotrophes, en raison de leur alimentation en eau provenant de nappes phréatiques ou de ruissellement, qui charrie donc les minéraux et éléments dissous issus des roches et/ou sols traversées.

Les tourbes et alluvions alcalines de la vallée de la Somme et de l'Authie reposent sur une craie à silex, une roche poreuse, accueillant une nappe alcaline. Cette nappe est en connexion avec la nappe alluviale, qui alimente les fleuves et les tourbières qualifiées de fluviogènes (Manneville 2001) ou phréatogènes (Marescaux *et al.* 2021). Enfin, l'alimentation hydrique des tourbières de la Somme et de l'Authie se fait par des crues de deux cours d'eau.

Cependant, les observations de terrain mettent en avant des dynamiques actuelles proches des types topogène-limnogène correspondant à une formation en plaine de tourbe depuis les bordures d'espaces en eau (lacs, étangs…) constituant également des zones d'atterrissement de matières (Sennès 2003). On peut par exemple noter la présence de radeaux flottants, aussi appelés tremblants et très localement des tourbières à sphaignes, d'avantage synonyme de tourbière ombrotrophe (Lebrun *et al.* 2014).

En raison de l'anthropisation des fonds de vallées et de l'abaissement des niveaux de nappes, il existe de moins en moins de tourbières actives sur les deux vallées tourbeuses (Lebrun *et al.* 2014). Les réseaux de drainages qui se sont développées par exemple à la suite de la construction du canal de la Somme (De Lionne 1776) ont dû fortement restreindre les espaces de turfigénèse active. Les tourbières se sont longtemps développées sur l'ensemble du lit majeur de fond de vallée mais aujourd'hui elles se maintiennent uniquement dans de petites dépressions de fond de vallées.

ii. Liens entre tourbières alcalines et formation de tuf

Le tuf est une roche constituée de concrétions calcaires qui se forment dans des eaux douces tempérées. Les tufs fluviatiles se trouvent dans les cours d'eau présentant des teneurs élevées en carbonates et calcium dissous. De plus, la biominéralisation sera encouragée par le dégazage de CO_2 et des eaux limpides (Pentecost 2005). Sa formation dans la vallée de la Somme débute au Préboréal, où il se serait développé dans les cours d'eau en parallèle des

tourbières. La formation de tuf fluviatile dans la vallée pourrait s'être arrêtée vers 3000 BP vers la fin de l'Âge du Bronze (Commont 1910).

Au sein de la vallée de la Somme et de l'Authie, on distingue plusieurs zones de tufs, notamment sous la forme de bourrelets, observable au LIDAR, voir figure 2. La présence de ces massifs en reliefs allongés serpentant au sein des vallées actuelles ne correspond pas avec leur formation en fond de cours d'eau. Par leur inversion de relief, ils illustrent une lacune dans les dépôts tourbeux environnants. Cette lacune, notamment en tourbes pourrait être liée à de l'érosion naturelle, de la subsidence liée au drainage ou encore le résultat d'une longue extraction. Pour sa partie la plus récente, cette extraction de tourbe est visible dans le paysage actuel par la présence d'étangs d'extraction de formes géométriques (figure 2). Toutefois, une partie de ces anciennes fosses a été remblayée et ne constitue plus des étendues d'eau libre distinguable dans le fond de vallée (Seguin *et al.* 2012; Bacon 2022) .

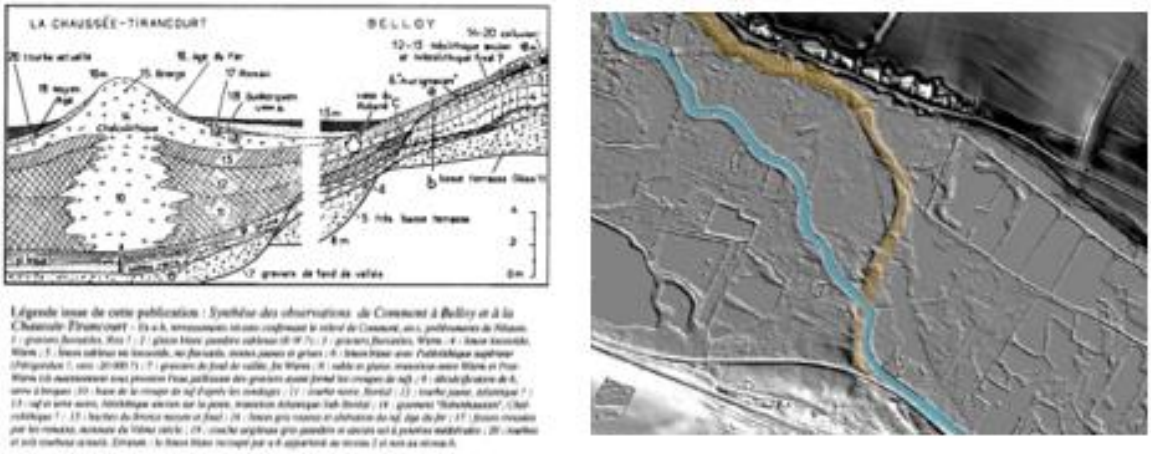


Figure 2 *– Représentation stratigraphique (à gauche, tiré de* (Agache *et al.* 1963) *et cartographie LIDAR (à droite, colorisé par Chloé Retel) d'un bourrelet de tuf (en jaune) dans la Vallée de la Somme (à La-Chausée-Tirancourt)*

c) Exploitation anciennes sur les sols tourbeux dans les vallées de la Somme et de l'Authie

i.Histoire d'exploitation de la tourbe dans le Nord-Ouest de la France

L'extraction de la tourbe est pratiquée depuis l'Âge de Bronze (Branigan *et al.* 2002) par l'Homme, qui l'utilise majoritairement pour le chauffage et l'amendements des cultures. Cet usage se poursuit à l'Âge de Fer (Mortensen *et al.* 2020), au Moyen-Age et jusqu'à l'époque moderne dans toute l'Europe du Nord. Pour les périodes les plus anciennes, il est difficile de retrouver des traces d'exploitation : la tourbe récoltée était stockée sous forme de piles éphémères, laissant parfois les vestiges de fosses comblées de dépôts limoneux (Branigan *et al.* 2002; Mortensen *et al.* 2020)

Dans le Nord-Ouest de la France, les premières archives écrites datent du XIIIème siècle avec les premières autorisations d'extraction, documents officiels autorisant le tourbage (Cloquier

2006; François 2023). A l'époque moderne a lieu un nouvel essor de cette activité. Beaucoup plus abondante en fond de vallée que le bois de chauffage, et malgré un pouvoir calorifique inférieur au bois et à la houille (Neau & BRGM 1976), la tourbe devient alors très demandée. Dans les vallées de la Somme et de l'Authie, autour du XVIIIème et XIXème siècle, le tourbage est pratiqué de manière intensive. A cette période, la Somme est le premier producteur de tourbe en France (Defer 1998).

En 1949, un rapport sur les tourbières françaises est produit par le ministère de l'Industrie et du Commerce et rend compte de l'important nombre de sites exploités pour chaque bassin versant concerné (Ministère de l'industrie et du commerce 1949). Au cours du XXème siècle, l'utilisation de tourbe décline petit à petit en raison d'autres ressources concurrentes comme le charbon, la houille, le fuel et l'électricité dont l'usage se développe. Entre 1908 et 1913, le nombre de tourbières exploitées par des particuliers chute de plus de 86% dans la Somme (Dournel 2007). Aujourd'hui, l'extraction de tourbe en France n'est plus réalisée que dans le département de la Manche pour un usage horticole.

ii. Méthodes d'extractions de la tourbe

Une des difficultés majeures de l'extraction de tourbe est qu'elle s'effectue dans les zones humides. Dès les débuts de l'extraction, de nombreuses techniques d'abaissement des nappes phréatiques ou de drainages sont mises en place, comme des canaux, la modification des drains existants ou encore le creusement de drains artificiels (de Bonnard 1809). Ces modifications n'entraînent pas forcément l'assèchement de la zone mais permettent au moins la maîtrise des niveaux d'eau. Créer ou aménager un cours d'eau proche de la zone d'extraction était également pratiqué à des fins de transport et de commerce (Dejean 1803).

En ce qui concerne les fosses de tourbage les plus anciennes, il est assez difficile de trouver des traces d'outils mais deux techniques semblent avoir été utilisées. La première consistait à créer de petites fosses, dites individuelles. Alors que la deuxième avait pour objectif de

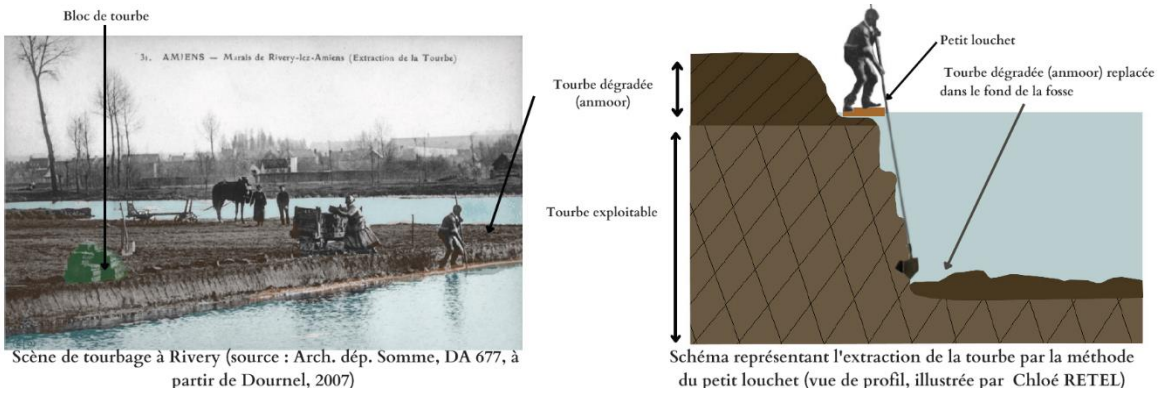


Figure 3 – Photographie et schéma explicatif de l'extraction de tourbe au petit louchet en Vallée de la Somme

découper des bandes larges et de prélever la tourbe de manière horizontale (Mortensen *et al.* 2020).

Par la suite, des outils dédiés à l'extraction de la tourbe sur des sols non immergés sont inventés. C'est le cas du petit louchet, aussi appelé féron, qui consiste en une pelle adaptée à la récolte de la tourbe. D'autres outils comme des filets, des bèches ou encore des dragues sont utilisés.

Au fil des siècles, l'extraction de la tourbe se perfectionne grâce à des avancées mécaniques et technologiques. En 1786, l'invention du grand louchet permet une extraction plus profonde (entre 6 et 10 mètres suivant les écrits), mécanisée et directement sous une nappe d'eau, tout en augmentant le rendement (Cloquier 2006; Dournel 2007). Cette invention entraîne une chute du prix de la tourbe ainsi que la concurrence locale avec d'autres ressources.

iii. Les remplissages de fosses après exploitation

L'extraction de la tourbe dans le Nord-Ouest de la France pendant au moins huit siècles a fortement impacté le paysage et les sols de fond de vallée. Le tourbage a donné lieu à différentes évolutions qui dépendent de la gestion suite à l'extraction.

Suivant les méthodes d'exploitations utilisées, les fosses peuvent être rebouchées à l'issue du tourbage, soit avec des matériaux locaux (tourbe dégradée, limons organiques) soit par des matériaux issis de sources distantes (craie à silex des versants, matériaux issus de bâtiments détruits, etc.). Ce rebouchage utilisé depuis l'Âge de Fer permettait de récupérer des surfaces agraires et sécuriserait la suite de l'exploitation (Cloquier 2006; Seguin *et al.* 2012; Mortensen *et al.* 2020). Un document mentionne même l'éboulement intentionnel de la couche superficielle de tourbe dégradée vers les fosses préalablement exploitées afin de découvrir la tourbe non-dégradée et ainsi utilisable (Dejean 1803).

Nombre d'anciennes fosses de tourbage ont donné naissance à des pièces d'eau de taille variable appelées « entailles » ou « clairs », dont les formes géométriques sont caractéristiques d'extraction (de Bonnard 1809; Defer 1998). Les étangs sont aujourd'hui entretenus pour des activités de pêche ou de chasse, par du curage, et leurs berges par du pâturage, de la tonte et le déboisement des berges.

Mais suivant la conformation et l'entretien du lieu, certains sont amenées à se refermer (Lebrun *et al.* 2014). Dans le cas où l'étang subit un envasement, le fond de l'étang va connaître une accumulation de divers sédiments, qui en se dégradant vont former une « vase » qui comble peu à peu le plan d'eau. Cette dynamique est notamment observée dans l'étang Saint-Ladre, dans la réserve naturelle de Boves (Lebrun *et al.* 2014). Si l'étang est relié à un cours d'eau,

son rebouchage peut également être assuré par le dépôt de limons fluviatiles en général associé à la couche d'éboulement de tourbe e surface dégradée (de Bonnard 1809).

Il est également possible d'observer des dynamiques de radeaux flottants, aussi appelés « tremblants », qui sont des phénomènes de comblements naturels (Bellery 1754; Dejean 1803; Lebrun *et al.* 2014). Ils se mettent en place sur des berges en pente douce, sur laquelle une végétation turfigène (phragmites, sphaignes, carex, etc) est établie et va coloniser peu à peu la surface en formant un entrelacs de racines, qui évoluent en tourbe.

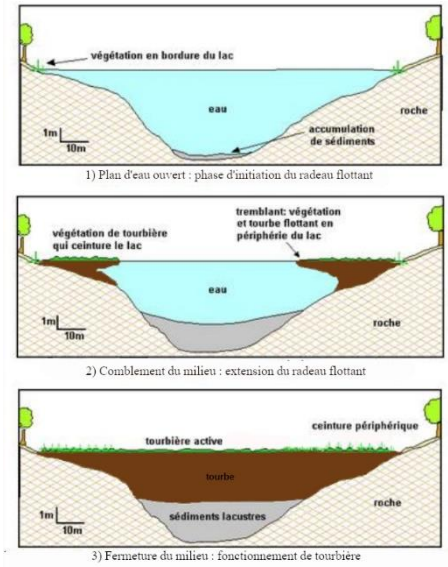


Figure 4 – Schéma représentant les dynamiques d'envasement et de radeau flottant dans le processus de fermeture d'un plan d'eau (à partir d'un dessin du CEN de Midi-Pyrénées (http ://enmp.free.fr/tbmp/tbtypes.htm), modifié par Chloé Rétel)

Etape 1 : présence d'un plan d'eau ouvert avec des berges en pente douce qui accueillent une végétation en bordure de l'eau. On observe un dépôt de sédiments au fond du lac qui correspond à l'envasement

Etape 2 : progression de la végétation turfigène en bordure du lac, sur l'eau. L'amas d'éléments végétaux permet un front de progression du tremblant, qui se consolide et s'épaissit avec le temps. En parallèle, accumulation de sédiment en fond de plan d'eau

Etape 3 : le milieu est refermé avec un horizon histique en surface et une partie inférieure limoneuse. La végétation peut évoluer jusqu'au boisement.

iv. Autres perturbations anthropiques anciennes impactant les sols tourbeux

Si les fosses de tourbage ont fortement modifié les tourbières alcalines des vallées de la Somme et de l'Authie, nombres d'autres perturbations, notamment anthropiques, sont responsables de son apparence actuelle.

Après le Tardiglaciaire, la modification des cortèges faunistiques témoigne des changements climatiques qui ont façonné les habitats. La présence de grands herbivores tels que les aurochs, les chevaux ou les bisons permet le maintien d'habitats ouverts (Bridault & Louis 2002). L'occupation de la vallée de la Somme par les premiers agriculteurs du Néolithique (arrivés entre -5000 et -4600 avant JC.) est attestée par plusieurs sites archéologiques comme Belloy-Sur-Somme et La Chaussée-Tirancourt dès l'Âge de Bronze (Fagnart 1992; Coudret *et al.* 1995). Depuis cette époque, des activités d'agriculture, d'élevage et de maraichage ont lieu. Ils permettent le maintien des espaces ouverts notamment par le pastoralisme, mais entrainent également du piétinement, parfois intensif.

Plusieurs types de cultures spécifiques sont également réalisées dans les marais alcalins comme le cresson ou encore les roseaux (Marescaux *et al.* 2021; François 2023). Cependant, la sylviculture en fond de vallée à moins de deux siècles et n'aura pu commencer qu'après les

travaux d'assèchement lié à la construction du canal de la Somme. La culture du chanvre est également pratiquée ainsi que le rouissage de celui-ci et du lin. Des activités de blanchiment du linge sont également réalisées entre le XVIIIème siècle et la Seconde Guerre Mondiale. Les tissus sont étalés dans des prairies ouvertes et régulièrement arrosés d'eau, où l'utilisation d'une eau carbonatée est nécessaire pour blanchir les linges.

La formation des plans d'eau suite au tourbage a pu intéresser la pêche et la chasse au gibier d'eau (Seguin *et al.* 2012).Cependant des plans d'eau ont aussi été créés à cet effet, notamment au XXème siècle. Le creusement et l'entretien (curage) de ces plans d'eaux réalise des discontinuités dans les couches de tourbes et se manifeste par des bourrelets périphériques de sédiments organiques accumulés sur d'anciens sols.

2) Caractérisation pédologique des sols de fond de vallées

a) Etudes des sols de tourbières et de la tourbe

i. Caractérisation des histosols et horizons histiques

Suivant le Référentiel Pédologique Français (Baize & Girard 2008), les sols des tourbières correspondent à des histosols. Ce sont des sols « construits à partir de végétaux morts qui se transforment lentement, en conditions d'anaérobiose, en raison de l'engorgement permanent ou quasi permanent ». Les histosols sont considérées comme actifs lorsqu'une végétation turfigène typique des tourbières est présente en surface. Dans ces conditions, l'accumulation de matière organique peut se réaliser à raison de 0,2 à 1,6 $mm.an^{-1}$ (Baize & Girard 2008). Les histosols sont définis par la prédominance d'horizons histiques de plus de 40 cm d'épaisseur dans les premiers 120 cm d'épaisseur du sol.

Les horizons histiques, appelées vulgairement « tourbe », sont les horizons formés par ce processus d'accumulation lente et doivent contenir moins de 50% de matière minérale (Baize & Girard 2008). Suivant le degré de dégradation de la matière organique végétale, on distinguera différents types d'horizons histiques, à savoir : fibrique (nombreuses, peu dégradées), mésique (fibres minoritaires, dégradation moyenne), saprique (très peu de fibres, matière organique fine et dégradée). Sur le terrain, le test de Van Post permet de les distinguer, et il peut être complété en laboratoire par l'analyse des « fibres frottées » et par la mesure du taux de cendres minérales par perte au feu.

Un horizon histique peut contenir jusqu'à 90% d'eau. Cependant, plus les fibres végétales et la matière organique sont dégradées et plus il y aura une part importante de matière minérale, tandis que le stock d'eau diminuerait. Il en résulte une augmentation de la densité

volumique, un autre paramètre de laboratoire important. L'ensemble de ces paramètres peuvent permettre d'observer la dégradation des horizons histiques, d'éventuelles perturbations et des apports exogènes comme le silex, la craie et les divers matériaux anthropiques.

ii. Anmoors (horizons histiques dégradés)

Le terme anmoor, sert dans le Référentiel Pédologique Français (Baize & Girard 2008) à qualifier des horizons contenant des teneurs en matières organiques végétales susceptibles de s'approcher de celles des horizons histiques. Cet horizon noir épais (jusqu'à 30 cm en épaisseur) à consistance plastique massive peut contenir de 20 à 50% de matière organique.

Ce type d'horizon peut être issus de la dégradation des matières organiques des horizons histiques sapriques passant leur taux sous 50% de matières organiques. L'horizon nouvellement formé est alors appelé anmoor (Baize & Girard 2008). Cet horizon, plus dense et relativement enrichis en matières minérales par rapport aux horizons histiques.

Un autre type d'horizon qui rentre dans la qualification des sols « paratourbeux » est la gyttja. Cette vase à texture fine limoneuse se forme par décantation au fond de plans d'eau calme. Elle est composée de limons organiques, de quelques macrorestes végétaux et d'éléments minéraux (Marescaux *et al.* 2021).

b) Anthroposols formés par remplissages de fosses

Le Référentiel Pédologique français les décrit les anthroposols comme des sols jeunes « modifiés ou fabriqués par l'Homme » (Baize & Girard 2008). Ils peuvent être le résultat d'un apport de matériau, d'un compactage, de pollution ou d'épandage de produits agricoles. Si l'on se base sur la définition du référentiel pédologique français, c'est ce type de sol qui sera rencontré à l'endroit des remplissages de fosses de tourbage.

Dans la WRB (World Reference Base for Soil Resources), on parle d'« anthrosols », des sols dont au moins les 50 premiers centimètres ont été fortement anthropisés. Cette classification s'applique surtout aux sols modifiés par et pour l'agriculture (Davidson *et al.* 2007; IUSS Working Group WRB 2022). Cette classification présente également le terme de « technosols » en tant que sols contenants une quantité significative d'artéfacts. Dans ce sens aucun des deux termes ne correspond précisément à l'usage qui nous intéresse.

Si les anthroposols sont déjà peu abordés dans la littérature, nous n'avons pas trouvé de documents abordant les anthroposols dans des contextes tourbeux, ni même de document détaillant la structure des remplissages de fosses tourbeuses.

Cependant il est possible de dresser un schéma théorique simple à partir des rares éléments descriptifs utiles. Un tel sol doit avoir un horizon A organo-minéral hydromorphe en raison de la proximité de la nappe d'eau. Cet horizon A sera riche en matériaux parmi ceux ayant servis au remplissage sous-jacent. Ce remplissage peu à non-stratifié pourra être composé d'un mélange de matériaux issu de sources proches tels que des morceaux de tuf, de limon-organique, sables fluviatiles, de tourbe ou plus distants tels que des fragments de craie, silex et matériaux anthropiques de construction. A la base de ce remplissage on pourra trouver les débris de l'anmoor superficiel (Dejean 1803) inutile au tourbier. Enfin sous ce dernier dépôt anthropique doit se trouver une limite/discontinuité franche avec des dépôts naturels très anciens et également inutiles au tourbier. Il pourra alors s'agir d'un limon-organique compact, de sables, de graviers.

Matériel et méthodes

1) Description des zones d'études

Dans le cadre de ce stage, 7 sites ont été étudiés sur les deux vallées de l'Authie et la Somme, notamment par des sondages organisés en transects. Les ensembles de sondages ont été disposés sur des parcelles gérées par le CEN, dans le cadre d'un stage au sein du LIFE Antrhopofens, réalisé par Elodie Hémery. La proximité des sujets entre le présent stage et celui d'Elodie permettent d'utiliser le même plan d'échantillonnage, l'objectif commun étant de sonder des secteurs à histosols des fonds des vallées de l'Authie et de la Somme.

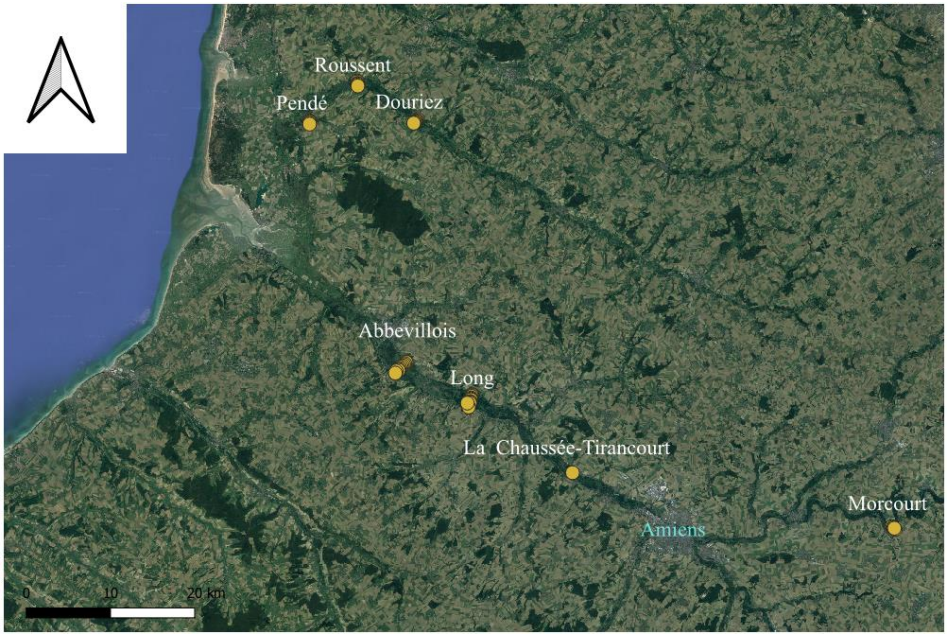


Figure 5 - Situation graphique des 6 transects étudiés auxquels s'ajoutent les points isolés de la Chaussée-Tirancourt

Au sein de la vallée de l'Authie, 3 sites de sondages ont été retenus sur les secteurs des Marais du (5 sondages), de Roussent (6 sondages) et de Douriez (7 sondages). Pour la vallée de la Somme, 3 transects ont été étudiés sur les marais de Long (11 sondages), de l'Abbevillois (10 sondages) (à cheval sur les communes d'Epagne-Epagnette et Mareuil-Caubert) et à Morcourt. Ces transects contiennent en général plus de points que ceux de l'Authie, en raison d'une largeur plus importante de la vallée.

Sur chaque transect, un nombre de points de sondage variable a été établi en fonction de la largeur du fond de vallée. Les points sont espacés d'environ 100 à 200 mètres chacun, en fonction de l'accessibilité de la zone. En plus des transects, deux points d'intérêt supplémentaires ont été traités à La-Chaussée-Tirancourt. En effet, sur ce secteur fortement anthropisé (Bacon 2022), nous avions la possibilité d'étudier un « tremblant » et un remplissage de fosse à proximité d'un affleurement de tuf. Au total, 47 sols ont été sondés et décrits : 29 au sein de la vallée de la Somme, et 17 au sein de la vallée de l'Authie

2) Protocoles et organisation des phases terrains et laboratoire

Afin de répondre à notre problématique, une phase de terrain suivie d'une phase de laboratoire ont été nécessaires dans le but de récolter des données. Le schéma suivant décrit l'enchaînement et la coordination de ces deux phases, dont le détail est rédigé ci-dessous.

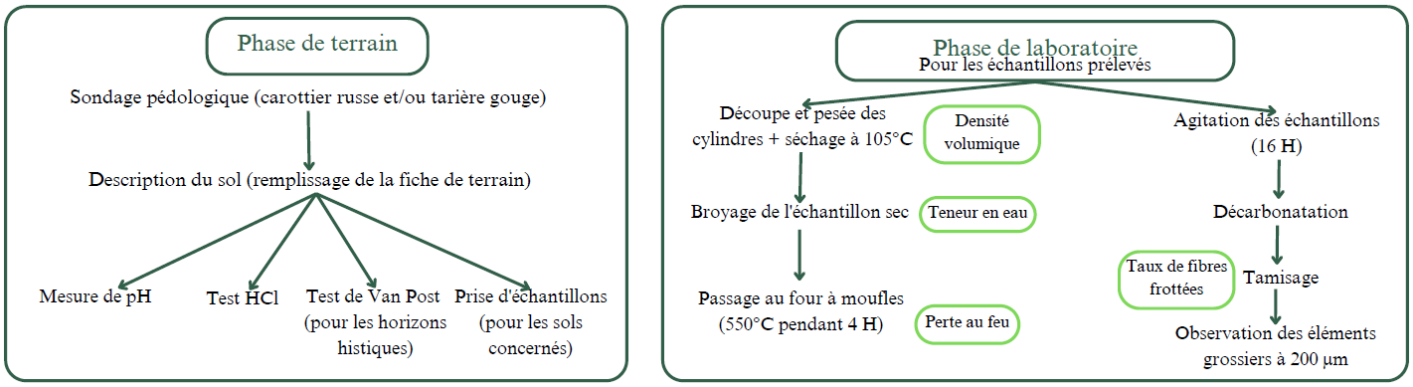


Figure 6 – Schéma représentant l'organisation des phase de terrain et de laboratoire

a) Protocole de la phase « terrain »

Lors de la phase de terrain, nous nous sommes rendus sur chaque point précédemment défini par le plan d'échantillonnage. Nous avons pris les coordonnées géographiques de chaque point à l'aide d'un GPS RTK, qui nous garantissait une précision centimétrique. Après une brève description de l'environnement autour du point (microtopographie, association végétale), les sondages ont été réalisés à l'aide de deux outils que sont le carottier russe et la tarière gouge (voir figure 7). Les sondages étant réalisés majoritairement dans des sols de zones humides, ces

deux outils sont les plus appropriés. Le carottier russe est notamment intéressant en raison de sa lame rotative, qui permet de tenir la portion de sol prélevée, même s'il est très humide, sous la forme d'un demi-cylindre de 50 cm de longueur et de 5 cm de diamètre (figure 3). La tarière gouge, à droite sur la même figure, prélève un cylindre d'un mètre de sol, sur un diamètre de 6 cm, mais le risque de perte de l'échantillon à son extrémité est plus important.

Figure 7 – Outils de sondages utilisés lors de la phase terrain. A gauche : prélèvement à l'aide du carottier russe, à droite : prélèvement à l'aide la tarière gouge

Les sondages étaient réalisés jusqu'à 2 mètres de profondeur ou jusqu'à atteindre un substrat rocheux. Suite à l'extraction des échantillons de sols, une description de chaque horizon est effectuée et des mesures à profondeurs normalisées (5-10, 50, 100, 150 et 200) sont réalisées comme la mesure du pH et l'intensité de la réaction à l'acide chlorhydrique. Si de potentiels horizons histiques sont identifiés, ils sont soumis au test de Van Post, qui permet d'estimer leur degré de dégradation (Baize & Girard 2008). Afin de normaliser ce test, le tableau disponible en annexe 1 a été utilisé. Suite à la réalisation de chaque sondage, une estimation de la profondeur totale de tourbe présente était réalisé en enfonçant un ensemble de tiges filetées jusqu'à atteindre un substrat dur. Les informations récoltées sur le terrain étaient consignées sur un fiche, disponible en Annexe 2.

Afin de rendre plus soutenable la partie analytique en laboratoire près des deux-tiers des sols ont été prélevés afin d'effectuer des analyses complémentaires. Les épaisseurs de sols prélevées dépendent des outils : environ 5 cm lors de l'utilisation du carottier russe et 10 cm pour la tarière gouge. Au total, sur les 47 sols sondés, 30 ont été prélevés (64%), ce qui a permis la récolte de 126 échantillons au total, stockés dans des pots rigides afin d'éviter un éventuel tassement jusqu'à leur traitement au laboratoire.

b) Protocole de la phase « laboratoire »

i. Densité volumique, teneur en eau et taux de matière organique

La densité volumique est réalisée en premier en suivant la norme NF P94-05. Tout d'abord, un prélèvement standardisé des échantillons (longueur mesurée, diamètre standard) est réalisé à l'aide d'un gabarit (couteau tubulaire vide-pomme), puis pesé avant et après son passage à l'étuve à 105 °C durant 24 heures. La différence de masse constatée nous permet de calculer la densité volumique et la teneur en eau de notre échantillon.

La manipulation suivante est celle de la perte au feu, dont l'objectif est de mesurer les taux de matière organique et de cendres minérales contenues dans nos échantillons. Elle a été réalisée en respectant la norme NF EN 15169. Les échantillons séchés obtenus lors de la précédente manipulation, sont ensuite broyés à l'aide d'un mortier. Les résidus sont pesés et placés dans des creusets, pour permettre le passage de nos échantillons au four à moufles. Soumis à une température de 550 °C pendant 4 heures (préchauffage d'une heure pour atteindre cette température). Après refroidissement des échantillons jusqu'à environ 100 °C, les échantillons sont de nouveau pesés afin d'obtenir le poids de cendres miénrales résiduelles et calculer ensuite les taux de matières organiques et minérales.

Figure 8 – Brossage d'un tamis par pinceau dans le cadre du test des fibres frottées

ii. Taux de fibres frottées et identification et éléments grossiers

Le taux de fibres frottées est intéressant dans l'étude de sols tourbeux, car il permet de mesurer le taux des fibres végétales résiduelles de la tourbe. Afin de réaliser cette mesure, pour chaque échantillon environ 10 g de sol sont pesés et placés dans 50mL d'eau. Le récipient contenant l'ensemble eau+échantillon est placé à l'agitation (agitateur orbital) à 180 tours/minutes durant 16 heures. Lors de cette étape, l'objectif est de séparer les agrégats, fibres et éléments agglutinés. Au bout de 16 heures, les solutions subissent une décarbonatation, dont le but est de limiter la présence d'éléments carbonatés (par exemple : coquilles) qui pourraient venir fausser le poids des fibres et ainsi le taux final de fibres frottées. On ajoute ainsi de l'acide chlorhydrique à 36% par ajout successifs de 2.5mL jusqu'à disparition de l'effervescence.

On verse le contenu de chaque pot sur deux tamis superposés, respectivement à 200 et 50 µm, que l'on vient tamiser à l'eau courante. Nous avons décidé de fixer une durée de tamisage constante : trois minutes de tamisage à 200µm et une minute de tamisage à 50 µm. Dans le cas d'agrégats persistants après le temps imparti, on peut décider de rajouter une minute de tamisage, ce qui a surtout été utilisé pour le tamis à 200 µm. Après cette opération, les tamis sont mis à sécher à 105°C durant 3 heures minimum. Par la suite, on vient brosser le contenu des tamis à l'aide d'un pinceau, comme présenté sur la figure 9 et on pèse les fibres récoltées.

Figure 9 – Brossage d'un tamis par pinceau dans le cadre du test des fibres frottées

Dans le cas des tamis à 200 µm, les reflux sont gardés au sein de pots, dont l'observation ultérieure correspond à l'identification des éléments grossiers.

c) Base de données et traitement statistique

Suite aux phases de terrain et de laboratoire, nous avons obtenu deux jeux de données respectifs aux deux phases. La base de données correspondant au terrain (« BDD_terrain »), contient les informations recueillies pour chaque point sur les fiches de terrain, soit les 47 sols. La base de données récoltées en laboratoire, (« BDD-labo »), correspond aux résultats des expériences réalisés sur les échantillons de sols prélevés, soit 126 échantillons. Les représentations graphiques ont été réalisées à l'aide du logiciel RStudio et du package ggplot2.

Résultats :

1) Identification des sols étudiés au terrain, quantification des sols anthropisés :

Les 47 sols étudiés ont été classés en 9 catégories dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 1. Ce tableau présente les caractéristiques pédologiques et les marques d'anthropisation qui nous ont été utiles pour définir et associer chacun des sols à chaque catégorie.

Type de sol	Effectifs/47	Caractéristiques/Horizon diagnostic	Caractéristiques anthropiques
Histosols	19 (40.4%)	Horizon H prédominant dans les 120 premiers cm du sol	X
Histosols à anmoor remanié	7 (14.9%)	Horizon H prédominant dans les 120 premiers cm du sol	Présence d'agrégats de tourbes dures (« boulettes) au sein d'horizons H ou de gyttja
Réductisols	8 (17%)	Horizons Go ou Gr	X
Fluviosols	6 (12.8%)	Horizons stratifiés d'origine alluviale ou étangs (gyttja); textures allant du limon aux graviers, parfois présence de coquilles.	X
Fluviosols à anmoor remanié	2 (4.3%)	Horizons d'origine alluviale, texture peut aller de limons à graviers, parfois présence de coquilles. Parfois gyttja.	Présence d'agrégats de tourbes dures (« boulettes) au sein d'horizons H ou de gyttja
Réductisols anthropiques	2 (4.3%)	Horizon g, Go ou Gr	Présence d'au moins un horizon anthropique en profondeur (« bathy»)
Fluviosol remanié	1 (2.1%)	Horizons d'origine alluviale, texture peut aller de limons à graviers, parfois présence de coquilles. Parfois gyttja.	Présence éléments exogènes (silex, fragments de craie)
Anthroposol	1 (2.1%)	Horizon de surface présentant des traces d'anthropisation, horizons Zt (terrique à limons exogènes)	
Réductisol sur matériau remanié	1 (2.1%)	Horizon Gr (réductique)	Présence éléments (silex, gravier de tuf) exogènes au sein d'horizons incohérents (mélange tuf/tourbe en morceaux)

Tableau 1 - Tableau présentant les effectifs et les caractéristiques pour chaque type de sol rencontré

Parmi les 9 types de sols reconnus, on observe une majorité d'histosols puisqu'ils représentent 55% des sols caractérisés (histosols anthropisés inclus). 30% des sols présentent des traces d'anthropisations diverses, ce qui en fait le deuxième groupe le plus représenté. Il est important de noter que tous ces sols anthropisés sont retrouvés au sein de la vallée de la Somme et aucun au sein de la vallée de l'Authie.

2) Caractéristiques des horizons échantillonnés

a) Caractéristiques macroscopiques visuelles : étude des horizons échantillonnés

Les sols échantillonnés sont constitués d'une diversité de 16 horizons pédologiques différents (Tableau 2). Ces horizons sont recensés ici au travers des 126 échantillons prélevés à 5 profondeurs différentes sur 31 sols. Ces horizons sont caractérisés sur la base des observations de terrain, des mesures en laboratoires et en utilisant les critères du référentiel pédologique.

Horizons échantillonnés	Effectifs	Caractéristiques	Nom abrégé
Histique mésique	52 (42.1%)	Horizon de tourbe, contient entre 10 et 40% de fibres, état de dégradation moyen (test de Van Post entre 5 et 7)	Hm
Histique saprique	17 (13.5%)	Horizon de tourbe, contient moins de 10% de fibres, état de dégradation avancé à total (test de Van Post entre 7 et 10)	Hs
Matériau limnique limons	17 (13.5%)	Horizon à la texture limoneuse, formation à base d'alluvions ou de sédimentation	Mli
Anmoor	10 (7.9%)	Humus issu de la dégradation d'un horizon organique (tourbe) en horizon minéral (<50% de matière organique)	An
Rédoxique	6 (4.8%)	Horizon présentant des traces d'oxydation du fer, souvent de couleur ocre à rougeâtre.	Go
Anmoor remanié (« tourbe en boulette »)	5 (4%)	Horizon contenant des agrégats compacts de tourbe dégradée présentes dans les horizons histiques ou gyttja, origine anthropique	An_b
Matériaux anthropique tuf/tourbe	4 (3.1%)	Horizon présentant un mélange de tuf et de tourbe, mélange d'origine anthropique	Z
Matériau limniques limons/matière organique	3 (2.4%)	Horizon à la texture limoneuse, matière organique est importante dans sa composition	Mli
Matériau limnique gyttja	2 (1.6%)	« Tourbe sédimentaire », texture limoneuse, assez humide, présence de gyttja : assemblage de végétaux en cours de décomposition, formation sous nappe d'eau	Mli
Matériau limniques limons/tuf	2 (1.6%)	Mélange entre texture limoneuse et le tuf	Mli
Matériau limnique tuf/matière organique	2 (1.6%)	Mélange entre un horizon à dominance organique et du tuf	Mli
Réductique	2 (1.6%)	Horizon présentant des traces de réduction du fer, souvent reconnaissable par une couleur gris bleutée	Gr

Matériau meuble calcaire/tuf	1 (0.8%)	Horizon présentant un mélange de tuf et de craie	
Matériau anthropique craie	1 (0.8%)	Horizon de matériaux d'origine exogène anthropique composé de craie (remblai)	Ztc
Matériau anthropique limon curage	1 (0.8%)	Horizon composé des boues de curage d'une étendue d'eau, origine anthropique	Z
Matériau limnique tourbe/limon	1 (0.8%)	Horizon à la limite entre une texture limoneuse et tourbeuse, comprends de forts taux de matière organique	Mlih

Tableau 2 - Tableau de caractérisation des horizons échantillonnés, organisés par ordre d'abondance. Les horizons anthropisés sont surlignés en jaune clair dans le tableau.

La caractérisation de ces horizons nous permet d'observer plusieurs tendances. Tout d'abord, sur la portion de sols qui ont été échantillonnés, les horizons histiques sont les plus fréquents avec un total de 55.6% d'horizons histiques, mésique et sapriques confondus. Ce résultat correspond avec la dominante d'Histosols observés sur le terrain.

En ce qui concerne les horizons avec des marques d'anthropisation (surlignés en jaune clair dans le tableau 2), ils représentent 8.8 % des horizons échantillonnés. Ils nous permettent de dresser une liste des éléments qui témoignent d'interventions anthropiques sur la couverture pédologique des fonds de vallées étudiés. Pour les anmoors remaniés, nous avons attribué le qualificatif de tourbe en boulette à des agrégats de tourbe compacte qui se trouve au sein d'un horizon tourbeux. Cela peut-être soit une tourbe (mésique ou saprique), soit un matériau limnique de type gyttja (boue organique sédimentaire). La structure est également différente car avec un anmoor remanié la stabilité structurale est très faible tandis qu'une tourbe mésique non perturbée aura une forte stabilité en raison du tissu de fibres et racines entrelacées qui la compose.

Dans le cas des horizons qualifiés de matériaux anthropique tuf/tourbe, nous avons observés des horizons de « mélange » non-naturels (fragments épars, absence de stratification) entre ces deux matériaux. L'horizon qualifié de matériau anthropique craie correspond à un horizon principalement composé de fragments de craie d'origine allochtone. Seul un déplacement par l'Homme permet d'expliquer le transport depuis un des versants de la vallée. Enfin, le limon de curage a été identifié en raison de son extension spatiale en bordure d'étang, de sa texture et de sa compacité très différente des horizons sous-jacents.

Les horizons anthropisés identifiés ne présentent donc pas de structures, textures ou de composition communes à tous. Ils sont constitués de matériaux communs dans la vallée mais remaniés et en associations spatiales non naturelles. La présence de craie ou de silex au sein des horizons prospectés est un des critères retenus pour tracer l'anthropisation des sols. Au sein de

certains horizons dont les caractéristiques ne nous font tout d'abord pas penser à des horizons anthropiques, nous avons parfois noté la présence de charbons.

b) Caractéristiques et résultats des tests de laboratoire :

Afin de faciliter le traitement statistique des résultats, nous avons fusionné certains types d'horizons proches parmi ceux distingués sur la tableau 2. Ainsi, les nouvelles catégories sont au nombre de 9 et disposent ainsi d'un effectif supérieur ou égal à 5 (voir tableau 3).

Dans ces catégories, les horizons considérés comme anthropiques correspondent également aux lignes jaunes, soit « horizon_anthropique » et «tourbe_boulettes », pour les raisons évoquées précédemment.

Nom de la catégorie	Effectif	Regroupement/Description
anmoor	10	Correspond à anmoor
histique_mesique	52	Correspond à histique mésique
histique_saprique	17	Correspond à histique saprique
horizon_anthropique	6	Rassemble « matériau anthropique tuf/tourbe », « matériau anthropique craie », « matériau anthropique limon curage »
horizon_limon_organique	6	Rassemble « Matériau limniques limons/matière organique », « Matériau limnique gyttja », « Matériau limnique tourbe/limon »
horizon_redox	8	Rassemble « Réductique » et « Rédoxique »
horizon_tuf	5	Rassemble « Matériau meuble calcaire/tuf », « Matériau limniques limons/tuf », «Matériau limnique tuf/matière organique »
horizon_limon	17	Matériau limnique limons
tourbe_boulette	5	Correspond à Anmoor remanié (« tourbe en boulette »)

Tableau 3 - Tableau présentant les catégories utilisées dans les représentations graphiques

Différents paramètres mesurés en laboratoire ont été comparés par catégories d'horizons afin d'observer si d'autres critères peuvent discriminer les horizons anthropiques. Pour cela, nous nous sommes intéressés à la lecture des boxplots présentés dans la figure 10.

Pour la densité volumique, on remarque que les horizons anthropiques présentent une densité volumique plus forte que les horizons histiques, et plus proche des horizons rédox et ceux contenant du tuf. Au contraire, les horizons présentant des tourbes à boulette possèdent des densités volumiques proches des horizons histiques et de limons organiques.

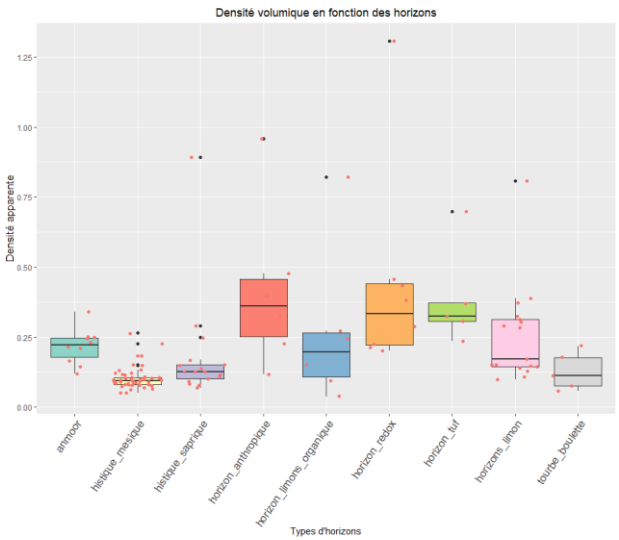
Pour le paramètre teneur en eau, on observe les mêmes tendances : une forte proximité des teneurs en eau entre horizons histiques et tourbe à boulette avec des teneurs relativement hautes (+ de 75 %), alors que les horizons anthropiques présentent des teneurs en eau inférieures à 75% (entre 75 et 50 tout comme les horizons redox et ceux contenant du tuf.

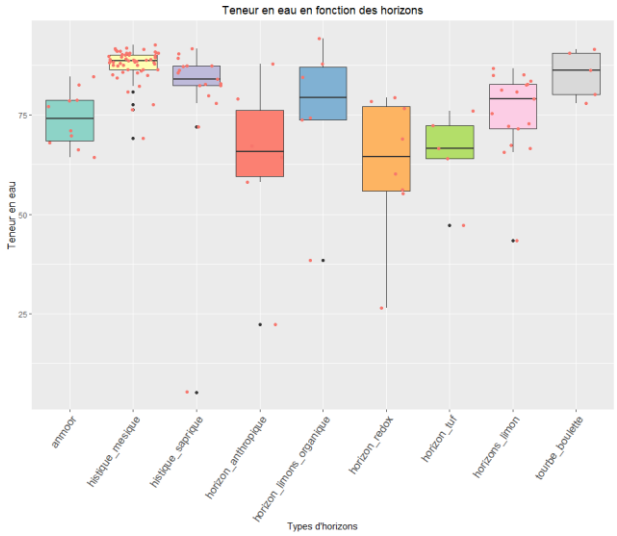
Dans le cas du taux de matières organiques, l'intervalle de valeur des horizons tourbe boulette est autour de 75%, ce qui est beaucoup plus restreint que les taux des horizons histiques (qui peuvent

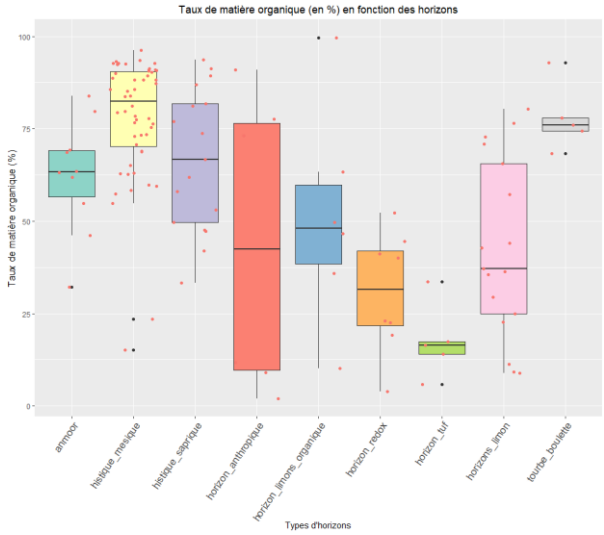
descendre jusqu'à 50%). Les horizons anthropiques présentent un intervalle important de taux de matière organique, qui s'étend de 75 à moins de 10%, ce qui correspond donc à de nombreuses catégories.

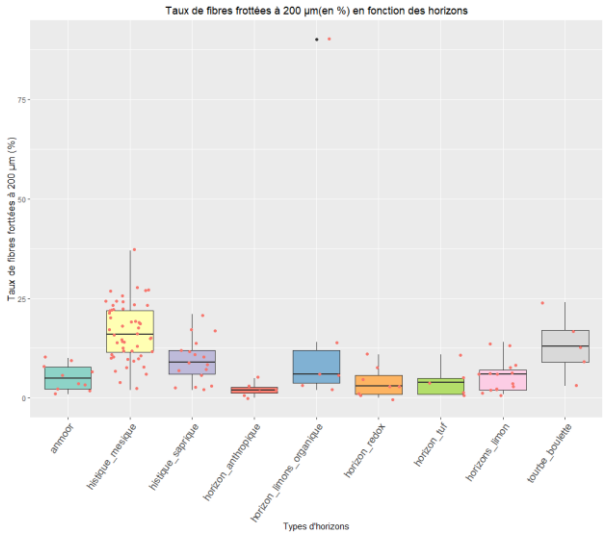
Pour les taux de fibres à 200 µm, les horizons de tourbe en boulettes présentent des résultats similaires à ceux des horizons tourbeux, alors que les horizons anthropiques sont les plus faibles en fibres, même s'ils semblent partager des plages avec les horizons redox et contenant du tuf. On retrouve exactement la même tendance pour les fibres à 50µm avec un intervalle similaire des horizons anthropiques avec les horizons redox, ceux contenant du tuf mais également avec les horizons limoneux.

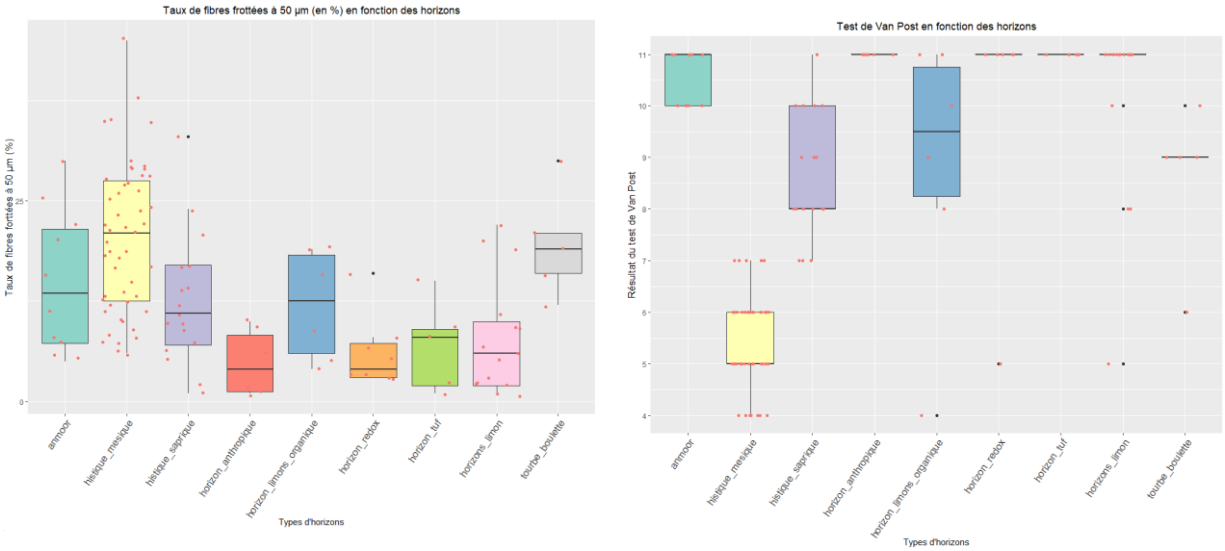
Les résultats du test de Von Post par rapport aux horizons est particulier, sachant qu'il s'échelonne de 1 à 10 et ne concerne que les horizons tourbeux. Les résultats de ce test pour les horizons anthropiques, très majoritairement constitués de matières minérales, n'expriment pas une variance intéressante. Pour les tourbes en boulettes, on observe des valeurs serrées autour de 9. Ceci correspond aux tourbes constituées d'une pâte organique de très faible tenue structurale, très pauvres en fibres.











Figures 10-a,b,c,d,et e – Boxplots des paramètres de laboratoires par rapport aux catégories d'horizons définies

c) Les séquences d'horizons de sols anthropisés

Dans cette partie, nous avons représenté graphiquement des profils redondants qui sont associés à une influence anthropique. La succession verticale d'horizons de ces sols est principalement cumuliques (d'accumulation)permet de décrire quelques étapes de la genèse de ces sols.

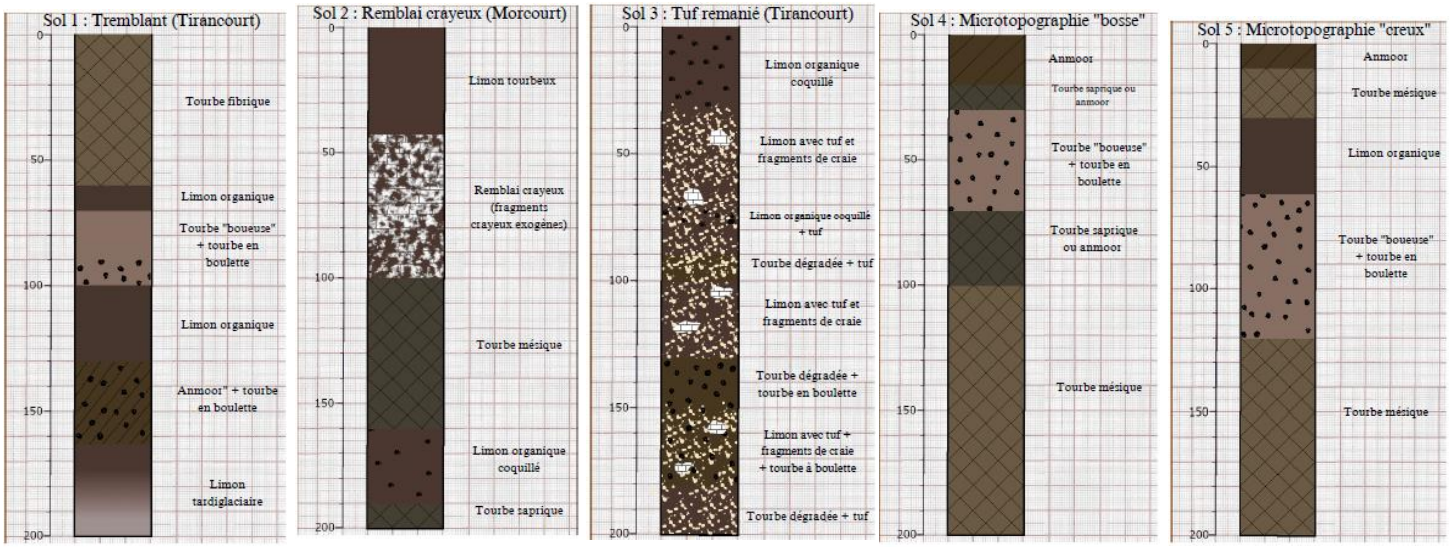


Figure 11- Représentations graphiques des profils de sols à influences anthropiques (réalisés sur le logiciel GIMP)

Le **sol 1,** renconté à Tirancourt, correspond dans sa partie supérieure à un sol de « tremblant », c'est-à-dire un etourbe en cours de formation dans une dépression en eau du fond de vallée (cf figure 4). La partie inférieure , dont la succession d'horizons (présence des limons tardiglaciaire en base de profil et horizons de tourbe à boulettes directement superposés) illustre la disparition d'horizons de tourbe Holocène. Le **sol 2** est un sol à remblai crayeux, observé à Morcourt. C'est le seul sol observé qui présente un remblai uniquement composé de craie sur

une hauteur de 60 cm. Il repose sur un substrat tourbeux. Le **sol 3** correspond à un sol à tuf remanié, observé à Tirancourt, où l'on observe la superposition de plusieurs horizons contenant du tuf mais également des tourbes à boulettes ainsi que des fragments de craie à différentes hauteurs.

Pour les **sols 4 et 5**, le caractère commun des sols est relatif à leur microtopographie, soit au relief à une échelle réduite autour du point d'échantillonnage. Pour le **sol 4**, nous avons remarqué les 3 sols anthropisés qui correpondent à une microtopographie en bosse. Ce sont tous des anmoors remaniés, en raison de la présence de tourbe en boulette au sein du profil. Pour le **sol 5**, nous nous sommes appuyés sur deux sols présentant une microtopograhpie en creux. Les sols 4 et 5 présentent un anmoor en surface et un horizon assez épais de tourbe en boulette en profondeur.

d) Chronique photograhpique du comblement naturel (radeau flottant de tourbe) d'une ancienne fosse

Pour le sol n°1 de la partie précédente, la formation du tremblant de tourbe observé nous a amené à nous questionner sur son évolution récente. Ainsi, nous avons tenté de retracer son évolution par le biais d'une chronoséquence de photographies aériennes.

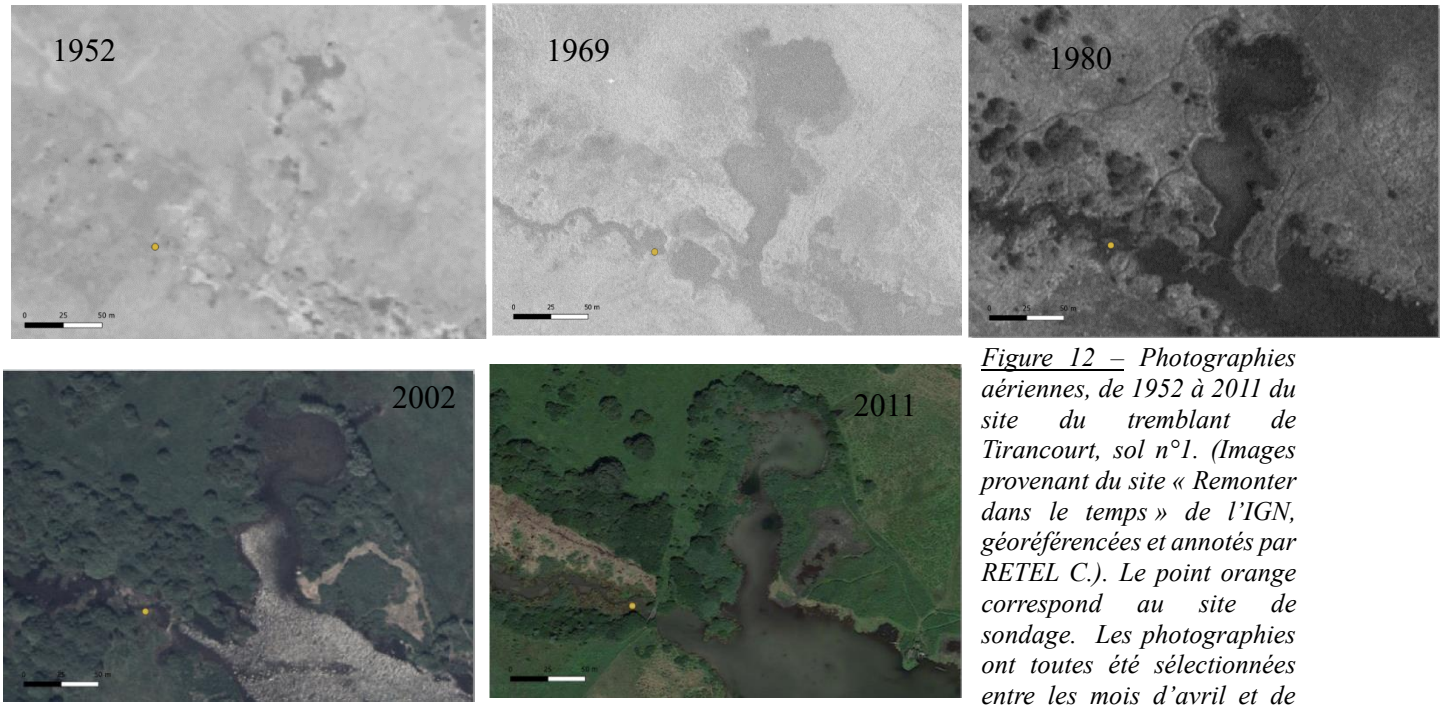


Figure 12 – Photographies aériennes, de 1952 à 2011 du site du tremblant de Tirancourt, sol n°1. (Images provenant du site « Remonter dans le temps » de l'IGN, géoréférencées et annotés par RETEL C.). Le point orange correspond au site de sondage. Les photographies ont toutes été sélectionnées entre les mois d'avril et de juin afin de limiter l'influence des contrastes saisonniers.

Une observation attentive des photographies nous permet d'observer la progression du radeau flottant. Mais la faible qualité des premières photos ne nous permet pas de distinguer très clairement l'ouverture de l'espace auparavant. Toutefois, il semblerai qu'un drain soit

creusé localement entre 1952 et 1969, en même temps que les étangs de pêche côté est. La constitution du radeau flottant local est donc postérieure à cet eintervalle de date et à donc un peu plus de 50 ans. Ce travail préliminaire effectué en fin de stage sera poursuivi l'année prochaine en multipliant le nombre de site.

Discussion :

1) Dynamique de formation des sols anthropisés

Le profil du **sol 1** est particulièrement important pour comprendre les dynamiques de comblement des fosses en contexte tourbeux par l'avancée d'un radeau flottant. Nous avons tenté de retracer cette évolution au sein de la figure 13, ci-dessous. Le profil tourbeux subit d'abord une extraction de la tourbe jusqu'au niveau des limons tardiglaciaires sous-jacents. La présence d'un anmoor au-dessus de ces limons semble correspondre avec le déplacement d'une couche de tourbe dégradée qui est replacée au fond de la fosse avec l'avancement du front d'exploitation (Platière 1782; Dejean 1803). La présence des structures dites « tourbes en boulettes » pourrait correspondre à l'écroulement de cet anmoor en fond de fosse par petits amas, Cette étape du comblement est donc d'origine anthropique.

L'abandon de l'exploitation à cet endroit permet par la suite la sédimentation de différentes phases de limons organiques, mais également d'une tourbe boueuse. Cette dernière contient de la tourbe en boulette, qui peut être synonyme d'une seconde période d'éboulement d'anmoor. La reprise de turfigénèse débute avec la tourbe fibrique supérieure. D'après la chronoséquence de la figure 12, suite au comblement anthropique de cette fosse, un envasement du fond de la fosse et un tremblant en surface permettent conjointement à la cicatrisation de cette fosse en 5à ans. Des travaux plus détaillés et sur un nombre plus important de tremblants aideraient à mieux comprendre ces vitesses de formation encore mal évaluées.

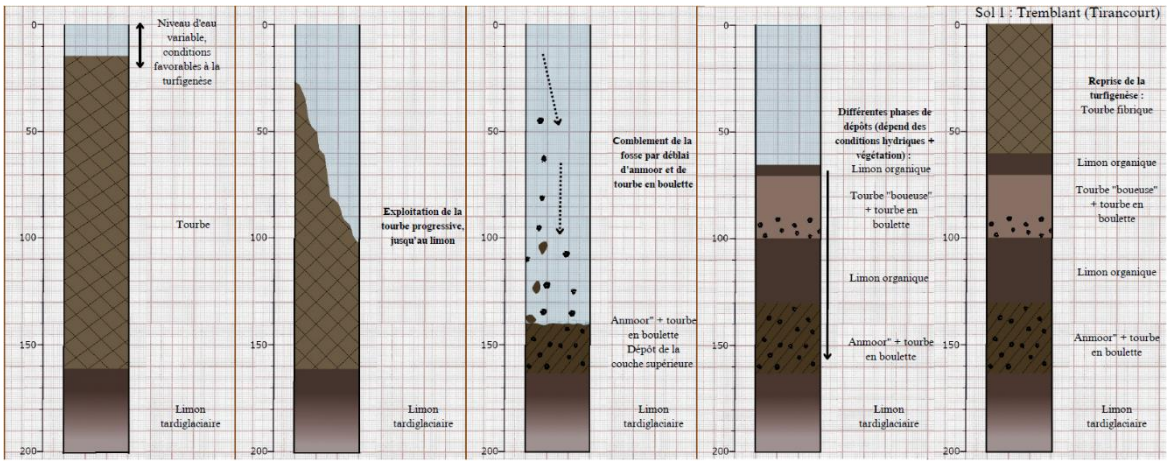


Figure 13 – Schéma représentant la dynamique de comblement supposée du sol 1 : « Tremblant de Tirancourt »

La compréhension de ce profil nous est utile pour les **sols 4 et 5** qui renvoient à la microtopographie du point de sondage. Sur ces deux profils on remarque la présence de tourbe en place en profondeur, qu'il est possible d'expliquer de deux façons. Dans le cas d'une zone ayant pour but l'extraction de la tourbe, il est possible que les outils disponibles à l'époque ne permettaient pas une exploitation à grande profondeur, comme le petit louchet avec un maximum d'extraction d'environ 2 mètres (de Bonnard 1809). Notre autre hypothèse concerne le rouissage du lin ou encore le blanchiment du linge, deux activités pratiquées en sol tourbeux et qui entrainent la création de ce type de reliefs (François 2023), mais qui ne nécessite pas l'extraction des la tourbe en profondeur. Si cette hypothèse, nous semble intéressante, elle nécessite des recherches plus approfondies. En effet, sur les 6 sols anthropisés relevés pour leur microtopographie, 4 sont situés à Long, commune sur laquelle l'analyse LIDAR présente des reliefs qui pourraient correspondre à ces activités. Au-dessus de ces horizons bathyhistiques, la présence d'horizons en tourbe à boulette est synonyme de remaniement de sol tourbeux.

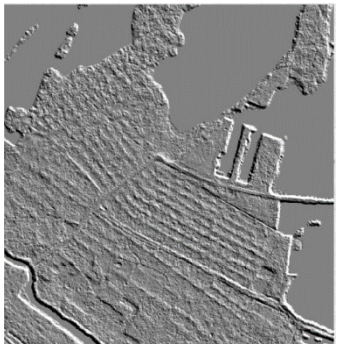


Figure 14 – Image issue du LIDAR du marais de Long. Les formes parallèles pourraient être des traces anthropiques

La présence d'élèments exogènes, comme des fragments de craies ou de silex au sein d'horizons tourbeux est aussi significativement anthropique. On rencontre ce cas de figure dans le **sol 2**, qui comprend un important remblai crayeux de plus de 40 centimètres. L'utilisation de ce matériau peut correspondre à une volonté de surrélever le terrain et de le rendre praticable, notamment comme chemin. La craie est utilisée depuis l'époque gallo-romaine afin de remblayer les chemins dans la vallée et permettre le passage de chariots (François 2023).

Le **sol 3** présente des élements exogènes au sein de son profil ainsi que du tuf remanié. Situé proche d'un massif de tuf, l'exploitation progressive de la tourbe pourrait avoir entrainé l'éboulement partiel du massif, ce qui crée un mélange entre le tuf et la tourbe. A la fin de l'extraction, on obtient un horizon mélange tourbe/tuf, sur lequel vient se déposer un limon organique. Comme dans les précédents profils d'extraction, des tourbe en boulette sont présentes, mais on note également la présence de fragments de craie, élèments indicateurs d'un apport anthropique. Différentes phases de sédimentations se poursuivent avec une forteinfluencedu tuf qui continue de s'effriter tout au long du profil. La présence d'horizons de

limons coquillés semblent indiquer un contexte ennoyé fovorable aux malachofaunes. La succession de ces étapes permet l'obtention du sol 3.

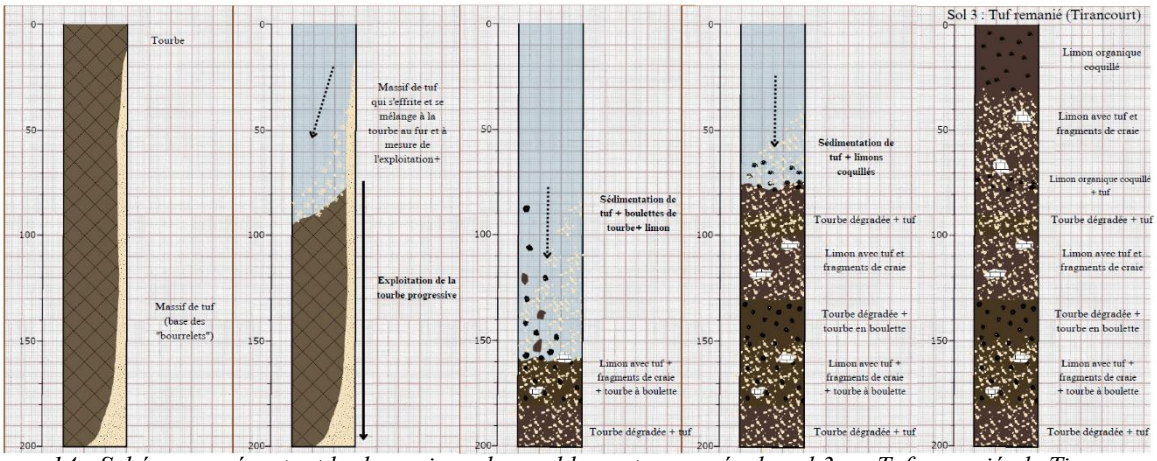


Figure 14 - Schéma représentant la dynamique de comblement supposée du sol 3 : « Tuf remanié de Tirancourt »

2) Apport des données de laboratoire

Les données récoltées en laboratoire nous ont permis d'obtenir des informations complémentaires sur les horizons qualifiés d'anthropisés. Au final, deux catégories d'horizons anthopisés sont retenues : « horizons_anthropisés » et « tourbe_boulette », chacun composés de 5 horizons/ échantillons. Il est important de souligner que si ces sols représentent une part importante de nos échantillons, leur faibles effectifs nous demande d'être prudent quand à leur implications.

Pour les horizons dits « tourbe en boulettes », leur variance sur l'ensemble des paramètres mesurés les rapprochent des horizons tourbeux (H) et anmoor(An). Ceci nous permet de confirmer leur origine issue du remaniement d'horizons tourbeux. Cependant, à part leur structure observable sur le terrain et au début des tests de fibres frottées aucun résultat de laboratoire ne nous permet de les discriminer. Ils semblent cependant être un indicateur important de l'anthropisation des sols tourbeux.

En ce qui concerne les 5 horizons anthropiques, leur hétérogéneité complique leur analyse. En effet, même s'ils présentent des résultats communs aux horizons contenants du tuf ou des horizons limoneux pour plusieurs parmètres, il est parfois moins évident de les y associer concernant le taux de matière organique ou encore les taux de fibres frottés. Il serait intérressant de réaliser de nouveaux ces tests en prenant soin d'obtenir plus d'échantillons des horizons anthropisés afin de créer des catégories plus cohérentes entre elles afin d'affiner notre compréhension.

3) Plan d'échantillonnage et processus pédologiques inexpliqués

Le travail réalisé dans ce mémoire s'appuie sur un plan d'échantillonnage commun au stage de M2 réalisé par Elodie Hemery. L'objectif de ce plan d'échantillonnage était de sonder des histosols pour étudier un gradient de dégradation en fonction de paramètres environnementaux. En parallèle de cette mission, le présent travail avait pour objectif de quantifier les sols anthropisés au sein des sols de fond de vallée sur un corpus de sols déterminés par transects. L'échantillonnage suivant n'étant pas ciblé sur les sols anthropisés, il est cohérent que nous arrivions à de faibles effectifs de sols et d'horizons dits anthropisés malgré le nombre de sondages.

Si une grande partie des sols que nous avons qualifié comme anthropisés nous semblent explicables par les actions anthropiques évoqués plus tôt, certains sols nous semblent encore mal compris. C'est le cas de plusieurs sols des marais de l'Abbevillois pour lesquels des mélanges uniques entre tuf, sables et tourbe ne nous semblent pas explicables sans de plus amples connaissances des faciès de matériaux d'origine fluvio-marine. En effet, le positionnement de ces marais beaucoup plus proche du front de mer permet le dépôt de facès sédimentaires fluvio-marins décrit succintement sur les cartes géologiques locales.

Conclusion

Les tourbes alcalines de la Somme et de l'Authie sont le résultat des milliers d'années de formation géologique et pédologique. Plus récemment, elles ont subi d'importantes perturbations anthropiques qui sont encore mal connues. Lors de ce travail, nous nous sommes appliqués à comprendre et à quantifier les perturbations d'origine anthropiques sur la couverture pédologique du fond de vallée.

La caractérisation des sols étudiés nous a permis d'estimer que 30 % des sols en contexte tourbeux échantillonnés présentaient des perturbations anthropiques à différents degrés d'intensité, ce qui en fait la deuxième catégorie de sol après les histosols. Ce chiffre présente donc la réalité de ces vallées qui ont été très exploitées pour leur tourbe, de manière assez régulière depuis plusieurs milliers d'années. Les sources bibliographiques historiques nous ont permis de mieux comprendre les processus d'exploitation anciens.

Les recherches de terrain nous ont permis de cerner des profils redondants dans les types de sols anthropiques rencontrés. Les « tremblants », témoins de la reprise de turfigénèse, apparaissent sur des anciennes fosses toujours en eau et présentent un processus de comblement

de fosse naturel. La présence d'éléments exogènes au sein des profils sous la forme de remblais entier ou encore de fragments sont également des importants indicateurs de l'anthropisation L'observation, la description et la compréhension de la structure dite de « tourbe en boulette » est un des éléments importants de notre travail. En effet, nous n'avons pas trouvé trace de ce faciès pédo-sédimentaire dans notre recherche bibliographique, alors qu'il représente, à nos yeux, un élément significatif pour qualifier l'anthropisation d'un sol tourbeux, notamment dans le cadre d'exploitation de tourbage.

L'étude des horizons et des différents paramètres obtenus en laboratoire nous permet de confirmer la similarité des horizons de « tourbe à boulette » avec les horizons histiques et anmoor, mais ne nous permet pas d'émettre des critères discriminants en ce qui concerne les autres horizons anthropiques, trop variés et trop peu nombreux pour généraliser.

De nombreuses perspectives encourageantes peuvent être émises quant au travail à poursuivre. L'étude des sols nous a permi de mieux comprendre plusieurs phénomènes pédologiques de notre zone d'étude sans pour autant répondre à toutes nos interrogations. Des travaux sur les dynamiques pédologiques des tourbières plus proches de la mer et de l'impact de celle-ci sur les dynamiques des tourbières pourrait être intéressant. De plus, l'étude des éléments grossiers obtenus suite au test des fibres frottées, nous ont amenés à nous questionner quant à certains constituants, qui pourraient être synonymes d'anthropisation.

L'intérêt de ce travail se reflète également par le pourcentage de sols anthropisés que nous avons obtenus. Si 30 % des sols de tourbières alcalines régionales ont été anthropisés, par exploitation ou remaniement, cela doit être pris en compte dans les calculs futurs des stocks de carbone au sein des vallées de la Somme et de l'Authie devront en être modifiés.

Bibliographie

Agache, R., Bourdier, F. & Petit, R. (1963). Le Quaternaire de la basse Somme; tentative de synthese. *Bull. Société Géologique Fr.*, 4, 422–442.

Antoine, P. (1997). Modifications des systèmes fluviatiles à la transition Pléniglaciaire-Tardiglaciaire et à l'Holocène : l'exemple du bassin de la Somme (Nord de la France). *Géographie Phys. Quat.*, 51, 93–106.

van Asselen, S., Stouthamer, E. & van Asch, Th.W.J. (2009). Effects of peat compaction on delta evolution: A review on processes, responses, measuring and modeling. *Earth-Sci. Rev.*, 92, 35–51.

Bacon, J. (2022). *Etude pédologique et biogéochimique des séquences tourbeuses holocène de la vallée de la Somme* (Master 1 AETPF).

Baize & Girard. (2008). Référentiel pédologique 2008. *Quae*, Savoir-faire, 435.

Bellery. (1754). *Dissertation sur la tourbe de Picardie*. La Veuve Godart.

de Bonnard, A.H. (1809). Notice Sur les tourbières du département du Pas-de-Calais. *J. Mines*, 121–155.

Branigan, K., Edwards, K.J. & Merrony, C. (2002). Bronze Age fuel: the oldest direct evidence for deep peat cutting and stack construction? *Antiquity*, 76, 849–855.

Bridault, A. & Louis, C. (2002). *Ruptures et Equilibre dans la grande faune à la fin du Pléistocène et durant l'Holocène ancien en Europe occidentale*. *Équilib. Ruptures Dans Écosystèmes Depuis 2010 En Eur. Ouest*.

Cloquier, C. (2006). L'extraction et l'exploitation de la tourbe (Quadrilobe, 2006).

Commont, V. (1910). *Note sur les tufs et les tourbes de divers âges de la vallée de la Somme: mode de formation et chronologie d'après la faune et l'industrie que renferment ces dépôts*. Société géologique du Nord, Lille, France.

Coudret, P., Limondin-Lozouet, N. & Munaut, A.-V. (1995). Le gisement paléolithique final des Prés du Mesnil à La Chaussée-Tirancourt (Somme). *Bull. Société Préhistorique Fr.*, 92, 227–234.

Davidson, D.A., Dercon, G., Simpson, I.A., Dalsgaard, K., Spek, T. & Plant, D.A. (2007). The identification and significance of inputs to Anthrosols in North-West Europe. *West Eur.*

De Lionne, L. (1776). Discours prononcé à la séance publique de l'Académie des Sciences Belles-Lettres et Arts d'Amiens, le 25 août 1776.

Defer, S. (1998). 18ème - 20eme siècle : Dans la Somme, autour de la Tourbe. Revue du service éducatif des archives départementales de la Somme, 1–38.

Dejean. (1803). Sur la manière d'extraire et de préparer la tourbe dans les provinces de Hollande et d'Utrecht; et sur les avantages qui résulteraient, pour le Département de la Somme, de l'adoption d'une partie des procédés hollandais. In: *Journal des mines ou Recueil de mémoires sur l'exploitation des mines et sur les sciences et les arts qui s'y rapportent*. Dupont, p. 522.

Dournel, S. (2007). De l'exploitation historique de la tourbe dans la vallée de la Somme à la mise en nature des zones humides dans l'agglomération amiénoise: mutations paysagères et sociales.

Fagnart, J.-P. (1992). Nouvelles observations sur le gisement paléolithique supérieur de Belloy-sur-Somme (Somme). *Gall. Préhistoire*, 34, 57–83.

François, R. (2023). Les 15 000 ha de tourbières alcalines de la vallée de la Somme (Picardie). 1e partie - Milieu physique et Géohistoire.

IUSS Working Group WRB. (2022). World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition.

Joosten, H. & FAO (Eds.). (2012). *Peatlands - guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use*. Mitigation of climate change in agriculture series. 2. ed. FAO [u.a.], Rome.

Jurasinski, G., Ahmad, S., Anadon-Rosell, A., Berendt, J., Beyer, F., Bill, R., *et al.* (2020). From Understanding to Sustainable Use of Peatlands: The WETSCAPES Approach. *Soil Syst.*, 4, 14.

Lebrun, J., Rémy, F., CEN Hauts-de-France, & CBN de Bailleul. (2014). *Inventaire et carthographie des tourbières de Picardie - Phase 1 : méthodologie et premier test en Moyenne Vallée de la Somme*.

Liu, H., Rezanezhad, F. & Lennartz, B. (2022). Impact of land management on available water capacity and water storage of peatlands. *Geoderma*, 406, 115521.

Manneville, O. (2001). La diversité des tourbières en France et leur prise en compte dans les politiques de conservation.

Marescaux, Q., Lebrun, J. & Gaudin, G. (2021). *Plan régional d'actions en faveur des tourbières des Hauts-de-France*. Conservatoire d'Espaces Naturels Hauts-de-France.

Ministère de l'industrie et du commerce. (1949). *Les tourbières françaises. Première parite : Mémoires*. Pôle-relais Tourbières.

Mortensen, M.F., Christensen, C., Johannesen, K., Stidsing, E., Fiedel, R. & Olsen, J. (2020). Iron Age peat cutting and ritual depositions in bogs – new evidence from Fuglsøgaard Mose, Denmark. *Dan. J. Archaeol.*, 9, 1–30.

Neau, G. & BRGM. (1976). *Les tourbes françaises* (Bureau des recherches géologiques et minières). BRGM, Orléans.

Pentecost, A. (2005). *Travertine*. Springer Science & Business Media.

Platière, J.-M.R. de L. (1782). *Art du tourbier, ou Traité des différentes manières d'extraire la tourbe, et de l'employer, précédé d'une dissertation... par M. Roland de La Platière...* Éditeur non identifié.

Seguin, L., Bernard, G., Detcheverry, P., Holliday, J., Moncorgé, S., Badré, A., *et al.* (2012). Tourbières et plans d'eau artificiels. *Lécho Tourbières*, 13.

Sennès, V. (2003). Les tourbières de l'Europe de l'ouest. *Trav. Lab. Géographie Phys. Appliquée*, 22, 11–25.

Bilan personnel

Arrivée à la fin de ce stage je me sens honorée et fière d'avoir pu participer à ce projet. La problématique, que je trouvais déjà très intéressante au départ, n'a fait que décupler mon intérêt pour les sujets que sont la pédologie, les zones humides et la préservation de ceux-ci.

La pluridisciplinarité de ce stage, le lien entre histoire et sciences, le fait d'avoir pu travailler sur le terrain, en laboratoire et sur l'analyse de données m'a fait progresser et m'a fait me dépasser sur le plan physique et psychologique.

La rencontre avec de nombreux acteurs de la recherche et de la gestion m'a beaucoup intéressé et à donner lieu à des échanges qui m'ont permis d'affiner mon projet professionnel.

Glossaire

Bathyhistique : adjectif qualifiant un horizon tourbeux en profondeur

Exogène : se dit d'un élément formé à l'extérieur d'un espace concerné, dans notre cas concerne des éléments normalement extérieur aux horizons concernés.

Horizon : couche de sol à composition homogène, terme utilisé en pédologie et notamment dans le Référentiel Pédologique Français

Turfigénèse : processus de formation de la tourbe par décomposition partielle des végétaux dans des conditions hydriques particulières

Turficole : se dit d'une végétation qui se développe dans les conditions relatives aux tourbières

Annexes

Annexe 1 : Tableau d'appréciation du test de Van Post sur le terrain

Échelle de décomposition des horizons histiques selon von Post.

Degré de l'échelle	Décomposition	Structures végétales avant le test	Présence de matières amorphes	Ce qui passe entre les doigts par pression dans la main	Nature du résidu restant dans la paume de la main
1	Nulle	Parfaitement identifiables	Nulle	Eau limpide	Végétaux non décomposés
2	Insignifiante	Facilement identifiables	Nulle	Eau de couleur jaune à brune	Végétaux très peu décomposés
3	Très faible	Identifiables	Très faible	Eau de couleur brune à noire	Végétaux peu décomposés – masse fibreuse faiblement humide
4	Faible	Difficilement identifiables	Faible	Eau turbide	Le résidu (humide) est de consistance légèrement granuleuse
5	Moyenne	Reconnaissables, mais non identifiables	Moyenne	Eau turbide, avec un peu de matière solide	Résidu pâteux détrempé, structures végétales encore visibles à l'œil nu
6	Moyenne à forte	Non reconnaissables	Élevée	Eau boueuse : moins du 1/3 de la matière solide passe entre les doigts	Résidu granuleux et mou, avec quelques structures végétales visibles
7	Forte	Indistinctes	Très élevée	Eau boueuse : environ la moitié de la matière solide passe entre les doigts	Résidu détrempé, avec quelques structures végétales visibles
8	Très forte	Très indistinctes	Très élevée	Boue : les 2/3 de la matière solide passent entre les doigts	Résidu mou et détrempé, avec parfois des résidus ligneux non décomposés
9	Presque totale	Pratiquement non discernables	Très élevée	Presque tout le mélange homogène eau-matière solide passe entre les doigts	La structure des végétaux inclus dans le résidu en faible quantité est rarement reconnaissable
10	Totale	Non discernables	Très élevée	Toute la masse homogène passe entre les doigts	Pas de résidu

Annexe 2 : Fiche de terrain

Fiche terrain Stage CEN Diagnostique tourbes Somme et Authie

Informations générales

Site: **Date:** ___/___/2023 **N° point:** **Accompagnateur:**

Coordonnées GPS enregistrées: ☐ **Altitude:** m

Milieux: ☐ Prairie ☐ Pelouse ☐ Fruticée ☐ Forêt ☐ Champs ☐ Mégaphorbiaie ☐ Roselière ☐ Caricaie ☐ Autre:

Topographie: ☐ Lit majeur ☐ Lit mineur ☐ Vallon ☐ depress. ☐ autre:

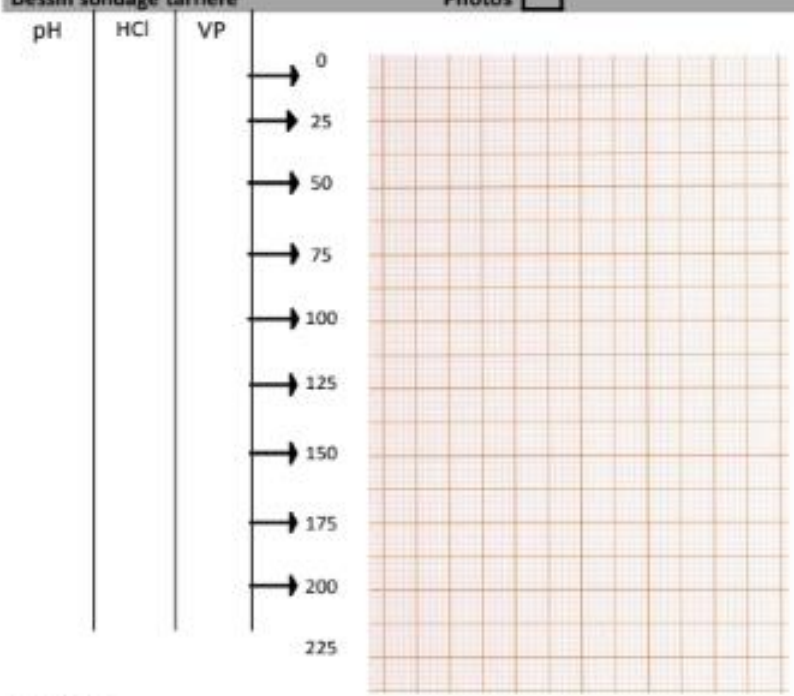
Relief local/ Microtopographie ☐ Zone plane ☐ Bosse ☐ Creux

Gestion observée: ☐ Pâturage extensif ☐ Pâturage intensif ☐ Fauche ☐ Culture ☐ Pâturage + Fauche ☐ Autre:

Nbre Taupinière rayon 10m: **Présence lombriciens/recouvrement turricules (0, 1, 2):**

Végétation (principales spp.):

Dessin sondage tarrière **Photos** ☐ **Commentaires**



Pédologie

Profondeur sondage: cm **Cause d'arrêt:** ☐ tarière ☐ eg

Profondeur tiges filetées: cm ☐ autre:

Profondeur nappe: cm

Ht	Bas	Elts Grossiers		Texture	Hydromorphies				H. Histique			Commentaires
		code EG	Nat EG		g	Go	Gr	Anmoor	Hs	Hm	Hf	
0												

Résumé

Les tourbières alcalines de la Somme et de l'Authie sont le résultat des millions d'années de formation géologique et pédologique mais ont récemment subi d'importantes perturbations anthropiques, encore mal connues. Ce rapport s'intéresse à l'impact de ces perturbations sur les couvertures pédologiques tourbeuses de fond de vallée. Nous avons réalisé une étude de terrain ainsi que des analyses en laboratoire afin d'identifier les sols anthropisés au sein des vallées de la Somme et de l'Authie. 30 % des sols étudiés ont été qualifiés d'anthropisés sur un total de 47 et 8 % des horizons présentent des marques claires d'anthropisation. Plusieurs éléments comme la présence de craie au sein d'horizons histiques ou encore les structures qualifiées de « tourbe à boulette » nous paraissent être indissociables d'anthropisation. Les séquences de comblement des fosses de tourbage ont également été étudiées en veillant à distinguer les processus naturels et anthropique à l'aide des observations de terrains et de laboratoire ainsi que des éléments bibliographiques.

Mots-clés : tourbières alcalines – pédologie – anthropisation – tourbage - Somme

Abstract

The alkaline fens of the Somme and Authie rivers are the result of millions of years of geological and pedological formation,but have recently undergone major anthropogenic disturbances that are still poorly understood. This report focuses on the impact of these disturbances on the structure of the subsoil in the peat context. We carried out a field study and laboratory tests to identify anthropized soils in the Somme and Authie valleys. Of the 47 soils studied, 30% were classified as anthropized, and 8% of horizons showed clear signs of anthropization. Several elements, such as the presence of chalk within histic horizons or the structure described as "pellet peat", seem to us to be indissociable from anthropization. The filling of peat pits has also been studied, taking care to distinguish between natural and anthropogenic processes, using field and laboratory observations as well as bibliographical elements.

Key words: peatlands-pedology-anthropisation-peat extraction-Somme