Compte rendu d'étude commandée par le Parc naturel régional des Ballons des Vosges

Évaluation de l'état de conservation des Habitats de tourbières et marais du Parc naturel régional des Ballons des Vosges

Pierre Goubet

2016

Travail réalisé avec le soutien financier du Ministère de l'écologie dans le cadre de Natura 2000, DREALs Alsace et Lorraine

Table des matières

1 - Introduction 1

2 - Résumé opérationnel 2

3 - Cadre général et méthodologies. 3

3.1 - Contexte géographique général. 4

3.2 - Problématique de l'évaluation de l'état de conservation des Habitats. . . 5

3.3 - Les tourbières: définitions, typologies et fonctionnement 6

3.3.A - Quelques définitions. 6

3.3.B - Typologie des tourbières 7

3.3.B.a. Analyse de l'existant et problématique. 7

3.3.B.b. Paramètres écologiques à l'origine de la diversité des systèmes tourbeux. 10

3.3.B.c. La notion d'états alternatifs et ses implications en termes d'évaluation de l'état de conservation 11

3.4 - Systèmes écologiques et Habitats. 12

3.4.A - 7110* : Tourbières hautes actives. 12

3.4.B - 7120 : Tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle 16

3.4.C - 7130 : Tourbières de couverture 17

3.4.D - 7140 : Tourbières de transition et tremblantes. 17

3.4.E - 7115 : Dépressions sur substrats tourbeux du Rhynchosporion 18

3.4.F - 91DO* : Tourbières boisées 19

3.5 - Concepts et critères d'évaluation. 20

3.5.A - Systémique et trilogie composition-structure-processus comme cadre conceptuel à la démarche d'évaluation 20

3.5.B - Application du concept à l'évaluation 21

3.5.C - Principes d'évaluation de l'Habitat 7110* 22

3.5.C.a. Modèle de fonctionnement simplifié des tourbières hautes des Vosges. 22

3.5.C.b. Critères ou indicateurs retenus. 25

3.5.D - Principes d'évaluation de l'Habitat 7120 Tourbières Hautes Dégradées 25

3.5.D.a. Modèle de fonctionnement simplifié des tourbières hautes dégradées susceptibles de régénération naturelle des Vosges. 25

3.5.D.b. Critères ou indicateurs retenus. 27

3.5.E - Principes d'évaluation de l'Habitat 7130 Tourbières de Couverture 27

3.5.F - Principe d'évaluation de l'Habitat 7140 Tourbières de Transition et Tremblantes . 27

3.5.G - Principe d'évaluation de l'Habitat 7115 Dépressions sur substrats tourbeux du Rhynchosporion 28

3.5.H - Principe d'évaluation de l'Habitat 91DO* : Tourbières boisées. 29

3.6 - Méthodologies utilisées dans le cadre de l'étude 30

3.6.A - Démarche globale 30

3.6.B - Unités fonctionnelles. 31

3.6.C - Sols et tourbes 31

3.6.D - Analyse des macrorestes. 32

3.6.E - Relief, géologie et géomorphologie 32

3.6.F - Synthèse 32

4 - Protocole d'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site Natura 2000 33

4.1 - Les démarches d'évaluation pouvant servir d'exemple 33

4.2 - Démarche proposée pour ce travail. 33

4.2.A - Les grands types de données utilisables. 34

4.2.B - Notions de complexe et de métacomplexe: pour délimiter les zones d'étude . . . 34

4.3 - 7110 : Tourbières hautes actives «typiques»* 36
4.3.A - Approche floristique: typologie des unités fonctionnelles élémentaires. 36
4.3.B - Structure de l'Habitat 38
4.3.C - Analyse pédologique 38
4.3.D - Complément typologique du contexte. 39
4.3.E - Approche synthétique, protocole. 39
4.4 - 7120 : Tourbières hautes dégradées susceptibles de régénération naturelle. 41
4.5 - 7130 : Tourbières de couverture 42
4.6 - 7140 : Tourbières de transition et tremblants 42
4.7 - 91DO : Tourbières boisées* 43
4.8 - Démarche synthétique 44
5 - Résultats. 45
5.1 - Étang du devin 45
5.1.A - Structure du site 45
5.1.B - Analyse fonctionnelle 47
5.1.C - Etat de conservation 48
5.1.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 48
5.2 - Surcenord 49
5.2.A - Structure du site 49
5.2.B - Analyse fonctionnelle 50
5.2.C - Etat de conservation 52
5.2.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 52
5.3 - Chaume Thiriet. 53
5.3.A - Structure du site 53
5.3.B - Analyse fonctionnelle 54
5.3.C - Etat de conservation 54
5.3.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 55
5.4 - Lac Sec 56
5.4.A - Structure du site 56
5.4.B - Analyse fonctionnelle 58
5.4.C - Etat de conservation 59
5.4.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 59
5.5 - Reisberg. 60
5.5.A - Structure du site 60
5.5.B - Analyse fonctionnelle 61
5.5.C - Etat de conservation 61
5.5.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 62
5.6 - Gazon du faing. 63
5.6.A - Structure du site 63
5.6.B - Analyse fonctionnelle 67
5.6.C - Etat de conservation 70
5.6.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 70
5.7 - Forlet 71
5.7.A - Structure du site 71
5.7.B - Analyse fonctionnelle 73
5.7.C - Etat de conservation 73
5.7.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 73
5.8 - Altenwasen. 75
5.8.A - Structure du site 75
5.8.B - Analyse fonctionnelle 78
5.8.C - Etat de conservation 79
5.8.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 80

5.9 - Tanet 81
5.9.A - Structure du site 81
5.9.B - Analyse fonctionnelle 83
5.9.C - Etat de conservation 86
5.9.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 86
5.10 - Wismurloch 87
5.11 - Missheimle 89
5.11.A - Structure du site 89
5.11.A.a. Complexe amont 89
5.11.A.b. Complexe aval 89
5.11.B - Analyse fonctionnelle 91
5.11.C - Etat de conservation 92
5.11.D - Propositions d'action: connaissance, gestion, suivi 92
5.12 - Cote 1000 93
5.12.A - Structure du site 93
5.12.B - Analyse fonctionnelle 94
5.12.C - Etat de conservation 95
5.12.D - Propositions d'action: connaissance, gestion, suivi 95
5.13 - Trois-Fours 96
5.13.A - Structure du site 96
5.13.B - Analyse fonctionnelle 98
5.13.C - Etat de conservation 100
5.13.D - Propositions d'action: connaissance, gestion, suivi 100
5.14 - Rothried 101
5.14.A - Structure du site 101
5.14.B - Analyse fonctionnelle 103
5.14.C - Etat de conservation 105
5.14.D - Propositions d'action: connaissance, gestion, suivi 105
5.15 - Étang Noir 106
5.15.A - Structure du site 106
5.15.B - Analyse fonctionnelle 107
5.15.C - Etat de conservation 109
5.15.D - Propositions d'action: connaissance, gestion, suivi 110
5.16 - Dagobert 111
5.16.A - Structure du site 111
5.16.B - Analyse fonctionnelle 111
5.16.C - Etat de conservation 112
5.16.D - Propositions d'action: connaissance, gestion, suivi 112
5.17 - Source de la Vologne 113
5.17.A - Structure du site 113
5.17.B - Analyse fonctionnelle 115
5.17.C - Etat de conservation 115
5.17.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 115
5.18 - Gashneyried. 116
5.18.A - Structure du site 116
5.18.B - Analyse fonctionnelle 117
5.18.C - Etat de conservation 117
5.18.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 117
5.19 - Bramont 119
5.19.A - Structure du site 119
5.19.B - Analyse fonctionnelle 120

5.19.C - Etat de conservation 121
5.19.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 121
5.20 - Pourri-Faing 122
5.20.A - Structure du site 122
5.20.B - Analyse fonctionnelle 125
5.20.C - Etat de conservation 126
5.20.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 126
5.21 - Rouge-Rupt 127
5.21.A - Structure du site 127
5.21.B - Analyse fonctionnelle 128
5.21.C - Etat de conservation 129
5.21.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 129
5.22 - Ochsenmatt et sources de la Lauch 130
5.22.A - Sources de la Lauch 130
5.22.B - Ochsenmatt 131
5.23 - Vintergès 132
5.23.A - Structure du site 132
5.23.B - Analyse fonctionnelle 135
5.23.C - Etat de conservation 136
5.23.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 136
5.24 - Morfeld 137
5.24.A - Structure du site 137
5.24.B - Analyse fonctionnelle 137
5.24.C - Etat de conservation 138
5.24.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 138
5.25 - Neufs-Bois 139
5.25.A - Structure du site 139
5.25.B - Analyse fonctionnelle 143
5.25.C - Etat de conservation 143
5.25.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 144
5.26 - Ronde-Tête 145
5.26.A - Structure du site 145
5.26.B - Analyse fonctionnelle 146
5.26.C - Etat de conservation 147
5.26.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 147
5.27 - Grand Langenberg 148
5.27.A - Structure du site 148
5.27.B - Analyse fonctionnelle 148
5.27.C - Etat de conservation 150
5.27.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi 150
5.28 - Cas particuliers du Sée d'Urbès 150
6 - Synthèses 151
6.1 - Approche méthodologique 151
6.2 - Évaluation de l'état de conservation 151
6.3 - Typologie et fonctionnement des tourbières des Hautes-Vosges 153
7 - Conclusion-résumé 154
8 - Bibliographie 155

1 - Introduction

Ce document correspond au compte rendu d'une étude commandée par le Parc naturel régional des Ballons des Vosges ayant pour objectif d'évaluer l'état de conservation des Habitats d'une partie des tourbières du Parc. La majuscule du terme «habitat» spécifie l'entité réglementaire dans le cadre de la directive habitats.

Satisfaire cet objectif nécessite, au bout du compte, de réaliser un prédiagnostic fonctionnel des sites concernés, puisqu'une évaluation de l'état de conservation n'aurait aucun sens sans une compréhension minimale du fonctionnement des écosystèmes en jeu.

Au démarrage de ce projet, aucune méthodologie d'évaluation de l'état de conservation n'était disponible pour les tourbières; elle est en cours d'élaboration au sein des équipes du Muséum national d'histoire naturelle et un premier rapport issu d'un stage de master a été proposé en 2015 (Epicoco et Viry, 2015). De ce fait, nous avons été amené à proposer notre propre système d'évaluation, sur la base des modèles de fonctionnement disponibles pour les tourbières, et dans le respect des termes de la directive Natura 2000 (directive 92/43/CEE Du Conseil du 21 mai 1992 dite directive habitats).

D'un point de vue méthodologique, l'étude se décompose en 4 champs d'investigation distincts: le premier concerne l'évaluation en tant que protocole; le second correspond au travail de terrain, à l'acquisition de données; le troisième est relatif à l'analyse des données, à l'interprétation en termes de fonctionnement écologique et à l'application de la méthode d'évaluation; le quatrième et dernier champ est celui de la synthèse.

La structure de ce document reprend en grande partie ces quatre champs d'investigation, avec en préliminaire cette introduction suivi d'un résumé opérationnel. Un premier chapitre présentera le cadre général de l'étude ainsi que la méthodologie globale. Une seconde partie présentera le protocole d'évaluation de l'état de conservation qui sera appliqué par la suite. La troisième partie correspond à la présentation des résultats. La quatrième partie sera celle de la synthèse globale.

Les mégaphorbiaies, systèmes écologiques en marge des tourbières, n'ont pas été traitées.

Contenu de la commande

Le projet concerne l'évaluation de l'état de conservation des Habitats tourbeux des sites Natura 2000 du territoire du Parc naturel régional des Ballons des Vosges.

Les Habitats concernés sont les suivants :

- 6430-1 Mégaphorbiaies mésotrophes collinéennes (sous réserve de possibilité d'application).
- 7110* : Tourbières hautes actives (Habitat prioritaire).
- 7120 : Tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle.
- 7130 : Tourbières de couverture.
- 7140 : Tourbières de transition et tremblantes.
- 7115 : Dépressions sur substrats tourbeux du Rhynchosporion.
- 91DO* : Tourbières boisées (Habitat prioritaire).

Le projet se décline en deux grandes étapes. Une première étape vise à mettre en place une méthodologie d'évaluation basée sur les notions de fonctionnement des écosystèmes tourbeux à partir des données scientifiques les plus récentes et sur une base de données d'états des tourbières montagnardes couvrant une bonne partie de la France. Une seconde étape a vocation à évaluer les sites du Parc sur la base de ce protocole. En complément de ces deux volets centraux, un volet d'analyse bibliographique préliminaire sur les sites concernés et un volet d'analyse de synthèse à l'échelle du Parc seront réalisés.

Le choix méthodologique est celui d'une évaluation à la fois pertinente (significative du point de vue de la conservation) et « simple », autrement dit à coût minimum. Ceci s'entend bien-sûr dans les limites de la nature même des écosystèmes en jeu. Le maître d'ouvrage sera impliqué dans les choix méthodologiques par des processus de validation des protocoles (par exemple lors des réunions prévues).

2 - Résumé opérationnel

1. Dans une démarche visant à réaliser l'évaluation de l'état de conservation d'une partie des Habitats de tourbières et marais du Parc naturel régional des Ballons des Vosges, le Parc a commandé une étude spécifique à un spécialiste de l'analyse fonctionnelle des tourbières.

2. 27 sites tourbeux ont fait l'objet d'une évaluation de l'état de conservation sur la base d'une méthode élaborée spécifiquement pour ce projet.

3. La méthode d'évaluation s'appuie sur les notions scientifiques les plus récentes concernant le fonctionnement des tourbières et sur les exigences exprimées dans les textes réglementaires de la Directive Habitat. Elle tente de concilier la meilleure pertinence scientifique avec la plus grande simplicité, sans tenir compte d'autres prérogatives comme la ressemblance avec d'autres méthodes mises en place pour d'autres types d'écosystèmes.

4. Le cadre scientifique est celui de l'écologie des écosystèmes. Les notions fondamentales qui forment l'armature conceptuelle du travail sont celles de la systémique (hiérarchisation des systèmes et propriétés émergentes), de la notion de composition structure processus et de déterminisme écologique.

5. Pour permettre la réalisation d'un bon outil d'évaluation, il a d'abord été présenté les définitions réglementaires des Habitats proposées dans les Cahiers d'Habitats puis les modèles de fonctionnement des écosystèmes dans lesquels s'intègrent ces Habitats. Il s'avère nécessaire de bien différencier l'objet réglementaire, figé, de l'objet scientifique, évolutif, une «petite» découverte pouvant modifier la compréhension du fonctionnement d'un écosystème et ainsi changer la définition de l'état de conservation d'un Habitat.

6. L'outil d'évaluation consiste en une série de clés dichotomiques (une par Habitat). L'évaluateur utilise la clé en s'appuyant sur les données qu'il possède. La clé peut lui indiquer de compléter ces données si elles s'avèrent insuffisantes.

7. Les principaux critères utilisés sont floristiques, pédologiques et paléoécologiques. La méthode prend en compte l'origine de la tourbière dans laquelle se tient l'Habitat considéré, l'origine de l'Habitat lui-même, l'état du sol et l'état de la végétation. La répartition des espèces ingénieures et la présence de taxons considérés comme indicateurs des processus de dégradation sont aussi prises en compte. Chaque dichotomie de la clé définit un type d'Habitat et chaque type d'Habitat correspond à un état optimal, favorable, altéré ou dégradé.

8. La méthode est perfectible et devra être améliorée lors de son utilisation en dehors du massif des Vosges.

9. La plupart des sites ont faits l'objet d'une caractérisation floristique, pédologique et paléoécologique, augmentant considérablement la connaissance de l'origine et de l'état des tourbières du massif. Les données montrent de toute évidence que l'approche floristique seule est incapable de permettre de comprendre l'origine, l'état et le devenir d'un site, ni même son évaluation en terme d'état de conservation.

10. Les résultats en termes d'état de conservation sont satisfaisants, avec des états favorables pour la quasi totalité des Habitats Tourbières boisées (91DO*), Tremblants (7140) et Tourbières hautes dégradées susceptibles de régénération naturelle (7120). Certains Tremblants, en situation naturelle (primaire), peuvent même être considérés comme dans un état optimal. Les Habitats de Tourbières hautes (7110*) sont pour les deux tiers dans un état favorable, et le tiers restant dans un état altéré.

11. Il faut préciser que si l'Habitat est dans un état favorable, cela n'indique pas que les écosystèmes qui les hébergent sont fonctionnels comme ils ont pu l'être dans le passé, lors de la construction de l'édifice tourbeux. Cela signifie seulement que l'Habitat présente une forte «typicité» et qu'il parait stable au sens écologique du terme (ou favorable à l'émergence d'Habitats souhaités dans le cas spécifique des Tourbières haute dégradées).

12. Ce bon état général est certainement induit par un biais de sélection des sites et de gestion des Habitats. En effet, les sites évalués sont ceux du réseau Natura 2000, réseau de sites choisis sur leur état initial souvent bon et gérés depuis plusieurs décennies pour certains. L'évaluation des sites hors du réseau pourrait peut-être donner une image différente.

3 - Cadre général et méthodologies

Dans son ensemble, ce travail a nécessité la mise en œuvre d'une multitude de méthodologies, sans même compter celle relative au protocole d'évaluation. On peut ainsi citer les méthodes de collecte de données sur le terrain: mesures des épaisseurs de tourbe (dites aussi puissances) à la perche métallique, sondages au carottier russe, réalisation de relevés floristiques, de profils de structure et de suivi, d'analyse des tourbe et en particulier des macrorestes végétaux, etc. On peut également citer les différentes méthodes de traitement et d'analyse de données, par exemple l'exploitation du MNT du RGE Alti© de l'IGN. Nous présenterons succinctement l'ensemble des protocoles associés à la démarche de diagnostic dans une partie ultérieure de ce chapitre.

En dehors de la présentation rapide du contexte général propre au Hautes-Vosges, qui suivra ces lignes, il est important de présenter la démarche spécifique à l'élaboration de notre grille d'évaluation des Habitats à l'échelle du site, en particulier parce que c'est cette démarche qui définie les notions à présenter dans ce chapitre.

La première chose qui nous semble indispensable à présenter est la notion même d'évaluation de l'état de conservation. Une fois ce préliminaire achevé, nous verrons qu'il est important de présenter les généralités sur les écosystèmes tourbeux: définitions concernant les termes utilisés; différentes typologies proposées; et les notions de fonctionnement indispensables. Le processus d'élaboration d'un protocole peut ensuite commencer avec une première étape, celle de la présentation des Habitats à évaluer, au sens réglementaire, et de proposer des correspondances en termes scientifiques (figure 3-0-1). Une fois cette analyse réalisée, il devient possible de délimiter le cadre fonctionnel des écosystèmes en jeu, de présenter leurs modèles de fonctionnement (étape 2). Puisque, comme nous le présenterons par la suite, les textes de la Directive insistent sur les notions de maintien à long terme des fonctions des Habitats et des espèces typiques, l'étape 3 est dédiée à la présentation des compositions, structures et processus clés qui permettent le maintien à long terme des écosystèmes en lien avec les Habitats cibles. La quatrième étape est celle de la définition des critères puis des indicateurs les plus pertinents, toujours sur la base conceptuelle de la trilogie composition, structure processus. La dernière étape sera celle de la définition du protocole d'évaluation de la l'état de conservation.

Figure 3-0-1: les 5 étapes menant à l'élaboration du protocole d'évaluation proposé.

3.1 - Contexte géographique général

Les sites étudiés se situent dans le périmètre du Parc naturel régional des Ballons des Vosges. Ils sont pour la plupart sur la crête, en tête de vallon sous la crête, ou au fond de cirques glaciaires (figure 3-1-1). Le site le moins élevé en altitude est le Rothried, à 840 m.

La géologie est dominée par des granites au sens large. Les formations superficielles sont localement d'origine glaciaire.

Les sites sont environnés de prairies, pâturage, forêt ou plantations.

Nom des sites	Situation	Altitude (m)
Étang du Devin	Cirque	922
Surcenord	Versant	1095
Chaume Thiriet	Versant	1110
Lac Sec	Cirque	1007
Reisberg	Crête	1295
Gazon du Faing	Crête	1280
Forlet	Cirque	1100
Tanet	Crête	1220
Wissmurloch	Versant	1125
Missheimle	Versant+cirque	1125
Cote 1000	Cirque	1003
Trois-Fours	Crête	1231
Sources de la Vologne	Crête	1240
Étang Noir	Cirque	1025
Rothried	Vallée glaciaire	840
Dagobert	Versant	1110
Gaschneyried	Cirque	935
Bramont	Replat de sommet	1060
Pourrifaing	Vallée glaciaire	1080
Sources de la Lauch	Versant	1115
Wintergès	Vallée glaciaire	985
Morfeld	Crête	1185
Neuf-Bois	Replat de sommet	1040
Ronde-Tête	Replat de sommet	1100
Grand Langenberg	Versant	920

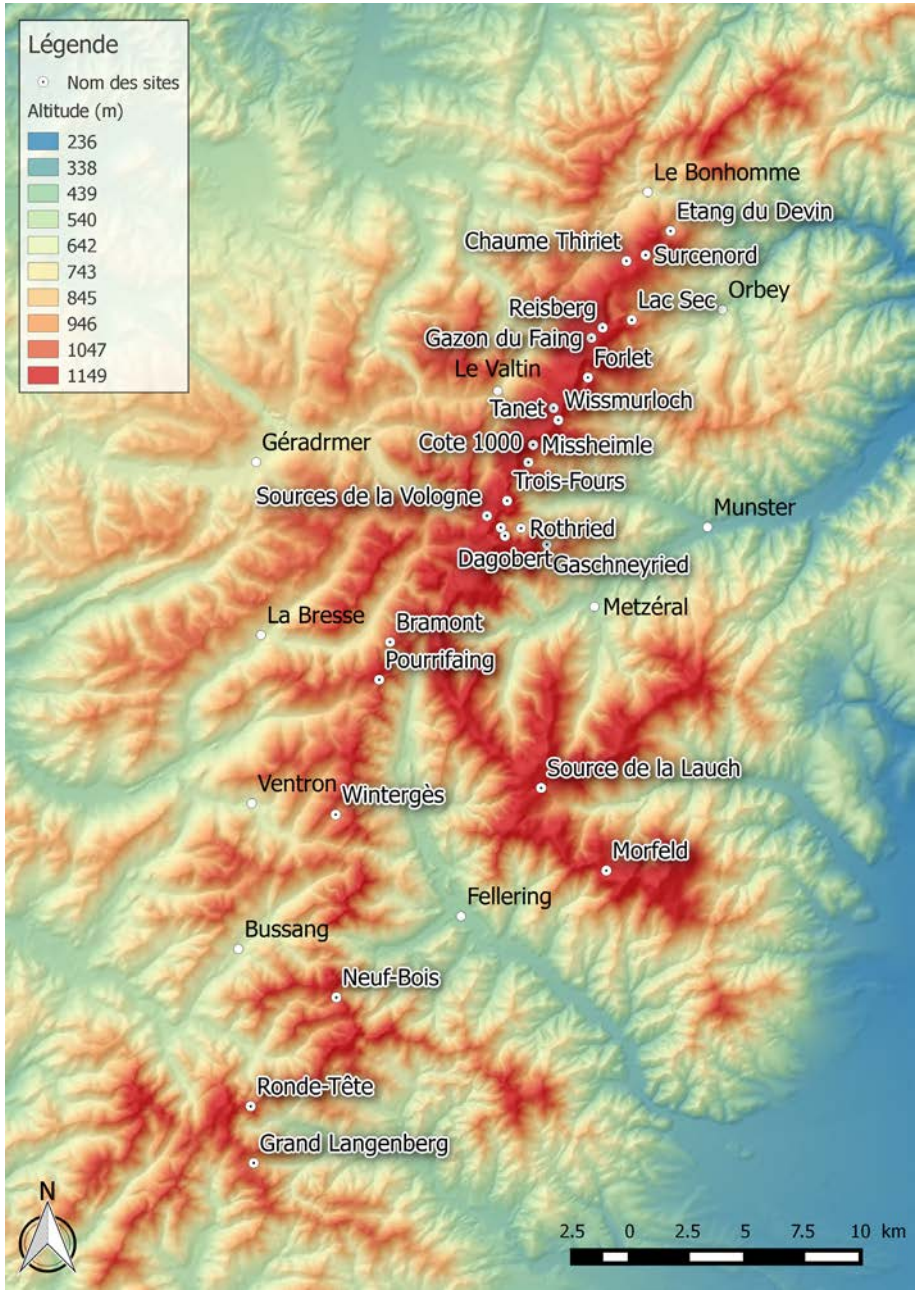


Figure 3-3-1: localisation des sites sur un fond topographique issu de la BD alti© à 75m de l'IGN. En noir, quelques localités pour faciliter le repérage.

3.2 - Problématique de l'évaluation de l'état de conservation des Habitats

L'évaluation de l'état de conservation des Habitats[1] est une démarche de nature réglementaire imposée par la directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992. Les modalités d'application de cette évaluation sont présentées en particulier par le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) sur son site internet (http://inpn.mnhn.fr/programme/evaluation-etat-conservation/presentation). L'évaluation qui nous intéresse est dite à l'échelle du site Natura 2000. D'un point de vue réglementaire elle apparait dans les articles R414-8-5 et R414-11 du Code de l'environnement (extraits significatifs en encart).

Le MNHN a la responsabilité de produire des documents de recommandations pour l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle des sites, mais il n'a pas encore produit de dossier spécifique pour les tourbières. Il est recommandé de consulter l'ouvrage le plus récent et le plus abouti du point de vue conceptuel pour découvrir un exemple de protocole d'évaluation, à savoir : Maciejewski *et al*. (2013).

En première approche, on peut préciser que la notion d'état de conservation n'a pas de fondement scientifique clair, et que celle de «bon état écologique» est considérée par certains écologues des écosystèmes comme purement sociétale. Ainsi Christian Lévêque précise en 2009: «Terme issu des politiques publiques, le « bon état écologique » est trop souvent présenté comme un terme scientifique. Or le concept ne relève pas de la science». Cet aspect, essentiel, n'a, semble-t-il, jamais fait l'objet d'une discussion dans les documents du MNHN, ce qui est fort regrettable puisqu'il conditionne en partie l'approche méthodologique globale.

Nous reprendrons cet aspect plus tard, mais on peut d'ors et déjà indiquer que la notion réglementaire du bon état écologique est précisée dans l'article 1(e) de la directive suivant ces termes: «Conservation status of a natural habitat means the sum of the influences acting on a natural habitat and its typical species that may affect its long-term natural distribution, structure and functions as well as the long-term survival of its typical species within the territory referred to in Article 2. The conservation status of a natural habitat will be taken as 'favourable' when:- its natural range and areas it covers within that range are stable or increasing, and - the specific structure and functions which are necessary for its long-term maintenance exist and are likely to continue to exist for the foreseeable future, and - the conservation status of its typical species is favourable as defined in (i);».

A l'échelle du site, seules les notions de structure et fonctions effectives et pérennes et celle de statut de conservation favorable des espèces typiques seront prises en compte pour ce travail.

Article R414-11 du Code de l'Environnement Modifié par Décret n°2008-457 du 15 mai 2008 - art. 18

Le document d'objectifs comprend:

1° **Un rapport de présentation décrivant l'état de conservation** et les exigences écologiques des habitats naturels et des espèces qui justifient la désignation du site, la localisation cartographique de ces habitats naturels et des habitats de ces espèces, les mesures et actions de protection de toute nature qui, le cas échéant, s'appliquent au site et les activités humaines qui s'y exercent au regard, notamment, de leurs effets sur l'état de conservation de ces habitats et espèces ;

2° ...;

3° Des propositions de mesures de toute nature permettant d'atteindre ces objectifs indiquant les priorités retenues dans leur mise en œuvre en tenant compte, notamment, de l'**état de conservation des habitats** et des espèces au niveau national, des priorités mentionnées au second alinéa de l'article R. 414-1 et de l'état de conservation des habitats et des espèces au niveau du site ;

4° ...;

5° ... ;

6° **Les modalités de suivi des mesures projetées et les méthodes de surveillance des habitats et des espèces en vue de l'évaluation de leur état de conservation**.

Article R414-8-5 du Code de l'Environnement créé par Décret n°2008-457 du 15 mai 2008 - art. 14

I. - ....

II. - Le préfet ou, le cas échéant, le commandant de la région terre **évalue périodiquement l'état de conservation des habitats naturels** et des populations des espèces de faune et de flore sauvages qui justifient la désignation du site. Les résultats de cette évaluation sont communiqués aux membres du comité de pilotage Natura 2000.

Lorsqu'il apparaît que les objectifs qui ont présidé à la désignation du site n'ont pas été atteints ou ne sont pas susceptibles de l'être, le préfet ou, le cas échéant, le commandant de la région terre met en révision le document d'objectifs et saisit le comité de pilotage à cette fin.

Extraits d'articles du Code de l'environnement (source http://www.legifrance.gouv.fr)

[1] la majuscule est utilisée pour signifier l'entité naturelle et surtout réglementaire définie dans le cadre de la directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992. La définition des Habitats qui sera prise en compte est celle indiquée dans les Cahiers d'Habitats (Bensettiti *et al.*, 2001; 2002), elle sera cependant discutée au moment opportun.

3.3 - Les tourbières: définitions, typologies et fonctionnement

3.3.A - Quelques définitions

Comme pour d'autres écosystèmes, définir une tourbière est à la fois simple, quand on s'intéresse aux cas «typiques», et compliqué, quand on aborde les «limites». Il est ainsi possible de proposer quelques propriétés fondamentales des tourbières typiques sous forme de critères généraux, mais caractériser les limites des tourbières est plus difficile, car, ces limites sont floues.

Pour ce qui est du cas typique, on peut dire que les tourbières constituent des écosystèmes variés possédant une propriété commune: un substrat constitué de tourbe, c'est à dire un sol constitué en grande majorité de matière organique morte et d'eau. Cette définition stricte inclut donc toutes zones de tourbe, de la tourbière naturelle à la carrière de tourbe en activité. La question des limites se pose lorsque l'épaisseur de tourbe est faible, par exemple au début de la mise en place d'une tourbière. Plus précisément, la question est de savoir si une communauté végétale ayant capacité à produire de la tourbe est une tourbière même en l'absence d'un sol composé de tourbe. Notre point de vue est de considérer que oui, en accord avec d'autres spécialistes des tourbières (Joosten et Clarke, 2002).

Ainsi, nous proposons comme définition de la tourbière: une tourbière, un écosystème tourbeux ou un milieu tourbeux, est un système écologique possédant une des deux propriétés suivantes:

(1) son sol est constitué de tourbe, critère pédologique qui renvoie à la définition de la tourbe;

(2) la végétation qui l'occupe est une végétation potentiellement turfigène, critère floristique qui renvoie à la notion de turfigenèse.

Du point de vue pédologique, la définition de la tourbe est assez variable. Certaines définitions font référence à un processus génétique, de type: «matériau formé par l'accumulation en conditions hydromorphes anoxiques, de matière organique plus ou moins décomposée» (Gobat *et al.*, 2003). D'autres se réfèrent à des notions descriptives: «sedentarily accumulated material consisting of at least 30% (dry mass) of dead organic material» (Joostens & Clarke, 2002). La dualité de ces définitions, avec les concepts «formé de» et «formé par» renvoie aux notions de composition et structure, d'une part, et de processus, d'autre part, qui seront développés dans les chapitres suivants. La définition basée sur la composition et la structure correspond de manière symétrique à celle basée sur les processus, car c'est un lien fonctionnel qui relie les deux notions. Cette relation symétrique nous amène à considérer que les deux définitions sont «bonnes»; qu'elles peuvent être utilisées de manière alternative suivant la problématique, sachant que l'une implique l'autre.

La notion de végétation potentiellement turfigène est à mettre en relation avec le contenu botanique observé dans les tourbes, contenu permettant de définir ce qui «constitue» la tourbe et par conséquent ce qui «produit» la tourbe. Le contenu botanique des tourbes est déterminé sur la base d'études des macrorestes ou d'analyses biochimiques.

Au final, cette définition de la tourbière basée sur une dualité flore-sol s'intègre dans celle réglementaire de la zone humide de l'article L. 211-1 du code de l'environnement. Elle en accord avec des définitions proposées comme celle de Joosten et Clarke (2002)(encart).

Quelques définitions de Joosten et Clarke (2002)

A wetland is an area that is inundated or saturated by water at a frequency and for a duration sufficient to support a prevalence of vegetation typically adapted for life in saturated soil conditions.

(Une zone humide est un lieu inondé ou saturé d'eau à des fréquences ou des durées suffisantes pour permettre la présence d'une végétation adaptée pour la vie en sol saturé d'eau)

Peat is sedentarily accumulated material consisting of at least 30% (dry mass) of dead organic material.

(La tourbe est un matériau contenant au moins 30% de matière organique morte (en matière sèche))

A peatland is an area with or without vegetation with a naturally accumulated peat layer at the surface.

(Une tourbière est une zone à tourbe de surface, avec ou sans végétation turfigène (productrice de tourbe). *Notion pédologique*

A mire is a peatland where peat is currently being formed.

(La tourbière active est une zone tourbeuse à turfigenèse réelle)

Ce concept mène au problème de l'évaluation de la production de tourbe, il est à éviter.

A suo is a wetland with or without a peat layer dominated by a vegetation that may produce peat.

(Un suo est une zone humide avec ou sans tourbe dominée par une végétation potentiellement turfigène)

Concept intéressant, mais en général ignoré, de la zone à végétation turfigène, mais pas forcément à turfigenèse réelle et pas nécessairement tourbeuse non plus.

3.3.B - Typologie des tourbières

3.3.B.a. Analyse de l'existant et problématique

L'élaboration d'une typologie des tourbières reste à faire, car celles proposées à l'heure actuelle ne représentent pas avec une précision suffisante la réalité de l'organisation interne des complexes et leur modalité de fonctionnement. La difficulté réside d'une part dans le fait que les tourbières constituent des entités fonctionnelles à forte hétérogénéité (des complexes) et, d'autre part, que les états constatés aujourd'hui s'inscrivent dans une série paléoécologique masquée. Il existe en effet des processus de convergence qui homogénéisent une diversité passée et aussi potentielle, lorsqu'on considère le futur des complexes.

Comme pour la définition de la tourbe, il a été proposé pour les complexes tourbeux des typologies sur la base de critères structuraux (par exemple les «valley side mire» des britanniques) et d'autres sur la base de critères génétiques, liés à des processus (tourbières topogènes, limnogènes, ombrogènes).

La nature hiérarchisée des complexes et l'incertitude de l'origine de certains des éléments d'un complexe rendent difficile l'utilisation de la typologie génétique. On peut ainsi dire que tout haut-marais est par définition ombrogène, qu'il se trouve dans un contexte de lac, de fleuve, de fond de vallon, etc. De même, de nombreuses unités de complexes d'environnements lacustres ne sont pas dépendantes du lac pour leur fonctionnement ou leur origine, elles se tiennent juste à côté, dépendante par exemple d'une décharge de nappe dans un fond de vallon proche du lac. Au sein du même complexe se tiennent souvent des éléments ombrogènes, limnogènes, topogènes, etc.

Une typologie correcte et pratique à l'échelle du complexe ne peut être réalisée sans s'appuyer sur des notions descriptives de type composition et structure interne (haut-marais et bas-marais périphérique associé, tremblant acide, etc.) et situation géomorphologique (fond de vallon, flancs de lac, surface de lac, versants, bas de versants, surface de cône de déjection, etc.). Ce genre d'approche apparait comme compliqué, mais il rend compte de la réalité, et non d'une simplification induisant des notions fausses pouvant avoir des conséquences importantes en termes de conservation.

L'élaboration d'une typologie des tourbières est rendue difficile en particulier à cause de la nature hiérarchisée des tourbières, autrement dit à cause de leur structure emboîtée.

Une tourbière, à l'échelle d'un complexe, est constituée de plusieurs entités de taille variable, elles-même éventuellement constituées de sous-unités, et ainsi de suite (figure 3-3-1). Certaines de ces unités sont clairement identifiées dans diverses typologies (phytosociologie, Corine, Natura 2000, etc.), d'autres non.

Cette structure complexe rend difficile l'application de la notion d'écosystème car il n'est pas simple de définir l'échelle d'application du concept tel qu'il est souvent compris. Pour faire un parallèle, on peut s'interroger sur l'application du concept et des typologies dans le cas d'un fleuve. Le fleuve constitue une entité fonctionnelle, comme certains tronçons le sont, comme les différents «écosystèmes» qui composent un tronçon le sont (forêt de bois tendres, de bois durs, bras-mort, etc.), tout comme une mouille ou un seuil du lit peuvent l'être, etc. Cette complexité structurale et fonctionnelle amène de nombreux chercheurs à utiliser la notion d'unité fonctionnelle plutôt que celle d'écosystème, sachant, en plus, que l'unité fonctionnelle est à la fois un système écologique et une unité de paysage, et constitue donc un objet pour l'écologie des écosystèmes et l'écologie du paysage.

Pourquoi cette nature hiérarchisée doit-elle impérativement être prise en compte dans les notions de typologie des tourbières? Parce qu'elle est la clé pour ouvrir des ponts entre les différentes classifications proposées, et parce qu'elle est aussi la clé pour élaborer une typologie pertinente pour décrire, étudier et conserver les tourbières.

Figure 3-3-1: structure clairement auto-organisée et hiérarchisée d'une tourbière finlandaise. Le personnage central donne l'échelle.

La notion de systèmes emboîtés n'est en rien une idée neuve, elle est une démarche initiée par des chercheurs soviétiques «confrontés» aux tourbières (en l'occurrence pour des problématiques militaires) dans les années 1930, développée plus tard dans les autres pays de tourbières, scandinaves ou britanniques, dont on trouvera un exemple en figure 3-3-2.

L'importance des échelles peut être illustrée par l'exemple de la tourbière haute (=haut-marais): est-elle un écosystème, une unité fonctionnelle d'un système plus complexe, un syntaxon phytosociologique, une entité Corine, un Habitat de la directive, etc? Elle est bien-sûr tout cela, mais ses limites sont très variables suivant les thématiques, et il est en fait impossible de rendre compte de la diversité de ces «formes» sans prendre en compte les notions d'échelles. Ainsi, si on s'intéresse à la notion scientifique de haut-marais, les bogs de la littérature internationale, on désigne une unité fonctionnelle de type milieu, paysage ou écosystème, de taille «moyenne», de plusieurs centaines de mètres à plusieurs milliers de mètres dans les pays du nord. On y distingue plusieurs types comme les blanket bogs (tourbières de couverture) ou les raised bogs (haut-marais bombé). D'un point de vue phytosociologique, les choses ne sont pas simples car en réalité, à cette échelle de «l'écosystème», les végétations constitutives d'un haut-marais bombé par exemple sont variés, suivant un ensemble de paramètres. Autrement dit, le haut-marais en tant qu'écosystème est occupé par des éléments des classes «Oxycocco-Sphagnetea», des «Scheuchzerio-Caricetea», etc. Il n'y a pas d'unité phytosociologique qui rende compte de la tourbière haute, parce que celle-ci est souvent formée d'une mosaïque d'unités appartenant à diverses syntaxons. Pour ce qui est de la typologie Corine, la tourbière haute est reconnue comme une entité résultant d'un emboîtement de sous-unités (illustrée par des codes eux-aussi emboîtés). Cette perception du système permet la meilleure description des tourbières hautes, mais elle ne prend pas en compte que certaines sous-unités proposées se rencontrent dans des contextes qui ne sont pas des tourbières hautes. Par exemple, des buttes à *Sphagnum capillifolium* (code corine 51.1117) se rencontrent isolées dans des contextes de bas-marais acides codés 54.xx, dans des landes, des prairies tourbeuses, des pelouses alpines, etc. On pourrait éventuellement considérer qu'une butte à *S. capillifolium* est une tourbière haute, mais si on considère des notions de fonctionnement, de processus, il devient clair que la butte n'est pas une tourbière haute en tant qu'écosystème. Par contre, elle est considérée comme intégrable à l'Habitat 7110* (Tourbière haute) de la directive sous une forme dite «fragmentaire». Même si cette notion de fragmentation n'a aucun sens du point de vue fonctionnel (ce qui ne signifie pas qu'elle ne doit pas être prise en compte dans toute démarche conservatoire). On peut noter au passage que la correspondance phytosiologique de la butte à *S. capillifolium* n'est pas simple à établir, sauf en phytosociologie synusiale qui propose un

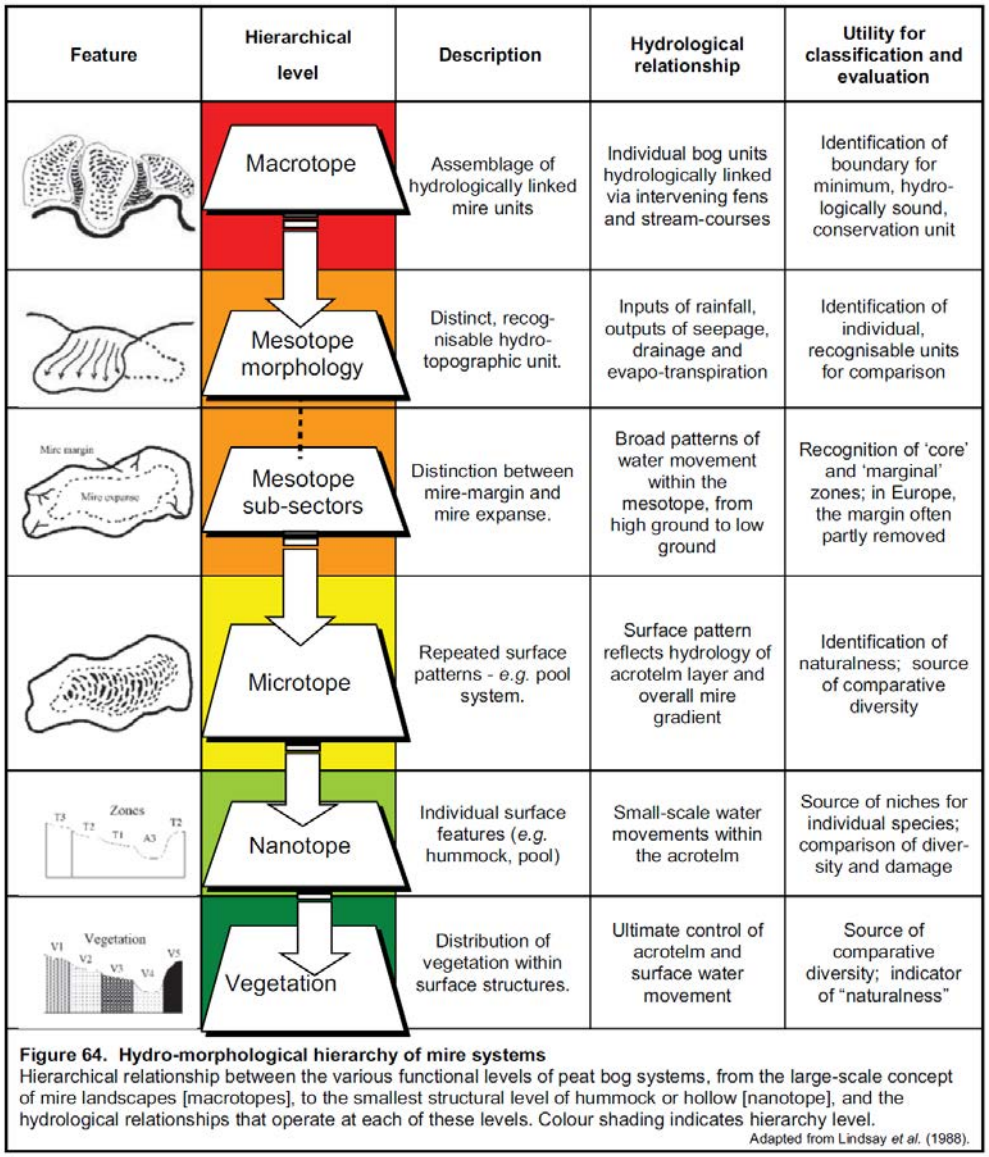


Figure 64. Hydro-morphological hierarchy of mire systems
Hierarchical relationship between the various functional levels of peat bog systems, from the large-scale concept of mire landscapes [macrotopes], to the smallest structural level of hummock or hollow [nanotope], and the hydrological relationships that operate at each of these levels. Colour shading indicates hierarchy level.
Adapted from Lindsay *et al.* (1988).

Figure 3-3-2: un exemple de hiérarchisation systémique, l'approche britannique de Lindsay (2010) Explications et traduction dans le texte.

Ptilidio ciliaris - Sphagnetum capillifolii (Koch 1928) Julve (1993) 2004.

La réalité de terrain est celle d'une diversité de tourbières hautes du point de vue écosystémique avec des hauts-marais de couverture, des hauts-marais bombés, des hauts-marais de versants

lacustres, des hauts-marais de perturbation, des hauts-marais de décollement, etc. Les sous-unités fonctionnelles qui participent au fonctionnement de ces hauts-marais sont nombreuses, la typologie Corine en répertorie une certaine quantité, d'autres seraient à ajouter. On peut en plus préciser que des unités Corine répertoriées dans d'autres types de tourbières se rencontrent également dans des hauts-marais.

Si les composants participant aux tourbières sont nombreux, on peut préciser que leurs logiques d'arrangements spatiaux sont elles aussi diversifiées. A cette diversité, s'ajoute celle des modifications totales, ou partielles, d'origine anthropique, qui augmentent encore les modalités de variations de composition et de structure dans les tourbières hautes.

Cette diversité peut aisément être observée sur de petits territoires riches en tourbière comme les Hautes-Vosges, mais elle reste peu prise en considération par de nombreux acteurs scientifiques ou gestionnaires, probablement parce qu'elle est difficile à décrire et qu'il n'existe pas encore de synthèse sur les progrès récents des connaissances sur les tourbières. De plus, si l'importance de la structure spatiale des systèmes

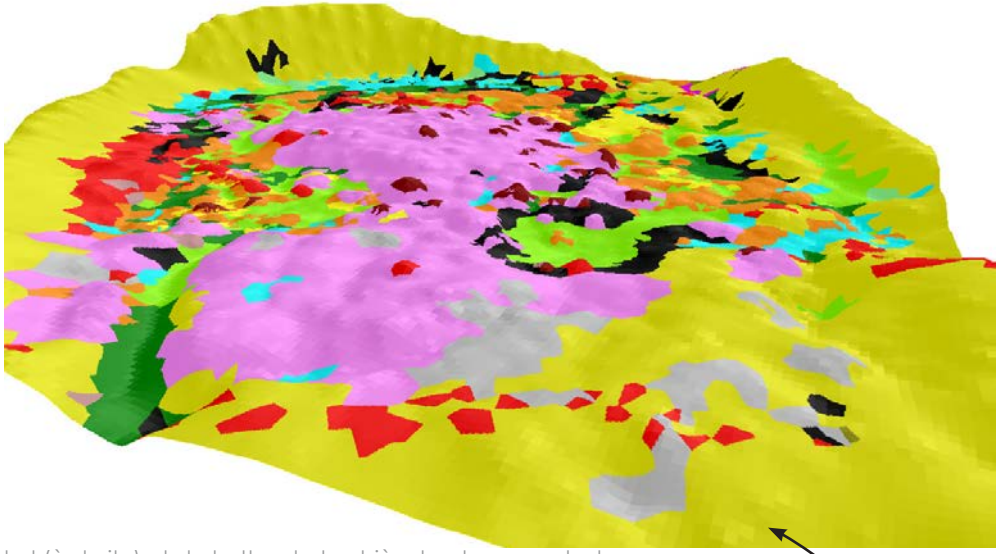
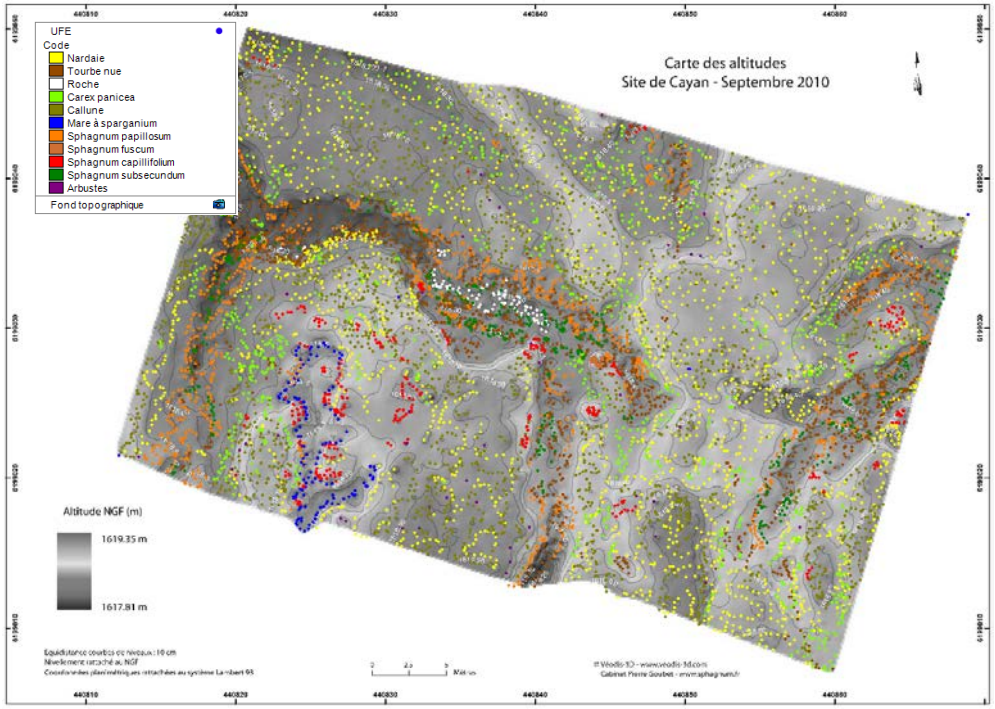
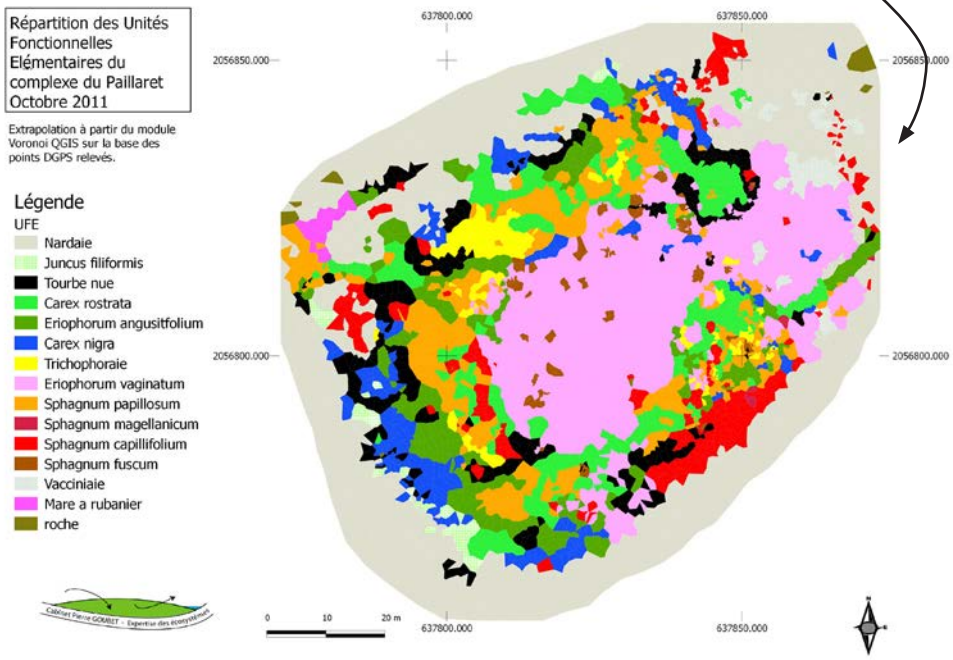


Figure 3-3-3: composition (sous forme de légende) et structure d'un petit haut-marais du Massif central (à droite) et de buttes de tourbière haute en contexte minérotrophe des Pyrénées (en bas à gauche). La vue 3D en haut à droite permet d'apprécier la relation entre unités fonctionnelles et micro-relief.





écologiques est reconnues des écologues et qu'elle peut aujourd'hui être décrite grâce à l'avènement d'outils de plus en plus performants, elle reste peu prise en compte en termes de conservation.

La figure 3-3-3 illustre la complexité structurale des tourbières hautes de l'Habitat 7110* avec la description au GPS de précision centimétrique d'un petit haut-marais typique du Massif central (Paillaret) et d'une zone de buttes ombrotrophes en contexte minérotrophique des Pyrénées correspondant à l'habitat 7110* sous forme fragmentaire (Goubet, 2010, Goubet, 2012). On constate nettement la grande diversité d'unités composant les deux sites, diversité induite par des perturbations de type piétinement. Ce nombre d'unités n'évoluerait pas beaucoup en multipliant fortement les surfaces. On constate également la corrélation nette entre le microrelief et les unités fonctionnelles (dites élémentaires dans les deux cas illustrés).

La pratique comme les analyses détaillées montrent qu'aucune typologie proposée jusqu'à aujourd'hui ne rend compte de la diversité des tourbières et de leur complexité structurale. La réalité est qu'un complexe tourbeux intègre de nombreuses composantes qu'il est difficile de prendre en compte dans une classification qui se doit de rester simple.

3.3.B.b. Paramètres écologiques à l'origine de la diversité des systèmes tourbeux

Si une classification pertinente et pratique des tourbières reste à élaborer, les paramètres écologiques qui régissent la plupart des systèmes tourbeux «élémentaires» sont assez bien connus (par systèmes tourbeux «élémentaires» nous entendons les unités fonctionnelles de base, à structure simple, celles qui s'organisent en systèmes d'ordres supérieurs de structure plus complexe).

Les trois paramètres les plus importants sont la disponibilité en eau, celle en bases et celle en azote et phosphore. Ils peuvent se résumer sous la forme des gradients hydrique, minéral et trophique.

Parce que l'eau est le vecteur principal des nutriments, d'une part, et que les plantes ont capacité à modifier l'engorgement du sol, par exemple en formant des buttes, d'autre part, l'interdépendance entre gradient hydrique, gradient minéral et gradient trophique est forte et souvent difficile à mettre en évidence ou à expliquer. Les effets conjoints de l'engorgement et du gradient trophique sont relativement bien compris dans le cas des systèmes oligotrophes. Par exemple, il existe une relation logique entre la réalisation de buttes et la pauvreté trophique et minérale, la butte apparaissant comme la zone la moins riche en nutriments et en eau.

Les unités fonctionnelles de base des tourbières hautes s'organisent donc suivant la microtopographie, d'une part, et la richesse trophique et minérale, d'autre part.

Les unités au sol le moins humide sont aussi parmi les plus pauvres en nutriments (oligotrophes). Les buttes hautes sont générées ou occupées par des unités aérohygrophiles de types buttes à sphaignes (*Sphagnum capillifolium*, *S. fuscum*) et éricoïdes (*Calluna vulgaris* surtout) ou buttes à bryophytes diverses (*Pleurozium schreberi*, *Hypnum jutlandicum*, *Hylocomium splendens*, *Polytrichum strictum*) et éricoïdes.

A l'humidité moyenne correspond les replats de types replats à *Sphagnum magellanicum*, à *S. rubellum*, à mélange de ces deux sphaignes, à *S. papillosum*, à rhynchospore, à tourbe nue, à trichophore, etc.

Encore plus bas et plus humide, on trouve des dépressions peu profondes à *Sphagnum cuspidatum*, d'autres à *Sphagnum inundatum*, ou encore à tourbe nue.

Parfois, certaines mares profondes sont occupées par des tremblants à *Scheuchzeria palustris*, d'autres à *Carex limosa*, etc.

Ces unités peuvent être classées en fonction de leur richesse trophique et minérale et servir d'indicateur de stock et de flux de nutriments, sachant aussi que pour un même niveau de stock et de flux, différentes unités sont présentes suivant les perturbations présentes et passées.

D'autres aspects de la relation entre le gradient hydrique et les deux autres restent difficile à évaluer. Il est ainsi probable que dans certains cas, ce qui peut apparaître comme un effet de l'engorgement soit en réalité un effet trophique et minéral mal compris, induit par une boucle de rétroaction de certains ingénieurs de l'écosystème, à la fois sensibles aux nutriments et ayant capacité à influer sur la nappe. Autrement dit, une modification de l'engorgement peut être induite par un effet ingénieur de certaines plantes qui profitent d'une variation du flux de nutriments. Dans ce cas, la variation des modalités d'engorgement n'est pas une cause mais une conséquence. L'exemple le plus connu est celui de la molinie. Cette espèce est dite spécialisée dans les secteurs de nappe battante. S'il existe une véritable corrélation entre la présence de l'espèce et les variations de niveaux d'eau importantes, les suivis piézométriques fins prouvent sans ambiguïté que c'est la molinie qui impose les battements, elle en est la cause et non une consé-

quence. La présence de la molinie est certainement en lien avec sa capacité à croître sur des sols engorgés et pauvres en phosphore. On peut résumer cela en parlant de «contrôle biologique de l'hydrologie induit par le stock et le flux nutritionnel».

Ces notions de cause à effet bien comprises sont fondamentales en termes de conservation, puisque dans le cas particulier cité, une action de rehausse de nappe ne permettra pas de retourner au système initial, sauf si la problématique de stock et flux de nutriments est prise en compte. On peut prendre le problème sous un autre angle en proposant de gérer les molinies en modifiant le stock de nutriments, ce qui devrait avoir pour conséquence une rehausse de la nappe.

3.3.B.c. La notion d'états alternatifs et ses implications en termes d'évaluation de l'état de conservation

Dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation des Habitats 7110*, 7120 et 7130, il est impossible de ne pas tenir compte d'une propriété majeure des systèmes écologiques correspondants: la nature d'états alternatifs des hauts-marais (Beisner *et al.*, 2003; Scheffer et Carpenter, 2003), à l'instar de lacs (Scheffer et van Nes, 2007) ou de landes (Alday et Marrs, 2014).

Cette propriété implique que les passages entre une tourbière haute et un autre système écologique sont rapides, comme il n'y a pas de série de transition, ou même d'état de transition. Telle qu'elle est définie dans les Cahiers d'Habitats, la tourbière haute est ou elle n'est pas, elle ne peut être «dégradée» à son échelle. Par contre, la mosaïque qui occupe des écosystèmes de type haut-marais peut être plus ou moins recouverte de communautés de tourbière haute.

En termes de conservation, le passage d'un bon état de l'Habitat à la disparition de l'Habitat est rapide. Il sera donc difficile, voir impossible, de travailler à l'échelle de l'Habitat même, au niveau de sa composition et de sa structure propre. L'évaluation devra se faire sur la base de l'analyse du système dans lequel s'intègre l'Habitat. En d'autres termes, cela implique qu'une démarche floristique basée sur des relevés ne répondra que dans certains cas à la problématique d'évaluation. Les tourbières hautes sont un exemple typique de systèmes écologiques répondant à une logique d'états alternatifs et ne pourront donc pas être évaluées comme d'autres systèmes.

8 *P. Saccone* et al.

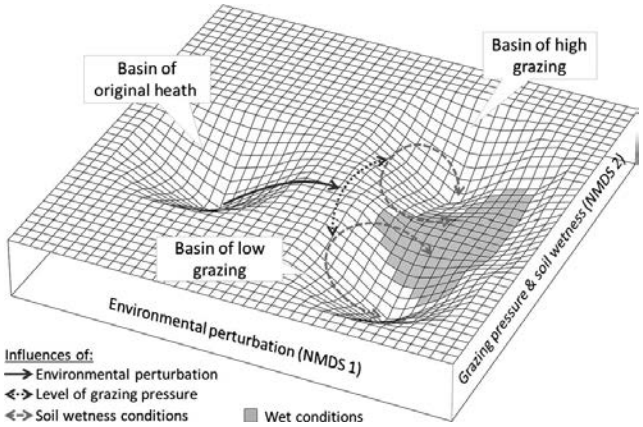


Fig. 4. Conceptual diagram based on the Non-Metric Dimensional Scaling ordinations on species and plant functional type (PFT) matrixes (Fig. 1) and convert in the way of the traditional topographic analogy of alternative stable states. We suggest that (i) environmental perturbation triggers the community to shift away from its original alternative stable state (solid dark grey arrow), then (ii) the level of grazing pressure determines the alternative basin of attraction (dotted dark grey arrows) and (iii) the soil wetness level locates the community within the basin (dotted light grey arrows).

Figure 3-3-4: représentation schématique du fonctionnement des landes et pelouses de la toundra sous forme d'états alternatifs. La proximité fonctionnelle de la toundra et des tourbières hautes permet une comparaison aisée. Les éricacées régressent sous l'effet du pâturage pour permettre l'installation rapide et pérenne de communautés de pelouses diversifiées, riches en bryophytes, passant rapidement de l'une à l'autre suivant l'intensité du pâturage et l'engorgement du sol. Pour les tourbières hautes, l'engorgement du sol étant en grande partie contrôlée par les communautés, ce paramètre n'est pas important. (Saccone *et al.*, 2014).

3.4 - Systèmes écologiques et Habitats

Ce chapitre a pour but de proposer des correspondances, ou des ponts, entre des entités réglementaires (les Habitats) et des entités écologiques. Cela est nécessaire dans le cadre de la définition d'un protocole d'évaluation de l'état de conservation prenant en compte les notions de fonctionnement des écosystèmes.

Le terme d'Habitat (avec majuscule) désigne dans ce rapport une entité réglementaire relative à Natura 2000, décrite dans les Cahiers d'Habitats, qui devrait trouver une correspondance parmi les unités fonctionnelles des tourbières (unités écologiques). Du fait des progrès de la recherche et l'évolution des concepts, l'Habitat ne correspond plus toujours à une unité fonctionnelle simple à délimiter du point de vue scientifique, si jamais cela ait été le cas lors de la délimitation des entités réglementaires.

Pour établir des correspondances entre l'Habitat et les unités écologiques (unités fonctionnelles), il est nécessaire de prendre en compte la description officielle de l'unité réglementaire, au cas par cas, et de la comparer aux notions d'écologie des écosystèmes tourbeux.

3.4.A - 7110* : Tourbières hautes actives

La description de l'Habitat dans les cahiers d'Habitats se réalise en deux temps, d'abord dans la fiche de description générale ou générique (p. 329), reproduit en encart, puis dans la fiche de l'Habitat dit «élémentaire» (p. 332).

Le premier point important à prendre en compte est la dualité de l'Habitat, avec une forme typique et une forme dite fragmentaire. La forme typique est considérée correspondre à l'écosystème tourbière haute des écologues alors que la forme fragmentaire correspond à des buttes à sphaignes isolées dans des contextes minérotrophes. Nous traiterons plus tard des formes fragmentaires.

Pour la forme typique, il existe une sorte d'inconsistance entre la description de l'Habitat générique et la description de l'Habitat élémentaire, probablement induite par la problématique des échelles fonctionnelles. Ainsi, la description de l'Habitat générique précise que c'est la mosaïque qui doit être considérée, alors que la description de l'Habitat élémentaire s'attache à décrire les communautés de hauts-marais de type Erico-Sphagnetea. Si on se réfère à la correspondance Corine des Habitats de la directive, l'inconsistance reste présente avec une diversité de communautés végétales (ou d'unités fonctionnelles élémentaires) incluse sous le terme de tourbières hautes (code 51) mais où les sphaignes sont nommément désignées comme éléments édificateurs de la tourbe (page 9).

A ce sujet, nous rappellerons que les donnée paléoécologiques indiquent, pour les tourbières de France au moins, une édification des tourbes de haut-marais réalisée en grande majorité par quelques taxons: *Sphagnum magellanicum*, *S. rubellum*, *S. capillifolium*, *S. fuscum*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinum oxycoccos* et *Eriophorum vaginatum*. Parmi ces plantes, les sphaignes et la linaigrette sont les seules à pouvoir prétendre au rôle d'ingénieurs de l'écosystème.

Description de l'Habitat 7110* (Tourbières hautes actives)

«Tourbières acides, ombrotrophiques, pauvres en éléments minéraux nutritifs, essentiellement alimentées par les eaux de pluie, dans lesquelles le niveau d'eau est plus élevé que la nappe phréatique environnante, avec une végétation de plantes vivaces dominée par les buttes à sphaignes colorées, permettant la croissance de la tourbière (Erico-Sphagnetalia magellanici, Scheuchzerietalia palustris p., Utricularietalia intermedio-minoris p., Caricetalia fuscae p.). Le terme active doit être interprété comme supportant une superficie de végétation significative formant de la tourbe. Les tourbières où la formation active de la tourbe est temporairement interrompue, comme après un feu ou pendant un cycle climatique naturel (par exemple une période de sécheresse), sont incluses.» *p. 329*

«Cet habitat complexe regroupe une grande diversité de formations végétales, toutes liées aux tourbières acidiphiles, que l'on peut rencontrer dans deux situations bien distinctes. D'une part, dans leurs formes les plus caractéristiques, ces formations se trouvent au sein des hauts-marais - tourbières ombrotrophes (alimentées par les seules eaux météoriques), toujours oligotrophes et très acides - où elles s'associent en une mosaïque complexe d'habitats pour constituer le fond de la végétation assurant la croissance globale de la tourbière. Ces formes, que l'on peut qualifier de typiques, occupent généralement de grandes superficies, de l'ordre de plusieurs hectares, mais leurs formes maintenues dans un bon état de conservation sont assez rares sous nos latitudes. D'autre part, il est possible d'opposer à ces formes caractéristiques, des formes que nous qualifierons de fragmentaires où l'habitat de tourbière haute active se limite à quelques petites taches au sein de systèmes tourbeux non obligatoirement ombrotrophes. Il peut s'agir de bas-marais acidiphiles, de tourbières de transition, voire de bas-marais neutro-alcalins dans lesquels s'individualisent, ici ou là et selon des processus dynamiques complexes, des buttes - dites d'ombrotrophisation - constituées de Sphaignes et tendant à s'affranchir de l'alimentation minérotrophique du site. Ces formes peuvent n'occuper que quelques mètres carrés au sein du système tourbeux.» *p. 330*

Extrait des Cahiers d'Habitats

On peut résumer la notion de Tourbière haute active sous forme typique des Cahiers d'Habitats comme correspondant à une entité d'ordre supérieur (un macrotope dans le système britannique), composé en partie «significative» par des sous-unités turfigènes (microformes) à sphaignes rouges, floristiquement attribuables à l'Eri-

co-Sphagnetea de la typologie phytosociologique. L'Habitat 7110* est donc éventuellement une mosaïque, dans le cas où les communautés à sphaignes rouges ou marron ne couvrent pas toute la surface, cas fréquent en France.

A ce stade, on peut signaler un problème majeur de définition de l'Habitat avec le télescopage d'une notion floristique restrictive (le type phytosociologique)(niveau 1), d'une mosaïque (niveau 2), et d'un «écosystème» (niveau 3)(figure 3-4-1). D'un point de vue fonctionnel, la définition de l'Habitat typique correspond donc (niveau 1) à une série d'unités fonctionnelles élémentaires de composition centrée sur les sphaignes rouges et marron (*Sphagnum magellanicum*, *S. rubellum*, *S. capillifolium* et *S. fuscum*). On peut préciser qu'à ce niveau, la distinction entre Habitat typique et fragmentaire n'a pas lieu d'être. La définition de l'Habitat correspond aussi (niveau 2) à une unité d'ordre supérieure de composition intégrant des éléments fonctionnels élémentaires de niveau 1 et d'unités fonctionnelles de nature variée. Cette mosaïque n'est pas forcément un écosystème, pris dans son sens habituel. On peut prendre l'exemple d'un haut-marais ayant constitué un édifice de tourbe pendant une durée de plusieurs milliers d'années, suivant des modalités de fonctionnement auto-régulé, générant une forme répondant à des règles hydrologiques précises. Ce haut-marais est considéré en général comme un écosystème propre assez bien délimité sur ses marges par ce qu'on appelle un lagg, une «garniture de bordure» dans la traduction du code Corine, ou un bas-marais périphérique pour être plus précis. Dans le système britannique, ce niveau d'organisation est nommé mésotope (notre niveau 3). Ce type de système correspond à l'écosystème «tourbière haute» (bog). Il a été fréquent en France, mais la totalité ou presque de ses représentants a été pâturée, exploitée pour la tourbe, drainée, ce qui mène à des structures topographiques comme celles décrites de Pologne (figure 3-4-2). Le haut-marais en tant qu'unité fonctionnelle originelle n'existe probablement plus. Or, dans la pratique, beaucoup considère qu'une mosaïque de niveau 2 correspond à l'écosystème de niveau 3. Cela pose un certain nombre de problèmes en terme de typologie et de conservation: que doit-on restaurer? Une mosaïque de niveau 2 ou une entité fonctionnelle de niveau 3? Si l'entité de niveau 3 est reconnue stable sur plusieurs millénaires par un ensemble de processus d'auto-régulation, qu'en est-il de la mosaïque de niveau 2? Puisque la mosaïque de niveau 2 est la plupart du temps d'origine anthropique, récente, est-elle stable? Parmi les mosaïques de niveau 2, existe-t-il des différences de potentiel de durée? Sur quels critères juger de la stabilité d'une mosaïque?

Ces questions sont fondamentales pour ce qui concerne l'aspect conceptuel du fonctionnement des tourbières, elles le sont aussi pour les aspects conservatoires comme celui de l'évaluation de l'état de conservation. Malheureusement, bien que, comme nous l'avons évoqué, ces notions d'échelles soient connues depuis longtemps, la

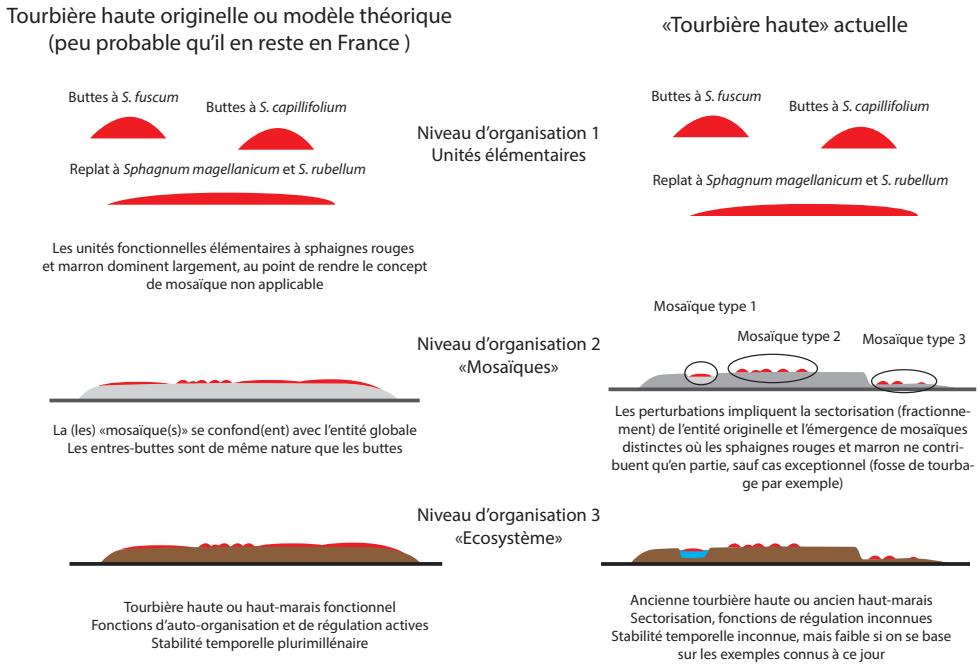


Figure 3-4-1: les trois niveaux d'organisation qui sont décrit sous le terme de tourbière haute, de haut-marais, ou de «bog» en anglais. Suivant les définitions et les acteurs, le terme s'applique à un niveau différent.

recherche récente n'a pas encore véritablement intégrée ces notions comme une problématique majeure à prendre en compte. Souvent, le système de référence est celui, idéalisé, de l'écosystème fonctionnel de niveau 3, et non celui de la mosaïque de niveau 2. De nombreuses recherches actuelles concernent aussi les unités fonctionnelles élémentaires de niveau 1, reconnues depuis les années 1990 comme systèmes de référence.

Pour ce qui concerne l'évaluation de l'état de conservation, la démarche la mieux appropriée est de prendre en considération l'ensemble des niveaux du point de vue fonctionnel, mais en considérant le niveau 1 comme une référence en termes d'Habitat au sens réglementaire.

Pourquoi choisir le niveau 1 comme référence? Un premier argument est d'ordre fonctionnel. Les replats et buttes à sphaignes rouges et marron sont les «moteurs» de l'écosystème tourbière haute (les ingénieurs). Les données paléoécologiques le montrent sans équivoque, au moins pour le régime de croissance du système et pour la France. Ceci peut-être différent pour les phases de démarrage, où des éléments comme la linaigrette engainante jouent un rôle déterminant. Les données paléoécologiques montrent aus-

si que les autres unités élémentaires composant les mosaïques d'aujourd'hui sont soit absentes dans le passé, soit imperceptibles dans les sédiments. Un autre argument découle du choix des unités choisies comme Habitats dans la directive et des erreurs induites par une faible connaissance, à l'époque, du fonctionnement des tourbières hautes. Par exemple, il n'existe pas de rhynchosporion «pionnier», précédent nécessaire ou même optionnel de buttes à sphaignes, mais seulement des communautés à rhynchospore sur tourbe nue érodée, d'origine secondaire, sans lien avec les buttes à sphaignes, si ce n'est que ces dernières ont une chance de coloniser à terme le secteur érodé, comme elles le ferait d'un rocher ou d'un tas de branche. De même, les notions de stades «terminaux», de «sénescence» ou «d'évolution vers un stade boisé» n'ont plus cours aujourd'hui, la tourbière haute étant un système auto-régulé stable n'évoluant pas vers le boisement, mais se boisant à la suite de désordres fonctionnels anthropiques. De ce fait, l'Habitat 7110* ne peut héberger des unités à rhynchospore qui doivent être rattachées à l'Habitat 7150 (ce qui a l'avantage de simplifier les attributions), ni des éléments boisés qui doivent être rattachés au 91DO*. Un autre élément à prendre en compte est l'analogie de la forme typique et de la forme fragmentaire. L'Habitat 7110* devient celui des buttes et replats à sphaignes rouges et marron, qu'il soit en buttes ou en replats, en secteur minérotrophe ou ombrotrophe, dans un état récent ou ancien. Si on se réfère aux Cahiers d'Habitats, cette approche restrictive aux buttes et replats à sphaignes rouges et marron est de toute façon celle à la base de la définition de l'Habitat: «Végétation composée, dans ses formes les plus typiques, d'une alternance de buttes constituées principalement de Sphaignes (Cor. 51.11) et éventuellement d'éricacées...»; «Alors que la présence de ces buttes est fondamentale en ce qu'elles constituent l'élément typique de cet habitat de haut-marais, les autres communautés que cet habitat englobe (végétation des dépressions humides, des chenaux, du lagg, des pré-bois tourbeux) peuvent leur être associées (formes typiques), ou non (formes fragmentaires).»(p. 333). De plus, si on s'attache à analyser la liste d'espèces caractéristiques des dépressions (p. 333), on arrive à la conclusion que la quasi totalité d'entre elles correspond à des taxons absents des tourbières hautes, en dehors de secteurs de démarrage ou de phase érosive.

Une difficulté majeure dans la prise en compte des différents niveaux usuels de «tourbières hautes» est la déconnexion spatiale entre, d'une part, les communautés formant la tourbe à sphaignes et, d'autre part, les tourbes à sphaignes. Ainsi, il existe de nombreux endroits où les communautés sont présentes, sans que la tourbe à sphaignes ait été produite, et inversement, des édifices de tourbe à sphaignes ne sont plus couverts aujourd'hui par les communautés qui les ont produit. Il existe donc trois cas différents du point de vue fonctionnel, avec des conséquences en termes d'évaluation de l'état de

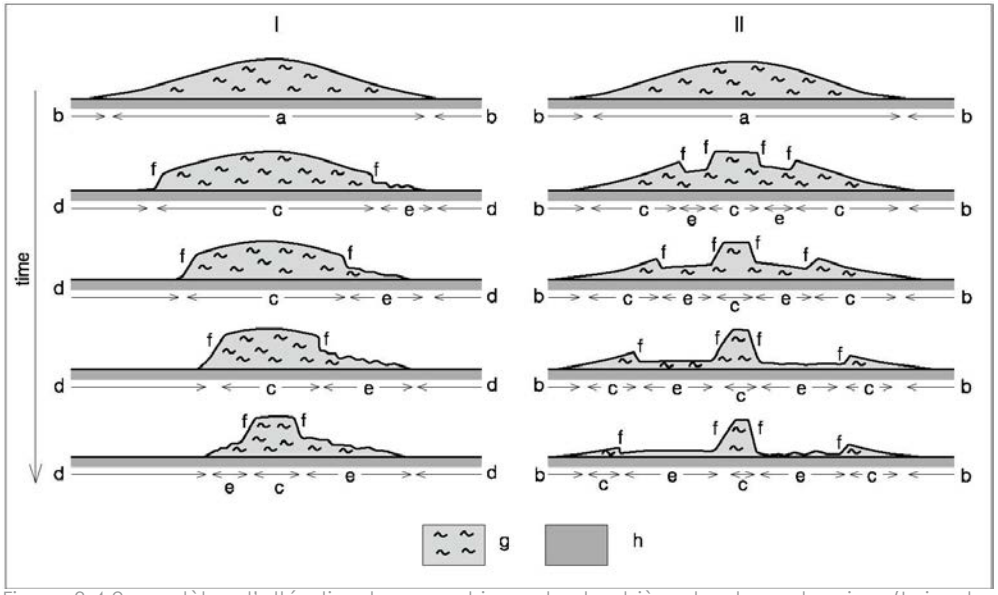


Figure 3-4-2: modèles d'altération topographique des tourbières hautes polonaises (Łajczak , 2013). g= tourbe; h= substrat rocheux.

conservation: communautés de tourbière haute sans «tourbière haute ancienne», édifice de tourbe à sphaignes de haut-marais aujourd'hui occupé par d'autres communautés, comme dans des cas de l'Habitat 7120, et concordance entre communautés et édifice tourbeux. Ce dernier cas devrait faire l'objet d'une préférence en terme de bon d'état de conservation, en particulier lorsque l'impact anthropique sur le sol est peu marqué.

Prenant ces faits incontestables en compte, il devient indispensable de parler de «communautés de tourbières hautes» et non plus de «tourbières hautes» pour décrire l'Habitat 7110*, et plus généralement de ce qui ressort de la floristique seule (niveaux 1 et 2). Le terme de «tourbière haute» devrait être réservé à l'unité fonctionnelle majeure (au niveau 3). Il devient ainsi possible de travailler sur une première approche descriptive restrictive axée sur la floristique, pour entreprendre dans un second temps une approche fonctionnelle. D'un point de vue conceptuel, le terme de «tourbière haute dégradée» ne peut s'appliquer strictement qu'à des communautés établies sur la tourbe à sphaignes ou à la tourbe à sphaignes nue. En fait, les rédacteurs des Cahiers d'Habitats n'ont pas fait ce choix restrictif, nous en discuterons plus tard.

Des travaux pédologiques et paléoécologiques récents ont montré de manière nette la capacité des communautés à sphaignes rouges et marron à s'installer dans différents contextes pourvu qu'elles soient à l'abri des ap-

ports hydriques telluriques et du piétinement. Ceci était déjà évident dans les secteurs d'Habitat fragmentaire, où l'on trouve souvent les buttes sur des rochers ou des pentes fortes.

Prenant en compte cette diversité structurale, nous proposons une typologie basée sur 7 groupes de tourbières hautes (Tableau 3-4-1). Bien-sûr, les logiques fonctionnelles sont différentes, les dynamiques variées, et chaque type doit faire l'objet d'une approche distincte en terme d'évaluation.

La prise en compte de critère pédologique comme l'existence d'un horizon de surface densifié de type kultureller Trockenhorizont (KTH) est essentiel à l'approche fonctionnelle et à l'évaluation de l'état de conservation.

La notion de KTH est récente (Sjögren *et al.*, 2007), mais elle s'avère d'une grande pertinence, car les KTH sont fréquents en France et d'importance majeure pour l'étude et la conservation des tourbières de tous types. Le KTH est un horizon de surface ou de subsurface généralement sombre, dense (par compaction de la matière organique et enrichissement en argile), riche en particules minérales, souvent aussi en charbons de bois. Lors des sondages au carottier russe, la présence d'un KTH est la plupart du temps mise en évidence par la difficulté de pénétration d'un des horizons présents, difficulté qui disparaît dès le KTH dépassé.

L'épaisseur du KTH varie entre 5-10 cm et 40-50 cm. Le passage entre le KTH et les termes inférieurs des sondages est progressif, impossible à matérialiser de manière précise. C'est une des caractéristiques diagnostiques de cet horizon.

Les KTH sont présents sur de nombreuses tourbières de France, il s'agit d'une règle générale et non d'une exception. Le plus souvent, il se rencontre en surface, entre les buttes à sphaignes ou à pleurocarpes, il se poursuit latéralement sous ces buttes. Dans certaines tourbières, exceptionnelles, le KTH se rencontre à des profondeurs plus importantes. Localement, on trouve aussi des zones à KTH double, où deux horizons densifiés, sombres, à passage inférieur progressifs se superposent, séparés par une tourbe fibrique, peu dense et plus claire.

L'origine du KTH est une perturbation des couches superficielles de tourbe par un piétinement suffisamment long et intense pour compacter la tourbe, la dégrader en partie. La perturbation est supposée induite le plus souvent par un usage agropastoral.

Le KTH isole la partie inférieure de la tourbe de la surface au point de permettre à des communautés acides oligotrophes de croître sur des tourbes alcalines (Goubet, 2011a; 2011b).

On peut considérer le KTH comme un élément clé de l'évaluation sur deux axes majeurs: la continuité écologique et la stabilité.

Intitulé explicite	Description
Haut-marais bombé de longue continuité écologique	Tourbière haute originelle, modèle classique dans la littérature mais probablement disparu en France. Les édifices les plus proches de cet état sont de valeur patrimoniale exceptionnelle, en particulier pour la continuité de leur archives paléoenvironnementales (possibles dans les Bois-Noirs).
Haut-marais de bord de lac	Haut-marais sur pente faible ou replat en périphérie de lac, le plus souvent en contexte forestier (Vosges, Pyrénées, Alpes).
Haut-marais de décollement	Tourbière haute flottante par décollement du sol lors d'un ennoiement (Machais).
Haut-marais de fosse de tourbage	Les communautés de tourbières hautes en fosse de tourbage qui pour nombre d'entre elles sont remplacées par des végétations d'autres types une fois la fosse comblée.
Haut-marais de perturbation ou haut-marais d'origine anthropique sur KTH	Communauté de tourbières hautes occupant des tourbières de divers types, même alcalines, à la suite de la mise en place d'un horizon densifié de surface (kultureller Trockenhorizont ou KTH) à travers un pâturage long ou intense (majorité des tourbières du Morvan, des Vosges du Nord, du Haut-Bugey, dominant dans le Massif central, dans les Hautes-Vosges, le Jura, etc.).
Haut-marais de couverture	A vérifier sur la crête des Vosges, au gazon du Faing, vérification en court, présent dans les Pyrénées atlantiques (sortie GET, 2013).
Buttes de tourbière haute en contexte minérotrophe	Fréquent dans les étages sublapin et alpin des Pyrénées, des Alpes?, des Vosges, du Massif central, cas des tourbières dites «condensarogènes» des Vosges et des Pyrénées.

Tableau 3-4-1: Les différents types fonctionnels occupés par des communautés de tourbières hautes en France.

La continuité écologique a été abordée, un complexe sans KTH peut être considéré de longue continuité écologique et n'ayant pas subi de perturbation majeure. Son état de conservation est donc meilleur. La stabilité est un autre sujet, plus complexe, car on ne connait pas bien la dynamique des communautés de tourbière haute sur KTH, par manque de recul temporel. Ce que l'on sait, c'est que dans des conditions comparables, une tourbière à KTH abandonnée par l'agropastoralisme est rapidement colonisée par la molinie, qui dans certains cas laisse place à des systèmes à sphaignes rouges, dans d'autre à des saulaies-boulaies. Rien n'indique que les systèmes à sphaignes rouges soient stables (figure 3-4-3).

Les différents types d'unités fonc-

tionnelles correspondant à l'Habitat 7110* et présents dans les Vosges seront décrits dans un chapitre ultérieur.

3.4.B - 7120 : Tourbières hautes dégradées encore susceptibles de régénération naturelle

Cet habitat est de nature particulière puisqu'il ne correspond pas à un état souhaité stable, comme dans la plupart des cas, mais à un état favorable à l'établissement d'un autre Habitat, le 7110* qui, lui, est souhaité stable.

La définition de l'Habitat dans les Cahiers d'Habitats couvre de nombreuses unités écologiques potentielles. D'abord, les secteurs concernés ne sont pas exclusivement d'anciennes tourbières hautes, mais peuvent être tout autre type de tourbière pourvu que l'Habitat 7110* puisse s'installer à moyen terme (30 ans). Il est ainsi précisé: «Les tourbières désignées ici ne sont pas forcément de type ombrotrophe (tourbières hautes, alimentées par les seules précipitations). Il peut également s'agir de tourbières géotrophes ou géo-ombrotrophes (bas-marais, tourbières de transition) sur lesquelles des éléments de tourbières hautes actives (buttes de Sphaignes d'ombrotrophisation) se sont développés, dont les stades de dégradation sont très proches de ceux rencontrés au sein des tourbières strictement ombrotrophes. Celles-ci seront donc retenues dans cette fiche dès lors que la restauration de ces sites est susceptible de permettre le développement de communautés de tourbières hautes actives (se référer pour cela aux habitats décrits sous le code CORINE 51.1).»

Du point de vue fonctionnel, les Cahiers d'Habitats insistent beaucoup sur l'importance des désordres hydrologiques dans ce type de tourbières. En réalité, les désordres sont de nature très variée et le paramètre hydrique doit être considéré à sa juste valeur, en tant que cause ou conséquence, et non systématiquement en tant que cause. C'est comme si on attribuait la mort d'un noyé à un arrêt du cœur, certes, le cœur s'est arrêté de battre, mais cela n'est pas en lien direct avec la cause du décès. Il est probable que le paramètres essentiel à prendre en compte soit le KTH.

Comme pour l'Habitat précédent, les notions d'échelles sont importantes à prendre en compte, car le 7120 et le 7110* forment, avec éventuellement d'autres unités, des mosaïques de différents types.

La définition de l'Habitat laisse une large place à l'intégration d'une grande variété de tourbières, au-delà des moliniaies. Les Cahiers d'Habitats précisent (p. 344) que les tourbières concernées peuvent être tantôt landeuses, tantôt herbeuses. Les faciès arbustifs ou arborés sont mentionnés également, comme les secteurs à tourbe nue. La question majeure qui est posée lors de la caractérisation de l'Habitat est le potentiel turfigène.

Les différentes unités fonctionnelles

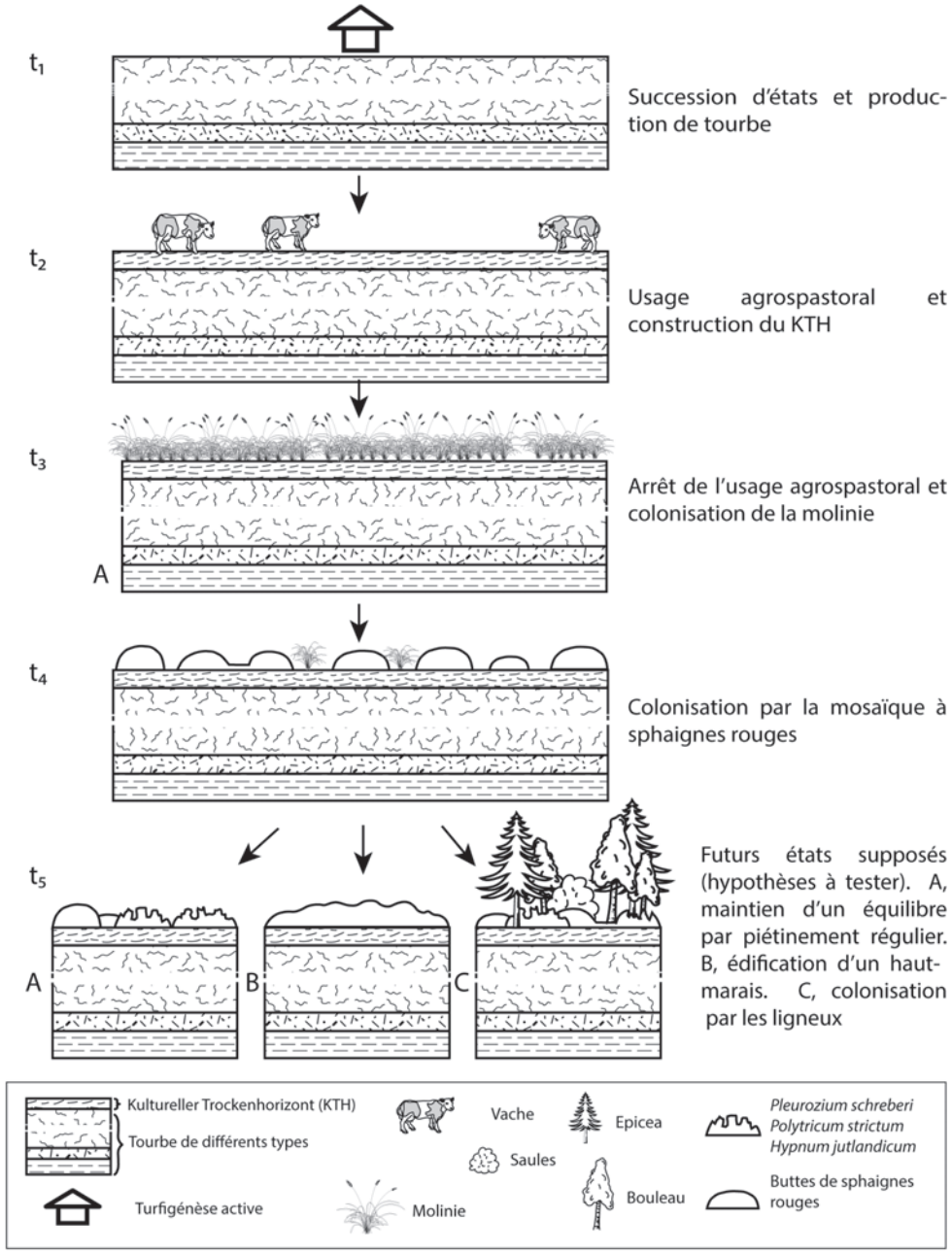


Figure 3-4-3: modèle de développement des tourbières à KTH.

pouvant être intégrées à l'Habitat 7120 dans les Vosges seront décrites ultérieurement.

3.4.C - 7130 : Tourbières de couverture

Ce type de tourbière correspond à une forme particulière de tourbières hautes. Elle se définit sur un critère de «contexte d'intégration»: il s'agit de hauts-marais installés sur pente, en situation d'écoulements de surface rapides. Les cahiers d'Habitats précisent: «la formation et l'accumulation de tourbe épousent parfaitement la topographie des sites, formant sur l'ensemble du relief une couverture continue».

Ce critère est peut-être respecté par la couverture tourbeuse de certains secteurs de la crête vosgienne. Il existe aussi un petit édifice tourbeux à communauté de tourbière haute assimilable à une tourbière de couverture sur un éboulis rocheux du massif d'Issarbé dans les Pyrénées Atlantiques (figure 3-4-4).

Les autres critères proposés dans les Cahiers d'Habitats, floristiques ou climatiques, ne sont pas justifiés. Ainsi, s'il est montré que la couverture tourbeuse de la crête forme une couverture uniforme du relief (à l'exception de zone de haut-marais bombés en tête de vallon), alors il est clair que les conditions floristiques ou climatiques ont été un temps ou sont encore favorables à la mise en place de communautés aérohygrophiles à l'origine des tourbières de couverture.

3.4.D - 7140 : Tourbières de transition et tremblantes

Le terme de transition, à connotation dynamique, ne sera pas repris ici. Nous utiliserons le terme descriptif de tremblant, plus neutre quant-au devenir réel des unités concernées, moins dépendant des modèles de fonctionnement, et se référant à un paramètre diagnostique de l'Habitat, comme précisé dans les Cahiers d'Habitats: «Cet habitat se caractérise toujours par la nature instable et vacillante du substrat, tremblant sous le pied. Ce phénomène est particulièrement prononcé dans le cas de radeaux flottants, mais se retrouve également sur les pelouses vacillantes établies sur des substrats fluides ou sur une poche d'eau.»

Cet Habitat correspond à un ensemble d'unités fonctionnelles diversifiées situées dans des contextes très variés. La nature du substrat géologique des Hautes-Vosges, cristallin, acide, induit une diversité moindre des formes de l'Habitat et un nombre d'espèces concernées fortement réduit. Ainsi, si on se réfère aux espèces ingénieures, on peut définir quatre grands groupes: le groupe *Potentilla palustris-Menyanthes trifoliata*le; le groupe *Equisetum fluviatile*; le groupe *Carex lasiocarpa-Carex rostrata*; le groupe *Carex limosa-Scheuchzeria palustris*, auquel s'ajoute un groupe peu connu où

Figure 3-4-4: le Groupe d'étude des tourbières au bord d'une tourbière de couverture des Pyrénées Atlantiques.

Sphagnum cuspidatum et *Eriophorum vaginatum* sont déterminants.

Les contextes occupés par ces unités sont variables, quel que soit le groupe concerné, à l'exception du groupe à *Equisetum fluviatile* qui reste confiné à des systèmes lacustres ou équivalents. Le groupe *Potentilla-Menyanthes* occupe principalement des systèmes lacustres à bonne disponibilité en nutriments. Le groupe à *Carex lasiocarpa-Carex rostrata*, occupe une gamme plus vaste de milieux allant des systèmes lacustres de différents niveaux trophiques et minéraux aux mares et fosses de tourbières hautes. Le groupe *Carex limosa-Scheuchzeria palustris* occupe surtout des mares et fosses de haut-marais (figure 3-4-5) et quelques zones originales (Machais, Forlet) et les tremblant à *Sphagnum cuspidatum* et linaigrette sont confinés à quelques fosses de tourbage. Il faut prendre en compte que ces contextes restreints ne concernent que les Vosges actuelles. L'analyse de situations dans d'autres secteurs géographiques ou à d'autres temps montrent que les contextes peuvent être différents.

D'un point de vue fonctionnel, on peut, sans risque, affirmer que les plantes de l'Habitat constituent des éléments colonisateurs d'eau libre, grâce à leur systèmes racinaires particuliers,

dotés d'aérenchymes. Pour une part d'entre elles (*Potentilla-Menyanthes*), les unités concernées constituent un substrat favorable à l'installation de taxons végétaux vasculaires et bryophytiques, arrivant rapidement une fois la colonisation d'eau libre achevée. On peut ainsi parler «d'ingénieurs altruistes», tant la modification du substrat ne semble pas profiter au colonisateur primaire et la durée du tremblant initial est faible.

De nombreuses questions restent posées sur le fonctionnement des tremblants. Ces questions concernent la stabilité des unités concernées: les tremblants peuvent-ils durer si certaines conditions sont assurées? Cela est probablement le cas pour certains types d'entre eux, situés sur des écoulements permanents (sources, ruisseau), mais cela ne concerne que de petites surfaces. Pour les grands tremblants, la question reste posée. L'origine des tremblants est également une question importante. Il semble que nombre d'entre eux, dans les Vosges, soient issus d'actions humaines d'exploitation de tourbe ou de rehausse de niveau d'eau.

D'un point de vue général, sur la France, on peut préciser que de nombreux grands tremblants sont issus de la mise en eau de fond de vallon tourbeux (à l'instar de l'étang du Devin présenté dans ce document), avec ou sans décollement de tourbe. On peut aussi rappeler que les taux de ligneux hauts et de plantes relativement exigeantes en nutriments, comme le roseau, apparaissent variables sur les tremblants, sans qu'on puisse dire si cela contredit la dynamique ou non. L'évaluation de l'état de conservation sur une analyse floristique seule est donc particulièrement délicate, probablement impossible.

3.4.E - 7115 : Dépressions sur substrats tourbeux du Rhynchosporion

En tourbière, cet Habitat est assez simple à mettre en évidence sur le terrain, mais il montre de fortes variations dans sa composition floristique, en fonction de divers facteurs qu'il est encore difficile de déterminer. Il fait probablement partie d'un groupe d'unités complexes à traiter du point de vue floristique, celui des tourbes perturbées, mises à nu, occupées par des communautés attribuables au Rhynchosporion et par d'autres, non traitées par la phytosociologie (ériophoraie à *Eriophorum angustifolium*, cariçaie à *Carex nigra*, à *C. panicea*, trichophoraie, etc.).

Au delà de cette première approche axée sur les tourbières, l'Habitat 7150 est représentatif des incohérences entre les termes utilisés pour les nommer et la définition des Habitats. La dénomination de l'Habitat est «Dépressions sur substrats tourbeux du Rhynchosporion». Or, la définition proposée de l'Habitat, sous le titre, indique: «communautés pionnières et très constantes de tourbe humide exposée ou, parfois, de sable...». Plus loin, on lit : «mais aussi sur des endroits naturellement

Figure 3-4-5: exemple de tremblant à *Carex limosa*, *Scheuchzeria palustris* et sphaignes. Tourbière du Tanet, Vosges.

érodés par le ruissellement ou par le gel dans des landes humides et des tourbières, dans des ruissellements et dans des zones de fluctuation des mares oligotrophes avec un substrat sablonneux, quelque peu tourbeux.». Autrement dit, l'Habitat de «dépressions sur substrat tourbeux» intègre des unités qui ne sont pas sur substrat tourbeux... Au delà, on constate qu'un seul Habitat élémentaire a été défini malgré la diversité des contextes occupées par des communautés à rhynchospore. On peut ajouter à ces incohérences la mise de côté des communautés «similaires et étroitement apparentées» «des cuvettes de tourbière peu profondes (51.122) et des tourbières de transition (54.57)». Cette complexification typologique d'un Habitat «simple» à identifier est regrettable, et injustifiée.

Aucun argument n'appuie le choix de dissocier certaines des unités fonctionnelles à rhynchospore blanc des tourbières hautes des autres unités de tourbières. Comme il a été précisé dans le chapitre dédié à l'Habitat 7110*, nous rattacherons toutes les unités à rhynchospore blanc et assimilées à l'Habitat 7115, quel que soit le contexte où elles se tiennent, car elles découlent toujours de processus érosifs, majoritairement secondaires, exceptionnellement primaires.

Une véritable partition des unités fonctionnelles à rhynchospore blanc

est celle qui peut se résumer à un rhynchosporion d'érosion (tourbe et sables humifères) complémentant un rhynchosporion de marnage (systèmes lacustres oligotrophes sur arènes, sables ou grès). Si le paramètre écologique de perturbation du substrat semble déterminant dans les deux cas, les modalités précises de fonctionnement restent inconnues.

3.4.F - 91DO* : Tourbières boisées

Les tourbières boisées françaises regroupent une diversité relativement importante d'unités fonctionnelles discriminées sur la base de leurs communautés végétales, leurs sols, leurs origines, leurs contextes géomorphologiques, etc. Parmi elles, les Cahiers d'Habitats retiennent 4 types: les boulaies à sphaignes, les pineraies à pin sylvestre et celles à pins à crochets, les pessières à sphaignes. Les sapinières à sphaignes du Massif central, n'ont pas été intégrées aux tourbières, mais aux systèmes forestiers, sous le code 9410-8, ce qui est une aberration vu que la couche de tourbe sur laquelle elles peuvent reposer est importante.

La distinction des boulaies de plaine de celles de montagne n'est pas pertinente. Les différences de composition floristique sont induites par des facteurs indépendants de l'altitude, liés à des caractéristiques pédologiques.

Le fonctionnement des tourbières boisées est un champ d'étude quasi vierge. Les données disponibles sont le plus souvent des relevés floristiques, non contextualisés (pas de situation des zones de relevés par rapport aux autres unités des complexes, par rapport aux écoulements, pas de description des sols sous-jacents, etc.).

Des analyses paléoécologiques récentes indiquent que les tourbières boisées, en particulier les saulaies-boulaies, sont stables sur des périodes longues et capables de produire des mètres de tourbe. Elles peuvent donc être considérées comme des tourbières potentiellement de longue continuité écologique, turfigènes, pérennes. Elles sont, dans ces cas, liées à des contextes de décharges hydrogéologiques. Il faut donc prendre en considération le contexte dans lequel elles se tiennent pour estimer leur potentiel de stabilité, car les tourbières boisées sur tourbières hautes sont de fait d'origine récente, peu stable, et à preuve du contraire non turfigène. En effet, l'observation montre, en France, que les tourbes à sphaignes de haut-marais ne contiennent pas de bois. La tourbière haute est donc dénuée d'arbres, à l'exception possible de quelques individus. Toujours sur la base d'observations directes de données paléoécologiques, les marges de tourbières hautes sont pour partie des systèmes boisées (sapinières périphériques reportées par Lemée au XXème siècle. Cependant, l'analyse des photographies aériennes anciennes laisse présumer d'une (ré) apparition récente des arbres sur bon nombre de tourbières apparaissant aujourd'hui boisées.

Le massif Vosgien héberge des boulaies à sphaignes (Habitat 91DO* 1), des pineraies tourbeuses à pin sylvestre de nature différente de celles décrites dans les Cahiers d'Habitats, et des pessières de contact des tourbières bombées (91DO* 4).

Comme pour les tourbières hautes, les forêts tourbeuses constituent un ensemble diversifié d'unités fonctionnelles qui ne peuvent être identifiées par la floristique seule. Des données pédologiques, paléoécologiques, géomorphologiques, etc. sont nécessaires à la réalisation d'une typologie pertinente, et seront probablement nécessaires à l'attribution à un type d'une unité de complexe. A l'heure actuelle, aucune typologie de ce genre n'existe.

Description de l'Habitat 91DO* (Tourbières boisées)

«Il s'agit de peuplements de feuillus ou de conifères installés sur substrats tourbeux, humides à mouillés. La dominance est assurée par le Bouleau pubescent (dont la sous-espèce des Carpates), ou le Pin sylvestre ou le Pin à crochets (sous-espèce *rotundata*) ou l'Épicéa.

Ces arbres recouvrent un tapis herbacé et muscinal propre aux « tourbières » acides (tourbières hautes ou bas marais acides) : Myrtilles, Sphaignes, Laîches…

Les boulaies pubescentes se retrouvent en « raies isolées » dans les vallées et le long des ruisseaux.»

Extrait des Cahiers d'Habitats

3.5 - Concepts et critères d'évaluation

Le travail d'évaluation de l'état de conservation des tourbières, dans le cadre de la démarche Nature 2000, doit s'appuyer sur les textes réglementaires.

Pour les Habitats à l'échelle du site, il s'agit donc de répondre à l'injonction suivante: «The conservation status of a natural habitat will be taken as 'favourable' when: the specific structure and functions which are necessary for its long-term maintenance exist and are likely to continue to exist for the foreseeable future, and the conservation status of its typical species is favourable as defined in (i)».

La notion de structures et de fonctions spécifiques au maintien de l'Habitat est primordiale dans l'approche d'évaluation, tout comme celle de l'état de conservation des espèces typiques. De fait, la démarche d'évaluation s'appuie sur la trilogie composition-structure-processus typique de l'approche écosystémique (ou souvent, le terme de fonctions est substitué à tort à celui de processus). Le texte de la directive prend en compte la notion de composition à la suite de celle de structure et de processus, à travers la notion d'espèce typique, ce qui ne nous parait pas judicieux. En effet, en toute logique, la notion de définition de la structure d'un système implique la caractérisation initiale de ses composants.

Notre approche sera donc basée en premier sur cette trilogie (nommée triologie CSP dans le texte qui suit), que l'on peut modifier sur une forme simplifiée «structure» au sens large, incluant la composition, et «processus», comme c'est fréquemment le cas dans la littérature scientifique.

3.5.A - Systémique et trilogie composition-structure-processus comme cadre conceptuel à la démarche d'évaluation

Si la trilogie CSP est une notion de base en écologie, et dans d'autres sciences, elle n'est pas toujours bien comprise et explicitement mentionnée, ce qui est regrettable (voir le cas des sols en encart). Il est donc nécessaire de présenter cet outil conceptuel pour permettre la compréhension de son utilisation dans l'élaboration de la méthode d'évaluation de l'état de conservation qui sera proposée plus tard.

La composition est entendue ici comme la liste des composants d'un système. A l'échelle d'un minéral, exemple simple, il s'agit des éléments présentés par sa formule chimique. A l'échelle d'une roche magmatique ou métamorphique, il s'agit des minéraux qui la composent, dans la plupart des cas. Pour une communauté végétale, il s'agit de la liste des taxons qui la compose.

La structure est entendue comme la répartition spatiale des composants du système. Pour un minéral, la structure est le plus souvent décrite par l'un des 7 systèmes cristallins connus, ou à travers une forme dite amorphe, lorsque la structure ne répond pas à une logique de cristallisation. Pour une roche, la structure est décrite à partir d'un ensemble de critère qui font appel, entre autre, à la taille, l'orientation et la proportion des minéraux. Pour une communauté végétale, la notion de structure prend plusieurs formes possible suivant le niveau de détail souhaité. Le plus souvent, il s'agit d'une approche de recouvrement du sol et d'agrégation, comme dans les coefficients d'abondance-dominance et de sociabilité de la phytosociologie.

Les quelques exemples présentés démontrent de manière explicite le niveau de difficulté supérieur de la caractérisation de la structure par rapport à celle de la composition. Lister les composants est dans, la majorité des cas, plus aisé et rapide, que de décrire la structure.

La difficulté devient encore plus forte lors de la caractérisation des processus en lien avec la composition et la structure. Pour les minéraux, et les roches, les processus les plus étudiés sont ceux à l'origine de leur genèse, de leur altération en fonction de divers paramètres ou de leur utilisation pour les sociétés humaines. Par exemple, la compréhension de la formation d'un minéral ou d'une roche magmatique nécessite une approche expérimentale faisant appel à des appareillages complexes, permettant de recréer des conditions de pression et de température comparables à celles sous terre, à différentes profondeurs. Ces expérimentations permettent le plus souvent de définir des fenêtres physico-chimiques de genèse des roches et minéraux. Elles mettent

La trilogie CSP vu par des pédologues:

Ce que l'on appelle habituellement le sol, en pédologie, est un objet naturel, continu et tridimensionnel, qui sera nommé couverture pédologique dans le présent référentiel.

Les couvertures pédologiques sont formées de constituants minéraux et organiques, présents à l'état solide, liquide ou gazeux. Ces constituants sont organisés entre eux, formant ainsi des structures spécifiques du milieu pédologique. Les couvertures pédologiques sont en perpétuelles évolutions, ce qui leur confère une dimension supplémentaire: la durée.

C'est pourquoi leur étude doit se fonder sur trois séries de données :

- des données de constitution ;
- des données structurales (organisations) ;
- des données relatives aux dynamiques (fonctionnements, évolutions).

Extrait du Référentiel pédologique 2008 (Baize et Girard, 2009).

Nota: si la trilogie CSP est une base de l'étude des sols, elle n'est pas clairement conceptualisée par les auteurs du Référentiel.

en évidence un couplage entre structure au sens large et processus avec le corollaire suivant: l'existence d'une composition et d'une structure données implique l'existence à un moment précis d'un ensemble de paramètres donnés, de processus donnés. Il existe donc un déterminisme du minéral, le minéral est déterminé par une ensemble de processus. De la même manière, on peut dire qu'un système écologique est déterminé par un ensemble de paramètres.

L'émergence d'une unité fonctionnelle est issue de l'auto-organisation d'un système écologique en réponse à l'existence d'un champ de contraintes (le compartiment abiotique) et de la disponibilité de biosystèmes spécifiques (le compartiment biotique). On peut donc, en première approche, considérer qu'il existe une relation binaire entre une structure, au sens large, et un ensemble de processus, relation qu'il convient de présenter sous forme de modèle de fonctionnement.

En écologie, la notion de processus a principalement trait aux flux de matière, d'énergie et d'information. Pour ce qui est des tourbières, il s'agit en particulier des flux d'eau et de carbone, azote, phosphore, potassium, fer, soufre, calcium, magnésium sous forme de divers composés.

3.5.B - Application du concept à l'évaluation

Si on admet que les composition et structure sont déterminées par un ensemble de processus, dépendant de paramètres écologiques, il devient possible d'établir les relations entre tous à travers des modèles de fonctionnement (figure 3-5-1).

Prenons l'exemple du trichophore. Quelle soit la sous-espèce (*T. cespitosum* subsp. *cespitosum* et *T. cespitosum* subsp. *germanicum*) l'observation et le suivi montre que cette plante apparait liée au piétinement des sols tourbeux, dans certaines conditions (figure 3-5-2). On a donc, dans des conditions écologiques de contrôle données, un équilibre entre l'existence d'un piétinement et la présence du trichophore, qui est justifiée par notre modèle de fonctionnement conceptuel établi sur la base de l'observation. Les paramètres écologiques de contrôle sont en l'occurrence en lien avec l'existence d'une tourbe, en moyenne montagne, sous une pression de piétinement faible, induite dans notre cas sur la photo par la randonnée et non le pâturage, vu la structure linéaire.

En termes fonctionnels, à quoi nous sert ce modèle? D'abord à être capable de déduire d'un composant, facile à reconnaître, l'existence d'un processus complexe à mettre en évidence (compteur de fréquentation, par exemple). Ensuite, si on s'intéresse à la structure du trichophore, à sa répartition sur le complexe, il devient possible de déduire avec plus de finesse la tenue du processus dans l'espace. Il devient aussi possible d'élaborer un protocole simple de suivi de la fréquentation du site sur la base de l'apparition d'autres secteurs à trichophore, ou au contraire, de la réussite d'une action de gestion vi-

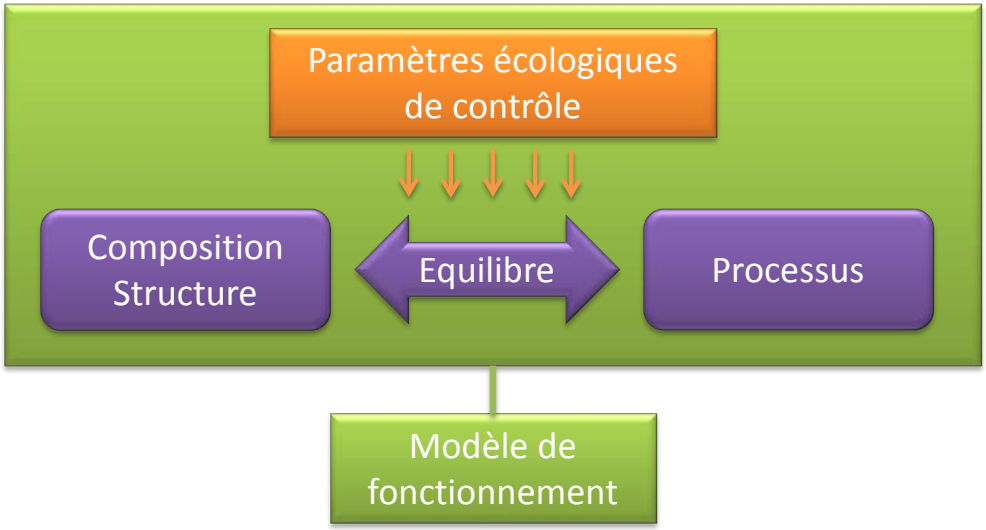


Figure 3-5-1: schématisation des relations entre composition-structure et processus induit par la notion de déterminisme.

Figure 3-5-2: trichophore en ligne sur un chemin, une observation, parmi d'autres, qui présume que la plante est un indicateur de piétinement sur sol tourbeux et dans certaines conditions.

sant à réduire le piétinement du site sur la base de la régression des zones à trichophore. Pour finir, la présence, et/ou la structure du trichophore pourront être utilisées comme des indicateurs de l'état de conservation d'un Habitat vis-à vis d'une perturbation ayant pour conséquence la régression des espèces ingénieures, sphaignes rouges et linaigrette engainante. Il faut préciser que le piétinement n'est probablement pas le seul paramètre à favoriser le trichophore, le feu l'est aussi. En fait, il s'agit d'un processus pédologique encore peu connu dans le détail.

On peut encore une fois se baser sur les principes CSP pour prédire que la prise en compte du trichophore en tant que composant sera beaucoup moins coûteuse que la définition de la structure de la trichophoraie à l'échelle du complexe. Cependant, la structure de la trichophoraie permettra une meilleure définition des processus en cours. On peut dès lors imaginer deux protocoles, suivant les conditions locales d'évaluation, l'un seulement basé sur la présence/absence du taxon, l'autre sur la forme de la communauté qu'il forme ou intègre.

Notre démarche de recherche de critère d'évaluation, en premier lieu, et de protocole de mesure d'indicateurs pour ces critères sera donc basée sur la notion de CSP et de modèle de fonctionnement, et ce pour chaque Habitat. La diversité fonctionnelle des écosystèmes tourbeux rend probable la diversité des processus clés, et de ce fait, la diversité des approches d'évaluation de l'état de conservation.

3.5.C - Principes d'évaluation de l'Habitat 7110*

La définition d'indicateurs de suivi pour cet Habitat passe par l'analyse d'un ou de plusieurs modèles fonctionnels. Par chance, les tourbières hautes font partie des tourbières les mieux étudiées, les mieux connues, en particulier pour celles du nord de l'Europe et de l'Amérique du Nord. Un modèle conceptuel a été proposé sur la base d'une analyse bibliographique de la littérature internationale (Goubet *et al.*, 2005; 2006).

Cependant, sur la base de notre propre expérience et des publications produites sur les tourbières françaises, il apparait que ce modèle ne peut servir d'appui tel quel à notre démarche. La première raison est celle de la diversité fonctionnelle des tourbières, sous-estimée dans les années 1990-2000, qui implique que les tourbières de France fonctionnent suivant des modalités spécifiques aux tourbières «méridionales». Il faut donc être capable d'identifier dans les modèles proposés pour les tourbières du nord de l'Europe, les traits communs avec celles du sud. Ces traits communs sont le plus souvent importants pour les unités fonctionnelles élémentaires, les buttes et replats des différentes sphaignes, les dépressions humides, etc. Ils sont rares à l'échelle des complexes. En d'autres termes, si les unités qui composent les mosaïques des tourbières sont en partie communes au nord et au sud, les mosaïques, elles, sont différentes, mais surtout les écosystèmes dans leur globalité (édifice tourbeux inclus), sont d'une autre nature. Strictement, il faut écrire que si les unités fonctionnelles élémentaires des systèmes tourbeux sont en partie identiques, les unités fonctionnelles d'ordre supérieur possèdent des propriétés émergentes différentes au nord et au sud. Cet aspect de recherche est peu développé et offre une grande possibilité d'innovation.

La seconde raison tient à la mise en évidence du KTH (Sjögren *et al.*, 2007), paramètre pédologique fondamental, probablement plus fréquent et mieux marqué dans les tourbières méridionales. Il est difficile ou impossible de déduire la présence d'un KTH des données des articles scientifiques qui traitent des tourbières hautes. Il est donc impossible de déterminer si les résultats de recherche sont applicables aux tourbières à KTH. Ce qui est clair, c'est que le modèle dit diplotelmique, sur la base d'une distinction entre un compartiment pédologique supérieur aérobie (l'acrotelme) et d'un compartiment inférieur (le catotelme), anaérobie, ayant des propriétés fonctionnelles très différentes, ne s'applique pas aux tourbières à KTH.

Il est donc nécessaire, en particulier pour les tourbières des Vosges, présentant dans leur grande majorité un KTH, d'élaborer un nouveau modèle fonctionnel.

3.5.C.a. Modèle de fonctionnement simplifié des tourbières hautes des Vosges

La tourbière haute des Vosges s'apparente à la fois à des communautés végétales «simples» (niveau 1), des mosaïques (niveau 2), actuelles, relativement bien connues, et à des écosystèmes de niveau 3, quasi tous altérés par le drainage, le pâturage ou l'extraction de tourbe. Presque tous présentent un KHT explicite, indiquant une rupture dans la dynamique des édifices. Pour conséquence, les unités actuelles peuvent être considérées comme secondaires, permises par un arrêt des perturbations depuis plusieurs décennies. Sauf exception, le haut-marais vosgien est de fait une tourbière «récente», installée sur la résultante de perturbations majeures. Pour être plus précis, les communautés de tourbière haute des Vosges apparaissent en phase de rééquilibrage, après une période de forte perturbation, mais dans un contexte climatique et trophique en évolution constante. L'aspect trophique se conçoit à l'échelle des dépôts atmosphériques régionaux et à celle des bassins versants. Cette dernière n'a à priori pas d'influence sur les tourbières hautes, théoriquement situées au-dessus du niveau des nappes et écoulements locaux, mais l'expérience montre que certaines communautés à sphaignes rouges sont immergées de manière ponctuelle par de l'eau des versants, comme à l'étang Noir en période de fonte.

De manière générale, la remise en place des communautés de tourbières s'est réalisée suivant deux modalités majeures: en «série humide» ou en «série sèche». La série humide correspond principalement à la dynamique induite lors de la colonisation d'anciennes fosses d'extraction, moins souvent en amont de petits barrages volontaires ou non, sur tourbe à sphaignes, là où une eau issue du ruissellement d'une tourbière haute stagne. Suivant les conditions, la colonisation de l'eau libre se réalise à travers des tremblants à *Carex limosa* et *Scheuchzeria palustris*, des tremblants à *Sphagnum cuspidatum* et *Eriophorum vaginatum*, etc. La tourbe de haut-marais est produite à travers des communautés à *Sphagnum magellanicum*, *S. rubellum*, *Andromeda polifolia*, *Vaccinium oxycoccos*, *Carex pauciflora*, etc. La série sèche se rencontre dans de nombreux contextes, sur rocher ou KTH. Dans un premier temps, la tourbe de haut-marais est produite par des buttes à *S. capillifolium* ou, plus rarement, à *S. fuscum*, puis, ces buttes altérant le drainage naturel, ralentissant le ruissellement des eaux de pluie, ce sont les replats de la série humide qui s'installent.

Bien-sûr, l'installation de ces communautés de tourbière haute se réalise sur certaines des tourbières hautes dégradées, mais elle se réalise aussi sur d'autres types de tourbières, eux aussi dégradés. La présence d'une communauté de tourbière haute n'est de ce fait absolument pas un indicateur de l'existence passée d'un écosystème haut-marais de longue continuité écologique.

La nature secondaire des deux séries implique une notion d'occupation réalisée et d'occupation potentielle. Autrement dit, les communautés de tourbières hautes occupent actuellement une surface donnée, or, sur la base de paramètres écologiques divers, elles possèdent un potentiel à s'installer sur une surface plus importante... ou pas. Par exemple, on peut imaginer une fosse de tourbage au tiers occupé par un tremblant, au tiers par un replats à sphaignes rouges, au tiers par de l'eau libre. La communauté de tourbière haute occupe dans ce cas le tiers de son potentiel de colonisation à long terme, la moitié de son potentiel à court et moyen terme. Le rapport entre aire réalisée et aire potentielle est probablement un indicateur du bon état de l'Habitat. Les notions d'aire potentielle des unités fonctionnelles ont été développées par Mérot *et al.* (2006) dans le cadre de l'évaluation fonctionnelle des zones humides de fond de vallon.

Pour revenir à la définition d'un modèle fonctionnel de tourbières hautes dans le massif vosgien, la conclusion est que seuls les niveaux de la communauté et de la mosaïque sont à prendre en compte, les systèmes de type mésotope (niveau 3) n'étant plus fonctionnels. L'ensemble des processus en lien avec le niveau 3, d'autorégulation de l'édifice tourbeux (forme, drainage, etc.) n'ont donc pas à être considérés dans l'évaluation de l'état de conservation, ce qui facilite grandement la démarche.

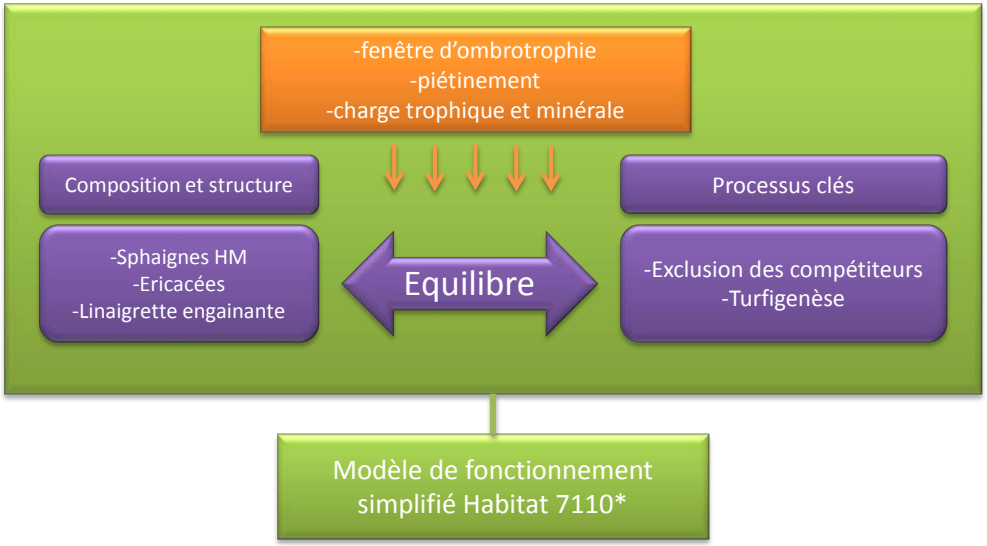


Figure 3-5-3: modèle de fonctionnement simplifié de l'Habitat 7110* pouvant servir de base à l'évaluation.

C'est donc à l'échelle des unités fonctionnelles élémentaires ou des mosaïques qu'il faut édifier un modèle. Les processus clés de ces niveaux ont rapport avec l'exclusion des compétiteurs et la turfigenèse, toutes deux liées. L'exclusion des compétiteurs a rapport avec un ensemble de processus qui a été présenté par ailleurs (Goubet *et al.*, 2006): anaérobiose, acidité, appauvrissement minéral, croissance indéfinie orthotrope des sphaignes, etc. La turfigenèse est liée à ces mêmes processus auxquels s'ajoutent ceux de la nature récalcitrante à la dégradation par les micro-organismes des tissus des sphaignes rouges grâce à une architecture moléculaire à cœur de polysaccharides et polyphénols, protégé par des couches lipidiques, générant des sites d'échange cationique captant les nutriments lors de leur dégradation. Ces processus clés de turfigenèse et d'exclusion, que l'on peut considérer comme les «fonctions spécifiques au maintien de l'Habitat 7110*» sont donc à considérer de manière prioritaire pour ce qui concerne l'évaluation de l'état de conservation.

L'analyse des tourbes de haut-marais des Vosges montre qu'elles ont été produites par des communautés de sphaignes, accompagnées d'éricacées (*Andromeda polifolia*, *Vaccinium oxyccocos*, *Calluna vulgaris*) et de la linaigrette engainante. Les restes de ligneux hauts et d'herbacées (excepté la linaigrette engainante) sont exceptionnels, ce qui laisse penser que ces communautés possèdent la faculté d'exclure les compétiteurs.

Notre modèle fonctionnel s'affine.

La tenue dans le temps des tourbières hautes s'appuie sur l'existence des sphaignes rouges, des éricacées qui les accompagnent et de la linaigrette engainante, à travers des processus d'exclusion des compétiteurs et de la production de tourbe. Les paramètres qui contrôlent l'équilibre entre structure et processus sont d'ordre (1) climatique (notion de fenêtre d'ombrotrophie), (2) trophique et minérale (apports divers et surtout atmosphériques dans la plupart des cas) et (3) anthropique direct sous la forme du piétinement (figure 3-5-3).

Les données paléoécologiques montrent que les proportions entre les différentes espèces varient dans le temps et dans l'espace, il est donc difficile de hiérarchiser les communautés par ordre de productivité, ou de définir un potentiel de stabilité suivant la composition floristique. Dans les profils observés jusqu'alors, la fréquence des replats à *Sphagnum magellanicum* est beaucoup plus grande que toute autre communauté, le haut-marais vosgien a donc préférentiellement été construit par cette sphaigne, *S. rubellum* et une proportion relativement faible d'éricacées et de linaigrette.

Figure 3-5-5: coussin de sphaignes piétiné et colonisé par le polytric. Tourbière du Montoux, Ain.

Il est possible d'affiner le modèle en fonction des exigences écologiques des taxons majeurs des différentes unités fonctionnelles élémentaires connues dans les Vosges: les replats à *Sphagnum magellanicum* et/ou *S. rubellum*, les buttes à *Sphagnum capillifolium*, les buttes à *Sphagnum fuscum*, les replats à *Eriophorum vaginatum* et sphaignes.

Les buttes à *Sphagnum capillifolium* et à *S. fuscum* dépendent de l'humidité atmosphérique, et non de l'humidité édaphique. Cela implique une sensibilité forte de ces unités à l'inondation et au piétinement, car la capacité à ne dépendre que de l'humidité atmosphérique est acquise à travers l'architecture des buttes, «étanchée» par la structure compacte des «têtes» de sphaignes (figure 3-5-4).

D'un point de vue de l'évaluation de l'état de conservation, le critère le plus important est probablement l'intégrité physique des buttes, une butte altérée pouvant disparaitre à travers une bascule de compétition entre le polytric (*Polytrichum strictum*) et les sphaignes. Cette mousse se tient souvent en quantité faible dans les coussins intacts et se substitue aux sphaignes si le coussin est piétiné (figure 3-5-5). En particulier pour ce qui est de l'Habitat sous forme fragmentaire, une caractérisation de la part de buttes altérés par rapport à celle des buttes intactes pourrait constituer un indicateur pertinent et simple. Si on se réfère au modèle CSP, il s'agit de traduire la perturbation de piétinement à travers la structure des buttes. Pour les secteurs de tourbières hautes dites typiques, c'est la proportion des sphaignes qui peut servir d'indicateur.

Figure 3-5-4: butte à *Sphagnum fuscum* sur un rocher, dans un ruisseau. On note l'auto-organisation du coussin qui ne descend pas au contact de l'eau du ruisseau qui lui est «toxique» car trop riche en nutriments. La sphaigne peut croître «tête en bas», car elle ne dépend que de l'eau atmosphérique, comme le montre sa position sur un rocher. La butte est altérée par le piétinement, au centre du premier plan. RNN du Néouvielle, Hautes-Pyrénées.

Les replats à sphaignes rouges (*Sphagnum magellanicum* et *S. rubellum*) dépendent au contraire d'une nappe, contenant un certain taux de nutriments, parfois en quantité suffisante seulement à la suite de la concentration des eaux de pluie. Leur sensibilité au piétinement est moindre, car la présence de l'eau en subsurface permet aux sphaignes de se remettre en place assez vite, sans subir de période de dessiccation. Les contextes dans lesquels les replats prospèrent sont variés. Aujourd'hui, dans les Vosges, ce sont principalement les anciennes fosses de tourbage, les bords de lac, de grandes tourbières hautes protégées du piétinement, des secteurs de moliniaie abandonnées par l'agropastoralisme et des secteurs privilégiés des tourbières pâtu-

rées.

De nombreuses questions restent posées en ce qui concerne la dynamique de ces différents systèmes. Par exemple, la disparition des replats est constatée dans des cas de fosses de tourbage, une fois comblées. L'impact du damage pose également question, car dans le cas de la tourbière de la Ténine, le tassement de la neige semble favorable aux sphaignes en limitant la colonisation des éricacées. Le fait est que les secteurs qui ne sont pas damés sont occupés par des vacciniaies. La présence de KTH quasi systématique pose la question de la stabilité des replats, d'origine relativement récente.

Il est difficile de proposer un modèle de fonctionnement simplifié de type CSP spécifique pour les replats à sphaignes rouges. Le modèle est celui proposé en figure 3-5-3, avec le rôle essentiel des sphaignes rouges qui constituent le moteur de la turfigenèse et de l'équilibre biogéochimique du sol, défavorable aux micro-organismes décomposeurs et aux compétiteurs des sphaignes.

En terme d'évaluation de l'état de conservation, la proportion de sphaignes est donc l'indicateur essentiel.

La dernière unité fonctionnelle attribuable aux tourbières hautes est une ériophoraie à sphaignes rencontrée en particulier dans d'anciennes fosses d'exploitation inondées (RNR de la Tourbière des Charmes). Cette communauté semble correspondre à celle rencontrée dans les profils paléoécologiques, à la base des séries à sphaignes, formant ainsi une transition entre des tourbes (communautés) de bas-marais et des tourbes de haut-marais.

3.5.C.b. Critères ou indicateurs retenus

Vu les propriétés structurales et fonctionnelles de l'Habitat 7110*, le critère le plus approprié pour évaluer son état de conservation tient dans sa capacité turfigène, traduit en terme d'indicateur par l'importance des sphaignes rouges et marron et de la linaigrette (recouvrement, biomasse).

3.5.D - Principes d'évaluation de l'Habitat 7120 Tourbières Hautes Dégradées

Dans la démarche Natura 2000, cet Habitat est à part, puisqu'il fait référence à un type dont on ne veut pas qu'il se maintienne dans le temps, mais dont on souhaite la substitution vers la Tourbière Haute 7110*. On peut croire, en première approche, que la notion de bon état n'a pas de sens, mais on peut aussi considérer que le bon état de cet Habitat est celui qui optimise les chances de voir s'installer de la tourbière haute. Cela prend d'autant plus de sens si on considère que la Tourbière haute dégradée susceptible de régénération peut disparaître au profit d'états incompatibles avec une régénération (prairie, boisements, tourbe nue, etc.). Il faut dans ce cas dissocier la notion de bon état et celle d'objectif de conservation, puisqu'il ne s'agit pas de conserver

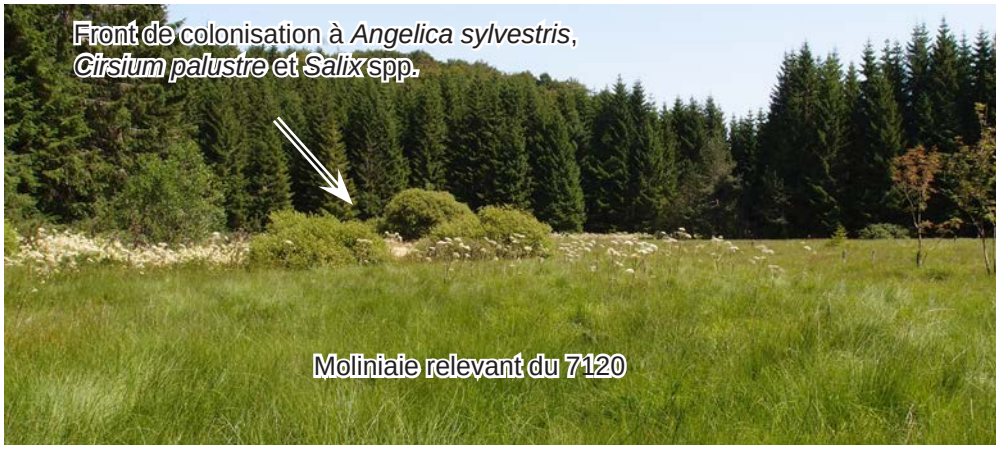


Figure 3-5-6: colonisation en front d'une moliniaie relavant de l'Habitat 7120 par les espèces de la mégaphorbiaie, angélique et cirse (à gauche pour ce dernier), puis par celle de la saulaie. Dans cet exemple, la colonisation est latérale, induite par les apports trophiques liés au ruissellement provenant de la gauche, les pessières sont sur les pentes minérales. Tourbière de Sougeat-la-Souze, Puy-de-Dôme.

l'Habitat mais de le maintenir dans un état favorable à sa transformation vers une cible choisie.

3.5.D.a. Modèle de fonctionnement simplifié des tourbières hautes dégradées susceptibles de régénération naturelle des Vosges

Une donnée majeure à prendre en compte pour le traitement de cet Habitat est sa variabilité, l'Habitat 7120 le plus connu est sous forme de moliniaie, mais on peut aussi intégrer des formations «landeuses», comme précisé dans les Cahiers d'Habitats. Il est donc possible d'identifier sous le code 7120 des callunaies ou vacciniaies à pleurocarpes, à lichens ou à tourbe nue, communautés assez courantes dans des secteurs de tourbières exploitées, dans les Vosges et ailleurs en France. On pourrait aussi intégrer à ces deux pôles majeurs de tourbières hautes dégradées des formations arbustives ou arborés aux couverts herbacés et bryophytiques de type moliniaie, vacciniaie ou callunaie.

Pour simplifier la démarche d'évaluation sans en compromettre la qualité scientifique, nous proposons de travailler sur la base de l'attribution du statut de Tourbière haute dégradée susceptible de régénération à des formations sans sphaignes rouges, de surface compacte importante ou en mosaïque avec l'Habitat 7110*. Dans ce cas, l'indicateur clé qui détermine l'un ou l'autre des Habitats est donc la présence des sphaignes rouges ou de la linaigrette, de manière binaire (7110* <u>ou</u> 7120).

L'expérience et les données paléoécologiques montre que moliniaies ou callunaies et vacciniaies laissent place à des tourbières hautes ou à d'autres

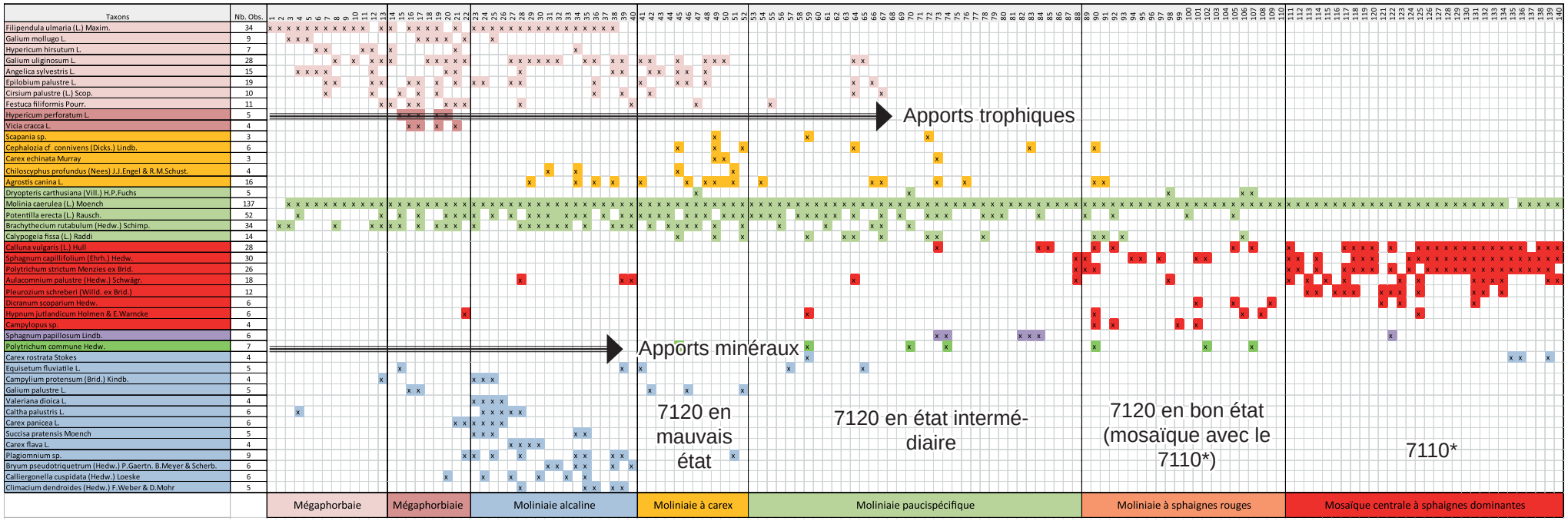


Tableau 3-5-1: profil de structure et de suivi de la tourbière du Montoux (profil nord-sud) à l'échelle du taxon. On observe plusieurs unités fonctionnelles attribuables à l'Habitat 7110*, à gauche et 7120; les moliniaies à l'exception de la moliniaie alcaline. Les espèces ne montrant qu'une ou deux occurrences ont été éliminées. Ce profil met en évidence la progressivité des apports en éléments trophiques, indiqués par les espèces de mégaphorbiaie, et des apports minéraux, à travers les taxons basophiles. Le regroupement des taxons est réalisé sur la base d'un profil plus long que celui présenté. Un exemple d'approche d'évaluation est proposé sur la base de la structure des unités.

communautés.

La difficulté majeure à proposer un modèle de fonctionnement simplifié est le manque de connaissance précise concernant le déterminisme de la molinie. Pour le moment, peu d'études ont été menées sur ce sujet. Le plus souvent, la moliniaie est jugée fortement dépendante du niveau hydrique, sur la base d'un postulat et non d'une argumentation scientifique. S'il est clair que la molinie montre une capacité à coloniser les secteurs de nappe rabaissée (bord de drain, par exemple), on ne peut attribuer celle-ci à un paramètre hydrologique direct. Il est tout à fait possible que la colonisation par la molinie soit induite par un paramètre édaphique biogéochimique induit par le changement d'engorgement. Par exemple, on sait qu'une partie du phosphore du sol est rendu disponible lors d'une chute du niveau d'eau. Or, la molinie est un taxon ayant une gestion particulière du phosphore qui la rend compétitive dans les secteurs pauvres en cet élément, en particulier s'il constitue le facteur limitant. On peut donc imaginer qu'un apport ponctuel localisé en phosphore là où la molinie est présente de manière diffuse lui permet de surpasser les autres taxons limités en azote. A la suite d'un évènement de ce type, la molinie développe un autre avantage compétitif qui a trait à sa capacité à rabattre la nappe en été, à travers son potentiel d'évapotranspiration important. Ce rabattement de nappe entraine la libération du phosphore et permet à la moliniaie de s'étendre en front, sous une forme de boucle de rétroaction positive.

Baisse de nappe ou pauvreté en phosphore ne constituent pas des freins à la croissance des sphaignes aérohygrophiles comme *Sphagnum capillifolium* et *S. fuscum*. On peut donc s'attendre à ce que ces sphaignes s'installent en moliniaie dans les secteurs à fenêtre d'ombrotrophisation favorable («sécheresse» estivale en dessous d'un certain seuil). C'est ce qu'on observe, pour *S. capillifolium*, souvent, et *S. fuscum*, parfois, dans les Vosges et ailleurs en France. Une fois une de ces deux espèces installée, à partir d'un certain seuil ou dans des conditions topographiques favorables, l'engorgement devient suffisant pour permettre aux replats à sphaignes rouges (*S. magellanicum* et *S. rubellum*) de s'installer.

Toujours en moliniaie non pâturée, la dynamique inverse qui est observée, est celle de l'enrichissement trophique, permettant la mise en place de mégaphorbiaies ou de saulaies-boulaies (fi-

gure 3-5-6). Dans ce cas, la logique n'est pas binaire, les transitions entre les différents états sont progressifs, avec une fréquence des taxons de mégaphorbiaie qui diminue en s'éloignant de la source en nutriments. Il existe un ordre d'apparition des plantes, l'angélique des bois jouant un rôle pionnier, et pouvant de ce fait servir d'indicateur de composition. Pour le moment, il ne nous semble pas exister de modèle d'ordre d'apparition des taxons de mégaphorbiaie. Dans certains cas, la mégaphorbiaie ne s'exprime qu'à travers quelques taxons, car elle est vite remplacée par des roselières. Le tableau 3-5-1 présente la structure d'une série d'unités fonctionnelles dans une tourbière haute d'origine anthropique sur KTH en contexte alcalin (le Montoux, Brénod, Ain). On y observe de gauche à droite, la présence d'un Habitat 7110* typique et massif, une mosaïque des Habitats 7110* et 7120-moliniaie (moliniaie à sphaignes rouges), un 7120 typique non enrichi, un 7120 enrichi en taxons de mégaphorbiaie (moliniaie à carex) et une moliniaie alcaline qui n'est pas attribuable au 7120. On peut, à partir de cet exemple, proposer des pistes d'évaluation basée sur la présence (composition) ou sur la fréquence (structure) de taxons de la mégaphorbiaie, ou de la présence d'éléments de tourbière haute.

De manière synthétique, ces éléments peuvent être présentés suivant un modèle de fonctionnement simplifié (figure 3-5-7). On peut préciser que dans certaines conditions, le pâturage de moliniaies permet l'installation de communautés contenant un pourcentage de sphaignes rouges (*Sphagnum rubellum* et *S. capillifolium* surtout).

Les moliniaies sur KTH ne sont pas les seules unités à permettre l'installation des sphaignes rouges ou de la linaigrette engainante. Les callunaies ou vacciniaies le sont aussi, mais les études concernant ce type de milieu sont rares pour la France. On peut supposer que la colonisation des sphaignes rouges se réalise sur la base de l'absence de piétinement et de l'existence d'une fenêtre d'ombrotrophie, sachant que ces milieux sont dépourvus d'apports en nutriments. Les principes de l'évaluation pourront donc s'appuyer sur un modèle fonctionnel proche de celui des moliniaies, au moins en première approche. Une analyse fine des données générées dans les Vosges lors de ce travail pourrait peut-être permettre une approche spécifique aux callunaies ou vacciniaies relevant du 7120.

3.5.D.b. Critères ou indicateurs retenus

La composition floristique des moliniaies, éventuellement celle des callunaies ou des vacciniaies peut permettre un classement par potentiel d'accueil des sphaignes rouges servant d'indicateur de bon état, par exemple en considérant les indicateurs d'eutrophisation. Les proportions entre les différents types de moliniaies ou de callunaies ou de vacciniaies sur un complexe peuvent aussi servir d'indicateur, en s'appuyant

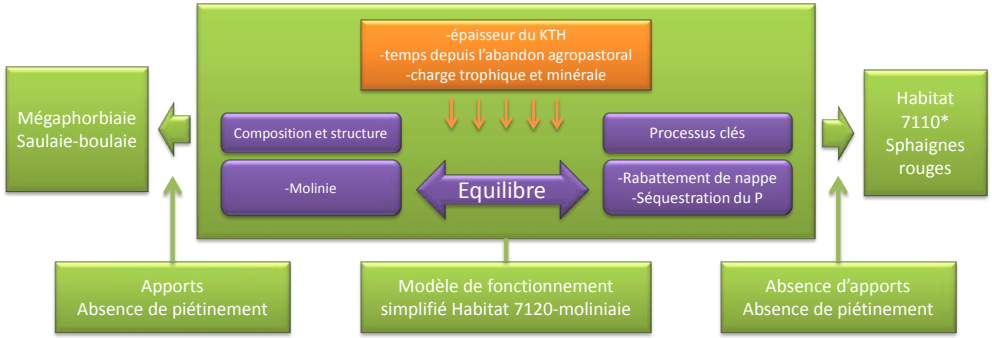


Figure 3-5-7: modèle de fonctionnement simplifié de l'Habitat 7120 sous forme de moliniaie.

sur les notions de zone potentielle et zone réalisée.

3.5.E - Principes d'évaluation de l'Habitat 7130 Tourbières de Couverture

Cet Habitat est suffisamment proche de la Tourbière Haute 7110* typique pour qu'il ne soit pas nécessaire de développer un protocole spécifique.

3.5.F - Principe d'évaluation de l'Habitat 7140 Tourbières de Transition et Tremblantes

Les tourbières tremblantes sont diversifiées, elles occupent des contextes variés, avec une donnée constante, une lame d'eau plus ou moins libre sous le sol. Puisque notre propos ne traite que des tourbières vosgiennes, seuls les types oligotrophes acides seront traités ici, ce qui réduit fortement la diversité et la complexité de traitement.

Une nouvelle fois, les données paléoécologiques et fonctionnelles sur ce type de milieux manquent pour la France, ce qui rend l'élaboration d'un modèle de fonctionnement difficile, en particulier parce que la variabilité des taux de ligneux hauts et de plantes relativement exigeantes en nutriments sur les tremblants ne sont pas connus. Pour ce qui est de l'actuel, trois pôles majeurs, présentés antérieurement, correspondent à l'Habitat dans les Vosges: groupes *Potentilla-Menyanthes*, *Carex lasiocarpa-Carex rostrata* et *Carex limosa-Scheuchzeria palustris* auxquels s'ajoutent de plus rares secteurs à *Sphagnum cuspidatum* et *Eriophorum vaginatum*.

Les données à notre disposition indiquent une partition des différents types en fonction du niveau trophique et minéral et la nature statique ou non de l'eau sous le tremblant. Dans les contextes de fosses de tourbage, les tremblants sont voués à la disparition, lorsque les sphaignes rouges (*Sphagnum magellanicum* et *S. rubellum*) s'installent, la tourbière tremblante est remplacée par la tourbière haute. Dans des contextes

lacustres, le remplacement des tremblants n'est pas systématique et peut être réalisé à travers des tourbières hautes ou des communautés boisées.

Ces faits compliquent toute démarche d'évaluation, car la notion de bon état de conservation pour des systèmes secondaires d'origine anthropique, réalisés au détriment de milieux naturels considérés comme d'intérêt patrimonial, est contradictoire. On peut même préciser qu'une des techniques de restauration des tourbières hautes passe par la mise en place de tremblants, l'Habitat cible est dans ce cas précédé d'un autre Habitat d'intérêt communautaire. Comment évaluer cet habitat transitoire dans ces cas?

En dehors de ces cas particuliers, la stabilité de l'Habitat, c'est à dire son temps d'existence dans une logique dynamique, est aussi un paramètre important à prendre en compte. Il est donc probable que l'évaluation ait à prendre en compte l'origine du tremblant, son degré de naturalité et de stabilité, de manière qualitative.

Le terme de «tourbières de transition» proposé dans le nom de l'Habitat, terme qui n'est pas approprié pour des raisons présentées antérieurement, montre la variabilité de stabilité de l'Habitat. Ceci laisse entrevoir d'importants problèmes théoriques de prise en compte d'état de conservation: comment «conserver» un Habitat transitoire, ayant vocation, dans certains cas, à permettre l'installation d'Habitats eux-aussi d'intérêt communautaire? Ceci dit, tous les tremblants n'ont pas vocation à être transitoires.

Le passage entre le tremblant et la tourbière haute est rapide, binaire, car les sphaignes rouges prennent une place significative en formant des coussins, des hautes ou des basses buttes. Le passage à des tremblants boisés ou des roselières est au contraire progressif et diffus, car ce passage est induit par une disponibilité en nutriments qui augmente de manière relativement homogène dans la masse d'eau sous tremblant (au contraire du processus d'enrichissement trophique des moliniaies menant à la mise en place de mégaphorbiaies).

Au final, ces propriétés imposent une approche propre aux tremblants, allant au-delà de celle axée sur un modèle CSP simplifié. Il va falloir ainsi à la fois travailler sur des indicateurs de composition et de structure reliés à des processus et, en complément, s'attacher à définir de manière qualitative la tenue de processus passés. La trajectoire du système doit donc être considérée sous forme d'analyse diachronique.

Le modèle CSP pouvant servir de base pour la définition de critères est présenté en figure 3-5-8. Il reprend les principaux thèmes abordés antérieurement et comporte, en plus, une notion de vitesse de sédimentation par rapport à la tranche d'eau libre, paramètre fondamental de stabilité de l'Habitat, puisqu'une fois la tranche d'eau comblée, l'Habitat disparaît de fait. Il comporte également une notion d'en-

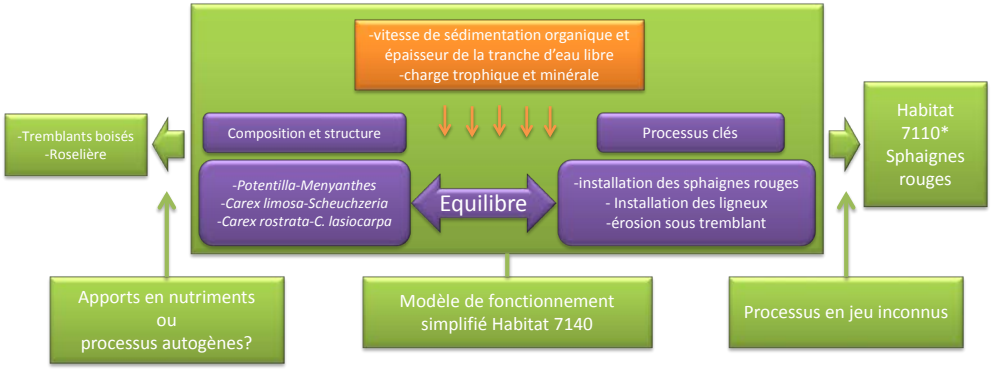


Figure 3-5-8: modèle de fonctionnement simplifié de l'Habitat 7140 Tourbières tremblantes.

richissement trophique autogène, résultant de processus de recyclage des nutriments permettant l'augmentation du stock, avec peu d'apports extérieurs.

Il est difficile de proposer des indicateurs d'enrichissement trophique autres que les nitratophiles classiques comme l'ortie, les grandes massettes ou que les ligneux hauts (en particulier les saules, les bouleaux, les aulnes, la bourdaine, etc.) car, suivant le contexte et le type de tremblant, beaucoup de taxons deviennent des indicateurs potentiels. On peut même considérer des espèces typiques d'un certain type de tremblants comme des indicateurs d'enrichissement trophique d'autres types de tremblants. Par exemple, *Carex rostrata* ou *C. lasiocarpa* sont probablement des indicateurs d'enrichissement des tremblants à *Carex limosa* et *Scheuchzeria palustris* ou de ceux à *Sphagnum cuspidatum* et *Eriophorum vaginatum*.

Au final, les notions de composition floristique des tremblants vont être difficilement corrélables à une notion d'état de conservation, car il est probable que la stabilité d'un tremblant soit moins dépendante de sa composition floristique que d'autres paramètres fonctionnels fortement ancrés dans le contexte local. La composition floristique apparait aussi fortement variable dans l'espace du tremblant, avec des secteurs différents suivant la proximité des marges, des écoulements sous-tremblant, etc.

Un paramètre relativement simple à évaluer est la surface tenue par le tremblant et la surface estimée potentielle sur laquelle il pourrait se tenir.

3.5.G - Principe d'évaluation de l'Habitat 7115 Dépressions sur substrats tourbeux du Rhynchosporion

Cet Habitat résulte de processus de perturbation des sols tourbeux ou sableux, sa stabilité est faible et sa conservation en tourbière requière le maintien d'un régime de perturbation d'Habitats d'intérêt communautaire. Autrement dit, en tourbière, favoriser le maintien de l'Habitat va à l'encontre de

la conservation d'autres.

Sa composition est très variable, bien que les taxons qui l'intègrent sur tourbe soient peu nombreux: *Rhynchospora alba*, *R. fusca*, *Lycopodiella inundata*, *Drosera intermedia*, *Sphagnum cuspidatum*, *S. tenellum*, *S. denticulatum*, différentes micro-hépatiques. Les limites entre la rhynchosporaie et les unités dans laquelle elle s'insère sont particulièrement floues; les transitions sont probablement lentes. De ce fait, la délimitation spatiale de l'Habitat est souvent arbitraire. Ce problème résulte de la diversité des unités induite par les processus érosifs, diversité qui n'est pas toujours reconnue, et encore moins étudiée.

Outre le Rhynchosporion, représenté par les espèces citées antérieurement, la tourbe acide mise à nue par des processus naturels ou anthropiques est colonisée par des carex (*Carex panicea*, *Carex nigra, Carex rostrata, Carex echinata*), la linaigrette à feuilles étroites (*Eriophorum angustifolium*), le trichophore (*Trichophorum cespitosum*), des joncs (*Juncus bulbosus*, *J. alpinoarticulatus*), des mousses *Warnstorfia fluitans*, *Sphagnum papillosum*, *S. rubellum*, *S. tenellum*, *S. subsecundum*, et des hépatiques (*Calypogeia* spp, *Cephalozia* spp., *Cephaloziella* spp., etc.). L'altitude est un des critères majeurs de limitation du Rhynchosporion, plus elle est élevée, moins les espèces du Rhynchosporion sont présentes relativement aux autres.

Vu son origine et sa diversité, les critères d'évaluation de l'état de conservation de l'Habitat ne peuvent pas dériver de sa composition ou de sa structure propre. Il est ainsi impossible de définir si un Rhynchosporion présentant les deux rhynchospores et le lycopode est dans un meilleur état qu'un autre présentant seulement un rhynchospore et le droséra intermédiaire. On peut éventuellement définir un degré de patrimonialité, mais cela n'a rien à voir avec les exigences de la Directive sur l'état de conservation (basée sur les structures et fonctions et les espèces typiques).

L'Habitat apparaît suite à une perturbation au sein d'un autre, il faut donc que cet autre soit pérenne pour garantir la pérennité du Rhynchosporion. Un critère de l'état de conservation est donc lié à l'existence d'une zone potentielle d'apparition. On peut aussi imaginer que le rapport entre les zones érodées de tous types et celle relevant du Rhynchosporion constitue un indicateur possible.

3.5.H - Principe d'évaluation de l'Habitat 91DO* : Tourbières boisées

Cet Habitat intègre des milieux différents, dont la connaissance reste partielle. Cette lacune de connaissance limite notre capacité d'élaboration de modèles de fonctionnement même simplifiés.

La première notion à prendre en compte est celle de la stabilité des Habitats. A priori, si on se base sur les dynamiques observées sur substrat minéral, les boulaies et les pineraies constituent des communautés pionnières, remplacées par d'autres de longue durée (dominées par les dryades comme l'épicéa et le sapin). En tourbière, tout est à réévaluer. Les données paléoécologiques montrent, par exemple, que les bouleaux peuvent se tenir dans un secteur pendant probablement des milliers d'années. On peut relier ça à la nature instable du sol de la tourbière turfigène, en constant renouvellement par ajout de tourbe. Au contraire, les sapinières ou les pessières périphériques des tourbières hautes semblent tenir tant que l'édifice à sphaignes rouges ne s'étend pas. Ainsi, on trouve des souches d'arbres en place en-dessous de la tourbe de haut-marais.

Ces quelques indications partielles sont en faveur d'une réserve d'application des logiques forestières traditionnellement considérées sur substrat minéral. Elles laissent présumer de l'intérêt à définir l'aire potentielle de l'Habitat, sur la base des contextes favorables à leur durée dans le temps, déduits des analyses paléoécologiques.

Les données paléoécologiques indiquent que des boulaies à sphaignes et à carex ont été remplacées par des tourbières hautes. On peut donc imaginer qu'une des possibilités de voir disparaitre ces boulaies est la mise en place d'un autre Habitat d'intérêt communautaire, sur des bases précises qui ne sont pas connues (origine de la mise en place, type d'émergence, etc.). Comme il est aussi possible que des taxons de tourbière haute fassent partie de la communauté de tourbière boisée, ce n'est pas sur la composition floristique qu'il va être possible de détecter une «dérive» de l'Habitat vers un autre et de l'interpréter comme un indicateur de bon état.

On peut extrapoler cette analyse aux autres types de tourbières boisées et aux autres thèmes fonctionnels. La composition floristique est, dans l'état des connaissances actuelles, l'outil de délimitation de l'Habitat, mais pas celui de la définition de son état par rapport à l'évaluation.

3.6 - Méthodologies utilisées dans le cadre de l'étude

La phase de collecte de données à été réalisée dans le cadre du diagnostic fonctionnel des écosystèmes tourbeux, plus précisément dans une forme allégée que nous nommons prédiagnostic fonctionnel. Le but de cette partie de document est de présenter le diagnostic fonctionnel dans sa démarche globale, et les protocoles mis en place dans le prédiagnostic appliqué à ce travail d'évaluation de l'état de conservation.

Depuis une vingtaine d'années, la notion d'«évaluation fonctionnelle» émerge au sein de la communauté scientifique internationale, elle trouve son équivalent en langue française dans la notion de «diagnostic fonctionnel». L'origine de l'évaluation ou du diagnostic fonctionnel tient dans l'exigence des acteurs de la conservation d'appuyer leur démarche sur des bases scientifiques, elle provient donc d'une demande sociétale et non d'une démarche de recherche. Ceci explique en partie l'augmentation des publications sur le sujet depuis le début des années 1990, dans le cadre de la conservation des services écosystémiques. La conceptualisation du diagnostic fonctionnel des tourbières est récente, nous appuyons notre démarche sur nos propres travaux car le sujet n'a pas encore été traité dans la littérature scientifique pour ce genre de zone humide.

3.6.A - Démarche globale

Notre démarche de diagnostic fonctionnel s'appuie sur une logique d'intégration de données de différents types qui peuvent être regroupés en trois pôles majeurs (figure 3-6-1): structure ; transferts ; diachronie. Le pôle «structure» (au sens large) s'attache à décrire la composition et la structure (au sens strict) des complexes et de leur zone de dépendance fonctionnelle. Il s'agit donc de définir les différents composants du système (la composition) et leur arrangement spatial (la structure au sens strict), ceci à différentes échelles, de l'unité fonctionnelle élémentaire au complexe lui-même. Ce pôle intègre, entre autres, la caractérisation du relief de la zone d'étude, incluant les épaisseurs de tourbe, et le réseau hydrographique, la caractérisation des unités écologiques, celle des sols, etc. En règle générale, les données inhérentes à ce pôle sont relativement simples à acquérir et à analyser, la difficulté majeure étant l'exploration de la troisième dimension, le sous-sol. Le pôle «transferts» concerne un ensemble de données propres aux processus d'échange de matière entre les différents compartiments du système et entre le système et l'extérieur. Les matières considérées sont principalement l'eau, les éléments minéraux (Ca et Mg), les éléments trophiques (N, P et K) et les particules minérales et organiques. Les processus en jeu montrent le plus souvent une variabilité spatiale et temporelle qui rend difficile la collecte et l'analyse des données. Toute démarche inhérente aux transferts doit donc s'appuyer sur une caractérisation fine des données de structure. Le dernier pôle correspond à l'analyse diachronique de la structure et des transferts, il correspond donc à la caractérisation des variations dans le temps des deux premiers pôles. Les données propres à ce volet sont de nature historique (photographies aériennes incluses) ou paléoenvironnementale (palynologie, macrorestes, etc.).

Un jeu de données partiel, par exemple une cartographie de végéta-

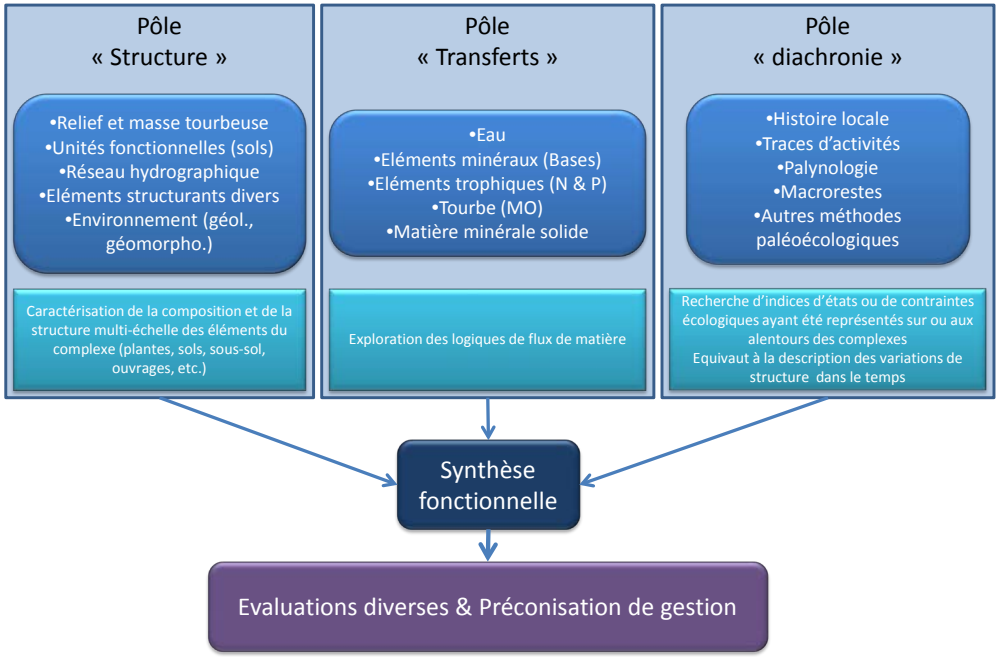


Figure 3-6-1: les 3 pôles du diagnostic avec les corps de données relatifs à chacun. Chacun des éléments des pôles, fait l'objet de protocoles clairement définis. La synthèse fonctionnelle et les évaluations et préconisations sont sensées faire aussi l'objet de protocoles stricts, mais ceux-ci sont encore peu développés des points de vue conceptuel et opérationnel.

tion seule, une étude des sols isolée, un suivi des niveaux d'eau non organisé sur une structure précise, ne permet, au mieux, que de rester flou quant-au fonctionnement d'une tourbière, au pire, de proposer un modèle erroné et des propositions de gestion allant à l'encontre de la conservation des écosystèmes cibles. La capacité d'interprétation du fonctionnement d'un complexe humide est, de fait, relative à un ensemble de données fonctionnelles diversifiées issues des plantes, des sols, de l'eau et des nutriments, prenant bien-évidemment en compte les usages anthropiques actuels et passés.

Mais collecter une série de données, même diversifiée, ne permet pas en soi de déterminer le fonctionnement d'un complexe. Il est nécessaire, pour cela, de comparer le jeu de données à des modèles de fonctionnement, modèles que nous nommons généraux, au regard du modèle local, celui qui émerge du jeu de données issues d'un site en particulier. La «synthèse fonctionnelle» réalisée sur la base des données de structure, de transferts et diachroniques (figure 3-6-1) est donc un acte qui nécessite une connaissance approfondie des modèles de fonctionnement généraux, sur des bases bibliographiques de la littérature scientifique classique ou sur celle de la littérature dite «grise». Malheureusement, les propositions de modèles de fonctionnement généraux sont rares, peu explicites. Le fonctionnement d'une tourbière est souvent considéré comme acquis, comme une forme de connaissance intrinsèque. Chacun sait comment fonctionne une tourbière, sans même avoir acquis cette connaissance sur une donnée bibliographique clairement identifiée comme un modèle de référence, il s'agit plutôt d'une sorte de synthèse diffuse des lectures qui ont été réalisées sur le sujet et dans la durée. Il n'y a pas de conceptualisation claire du sujet. Or, le fonctionnement des écosystèmes est complexe, la diversité fonctionnelle est grande : on ne parle de tourbière mais de tourbières, et même de complexes tourbeux, des systèmes associant différents types fonctionnels plus ou moins dépendants et plus ou moins imbriqués.

Dans le cadre de ce travail de prédiagnostic fonctionnel, les principales méthodes utilisées en termes de structure ont traits aux unités fonctionnelles, aux sols et aux tourbes, au relief, à la roches et aux formations superficielles. Il n'y a pas eu d'analyse des transferts. Les données diachroniques utilisées sont principalement des analyses des macrorestes des tourbes et des photographies aériennes.

3.6.B - Unités fonctionnelles

Dans la démarche de prédiagnostic, la cartographie des unités fonctionnelles à diverses échelles peut être réalisée, en particulier si le site n'est pas trop grand ou les photographies aériennes explicites. En général, les unités sont délimitées sur une base empirique, par observation directe, et cartographiées sur une analyse double: GPS et photographies aériennes. Suivant les sites et les données générées antérieurement, une cartographie des unités fonctionnelles enrichira l'analyse fonctionnelle.

Un autre volet descriptif en lien avec la composition des unités fonctionnelles a été réalisé sur une partie des sites. Il s'agit de profils de structure et de suivi. Le principe s'appuie sur un relevé simple et objectif de taxons végétaux vasculaires et bryophytiques (souvent l'espèce), présents une dizaine de cm de chaque côté d'un ruban pour chaque mètre d'un profil linéaire entre deux points. Le résultat est une matrice binaire absence-présence avec en abscisses la distance en m et en ordonnées les taxons. Les bornes de début et de fin du profil sont relevées au GPS de précision métrique.

3.6.C - Sols et tourbes

La caractérisation sur le terrain des tourbes et sédiments intercalés a diverses vocations. Elle permet souvent une première approche fonctionnelle à l'échelle du complexe.

Figure 3-6-2 : carottier russe.

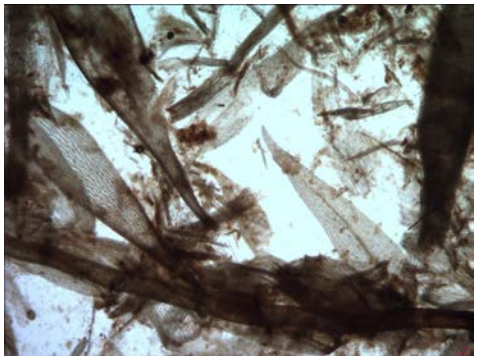


Figure 3-6-3: exemple de fibres dans une tourbe fibrique, des débris de mousses.

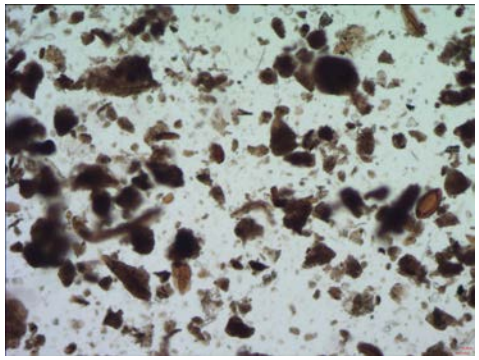


Figure 3-6-4: exemple de microagrégats, représentatif d'une tourbe saprique.

La caractérisation de terrain des tourbes et sédiments intercalés est basée sur une description de la couleur, de la texture et du contenu en éléments macroscopiques des différents horizons rencontrés dans les colonnes prélevées. L'outil utilisé pour le prélèvement est le carottier russe. Il s'agit d'un demi-cylindre métallique muni d'une lame qui permet d'extraire des demi-carottes de 5 cm de diamètre et d'une longueur de 50 cm (figure 3-6-2).

La restitution des résultats se réalise le plus souvent sous la forme de colonnes stratigraphiques synthétiques reprenant les éléments caractérisés.

Les tourbes, les histosols pour les pédologues, sont constituées d'horizons dits histiques. Ils se divisent en trois types, un type fibrique où les fibres végétales sont dominantes (figure 3-6-3), un type saprique, où les fibres sont absentes et où la matière organique est formée de fin débris qui tâchent les doigts, et un type mésique, qui contient les deux types à parts égales.

D'autres classifications s'appuient sur des notions de contenu en fibres et en microagégats (figure 3-6-4), ces derniers étant des amas de matière organique suffisamment dégradée pour que la structure originelle ne soit plus visible. Ils résultent soit d'une dégradation initiale, dans les parties superficielles du sol (l'épisolum humifère), soit d'une dégradation de la tourbe au cours du temps (sur toute la colonne de tourbe sous l'épisolum humifère).

3.6.D - Analyse des macrorestes

L'analyse des macrorestes vise à caractériser les communautés ayant édifié une tourbière. Il s'agit d'une action de connaissance permettant de mieux gérer les milieux en place, notamment en précisant «l'écart» fonctionnel entre les milieux passés, les milieux présents, et les milieux cibles dans les projets de restauration. La notion d'écart fonctionnel peut être illustrée par la notion de niche écologique des organismes vivants. Est-ce que les paramètres écologiques locaux sont compatibles avec les états antérieurs, ceux qui ont formé la tourbe? Les choisir comme cible en termes de gestion nécessite quels types d'action? Est-ce que les milieux présents aujourd'hui sur la tourbière sont pérennes, ou découlent-ils de processus transitoires, récents, induits par des changements dans les transferts hydrologiques, nutritifs, ou les usages? Loin d'être secondaires, ces questions permettent de répondre à des préoccupations majeures de gestion, en s'affranchissant de modèles généraux, peu argumentés du point de vue scientifique, pour définir avec une relative précision l'histoire réelle des sites, et proposer des modèles appliqués au site en question. La phase d'analyse des échantillons consiste en une identification des macrorestes présents suivie d'une quantification approximative.

3.6.E - Relief, géologie et géomorphologie

Les banques de données consultées sont principalement les données altimétriques du RGE Alti© de l'IGN, et des données de la BSS du BRGM (http://infoterre.brgm.fr/dossiers-sur-le-sous-sol-bss). Le MNT généré à partir des données altimétriques est issu d'un levé lidar restitué à l'échelle du mètre. Ces données ont été exploitées à travers les logiciels SAGAGIS et QGIS.

3.6.F - Synthèse

D'un point de vue méthodologique, aucun protocole spécifique ne correspond à cette phase de l'étude. La synthèse est basée sur une évaluation empirique des informations déterminantes issues d'une expérience personnelle. Cependant, le filtre d'analyse et l'organisation des résultats s'organisent autour de la notion de diagnostic présentée ci-dessus.

4 - Protocole d'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site Natura 2000

Les Habitats évalués ici ont été présentés d'un point de vue réglementaire et fonctionnel dans les pages précédentes. Les principes de leur évaluation ont également fait l'objet d'une analyse. Il s'agit maintenant de proposer un protocole d'évaluation pour chaque Habitat, avec une attention particulière à la prise en compte des échelles. Si l'objectif d'élaborer un protocole d'évaluation de l'état de conservation est clair, la question de s'appuyer sur une méthode pour atteindre cet objectif ne l'est pas.

4.1 - Les démarches d'évaluation pouvant servir d'exemple

Les rédacteurs des guides méthodologiques d'évaluation de l'état de conservation du Muséum national d'histoire naturelle ont choisi une démarche en cascade basée sur la série de questions suivante: quels sont les paramètres importants à prendre en compte pour l'état de conservation? Quels critères pour mettre en évidence ces paramètres? Quels indicateurs pour mesurer ces critères? Quelles informations sont réellement portées par ces indicateurs? Quel est l'état favorable pour ces indicateurs? (Maciejewski *et al*., 2013). Si les notions clés de structure et de fonctions sont considérées par les auteurs, leur lien avec les indicateurs choisis n'est pas clairement explicité. Ainsi, la façon dont les critères seraient issus d'une analyse de modèles de fonctionnement des Habitats évalués, basés sur des notions de structure et de fonctions n'est pas claire. Leur considération de la surface de l'Habitat <u>et</u> de sa structure dans deux champs différents du diagnostic est incohérente, puisque la surface (ou la répartition spatiale) est un paramètre fondamental de la structure d'un objet. Pour finir, on peut préciser que les protocoles ayant mené aux méthodes d'évaluation des guides existants sont basés sur une démarche d'analyse de donnés de terrain, avec l'espoir de voir émerger des critères pertinents. L'analyse préliminaire des structure et processus ou la proposition de modèle de fonctionnement est peu prise en compte. De notre côté, nous considérons que l'écologie des écosystèmes est une science suffisamment avancée et performante pour servir de base à la définition d'un protocole. L'élaboration d'une méthode peut donc s'appuyer sur des connaissances scientifiques et non sur une analyse empirique de données de terrain dont la nature est décidée à l'amont, de manière arbitraire.

4.2 - Démarche proposée pour ce travail

Comme on l'a vu dans les chapitres précédents, notre démarche, à l'inverse, tient d'abord sur ces modèles de fonctionnement axés sur des notions de composition, de structure et de processus. Elle tient aussi sur une distinction entre démarche d'acquisition de données et démarche d'évaluation. En effet, il paraît efficient de pouvoir s'appuyer sur des données à usages multiples plutôt que de collecter de la donnée spécifique. Autrement dit, le protocole sera meilleur si les données qu'il utilise ou génère peuvent être utilisées pour le diagnostic fonctionnel ou le suivi des écosystèmes dans lesquels s'intègrent les Habitats. A terme, il serait bon d'intégrer de manière parfaite l'évaluation de l'état de conservation au diagnostic fonctionnel. Ceci est tout à fait logique, puisque dans l'esprit de la directive, la composition, la structure et les processus sont les bases de l'évaluation, comme elles le sont pour le diagnostic fonctionnel.

Au final, nous considérerons le protocole d'évaluation de l'état de conservation comme une analyse spécifique des données du diagnostic fonctionnel, et non comme une démarche propre, déconnectée. En ce sens, on peut rappeler ici la définition générale du terme diagnostic: «ensemble de mesures, de contrôles faits pour déterminer ou vérifier les caractéristiques techniques d'un

système à des fins de maintenance ou d'amélioration. (Exemple: diagnostic d'un véhicule, diagnostic thermique d'un bâtiment.).»(http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/diagnostic/25154). La vérification des caractéristiques d'un objet va servir tout aussi bien à la définition de son état qu'à celle des actions à réaliser pour sa maintenance. Autrement dit, l'évaluation de l'état de conservation n'est qu'une des évaluations et recommandations à mener dans le cadre du diagnostic fonctionnel (figure 4-0-1). Son originalité tient dans le fait qu'elle ne s'appuiera pas sur une interprétation préalable des données, comme le sont les recommandations de gestion, par exemple, mais en grande partie, directement sur les données.

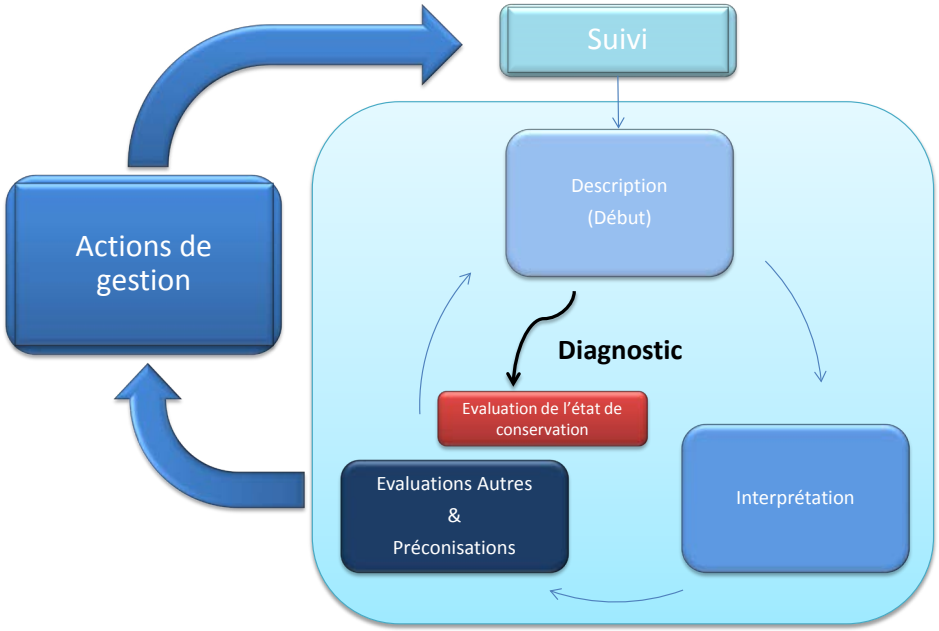


Figure 4-0-1: intégration de l'évaluation de l'état de conservation dans le diagnostic fonctionnel.

4.2.A - Les grands types de données utilisables

Avant de détailler un protocole spécifique pour chaque Habitat, il est possible de présenter les grands types de données pouvant servir à l'évaluation (tableau 4-2-1).

Une définition fine du type d'Habitat est requise, car suivant les cas, les structures et fonctions nécessaires au maintien de l'Habitat varient.

La structure de l'Habitat à évaluer et des unités fonctionnelles qui lui sont liées par la dynamique des écosystèmes est importante à définir. Cela peut être réalisé sur la base d'une cartographie des Habitats, dans le cas les plus fréquents, et sur une analyse des mosaïques pour des cas particuliers comme les Habitats 7110* et 7120, par exemple à travers des profils de structure et de suivi (outil détaillé plus loin).

Le contexte géomorphologique et anthropique est une autre information déterminante. Elle n'a pas à être exhaustive mais doit s'attacher à extraire des données du diagnostic des «marqueurs» d'états spécifiques, comme la présence de l'Habitat 7110* en fosse de tourbage, ou sur de fortes pentes. Ces données serviront surtout à préciser le type de système écologique dans lequel l'Habitat s'intègre.

Le dernier grand corps de données à utiliser, en tourbière, est d'ordre pédologique, toujours pour préciser le contexte dans lequel s'intègre l'Habitat, mais aussi pour mieux évaluer sa dynamique potentielle.

Les données requises et les protocoles pour les transcrire en évaluation de l'état de conservation vont maintenant être présentées pour chaque Habitat.

4.2.B - Notions de complexe et de métacomplexe: pour délimiter les zones d'étude

Le complexe tourbeux est l'unité

Type données	Exemples/précisions	Habitats
Composition de l'Habitat	Buttes (replats) à S. capillifolium Buttes (replats) à S. fuscum Replats (buttes) à S. magellanicum/rubellum Gazon à E. vaginatum	Tous (7110*, 7130, 7120 7140, 7115, 91DO*)
Structure de l'Habitat à l'échelle de l'unité dans laquelle il s'intègre (mosaïque)	Mesures via les profils de structure et de suivi	Surtout 7110*, 7130, 7120
Structure de l'Habitat à l'échelle du complexe	Cartographie multi-échelles	Tous
Structure des Habitats en lien fonctionnel direct avec l'Habitat évalué à l'échelle des mosaïques et du complexe	Cartographie multi-échelles	Tous
Contexte géomorphologique et anthropique	Bord de lac Pente forte Fosse d'extraction etc.	Tous
Analyse pédologique	Présence tourbe Présence KTH Type de tourbe sous KTH	7110*, 7130, 7120, 91DO*

Tableau 4-2-1: les principaux types de données théoriquement acquises lors du diagnostic et qui serviront à l'évaluation.

fonctionnelle qui englobe l'ensemble des communautés turfigènes et celles situées sur de la tourbe, qu'elles soient turfigènes ou non. Ce complexe s'insère dans un contexte dit minéral, pour décrire la nature de ces sols, minéraux, en opposition aux sols tourbeux dits aussi organiques. Le complexe constitue une unité fonctionnelle et donc une unité de gestion, pratique à considérer tant du point de vue théorique qu'opérationnel.

La notion de méta-complexes permet de prendre en compte les secteurs riches en petits complexes tourbeux regroupés au sein d'une entité géomorphologique et anthropique homogène comme une tête de bassin, un tronçons de rivière, un petit plateau ou un versant. Cette notion implique une homogénéité des usages à l'échelle de l'entité géomorphologique. Ce qui n'exclut pas une diversité des usages (zones boisées, zones pâturées, zones non pâturées), pourvue que cette diversité soient appliquée sur l'ensemble de l'entité géomorphologique.

L'exemple le plus édifiant de la notion de métacomplexe dans les Vosges est celui du gazon du Faing (figure 4-2-1).

Deux autres exemples de métacomplexes sont présentés en figures 4-2-2 et 4-2-3.

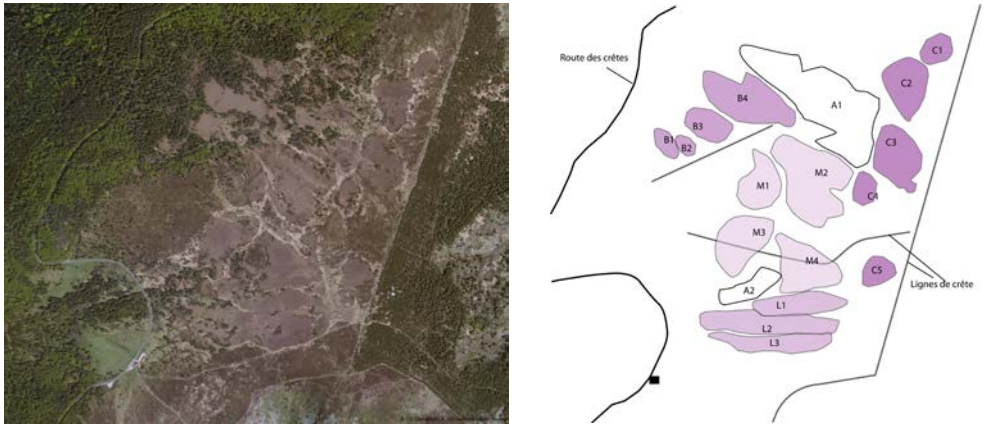


Figure 4-2-1: métacomplexe du gazon du Faing (Vosges), délimitation des complexes à droite (Goubet, 2007). (fond aérien Bing).

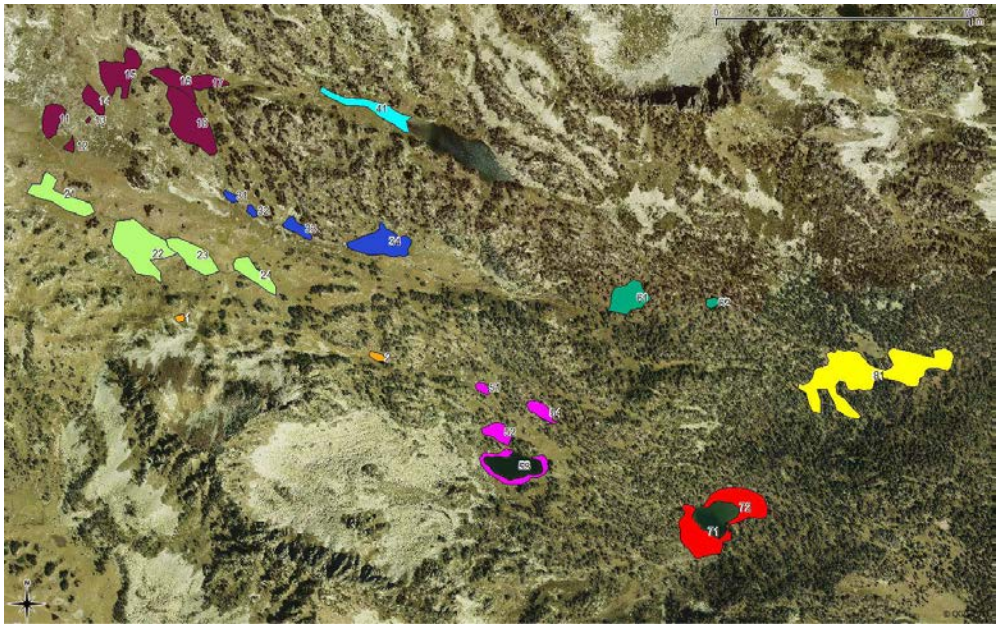


Figure 4-2-2: le métacomplexe tourbeux du vallon d'Estibère dans les Hautes-Pyrénées. Chaque couleur représente une sous-unité du métacomplexe représentée par un ou plusieurs complexes signalés par des numéros.

Figure 4-2-3: le métacomplexe tourbeux grande Seigne-seigne Juan à Passofontaine (Doubs). (fond aérien Bing).

4.3 - 7110* : Tourbières hautes actives «typiques»

La notion d'Habitat 7110* sous la forme typique se conçoit à trois niveaux (échelles). Le niveau supérieur, celui de l'écosystème naturel, tient plus du modèle théorique que de la réalité, pour la France au moins. Il ne sera pas pris en compte ici. Les niveaux intermédiaire (les mosaïques le plus souvent) et élémentaire (les buttes et replats individuels) seront donc la base de l'évaluation.

4.3.A - Approche floristique: typologie des unités fonctionnelles élémentaires

Le terme d'«unité fonctionnelle» n'est pas d'usage courant en dehors de certaines spécialités scientifiques comme l'écologie des écosystèmes alluviaux ou celle des zones humides. Elle est cependant à la fois intrinsèquement induite par la nature auto-organisée et hiérarchisée des écosystèmes et pratique à utiliser. En tourbières, cette notion est incontournable. Elle est prise en compte dans la typologie Corine Biotopes (figure 4-3-1) et dans sa version actualisée EUNIS habitat. Bien que cette typologie soit de loin la plus pertinente pour l'analyse fonctionnelle des tourbières, elle est perfectible et pourrait être modifiée pour mieux rendre compte de l'état des tourbières en France.

Dans le cadre de notre démarche d'évaluation de l'état de conservation des Habitats des Hautes-Vosges, il est seulement nécessaire de présenter les différentes unités fonctionnelles élémentaires (UFE) à prendre en compte. La notion d'UFE, bien que complexe à décrire, est simple à appréhender: elle correspond en l'occurrence aux entités Corine les plus précises, codées 51.111x et 51.113x comme les buttes à *Sphagnum fuscum*, celle à *S. capillifolium*, etc. Il serait aussi possible de proposer des UFE ayant des codes de type 51.112x, 51.114x, etc. Ces unités fonctionnelles sont irréductibles, sur le terrain, elles se composent d'individus appartenant à des espèces de plantes et aussi à une portion de sol.

Les unités fonctionnelles élémentaires s'organisent en unités d'ordre supérieur, par exemple des mosaïques, elles même organisées en unités plus complexes. On peut ainsi définir cinq niveaux pratiques d'organisation: l'UFE, regroupée en UFI, unités fonctionnelles intermédiaires, UFM, unités fonctionnelles majeures, formant un complexe, et éventuellement un méta-complexe. Pour certaines UF, les niveaux se confondent. Ainsi, une moliniaie peut-être à la fois une UFE, une UFI, une UFM et un complexe, suivant les circonstances. L'organisation des UF peut être très complexe, comme le montre l'exemple d'une tourbière finlandaise présenté en encart. La structuration de la typologie Corine n'est pas du même ordre, elle se base sur la notion de groupe fonctionnel, en regroupant sous un intitulé unique des UF proches du point de vue des processus majeurs qui les caractérisent. Par exemple les buttes à sphaignes colorées (51.111) intègrent des UFE turfigènes, relativement peu humides, souvent de position topographique haute. On peut ainsi regrouper les UFE de tourbières hautes en buttes à sphaignes colorées (51.111), basses buttes et pelouses à sphaignes vertes (51.112), buttes à buissons nains (51.113), etc. Sur le terrain, les regroupement se réalisent différemment, les buttes à *Sphagnum magellanicum* (en fait il s'agit plus souvent de replats) peuvent s'organiser en mosaïque avec des buttes à *S. capillifolium* et des replats à sphaignes vertes, mosaïque coupée en plusieurs parties

51 - Tourbières hautes

51.1 -Tourbières hautes à peu près naturelles
- 51.11 - Buttes, bourrelets et pelouses tourbeuses
  - 51.111 - Buttes de Sphaignes colorées (bulten)
    - 51.1111 - Buttes de Sphagnum magellanicum
    - 51.1112 - Buttes de Sphagnum fuscum
    - 51.1113 - Couronnes de buttes à Sphagnum rubellum
    - 51.1114 - Buttes de Sphagnum rubellum
    - 51.1115 - Buttes de Sphagnum imbricatum
    - 51.1116 - Buttes de Sphagnum papillosum
    - 51.1117 - Buttes de Sphagnum capillifolium
  - 51.112 - Bases des buttes et pelouses de Sphaignes vertes
  - 51.113 - Buttes à buissons nains
    - 51.1131 - Buttes à buissons de Callune prostrée
    - 51.1132 - Buttes à buissons de Bruyère tétragone
    - 51.1133 - Buttes à buissons de Camarine
    - 51.1134 - Buttes à buissons de Vaccinium
    - 51.1136 - Buttes à buissons de Myrte des marais (ou piment royal)
  - 51.114 - Communautés de tourbières bombées à Trichophorum cespitosum
  - 51.115 - Tourbières bombées à Erica et Sphagnum
- 51.12 - Tourbières basses (Schlenken)
  - 51.121 - Chenaux, cuvettes profondes
  - 51.122 - Chenaux superficiels, cuvettes peu profondes
- 51.13 -Mares de tourbières
  - 51.131 - Dépressions tourbeuses (Kolk)
  - 51.132 - Autres mares de tourbières
- 51.14 -Suintements et rigoles de tourbières
  - 51.141 - Tourbières à Narthecium
  - 51.142 - Rigoles à Myrte des marais
  - 51.143 - Autres communautés des rigoles et chenaux de tourbières
- 51.15 - Garnitures de bordure (lagg)
- 51.16 - Pré-bois tourbeux

51.2 - Tourbières à Molinie bleue

Figure 4-3-1: Structuration hiérarchique des tourbières hautes dans la typologie Corine Biotope.

par des chenaux de tourbières à molinie bleue, formant ainsi une structure complexe.

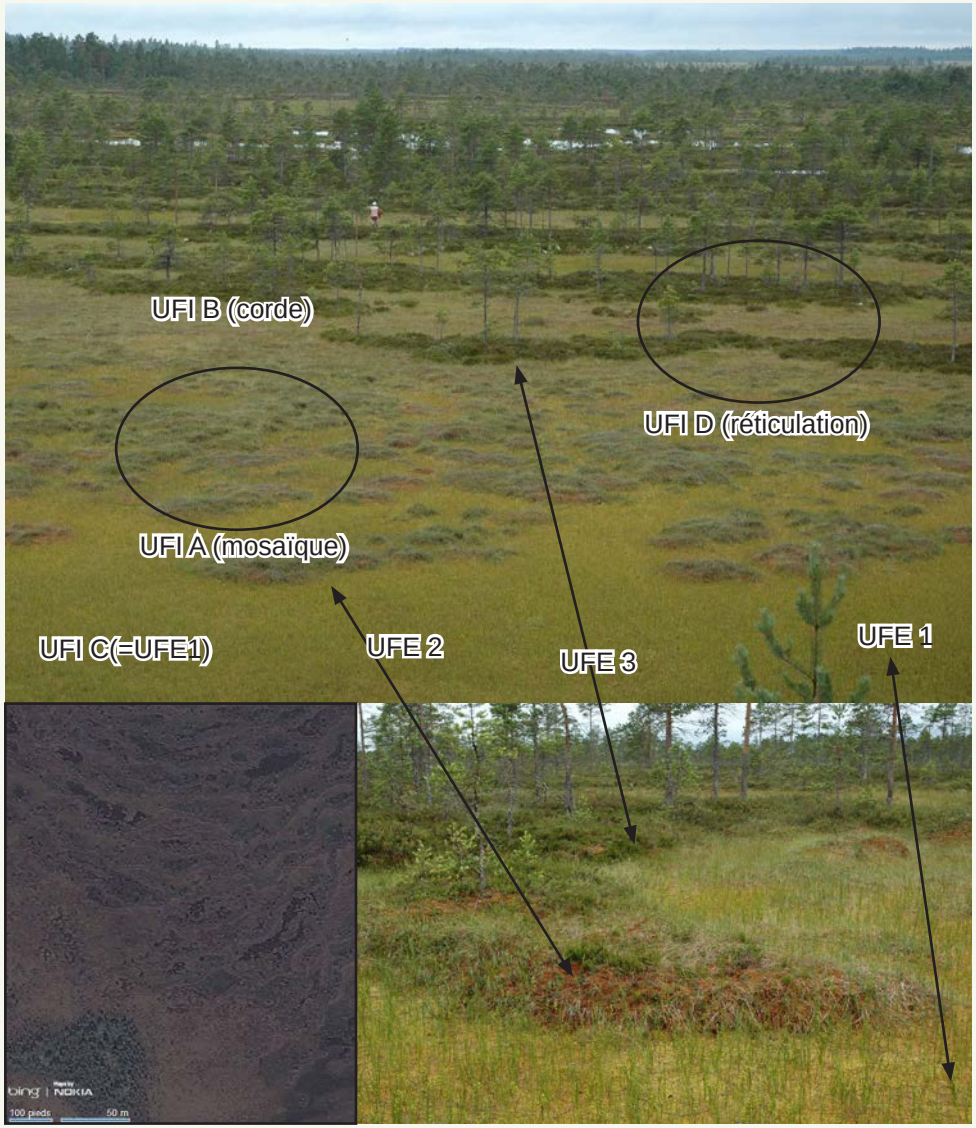
L'identification de terrain des UFE ne nécessite pas de description floristique poussée, comme on peut l'imaginer à la lecture des intitulés Corine. L'habitude suffit à identifier rapidement les UFE présentes, en première approche tout au moins. Bien-sûr, certains sites hébergent des UFE originales, dans ces cas, une analyse fine est requise.

Pour l'Habitat 7110*, les UFE les plus fréquentes dans les Hautes-Vosges sont: les buttes (replats) à *S. capillifolium*, les buttes (replats) à *S. fuscum*, les replats (buttes) à *S. magellanicum* et *S. rubellum* qui peuvent dans certains cas se rencontrer sans l'une ou l'autre des deux espèces de sphaignes, les gazons à linaigrette engainante. Les replats à *S. angustifolium* relèvent aussi probablement de l'Habitat, mais ils sont rares. Nous proposons donc de travailler à partir de la correspondance formelle entre ces UFE et l'Habitat 7110*. Les buttes à *S. papillosum* ne sont pas considérées comme relevant de l'Habitat. L'espèce n'est qu'exceptionnellement rencontrée dans les profils paléoécologiques, sauf en surface et à la base. *S. imbricatum* est un nom qui correspond à une espèce poussant en bas-marais (*S. affine*) et une espèce de haut-marais connue en France par deux

Emboîtement des unités fonctionnelles : exemple d'une tourbière finlandaise

Ces photographies d'une tourbière finlandaise permettent d'observer une structure de tourbière peu perturbée. Un personnage donne l'échelle au centre de la photographie. La photo en bas à gauche montre la tourbière en vue aérienne. Trois unités fonctionnelles élémentaires sont présentes et assez bien délimitées, les limites sont très nettes entre l'UFE 1 (tremblant à scheuchzérie et sphaignes vertes) et l'UFE 2 (buttes à sphaignes rouges et callune). Ces trois UFE s'arrangent entre elles pour former quatre unités fonctionnelles d'ordre supérieur, que l'on peut intituler unité fonctionnelle intermédiaire (UFI). UFI A correspond à une mosaïque classique de type matrice-taches (UFE1-UFE2 soit dépressions à scheuchzérie - buttes à sphaignes rouges). L'UFI B découle de l'allongement en corde d'une UFE3 correspondant à des buttes à éricacées et pins. L'UFI C correspond à une agrégation massive de l'UFE1. Enfin, l'UFI D correspond à une structure réticulée qui reprend l'ensemble de UFE.

Cet exemple montre la complexité structurale qui peut émerger de manière naturelle à partir de systèmes écologiques simples.



ou trois buttes (vivant) et un édifice de tourbe (paléo) en Bretagne (*S. austinii*).

Il peut paraître exagéré de prendre en compte de manière exclusive les espèces turfigènes ingénieures, en négligeant le rôle des UFE accompagnatrices, comme celles de dépressions. Cependant, les données paléoécologiques indiquent que la contribution des UFE accompagnatrices est négligeable, on peut même dire indétectable dans la plupart des cas. En effet, la plupart des édifices tourbeux de hauts-marais semblent avoir été construits par des systèmes relativement homogènes, en tout cas à mosaïque non apparente.

Une fois définies les unités en jeu, il est nécessaire de définir leur structure à l'échelle des mosaïques et au-delà.

4.3.B - Structure de l'Habitat

L'Habitat 7110*, donc les unités fonctionnelles citées antérieurement, s'intègre généralement de manière complexe au sein de tourbières de différentes tailles. La cartographie de l'Habitat doit prendre en compte la nature des buttes et replats à sphaignes rouges et marron, insérés au sein de mosaïques complexes. L'idéal est de réserver la notion de secteurs à sphaignes rouges ou marron là où elles sont largement dominantes, couvrant 80-100% de la surface, et d'utiliser la notion de mosaïque à sphaignes rouges dans les autres cas. Il nous parait important de délimiter avec rigueur les secteurs de tourbières hautes, pour permettre une évaluation pertinente et un suivi efficace. La nature mosaïquée d'une partie des secteurs de tourbières hautes induit, ou même impose, une description détaillée des unités fonctionnelles, sous forme qualitative ou quantitative. Cette étape est difficile et aucun protocole ne semble avoir été proposé pour le moment.

Souvent, l'Habitat 7110* s'intègre en taches dans un fond relevant du 7120 sous forme de moliniaie ou de callunaie. La répartition des éléments du 7110* est rarement homogène. Par exemple, on observe des concentrations locales de buttes et replats de différentes formes (massives circulaires, ovales ou linéaires), passant progressivement à de la moliniaie pure (figure 4-3-2). Le tableau 3-5-1 présente sous forme de profil de structure et de suivi un arrangement spatial comparable. La description de telles structures nécessite une première démarche à l'échelle du «noyau» de mosaïque, une deuxième à l'échelle des transitions entre les noyaux de mosaïque et la moliniaie pure, et une troisième à l'échelle du complexe ou du moins de l'unité dans laquelle s'intègre la moliniaie, pour décrire comment s'organisent les noyaux et les transitions. L'analyse des transitions pourrait paraître facultative, mais il est fort probable que les changements les plus marquants, les plus rapides, s'effectuent dans ces transitions. Ne pas les considérer peut ainsi compliquer l'évaluation de la dynamique, en fonction ou non de la gestion.

Pour résumer, l'analyse cartographique de l'Habitat 7110* doit donc porter sur: (1) la surface occupée par l'Habitat «pur» et (2) la surface occupée par l'Habitat en mosaïque. Il faut aussi considérer la surface occupée par l'Habitat 7120 qui constitue, en théorie au moins, une zone de colonisation potentielle à court terme.

Figure 4-3-2: exemple de structure complexe avec moliniaie pure relevant du 7120 (en clair) et mosaïques de moliniaie et de buttes à sphaignes rouges marquée par la callune, en marron sur la photo. Complexe de Bourdouze est, Compains, Puy-de-Dôme. Fond photo Bing.com.

4.3.C - Analyse pédologique

La phase typologique s'appuie sur des données floristiques, à travers la présence de quelques UFE, elle s'appuie aussi sur des données pédologiques, sur base de l'existence ou non d'un kultureller Trockenhorizont (KTH), du type de tourbe sous cet horizon, parmi quelques grands types et de la surface originale du complexe de tourbière haute.

Cette phase implique donc la mise en œuvre d'une campagne pédologique simple visant à vérifier les caractéristique du sol sur une épaisseur de 1 à 1,5m, éventuellement complétée par une campagne de sondage à la perche visant à estimer l'épaisseur de tourbe sur la surface du complexe originel supposé. Les grands type de tourbe pouvant être aisément décrits avec un peu d'expérience sont les tourbes à sphaignes de tourbières hautes, les tourbes à carex, les tourbes à phragmites et les tourbes à bois. Il est parfois impossible de définir sur le terrain le type de tourbe présente, même pour un spécialiste. Cependant, il est aisé de prélever un échantillon de sol et de le vérifier sous matériel optique ou de

le faire vérifier par un spécialiste. La présence d'un KTH est relativement simple à définir, et là aussi, la possibilité de faire appel à l'avis d'un spécialiste à travers l'envoi d'une photographie est simple à réaliser.

4.3.D - Complément typologique du contexte

La nature du contexte dans lequel l'Habitat s'insère est important en terme d'état de conservation, en particulier pour définir son origine, anthropique ou non, son caractère continu dans les temps passés, etc.

La diversité des contextes est probablement très importante, mais l'expérience montre que seulement quelques grands types représentent une forte proportion de l'existant. Il s'agit en particulier de définir si l'Habitat se tient dans une ancienne fosse de tourbage, sur une forte pente, sur les marges moyennement pentues au bord d'un lac, etc.

4.3.E - Approche synthétique, protocole

Les guides méthodologiques du MNHN s'appuient sur une démarche d'évaluation semi-quantitative, suivant une note de 0 à 100, décrivant trois états: dégradé, altéré, favorable. La note finale découle de la somme de points donnés à divers indicateurs. L'ensemble des seuils au sein de chaque indicateur et des pondérations entre les différents indicateurs est, semble-t-il, réalisé à dire d'expert, et donc tout à fait qualitatif.

Clé d'évaluation de l'Habitat 7110* (HM: haut-marais, unité fonctionnelle)

1a-Habitat uniquement observé dans des fosses de tourbage et au bord (hors grands fonds d'exploitation latéraux)

2a-Fosse éloignée du comblement (eau libre partiellement comblée, sol tremblant)

►***7110* de restauration à stabilité possible***..... Etat altéré

2-Fosse proche du comblement ou comblée

3a-Habitat débordant de la fosse

►***7110* de restauration à stabilité probable***..... Etat favorable

3b-Habitat ne débordant pas de la fosse, mais couvrant une bonne partie de celle-ci

►***7110* de restauration à stabilité possible***..... Etat altéré

3c-Habitats autres que 7110*, 7120 et 7140 couvrant plus de 20% de la fosse

►***7110* de restauration à stabilité faible***..... Etat dégradé

1b-Habitat hors fosse de tourbage

4a-Données pédologiques disponibles

5a-KTH présent

6a-Tourbe sous KTH à sphaignes rouges ou marron

7a-Complexe apparemment topographiquement intègre ou peu perturbé

8a-Habitat couvrant plus de 80% des secteurs à tourbe de haut-marais

►***HM perturbé en surface en voie de régénération à stabilité probable***... Etat favorable

8b-Habitat couvrant moins de 80% des secteurs de tourbe de haut-marais

►***HM perturbé en surface en voie de régénération possible***..... Etat altéré

7b-Complexe ayant été drainé ou exploité, même aux marges

9a-Habitat couvrant plus de 80% des secteurs à tourbe de haut-marais

►***HM fortement perturbé en voie de régénération à stabilité probable***.... Etat favorable

9b-Habitat couvrant moins de 80% des secteurs de tourbe de haut-marais

►***HM fortement perturbé en voie de régénération à stabilité possible***..... Etat dégradé

6b-Tourbe sous KTH différente (tourbière haute d'origine anthropique récente)

10a-Habitat couvrant plus de 80% du secteur potentiel

►***7110* d'origine anthropique récente à stabilité probable***..... Etat favorable

Pour des raisons qui seront expliquées au fur et à mesure de la présentation de notre protocole, nous ne nous baserons pas sur une approche comparable, même si au final, le système de notation converge.

Qualitative, masquée par une formule chiffrée, ou clairement qualitative? Notre approche est clairement qualitative, avec des critères choisis, comme certains pourcentages. Elle se base sur la définition d'un ensemble de critères clairement pondérés, le plus souvent de nature binaire (ou booléenne). Pour simplifier la démarche et la rendre transparente, mettant en exergue les points cruciaux qui déterminent l'état de conservation d'un Habitat, nous proposons une évaluation à travers une clé dichotomique. La nature de l'Habitat 7110*, d'état alternatif, simplifie la démarche en excluant les notions de composition et de structure interne de l'évaluation. L'état de l'Habitat dépend en premier lieu de sa répartition spatiale vis-à-vis de la tourbière originelle, et de la nature de cette tourbière.

L'état de référence pour l'Habitat 7110* est connu, il s'agit de haut-marais non ou peu perturbés, encore occupés par des communautés de tourbières hautes (dichotomie 13). Ces tourbières pourraient encore exister dans le Massif central (Bois-Noirs).

Si l'Habitat se tient dans une fosse de tourbage ou sur ces bords, rien n'indique qu'une fois la fosse comblée, il puisse se maintenir. L'état favorable n'est donc retenu que pour les fosses comblées qui montrent que l'Habitat s'étend au delà de la dépression anthropique (dichotomies 1 à 3).

10b-Habitat couvrant moins de 80% du secteur potentiel

►***7110* d'origine anthropique récente à stabilité possible*** ..... Etat altéré

5b-KTH absent ou peu perceptible

11a-Tourbe de subsurface à sphaignes rouges ou marron (tourbière haute de longue continuité écologique)

12a-Habitat couvrant plus de 80% du complexe

13a-Complexe apparemment topographiquement intègre ou peu perturbé

►***HM de longue continuité écologique peu perturbée*** ..... Etat optimal

13b-Complexe ayant été drainé ou exploité, même aux marges

►***HM de longue continuité écologique perturbée*** ..... Etat favorable

12b-Habitat couvrant moins de 80% du complexe

14a-Reste du complexe (80% et plus) relevant du 7120

►***HM de longue continuité perturbé à fort potentiel de restauration*** ..... Etat altéré

14b-Reste du complexe (80% et plus) ne relevant pas de 7120

►***HM de longue continuité écologique perturbé*** ..... Etat dégradé

11b-Tourbe de subsurface à tourbe différente

15a-Habitat couvrant plus de 80% du complexe

►***7110* d'émergence récente probablement naturelle*** ..... Etat favorable

15b-Habitat couvrant moins de 80% du complexe

►***7110* d'émergence récente à réévaluer dans le futur*** ..... Non défini

4b-Données pédologiques non disponibles

16a-Habitat couvrant plus de 80% du complexe tel qu'il est supposé s'étendre

►***HM ou 7110* d'origine inconnue*** ..... Etat favorable

16b-Habitat couvrant moins de 80% du complexe tel qu'il est supposé s'étendre*

►***HM ou 7110* d'origine inconnue à diagnostiquer pour évaluation*** ..... Non défini

Hors fosse de tourbage, l'origine du complexe originel est un critère important si on parle d'état de conservation, en particulier si on se réfère à des notions de résilience. Un haut-marais perturbé occupé par une communauté du 7110* peut être considéré comme un système résilient, de naturalité relativement forte, comparé à des tourbières à l'origine autres que des hauts-marais qui se voient coloniser par des communautés du 7110* à cause d'une perturbation anthropique ayant généré un KTH.

La données pédologique ayant une forte incidence sur la nature de la tour-

bière dans laquelle s'intègre l'Habitat, la clé présente une dichotomie majeure (4) entre complexe au sol étudié et complexe non caractérisé d'un point de vue historique, sachant que l'Habitat est de toute façon considéré en état favorable s'il couvre au moins 80% de la surface potentielle d'extension. Le seuil de 80% est arbitraire. L'idéal serait de faire intervenir des notions de compacité de l'Habitat, avec une incidence possible de la stabilité des unités turfigènes en fonction de leur forme en grande masse compacte plutôt qu'en îlots de petite ou moyenne taille.

Clé d'évaluation de l'Habitat 7120 (THD: tourbières hautes dégradées...)

1a-Surface originelle de l'Habitat altérée par des aménagement humains (dépôts, chemins, plantations, etc.)

2a-surface altérée supérieure à 20%

► ***THD dégradée par des perturbations anthropiques récentes.....*** Etat dégradé

2b-surface altérée inférieure à 20%

► ***THD peu dégradée par des perturbations anthropiques récentes.....*** Etat altéré

1b- surface originelle de l'Habitat non altérée par des aménagement humains

3a-Habitat ne montrant pas de colonisation d'espèces des mégaphorbiaies ou forestières (à l'exception du pin sylvestre) sur 80% de sa surface potentielle

► ***THD dans un état favorable à son maintien ou à l'émergence des communautés de tourbières hautes.....*** Etat favorable

3b-Habitat montrant ces espèces sur plus de 20% de sa surface.

► ***THD dans un état incertain à son maintien ou à l'émergence des communautés de tourbières hautes.....*** Etat altéré

4.4 - 7120 : Tourbières hautes dégradées susceptibles de régénération naturelle

Le bon état de conservation de l'Habitat 7120 est relatif à sa capacité à laisser émerger les unités du 7110*, c'est à dire à ne montrer ni de phénomène d'eutrophisation, ni de colonisation ligneuse dense. Il faut également prendre en compte les notions d'impact direct sur le milieu, d'activités anthropiques récentes comme les dépôts, les chemins, les plantations. L'habitat 7120 ne répond pas à la logique des états alternatifs, ses modalités d'évaluation doivent en tenir compte.

Eutrophisation et colonisation ligneuse sont deux processus complexes car graduels et spatialement hétérogènes. L'évaluation parfaite devrait donc s'appuyer sur une cartographie de l'intensité de chacun des deux processus, intensité matérialisée par une valeur sur une échelle. Si la démarche cartographique est simple à concevoir, celle relative à la hiérarchisation des niveaux en nutriments et en ligneux ne l'est pas. On peut aussi préciser que la colonisation ligneuse est en général une forme d'eutrophisation, les arbustes et les arbres ont besoin d'une bonne disponibilité en nutriments pour croître. La difficulté de la prise en compte de la colonisation ligneuse réside, entre autre, dans le fait que l'effet des arbustes et des arbres sur une tourbière n'est pas identique suivant l'espèce considérée, suivant la densité des individus, et probablement d'autres facteurs non connus. Une autre difficulté majeure est celle du temps de maintien de l'Habitat, de la durée pendant laquelle il va être en équilibre avec les paramètres écologiques. Si on considère une moliniaie sur KTH, cela peut être en relation avec le maintien d'un horizon compact, imperméable et pauvre en nutriments. Trois paramètres qui vont naturellement évoluer plus ou moins vite suivant le lieu dans le complexe et suivant le type de tourbe sous le KTH. On observe ainsi une colonisation plus rapide des moliniaies dans les secteurs de tourbe sous-jacente de bas-marais. Le front de colonisation est stoppé, un temps au moins, à la limite entre la tourbe de haut-marais et les tourbes de bas-marais. Autrement dit, la stabilité du 7120 est dépendante, en partie, de la tourbe sous le KTH, mais là encore, nos connaissances actuelles sont quasi inexistantes.

Évaluer l'état de conservation de l'Habitat sur la base de son niveau en nutriments, de la colonisation ligneuse et de sa stabilité en fonction des tourbes présentes apparait idéal, mais reste difficile à mettre en pratique. Une stratégie plus simple consiste à ne travailler que sur une caractérisation qualitative des zones non enrichies en nutriments, non colonisées par les ligneux, donc sur le milieu considéré comme le plus à même de permettre l'installation des sphaignes rouges, et sur une cartographie de ces zones. La variation de surface de l'Habitat pourra être un indicateur de bon état. L'existence de perturbations anthropiques récentes est aussi un indicateur de dégradation.

4.5 - 7130 : Tourbières de couverture

L'évaluation de l'état de conservation des Tourbières de couverture ne diffère pas de celle des Tourbières Hautes. La clé proposée pour l'Habitat 7110* pourra donc être utilisée pour les édifices susceptibles d'appartenir aux tourbières de couverture comme ceux du gazon du Faing.

4.6 - 7140 : Tourbières de transition et tremblants

Évaluer l'état de conservation d'un tremblant, en dehors d'un diagnostic fonctionnel à l'échelle du site, est une action pour le moins délicate et sujet à caution. On ne peut raisonnablement pas définir de bon état standard sur la base de la composition floristique, d'autant que les tremblants lacustres sont souvent des entités naturellement variables dans l'espace à cause des logiques de flux hydriques (et nutritifs). L'évaluation semble plus simple dans le cas de petites fosses de tourbage, encore que cela peut être discuté.

L'état optimal d'un tremblant est probablement l'Habitat qui se situe en contexte naturel, couvrant la totalité de sa zone potentielle (il n'a pas été localement altéré) et ne montre pas ou peu de secteurs trop riches en nutriments, indicateurs possibles d'un changement d'état. Cependant, la notion de zone potentielle se heurte à la difficulté de

Clé d'évaluation de l'Habitat 7140 (Pour les Hautes-Vosges seulement)

1a-Habitat en contexte primaire (émergence hydrogéologique, bord de lac, couverture de ruisseau, dépressions naturelles de tourbières, etc.)

2a-Habitat ne présentant ni ligneux hauts, ni d'autres indicateurs d'eutrophisation

3a-Habitat couvrant plus de 80% de la surface potentielle

►***BMT en situation primaire probablement naturelle non réduit en surface*** ..... Etat optimal

3b-Habitat couvrant moins de 80% de la surface potentielle

4a-Surface de l'Habitat réduite car tremblant «jeune»

►***BMT en situation primaire probablement naturelle n'occupant pas encore toute sa surface potentielle*** ..... Etat optimal

4b-Surface de l'Habitat réduite par une perturbation anthropique

5a-Surface réduite de plus de la moitié de la surface initiale

►***BMT en situation primaire pro^{nt} naturelle faiblement réduit en surface par perturbation anthropique*** ..... Etat altéré

5b-Surface réduite de moins de la moitié de la surface initiale

►***BMT en situation primaire pro^{nt} naturelle fortement réduit en surface par perturbation anthropique*** ..... Etat dégradé

4c-Surface de l'Habitat réduite par une perturbation anthropique, mais largement restaurée

►***BMT en situation primaire probablement naturelle ayant été réduit en surface par perturbation anthropique mais dont la surface initiale a été restaurée*** ..... Etat favorable

2b-Habitat autre

►***BMT en situation primaire probablement naturelle à niveau trophique élevé*** ..... Non défini

1b-Habitat en contexte secondaire (fosse de tourbage, fond d'extraction, décollement de tourbe d'étang, etc.)

6a-Habitat ne présentant ni ligneux hauts, ni d'autres indicateurs d'eutrophisation

7a-Habitat couvrant plus de 80% de la surface potentielle

►***BMT en situation secondaire, à niveau trophique bas, couvrant la plus grande partie de sa surface potentielle*** ..... Etat favorable

7b-Habitat couvrant moins de 80% de la surface potentielle

8a-Surface de l'Habitat réduite car tremblant «jeune»

►***BMT en situation secondaire, à niveau trophique bas, ne couvrant pas la plus grande partie de sa surface potentielle car présumé jeune*** ..... Etat favorable

8b-Surface de l'Habitat réduite par une perturbation anthropique

►***BMT en situation secondaire, à niveau trophique bas, ne couvrant pas la plus grande partie de sa surface potentielle par perturbation anthropique*** ..... Etat altéré

6b-Habitat autre

►***BMT en situation secondaire, à niveau trophique apparemment élevé*** ..... Non défini

définir si le tremblant qui n'occupe pas l'intégralité de sa zone potentielle est un tremblant jeune ou un tremblant altéré. De ce fait, un tremblant n'occupant pas la totalité de sa zone potentielle mais n'ayant pas été altéré, étant donc supposé «jeune», est aussi un tremblant dans son état optimal. On peut préciser que la surface potentielle, la surface qui peut être théoriquement couverte intégralement par le tremblant, n'est pas toujours simple à délimiter.

L'évaluation de l'état de conservation des tremblants des Hautes-Vosges que nous proposons s'appuie sur trois notions essentielles: celle du contexte, naturel ou non de l'Habitat, celle de la richesse trophique apparente (indiquée par les plantes) et celle de l'espace réellement occupé par rapport à l'espace pouvant être occupé (zone potentielle d'extension), avec les réserves précisées plus haut.

4.7 - 91DO : Tourbières boisées*

L'évaluation des tourbières boisées doit prendre en compte les trois grands groupes fonctionnels: les boulaies, les pinéraies et les pessières. La pinéraie à pins à crochets n'est pas naturellement présente dans les Vosges. On peut préciser que les tourbières hautes vosgiennes ont été édifiées sans la participation des arbres, dont les macrorestes sont inexistants (ils sont présents dans des tourbes de bas-marais).

Clé d'évaluation de l'Habitat 91DO*4 (PC: Pessières de contact des tourbières bombées)

1a-Habitat en périphérie de haut-marais bombé
- 2a-Alpes, Jura et Vosges
  - 3a-Habitat couvrant plus de 80% de la surface potentielle d'extension
    - ►***Pessière de contact de tourbières bombées typique*** ..... Etat favorable
  - 3b-Habitat couvrant moins de 80% de la surface potentielle d'extension
    - ►***Pessière de contact de tourbières bombées typique altérée*** ..... Etat altéré
- 2b-Autres secteurs
  - ►***Pessière de contact de tourbières bombées d'origine anthropique, cf. 91DO*1***

1b-Habitat hors périphérie de haut-marais bombé
- 3a-Habitat sur tourbe de haut-marais
  - 4a-Alpes, Jura et Vosges
    - ►***Pessière à sphaignes découlant de l'altération d'un HM*** ..... Non défini
  - 4b-Autres secteurs
    - ►***Pessière à sphaignes découlant de l'altération d'un HM, hors aire d'indigénat de l'épicéa, Habitat 7120***
- 3b-Habitat sur d'autres types de tourbe
  - 5a-Alpes, Jura et Vosges
    - ►***Pessière à sphaignes analogue aux boulaies à sphaignes*** ..... Non défini
  - 5b-Autres secteurs
    - ►***Pessière à sphaignes, en dehors de l'aire d'indigénat de l'épicéa, pas de statut communautaire***

La notion de pessière de contact des tourbières bombées, adaptée aux tourbières des Alpes et surtout du Jura, est délicate dans les Vosges, où l'épicéa, s'il est indigène ne l'est que localement, et où les tourbes n'ont pas montré de restes appartenant à l'espèce. La stricte application de la définition de l'Habitat reste délicate puisqu'il faudrait définir le concept de tourbières bombées dans l'esprit des rédacteurs des textes.

En attendant un éclaircissement de la situation, il faut donc considérer deux contextes, l'un réellement au contact d'une tourbière topographiquement bombée, à tourbe de haut-marais (définition restrictive conforme au titre), l'autre en dehors, au contact d'une tourbière haute non bombée, ou d'un Habitat de type 7120 (définition plus large, en vigueur dans l'approche des gestionnaires). En dehors de l'aire d'indigénat de l'épicéa, il arrive souvent que l'espèce occupe les bords de tourbières hautes en prenant la place du bouleau, sans vraiment modifier le couvert herbacé et bryophytique. On peut dans ce cas rattacher l'habitat aux boulaies.

Les Boulaies pubescentes tourbeuses constituent des Habitats difficiles à évaluer. L'idéal serait de connaitre la composition floristique des boulaies naturelles qui ont constitué des tourbes, pour mieux appréhender l'état d'écosystème stabilisé. La plupart des boulaies actuelles résultent de processus récents de colonisation d'espaces abandonnés par l'agropastoralisme. Il est donc difficile de définir les Habitats qui ressortent d'un système transitoire, passant dans le futur à des boisement d'aulnes, de chênes, sur tourbe nulle ou peu épaisse, de ce qui correspond à

un état stable, du type de celui reconnu dans divers profils paléoécologiques.

Nous proposons donc de travailler sur des données historiques comme des photographies aériennes anciennes, pour définir ce qui ressort de l'état optimal, celui d'une longue continuité écologique, à priori stable, de ce qui ressort d'une colonisation récente, à l'avenir incertain, qui peut être de plus ou moins bon état en fonction des conditions locales d'altération.

Dans cette démarche d'évaluation, nous ne considérons pas les boulaies qui résultent de processus d'eutrophisation et d'acidification de bas-marais alcalins. Cette clé est donc utilisable dans les secteurs cristallins ou sédimentaires acides.

4.8 - Démarche synthétique

En résumé, le protocole proposé pour évaluer l'état de conservation des Habitats tourbeux se compose en une phase de collecte de données, une phase de mise en forme et d'analyse des données, une phase d'évaluation sur la base des clés proposées.

L'acquisition de données a lieu sur le terrain, dans des bases de données (géologie, photographies anciennes) ou d'autres sources documentaires, en particulier celles générées lors de l'élaboration des Docobs ou autres documents de gestion. Les étapes à réaliser sont les suivantes:

- (1) délimitation de la zone tourbeuse (perche de sondages, photos aériennes);

- (2) vérification de la présence d'un KTH (sondes pédologiques);

- (3) caractérisation de l'origine de la tourbe, en particulier de la tourbe de Haut-marais (sondes pédologiques);

- (4) caractérisation des Habitats, (avec ou sans relevé, documents de gestion);

- (5) délimitation spatiale des Habitats (terrain, photos aériennes);

- (6) mesure du recouvrement des espèces ingénieures de la Tourbière haute (7110*, 7130*) sur un secteur représentatif, sphaignes rouges et marron, linaigrette (profils de structure et de suivi);

- (7) analyse typologique des Tremblants et des Tourbières hautes dégradées (7140 et 7120) (contexte, limites cartographiques, relevés floristiques et bio-indicateurs fonctionnels);

- (8) analyse descriptive des Habitats de Tourbières boisées (91DO*)(relevés floristiques).

Les données collectées citées peuvent être analysées dans l'esprit d'une évaluation fonctionnelle, mais elles doivent surtout être collectées et organisées pour servir à l'utilisation des clés proposées, chaque Habitat demandant une série de données qui lui est propre.

La phase d'évaluation consiste à définir la dichotomie appropriée au polygones de l'habitat à l'échelle du complexe, en précisant le type de l'Habitat et l'état de conservation qui en découle.

Clé d'évaluation de l'Habitat 91DO*1 (BP: Boulaies pubescentes tourbeuses)

1a-Habitat de longue continuité écologique

2a-Habitat apparemment peu altéré (-de 20% de la surface initiale) par des aménagements humains (chemins, dépôts, plantations, etc.)

►***BP de longue continuité écologique peu ou pas altérées***..... Etat optimal

2b-Habitat altéré par des aménagements humains sur une surface supérieure à 20%, mais inférieure à 40%

►***BP de longue continuité écologique altérées***..... Etat altéré

2c-Habitat altéré par des aménagements humains sur une surface supérieure à 40%

►***BP de longue continuité écologique dégradées***..... Etat dégradé

1b-Habitat récent, issu de la déprise agropastorale du XXième siècle

3a-Habitat apparemment peu ou pas altéré par des aménagements récents (- de 20%)

4a-Habitat couvrant plus de 80% de sa surface potentielle

►***BP d'origine récente peu ou non altérées***..... Etat favorable

4b-Habitat occupant moins de 80% de sa surface potentielle

►***BP d'origine récente peu ou non altérées en phase d'installation***..... Non défini

3b-Habitat apparemment modérément altéré par des aménagements récents (+ de 20% et - de 40%)

►***BP d'origine récente altérées, en phase d'installation***..... Etat altéré

3c-Habitat apparemment altéré par des aménagements récents (+ de 40%)

►***BP d'origine récente dégradées, en phase d'installation***..... Etat dégradé

5 - Résultats

Les résultats concernant chacun des sites seront présentés dans la plupart des cas suivant quatre parties: structure du site, analyse fonctionnelle, état de conservation et propositions d'action: connaissance, gestion et suivi. Les sites seront présentés à peu près suivant leur position géographique: du nord vers le sud et d'ouest en est.

5.1 - Étang du devin

L'étang du devin a fait l'objet de 4 relevés floristiques et d'un sondage au carottier russe.

5.1.A - Structure du site

L'étang du Devin se situe dans un cirque d'origine glaciaire (figure 5-1-1) [1], avec un verrou particulièrement étroit [2].

Les photographies aériennes anciennes montrent que l'étang, tel qu'il est aujourd'hui, résulte de travaux réalisés entre 1983 et 1985 (figure 5-1-2). Il est donc relativement récent et ne dérive pas du maintien d'un lac d'origine glaciaire rehaussé tel que celui de Lispach sur la commune de la Bresse. Ceci dit, la carte de Cassini (XVIIIème siècle), indique à la fois la présence d'une pièce d'eau et de celle d'une digue. Les notions de naturalité ou de continuité écologique sont donc à considérer dans cette perspective historique spécifique de mise en eau ou d'assèchement drainage suivant les usages privilégiés à une époque donnée.

Le site étant actuellement un étang, les sondages à la perche ou au carottier russe sont difficiles et n'ont pas été réalisés dans le cadre de cette étude. On ne peut donc pas définir si le remplissage de la dépression glaciaire est de type minéral, organique ou mixte dans la partie aval du site. Dans la partie amont, surélevée de quelques centimètre par rapport à la ligne d'eau, un sondage au carottier russe (figure 5-1-5) met en évidence un remplissage organique d'un mètre d'une tourbe fortement décomposée, sans macroreste significatif, si ce n'est des graines d'aulne à la base du

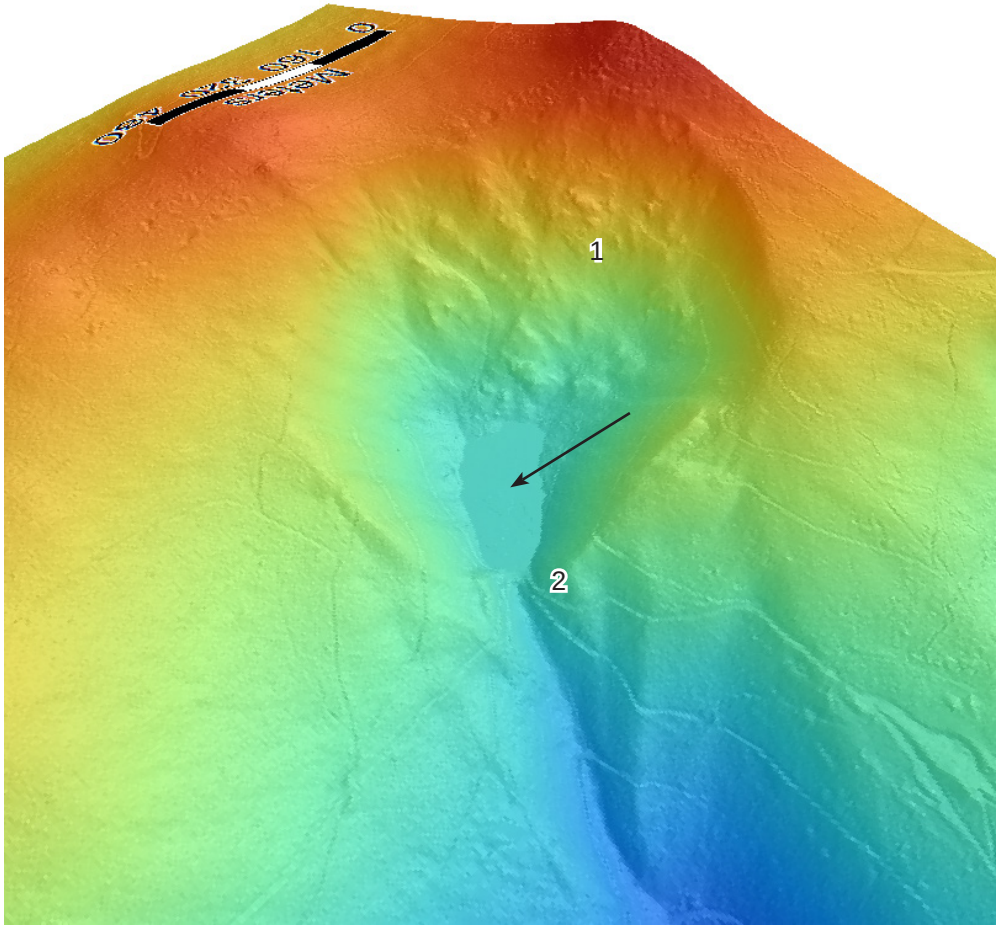


Figure 5-1-1: présentation du site dans son contexte topographique issu du RGE Alti© IGN. La flèche indique l'étang.

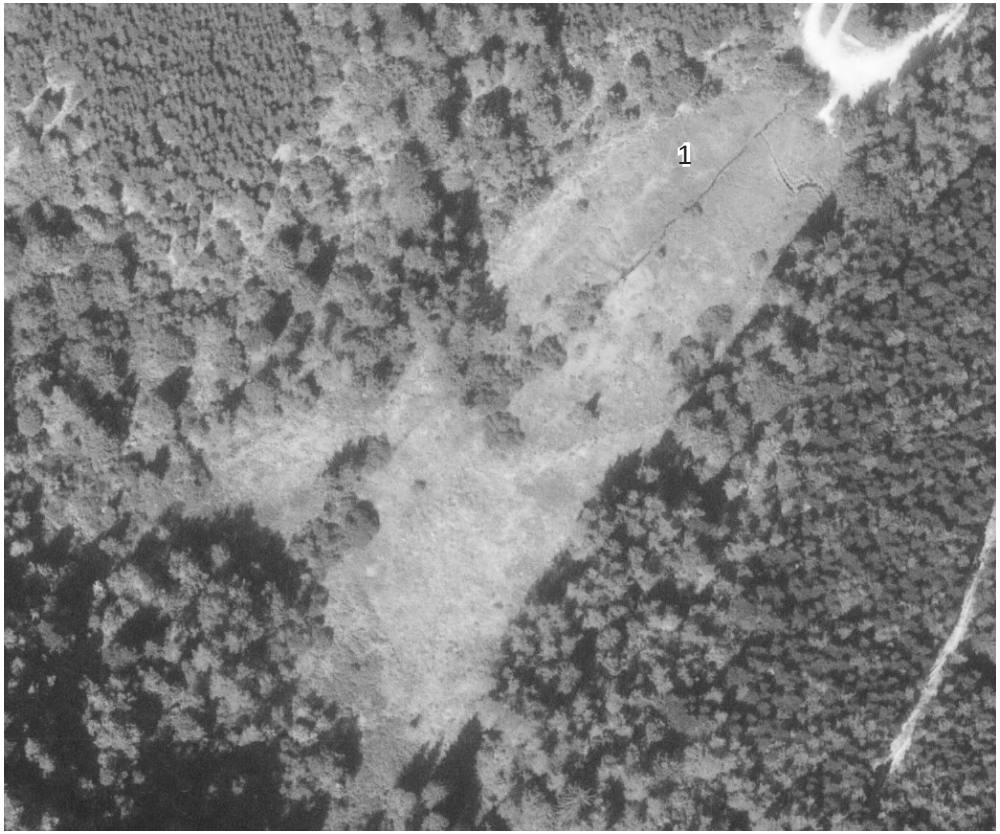


Figure 5-1-2: photographie aérienne de 1979 montrant le site avant sa (re)mise en eau. Un drain central est parfaitement visible, ainsi que des marques de passage d'animaux (source IGN).

Figure 5-1-4: localisation des points de sondage et des relevés sur un fond photographique Google. En ligne rouge, la délimitation du site telle que nous l'avons évalué.

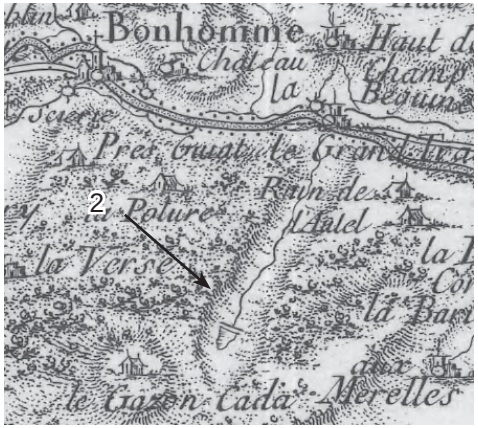


Figure 5-1-3: extrait de la carte de Cassini montrant l'étang et une digue.

profil. Toujours dans la partie amont, accessible à pieds, les épaisseurs de tourbe restent modestes, avec des maximums autour d'un mètre (figure 5-1-4).

Parmi les relevés réalisés (tableau 5-1-1), on peut définir deux relevés de bas-marais (ED_1 et ED_4) et deux relevés de mégaphorbiaie (ED_2 et ED_3), avec des cortèges, des recouvrements et des hauteurs végétatives caractéristiques.

Les relevés de mégaphorbiaie montrent les processus en cours d'enrichissement trophique, liés à l'évolution classique des sols et aux apports du bassin versant.

Le relevé de bas-marais tremblant (ED_4) est le seul qui peut prétendre à une intégration dans un type d'Habitat de la directive, le 7140. Ce relevé montre l'importance en recouvrement des mousses et en particulier de *Sphagnum fallax*. Les plantes vasculaires sont lâchement réparties et il n'y a pas de dominante mais une répartition régulière de la molinie, du ményanthe et la laîche rostrée. La composition floristique du relevé est représentative de celle du tremblant dans sa partie la

plus épaisse, l'autre partie occupée par des tremblants à ményanthe, étant trop instable pour être visitée (figure 5-1-6). Les deux types de tremblants indiquent des niveaux trophiques relativement bas. La figure 5-1-7 montre l'extension des deux types de tremblant ainsi que la cote 924m du MNT, correspondant bien à l'extension de la zone en eau à l'époque de la photo. On y constate que les types de tremblants, à eux deux, couvrent la quasi totalité de la surface en eau, chacun représentant une moitié de la surface. On peut mentionner une petite prêlaie à *Equisetum fluviatile* au nord-est de l'étang.

5.1.B - Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle de l'étang du Devin est rendue difficile par le peu d'informations collectées lors de la visite, et en particulier le manque de données paléoécologiques. Seule l'histoire récente du site est accessible, via les communautés actuelles et les photographies aériennes.

La partie amont du site, hors d'eau, est l'objet d'une colonisation ligneuse sous forme de saulaies-boulaies. L'enrichissement trophique est également perceptible à travers les mégaphorbiaies qui occupent les zones ouvertes des secteurs hors-d'eau. Cet enrichissement trophique, habituel dans ce genre de contexte minérotrophe de fond

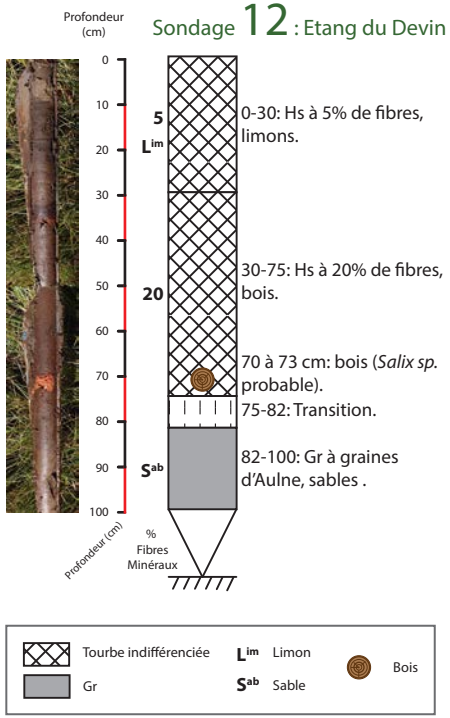


Figure 5-1-5: représentation schématique de l'interprétation du sondage réalisé à l'étang du Devin. Localisation du sondage en figure 5-1-4.

de cirque, laisse supposer que, sans mise en place d'une activité agropastorale, la colonisation ligneuse aura lieu sur l'ensemble des secteurs amont. Les coupes régulières de ligneux n'auront d'effet qu'à court terme, ceux-ci repousseront rapidement de toute façon car le sol contient les nutriments nécessaires à leur croissance.

N° relevés	ED_1	ED_2	ED_3	ED_4
Types unités	Bas-marais	Filipendulaie	Méga-phorbiaie à renoncules	Tremblant de l'étang
Dates	16/07/2014	16/07/2014	16/07/2014	17/07/2014
Surface (m):	4x4	4x4	3x2	4x4
Herbacées				
Recouvrement (%)	70	100	100	20
Hauteur végétative moyenne (cm)	20	150	160	25
Agrostis canina	r			
Brachypodium sylvaticum	e			
Caltha palustris		p	p	
Carex echinata	r			
Carex panicea	p			
Carex rostrata	d		r	r
Cirsium palustre			p	
Crepis paludosa	p			
Dactylorhiza maculata	e			
Deschampsia flexuosa	e			
Epilobium obscurum			e	
Equisetum fluviatile	e	p		
Eriophorum angustifolium	e			
Eriophorum vaginatum	p			p
Flipendula ulmaria		d	p	
Galium palustre		p	p	
Juncus effusus	p			
Menyanthes trifoliata	d			r
Molinia caerulea				r
Myosotis gr scorpioïdes		p		
Polygonum bistorta		p	r	
Potentilla erecta	p			
Potentilla palustris	p			
Ranunculus aconitifolius		p	d	
Vaccinium myrtillus	e			
Vaccinium oxycoccos				r
Valeriana officinalis			p	
Viola palustris	p	r		
Bryophytes				
Recouvrement (%)	90	70	20	95
Brachytheciaceae indet.		x	x	
Brachythecium rutabulum			x	
Calliergonella cuspidata		x		
Plagiomnium sp.		x	x	
Polytrichum commune	e			
*Sphagnum fallax**				d
Sphagnum flexuosum	d			
*Sphagnum palustre**				r
Sphagnum riparium (à vérifier)	e			
Straminergon stramineum				x
Polytrichum strictum en buttes hors relevé				x

Tableau 5-1-1: composition floristique des 4 relevés réalisés à l'étang du Devin. Les mousses n'ont pas été vérifiées au microscope sauf «*». Les coefficients des mousses sont précisés seulement lorsque cela est techniquement possible.

Figure 5-1-7: délimitation de la cote 924m sur fond satellite Google. Il s'agit de la surface potentielle de l'Habitat 7140.

L'étang, à l'aval, est d'une toute autre nature fonctionnelle. Le fonctionnement des tremblants issus de la mise en eau de fond de vallon tourbeux dépend de l'origine de la tourbe du tremblant. Elle peut être liée au décollement d'une couche de tourbe du fond de vallon une fois mis en eau, ou découler de processus de colonisation d'eau libre. A priori, le tremblant de l'étang du Devin est issu en partie d'une colonisation d'eau libre par le ményanthe, plante spécialisée, de la laîche rostrée (*Carex rostrata*) et de *Sphagnum fallax* et en partie d'un décollement de tourbe, avec des taxons comme la molinie et le polytric. La photographie aérienne de 1985, quelques mois après la mise en eau, montre la présence d'une zone hors d'eau dans le secteur occupée aujourd'hui par le tremblant riche en molinie et polytric (relevé ED_4). Ce tremblant ne peut pas être issu d'une colonisation immédiate de l'eau libre, mais découle probablement du décollement d'une couche de tourbe lors de la mise eau (il s'agit en partie d'un processus de détente de la couche de tourbe, qui reste en partie ancrée dans le fond, ce qui limite la migration du tremblant à l'aval).

La dynamique des tremblants en situation secondaire semble le plus souvent orienter vers l'atterrissement complet et mise en place de tourbières hautes ou de bois tourbeux, en l'absence d'usage agropastoral. Le tremblant de l'étang du Devin, d'origine anthropique récente (30 ans), devrait s'orienter vers un boisement d'arbustes puis d'arbres, même si la tranche d'eau libre sous tremblant reste importante. C'est l'enrichissement trophique et la mise en place de boucles de rétroaction positive (les ligneux «construisent» une litière qui leur est favorable), qui est la cause de la colonisation ligneuse, et non l'atterrissement. Contrôler les niveaux d'eau n'est donc pas une solution de gestion pour éviter la colonisation, au contraire, cela peut accélérer le processus par modification de la disponibilité en phosphore.

Figure 5-1-6: les deux types de tremblants, à mousses et graminoïdes ou à ményanthes.

5.1.C - Etat de conservation

L'habitat d'intérêt communautaire présent sur le complexe est intitulé 7140 Tourbières de Transition et Tremblants. Il occupe la quasi-totalité de la zone en eau de l'étang (8ha).

Le tremblant de l'étang du Devin correspond à la dichotomie 7a «Bas-marais tremblant en situation secondaire, à niveau trophique bas, couvrant la plus grande partie de sa surface potentielle» et peut donc être considéré en état favorable.

5.1.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

La question essentielle qui reste posée est celle du devenir du tremblant, question qui ne pourra être traitée que sur le long terme, avec un suivi à l'échelle de 5 ans et sur la base d'une cartographie des unités fonctionnelles élémentaires (prêlaie; tremblant à sphaignes et graminoïdes; tremblant à ményanthe) et de la colonisation ligneuse.

Les axes de gestion sont le maintien du niveau d'eau et la limitation d'apports trophiques anthropiques.

5.2 - Surcenord

Le complexe de Surcenord a fait l'objet d'un diagnostic fonctionnel partiel en 2011 (Goubet, 2011b). En l'absence de données pédologiques et paléoécologiques l'origine de la tourbière n'avait pu être étudiée lors de ce travail. Une nouvelle visite en 2014 a permis de combler cette lacune de connaissance à travers trois sondages au carottier russe. Dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation, un profil de structure et de suivi de 10m a également été réalisé.

5.2.A - Structure du site

L'analyse du cadre topographique, géologique et géomorphologique du complexe est probablement une des clés de la compréhension de son origine.

Le complexe de Surcenord est situé sur un socle rocheux constitué de granites de composition variable, mais dans des proportions qui ne sont pas de nature à générer des processus spécifiques (Figure 5-2-1). Autrement dit, la nature des roches sous-jacentes n'a pas d'impact fonctionnel majeur. Ce n'est probablement pas le cas des formations superficielles présentes sur les versants et sous la tourbière, mais aucune donnée ne semble disponible sur le sujet. Des dépôts glaciaires sont mentionnés bien à l'aval du complexe, mais il est probable que le secteur de la tourbière ait servi de réceptacle à des migrations de produits issus des versants suite au retrait glaciaire. L'analyse du relief est une démarche pouvant permettre d'en savoir plus sur le sujet.

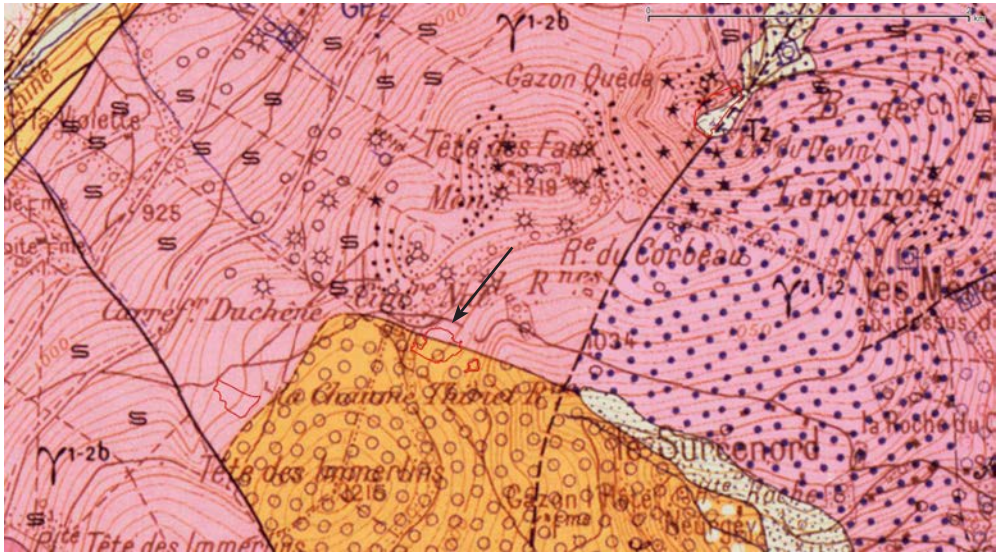


Figure 5-2-1: cadre géologique du complexe de Surcenord extrait de la carte géologique du BRGM. La flèche indique le complexe (délimité en rouge).

Les données du RGE Alti© de l'IGN permettent de générer les modèles dérivés des valeurs de pente et d'aire contributive au ruissellement à saturation des sols (figure 5-2-2). Les principaux faits qui peuvent être observés sont la situa-

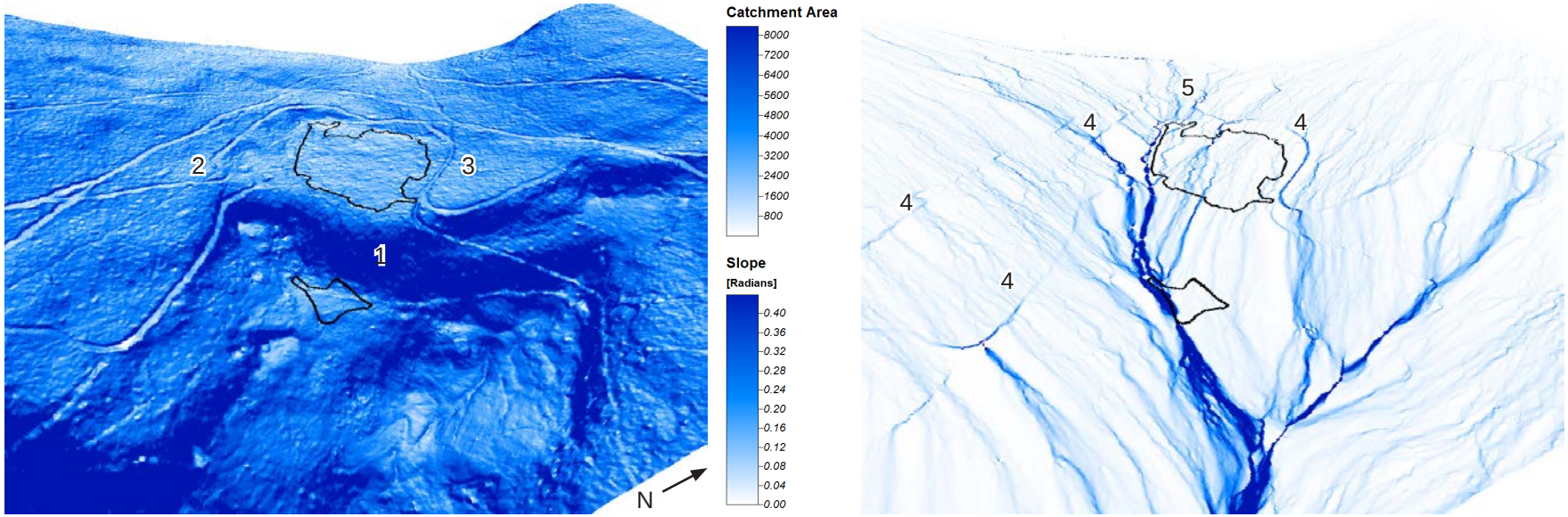


Figure 5-2-2: représentation 3D des valeurs des pentes, à gauche (en radians) et des aires contributives pour chaque cellules de 1m² (en m²) [une cellule en tête de bassin ne reçoit l'eau d'aucune autre cellule, sa valeur est donc 0; une cellule de référence, plus bas, reçoit l'eau des cellules amont, l'agrégation de ces cellules amont correspond à une aire dite contributive de l'écoulement sur la cellule de référence]. Sur la légende, la coloration bleu apparait à partir d'une aire contributive de 800m² environ.

tion du complexe entre un talus aval très prononcé, à l'ouest [1] et un talus amont discret présent surtout sur le bord est et sud [2]. Le secteur nord est en continuité topographique [3]. Le réseau hydrographique (figure 5-2-2) s'organise suivant le relief sans laisser supposer que l'édifice tourbeux joue un rôle dans la répartition des écoulements. Les chemins ont une influence plus marquée [4]. La figure montre la faible proportion entre la surface du complexe et la surface du bassin versant topographique. Le secteur sud-ouest est une zone de source et il correspond également à une zone de convergence topographique [5]. Il est donc impossible de définir si les sources sont issues de circulations hydrogéologiques ou d'un écoulement hypodermique.

La présentation de profils topographiques permet de préciser la situation du complexe (figure 5-2-3). La tourbière apparait contrainte dans un fond de vallon suspendu [1], sur le versant gauche. On note deux faibles ruptures de pente à l'amont du complexe [2], et une plus forte rupture, à l'aval [3], de l'autre côté du ruisseau [4], et donc potentiellement peu importante du point de vue fonctionnel. Les épaisseurs de tourbe restent modestes avec un maximum de 190cm, et une moyenne de 50 à 120cm (Goubet, 2011b).

Les communautés présentes sont principalement des replats à sphaignes rouges et linaigrette engainante, des moliniaies, des mosaïques à buttes de sphaignes et buttes de pleurocarpes, des saulaies-boulaies et des bosquets d'épicéas (Goubet, 2011b). La figure 5-2-6, discutée dans la partie dédiée à l'état de conservation présente ces unités.

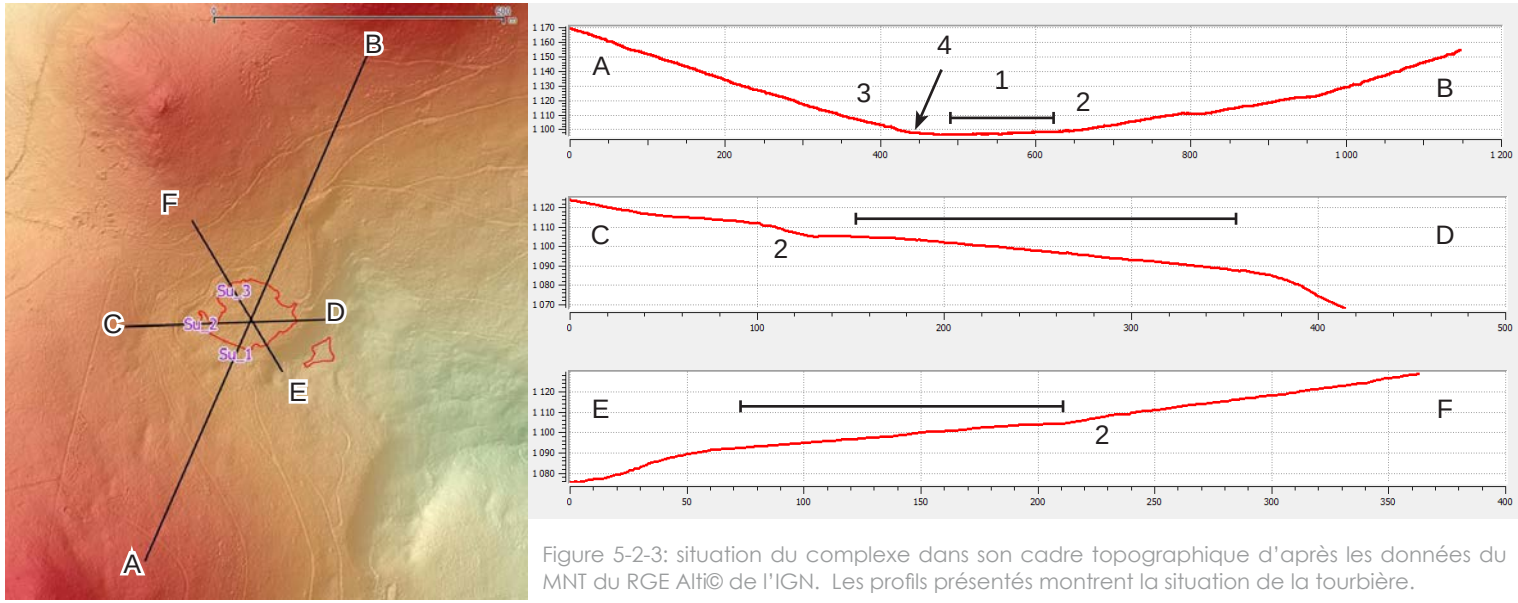


Figure 5-2-3: situation du complexe dans son cadre topographique d'après les données du MNT du RGE Alti© de l'IGN. Les profils présentés montrent la situation de la tourbière.

Les trois sondages réalisés au carottier russe montrent la présence de tourbes relativement homogènes quant-à leur contenu en macrorestes et leur richesse en fibres (figure 5-2-4). Par contre, la cohérence de ces tourbes varie fortement avec une cohérence faible en surface et une cohérence forte en profondeur. De la même manière, la couleur varie entre tourbe cohérente (foncée) et tourbe non cohérente (claire).

En l'absence de données macrorestes ou de datations, il est difficile d'interpréter ces profils. Il semble cependant acquis que la tourbe non cohérente de surface (absente du sondage 9), est d'origine récente, développée seulement dans certaines parties du complexe, là où les communautés à sphaignes rouges sont présentes. Ailleurs, ou au dessous, c'est seulement la tourbe cohérente et foncée qui est présente.

5.2.B - Analyse fonctionnelle

Les communautés observées sur le complexe sont en adéquation avec un mode de fonctionnement principalement ombrotrophe, donc sans apports significatif d'eau de nappe ou de ruissellement. Les exceptions sont les saulaies, jonçaies et cariçaies à *Carex rostrata* qui se situent en marge amont du complexe, en contre-bas des sources ou des ruissellements de versant minéraux, ce qui s'accorde avec l'exigence en nutriments des plantes qui composent ces unités.

Les données pédologiques laissent présumer d'une apparition récente des communautés à sphaignes rouges dans certains secteurs seulement, et sur une tourbe ancienne à possible KTH discret.

L'origine du complexe tiendrait donc dans la mise en place d'une tourbière minérotrophe permise par une décharge d'une nappe ou d'une circulation hypodermique. Cette tourbière d'âge incon-

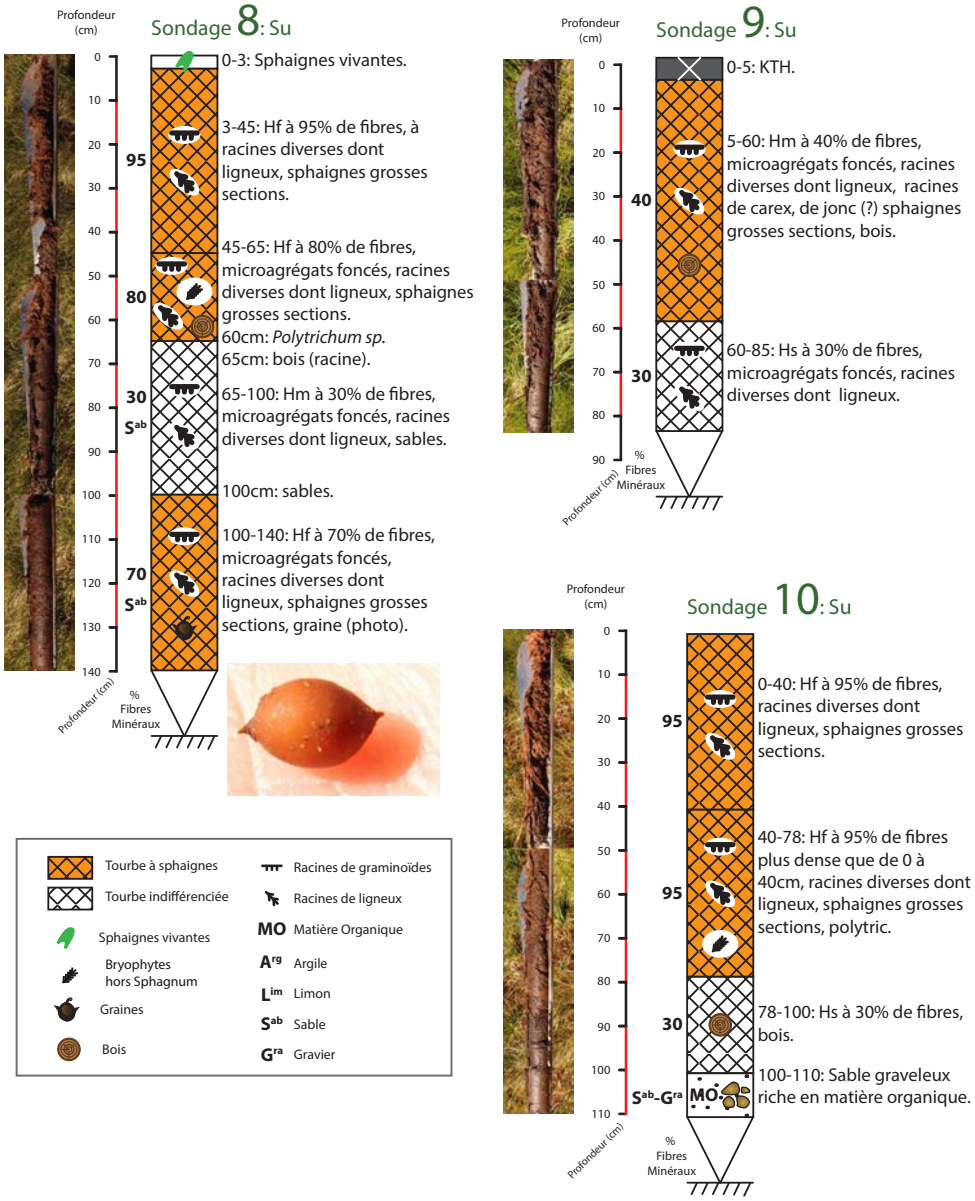


Figure 5-2-4: représentation schématique des observations réalisées lors des sondages à Surcenord. Localisation des sondages figure 5-2-5.

Groupe ACH-VARCLUS		10	10	10	10	10	10	10	9	10	11
		SU1_1	SU1_2	SU1_3	SU1_4	SU1_5	SU1_6	SU1_7	SU1_8	SU1_9	SU1_10
SU1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sphagnum russowii	6	x	x	x		x	x	x			
Pleurozium schreberi	3							x	x		x
Calluna vulgaris	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Eriophorum vaginatum	5	x	x		x				x	x	
Sphagnum gr. fallax	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Aulacomnium palustre	3				x	x			x		
Polytrichum strictum	7	x	x	x		x	x	x	x		
Vaccinium oxycoccos	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum rubellum	3			x		x	x				
Sphagnum magellanicum	7		x	x		x	x	x		x	x
Molinia caerulea	9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Eriophorum angustifolium	7	x	x	x	x	x	x	x			
Carex nigra	1							x			
Deschampsia flexuosa	1			x							
Galium saxatile	2									x	x
Melampyrum pratense	1							x			
Dactylorhiza maculata	2	x								x	

Tableau 5-2-1: profil de structure et de suivi du complexe de Surcenord.

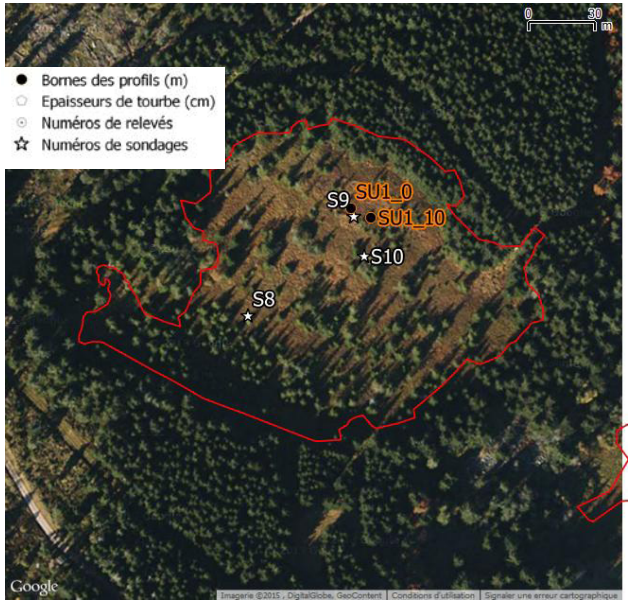


Figure 5-2-5: localisation des points de sondage et des bornes de profil sur un fond photographique Google. En ligne rouge, la délimitation du site telle que fournie par le Parc.

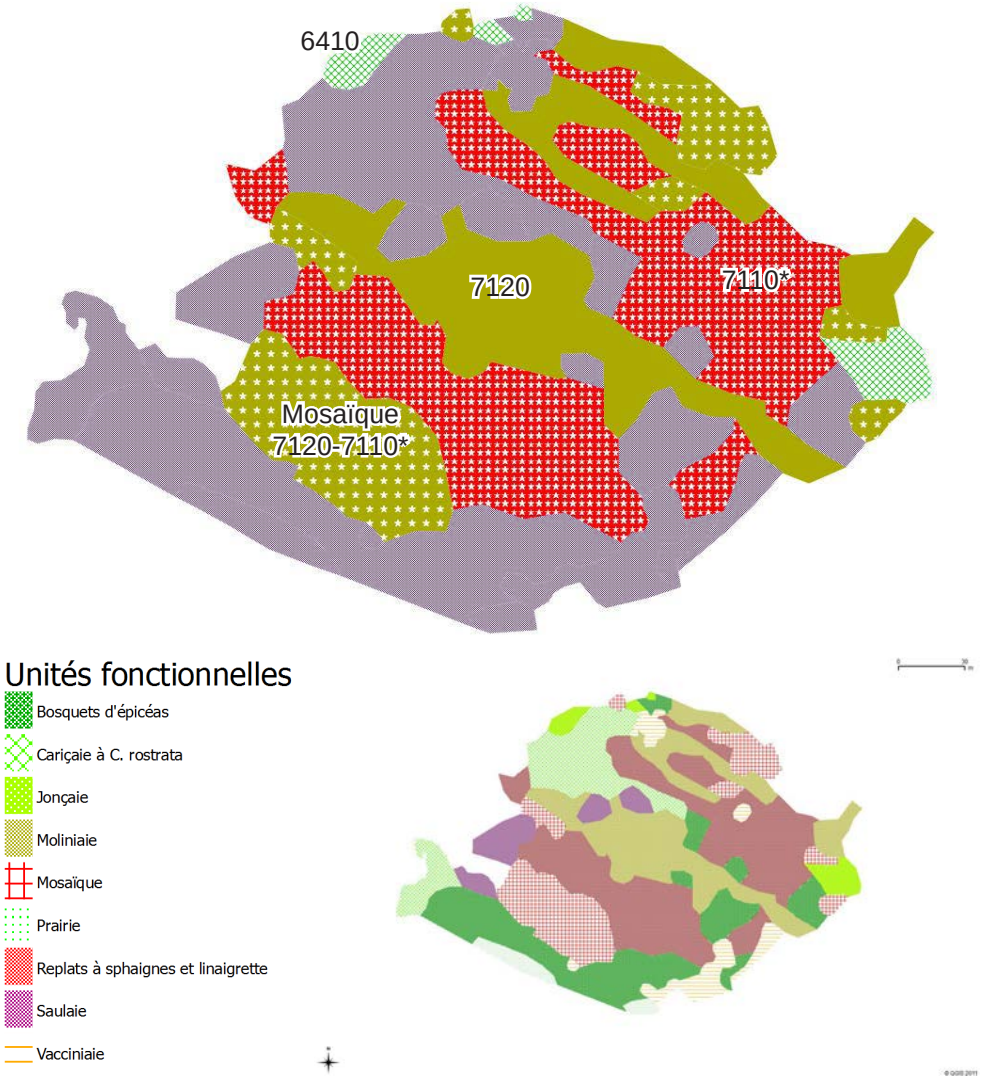


Figure 5-2-6: cartographie des unités fonctionnelles de 2011 (Goubet, 2011b) et correspondance en termes de typologie Natura 2000.

nu a ensuite fait l'objet d'un pâturage induisant une altération superficielle de type KTH, sans que cela soit clairement exprimé sur les profils décrits. Le pâturage n'est plus effectif depuis un certain temps et la tourbière a été creusée de drain longitudinaux qui définissent en partie sa structure actuelle. L'arrêt du pâturage et l'effet probablement peu important des drains permettent la mise en place de communautés ombrotrophes à sphaignes rouges. Dans d'autres secteurs, la molinie reste présente, en lien possible avec l'état du sol après le pâturage. Les plantations alentour permettent la colonisation des épicéas, lorsqu'il ne s'agit pas de plantations directes.

5.2.C - Etat de conservation

Trois Habitats de la directive sont présents sur le site.

L'Habitat 7110* occupe de manière assez continue une partie du complexe. L'utilisation de la clé d'évaluation est rendue difficile par l'absence d'un KTH bien caractérisé, de datations des couches et de données macrorestes. De plus, l'Habitat ne couvrant pas 80% de la zone potentielle, la dichotomie 16a ne peut être choisie. La dichotomie 10b nous semble la plus proche de la réalité. Il s'agirait donc d'une Tourbière haute d'origine anthropique récente à stabilité possible, dans un état altéré.

De manière non ambiguë, la moliniaie peut être identifiée comme Habitat 7120. L'absence de plantes de mégaphorbiaie et la couverture d'épicéa inférieure à 20% implique une évaluation en tant qu'état favorable, dichotomie 3a de la clé (Tourbière haute dégradée dans un état favorable à son maintien ou à l'émergence des communautés de tourbières hautes).

5.2.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

Une analyse hydrologique pourrait permettre de clairement définir le fonctionnement des tourbières passées et actuelles. L'analyse des macrorestes, adossée à deux ou trois radiodatation C^{14} permettrait de définir de manière nette l'origine l'état et la dynamique des différentes unités fonctionnelles du complexe.

La gestion doit être axée sur, d'une part, la limitation de la colonisation des épicéas et d'autre part, la limitation du piétinement.

Une série de profils de structure et de suivi sur un linéaire d'une centaine de mètres dans deux secteurs du complexe permettrait un suivi satisfaisant.

5.3 - Chaume Thiriet

Le site a fait l'objet d'une visite rendue rapide par l'aspect hétérogène et dynamique du complexe. L'état actuel du complexe résulte de la colonisation récente de l'épicéa, les mélanges de cortèges sont donc la règle. Deux relevés floristiques ont été réalisés, un sondage au carottier russe et quelques sondages à la perche.

5.3.A - Structure du site

La situation géologique, géomorphologique et topographique du complexe indique un système d'émergences plus ou moins concentrées suivant les secteurs, comparable à celui de Surcenord. La carte géologique (figure 5-2-1) indique que le complexe se situe juste en dessous du contact entre deux types granitiques. Les données topographiques (figure 5-3-1) montrent que le complexe couvre une surface d'écoulements diffus, aplanie [1], bordée à l'amont d'un talus [2]. A l'aval du complexe, l'écoulement se concentre dans un sillon particulièrement marqué, rectiligne [3], rappelant ceux des systèmes sur faille, comme le talweg situé à quelques dizaines de mètres au sud, inscrit dans une faille indiquée sur la carte géologique [4].

Les épaisseurs de tourbe ne dépassent pas le mètre (figure 5-3-2). Le profil pédo-paléoécologique réalisé dans la partie médiane du site (figure 5-3-2) montre une séquence composée de deux unités majeures sur argile limono-graveleuse (figure 5-3-3). La partie inférieure est une tourbe pauvre en fibres, riche en racines et bois; la partie supérieure est une tourbe riche en fibre, contenant de la sphaigne.

La structure de la végétation est complexe, avec de nombreuses zones de mélange entre différents cortèges caractéristiques de sources concentrées (cardamine, myosotis, chrysosplenium, montie), de prairie tourbeuse, de bas-marais, de saulaie-boulaie, de pessière, etc. Deux relevés ont été réalisés pour montrer la diversité des communautés et les mélanges observés (tableau 5-3-1).

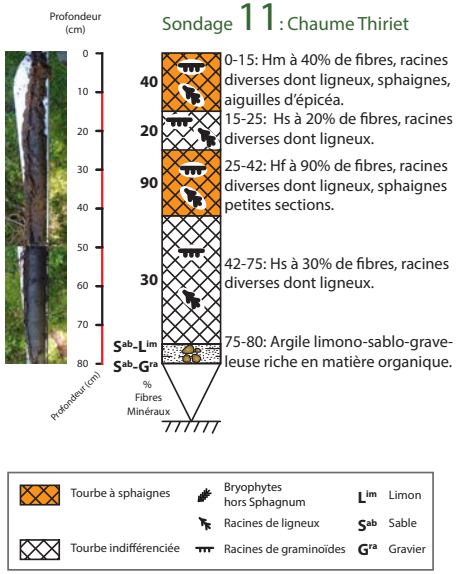


Figure 5-3-3: représentation schématique des observations réalisées lors du sondage à la chaume Thiriet. Localisation du sondage figure 5-3-2.

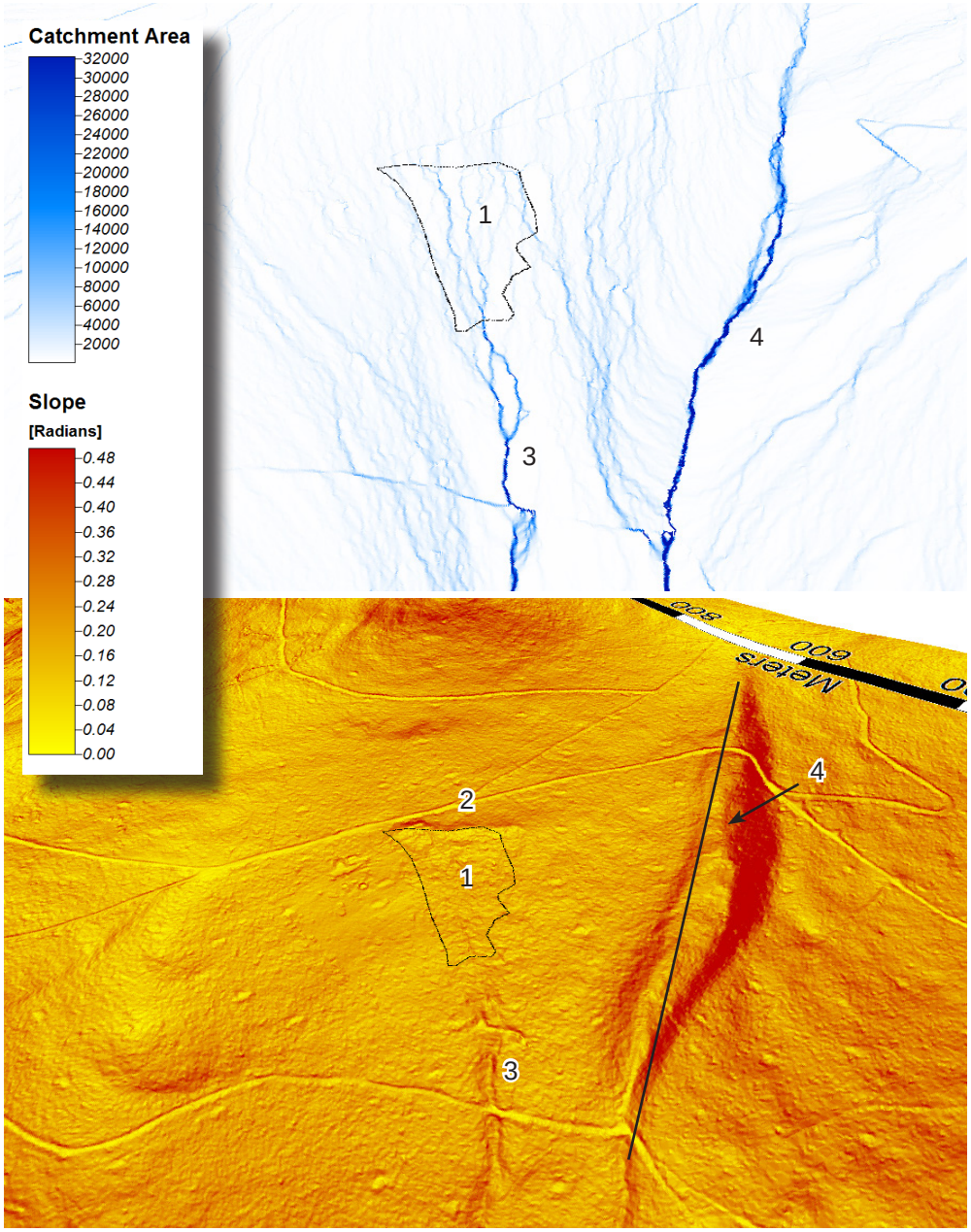


Figure 5-3-1: représentation 3D des valeurs des pentes, en haut (en radians) et des aires contributives pour chaque cellules de 1m² (en m²). Explications de la significations des valeurs en figure 5-2-2. Données sources: RGE Alti© de l'IGN.

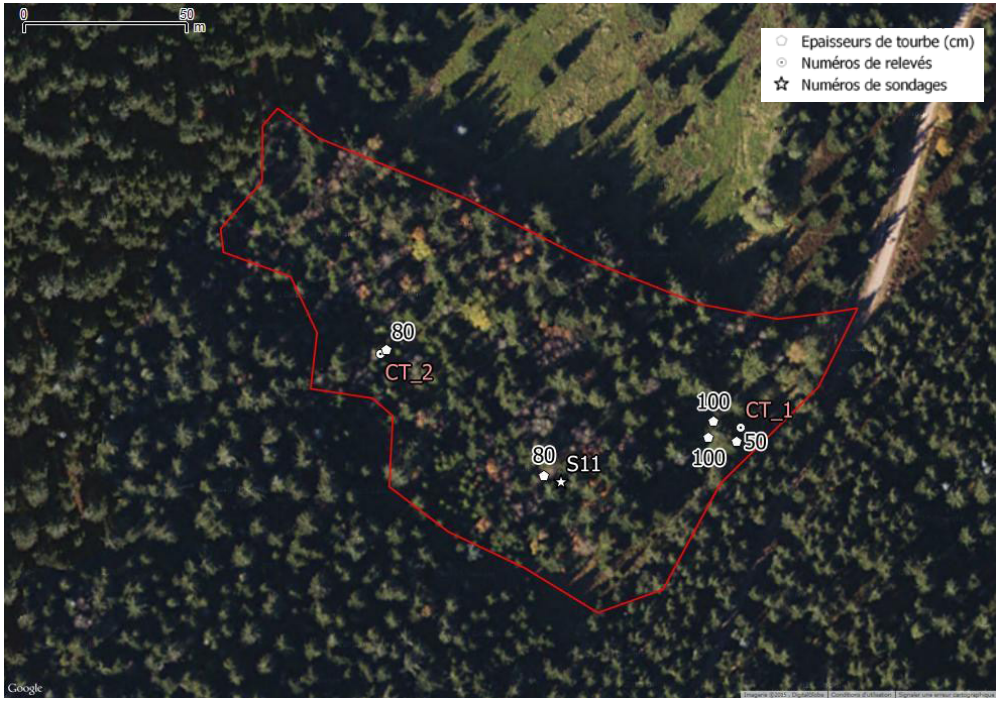


Figure 5-3-2: localisation des points de sondage, des épaisseurs de tourbes et des relevés sur un fond photographique Google. En ligne rouge, la délimitation du site telle que fournie par le Parc.

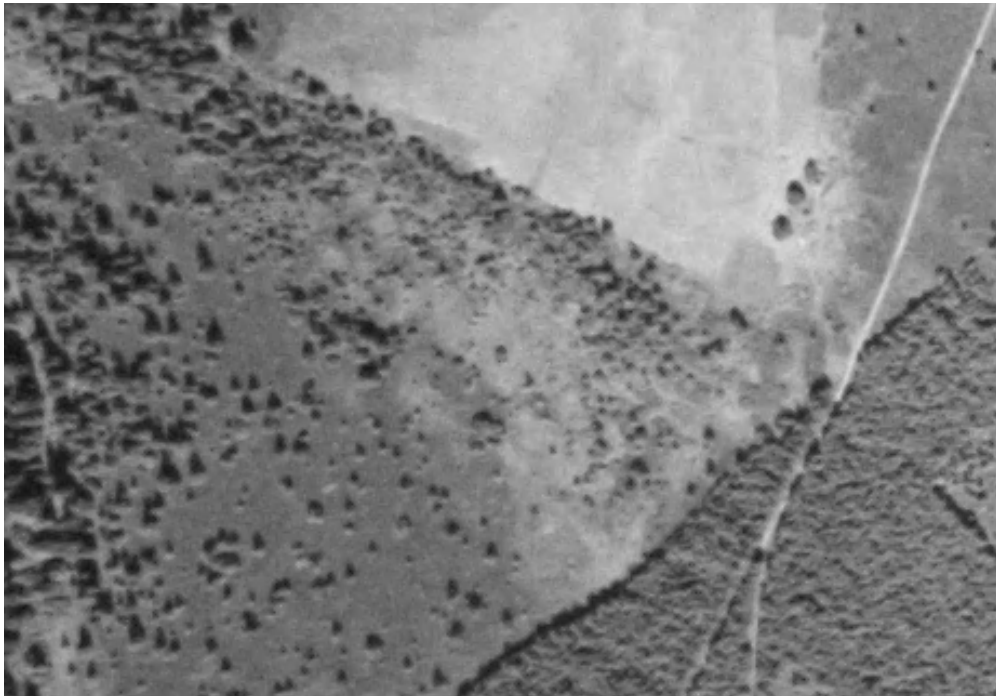


Figure 5-3-4: photographie aérienne du complexe de la chaume Thiriet de 1951 (source IGN). Échelle comparable à la photo de la figure 5-3-2.

Les photographies anciennes montrent clairement l'état ouvert de certaines parties du complexe (figure 5-3-4), trait complémentaire de la dynamique globale du système.

5.3.B - Analyse fonctionnelle

Les différentes données présentées ci-dessus sont caractéristiques d'une tourbière en phase de réajustement après un abandon agropastorale dans un contexte d'émergences concentrées et diffuses.

La géologie contrôle certainement les écoulements qui émergent dans le secteur du complexe et par conséquence les milieux humides. Ainsi, la forme du talus de l'amont du complexe rappelle celle du contact entre les deux granites de la carte géologique. Sachant que le granite amont est supposé d'origine intrusive, il est possible que la fracturation des deux granites soit différente et induise des logiques d'écoulement particulières. Sans une connaissance plus détaillée de la géologie locale, nous ne pouvons pas proposer de modèle explicatif précis, au delà du modèle classique proposé par Dewandel *et al.* (2006) qui sera présenté dans une autre partie du document.

L'état actuel du complexe est déterminé par son passé agropastoral, le temps qui s'est écoulé depuis l'arrêt de cet usage, et la présence de l'épicéa, espèce qui peut être considérée comme exogène. Le sol montre une stratification typique des milieux en phase d'ajustement après abandon agropastoral avec une série inférieure, ancienne, en général pauvre en fibres, dense, et une série supérieure riche en fibres et relativement peu cohérente. La série supérieure résulte de l'installation de végétations turfigènes après l'arrêt des usages agropastoraux, la série inférieure, de la dégradation par piétinement de tourbes anciennes.

5.3.C - Etat de conservation

Les unités pouvant être considérées comme des Habitats d'intérêt communautaire sont des Boulaies pubescentes tourbeuses (code 91DO*1) et des Pessières de contact des tourbières bombées (code 91DO*4), encore difficiles à cartographier, sachant que les cortèges respectifs sont largement recouvrants entre eux et avec des habitats autres. De plus, l'évaluation de l'état de conser-

vation de ces Habitats prioritaires reste délicate dans l'absolu. Pour la pessière, la possibilité d'attacher les unités de la chaume Thiriet à l'Habitat de la directive reste à discuter, car il n'y a aucune trace de l'existence d'une tourbière haute et l'indigénat de l'épicéa dans cette partie des Vosges reste à évaluer. Ceci-dit, l'Habitat de Boulaies pubescentes tourbeuses peut être attribué sans équivoque sur une surface importante du complexe, même dans les secteurs les plus riches en épicéas, puisque ces boulaies accueillent régulièrement cette espèce. Dans le cadre de l'évaluation de conservation de cette boulaie pubescente, on peut la considérer comme d'origine récente peu ou non altérée (dichotomie 4a), et donc dans un bon état de conservation.

5.3.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

L'état et l'origine du complexe ne nécessitent pas d'action spécifique de connaissance, ni de gestion. Un suivi de type profil de structure et suivi peut être réalisé mais l'enjeu conservatoire n'est pas majeur. Une série de relevés peut aussi servir de base, mais les mélanges étant important, cet outil n'est pas le mieux adapté.

Du point de vue plus général du fonctionnement de ce type de complexe, complexe en pente sur émergence diffuse, comme Surcenord, une caractérisation piézométrique serait l'action principale à mener. Il s'agirait de réaliser une étude conjointe sur plusieurs complexes comparables comme Surcenord, Missheimle amont, etc.

Figure 5-3-4: *Listera cordata* sur un tapis de sphaignes.

N° relevés	CT_1	CT_2
Types unités	Source à Cardamine et Myosotis	Pessière à sphaignes
Dates	16/07/2014	16/07/2014
Surface (m):	6x6	10x10
Arbres		
Recouvrement (%)		30
Hauteur végétative moyenne (m):		12
Picea abies		d
Betula pendula		e
Arbustes		
Recouvrement (%)		30
Hauteur végétative moyenne (m):		3
Picea abies		e
Betula pendula		e
Herbacées		
Recouvrement (%)	70	20
Hauteur végétative moyenne (cm)	20	40
Athyrium filix femina	x	
Betula sp.		p
Calluna vulgaris		p
Cardamine amara	x	
Carex echinata	x	p
Carex rostrata	x	
Chrysosplenium oppositifolium	x	
Cirsium palutre	x	
Crepis paludosa	x	
Dactylorhiza maculata		p
Deschampsia cespitosa	x	
Dryopteris dilatata	x	
Epikeros pyrenaeus		p
Epilobium palustre	x	
Eriophorum vaginatum		d
Galium palustre	x	
Holcus mollis		p
Juncus effusus	x	
Listera cordata		p
Melampyrum pratense		p
Montia fontana	x	
Myosotis gr scorpioïdes	x	
Polygonum bistorta	x	
Rumex arifolius	x	
Stellaria alsine	x	
Vaccinium myrtillus		p
Vaccinium uliginosum		p
Viola palustris	x	
Bryophytes		
Recouvrement (%)		70
Brachythecium sp	x	
Sphagnum gr. fallax		d
Sphagnum magellanicum		p
Sphagnum palustre (probable)		p
Polytrichum gr. commune/formosum		p
Sphagnum russowii		p
Sphagnum girgensohnii		p

Tableau 5-3-1: composition floristique des 2 relevés réalisés à la Chaume Thiriet. Les mousses n'ont pas été vérifiées au microscope. Les coefficients des mousses sont précisés seulement lorsque cela est techniquement possible. Le relevé CT_1 est une liste floristique mais non un relevé car les conditions locales ne satisfaisaient pas les exigences phytosociologiques.

5.4 - Lac Sec

5.4.A - Structure du site

Le complexe du lac Sec s'insère dans un petit fond de cirque [1] situé entre les grands cirques du lac Blanc et du lac Noir (figure 5-4-1). Un autre petit cirque comblé est présent à 300m au nord [2]. Un cordon morainique discret sur le terrain est parfaitement visible sur le MNT [3] (figure 5-4-2). Il délimite une zone amont, en dépression, correspondant au complexe [4]. Ce cordon a été percé pour faciliter le drainage du complexe [5].

L'estimation des épaisseurs de tourbe réalisée à la perche (figure 5-4-3) indique que le complexe s'intègre dans une dépression du socle d'une profondeur d'au moins 6m par rapport à la hauteur la plus basse du cordon morainique.

Quatre sondages au carottier ont été réalisés en privilégiant la diversité des secteurs, la localisation au GPS n'a pas pu être précise pour des questions de couverture satellite, difficile sur un flanc abrupt et en forêt (figure 5-4-3).

Les couches de tourbe observées sont de différents types: tourbes à bois, carex et sphaignes vertes (sondages 16 et 18), tourbes de haut-marais (17 et 19), tourbes de tremblant (17) et tourbe lacustre (17). Le KTH est présent, sauf au centre, où 40cm de tourbe de tremblant récente indique un processus de rehausse du niveau d'eau, peut-être par baisse de l'efficacité du système drainant perçant le cordon morainique. Les communautés présentes n'ont pas été cartographiées, mais deux profils de structure et de suivi ont été réalisés (tableau 5-3-1).

Les communautés qui apparaissent sur les profils sont de trois types principaux, avec: une communauté de tourbière haute (notée 11 dans la première ligne intitulée Groupe ACH-VARCLUS et issue d'une analyse hiérarchique sur l'ensemble des profils de ce travail (hors profils CEN Lorraine)); une com-

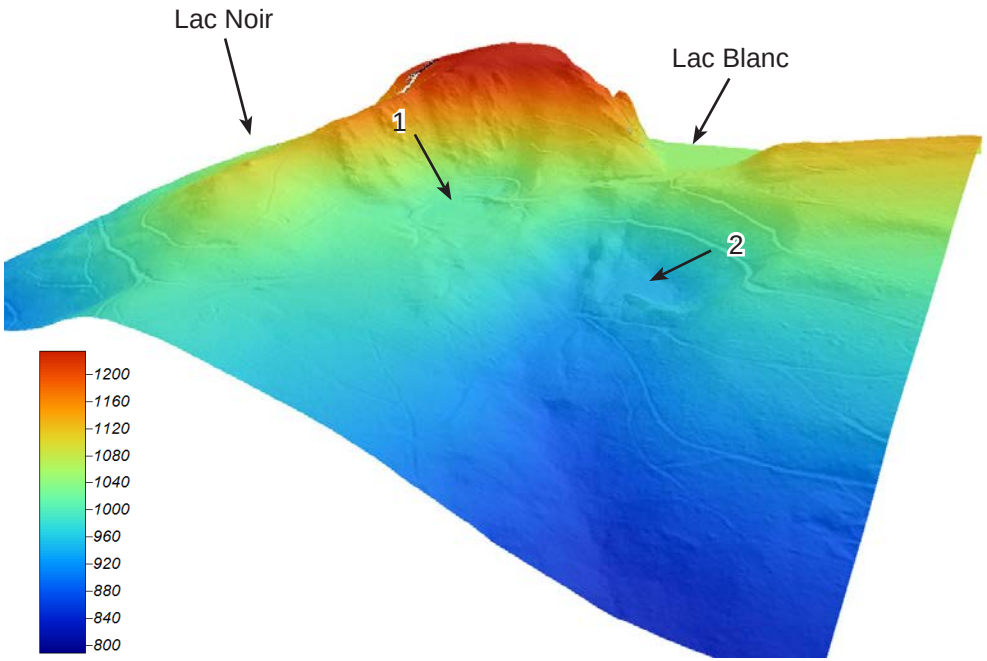


Figure 5-4-1: présentation du site dans son contexte topographique issu du RGE Alti© IGN. La flèche 1 indique le lac Sec, la flèche 2 un autre cirque comblé. Altitude en m.

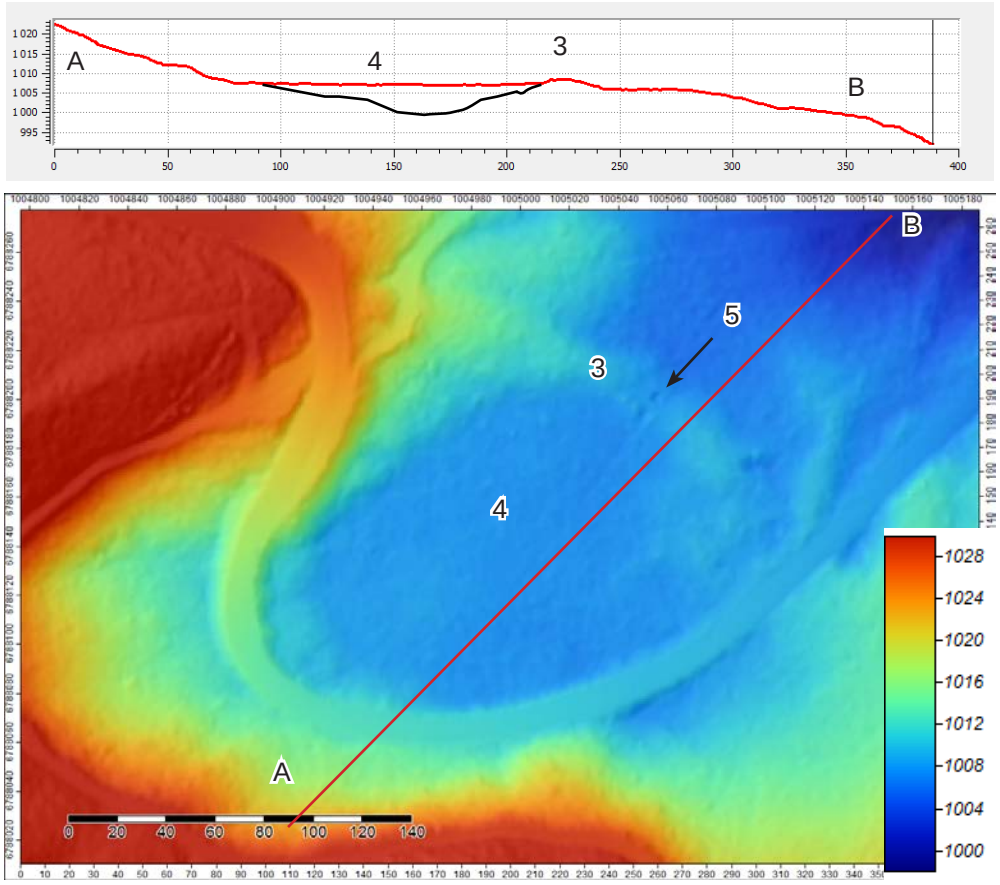
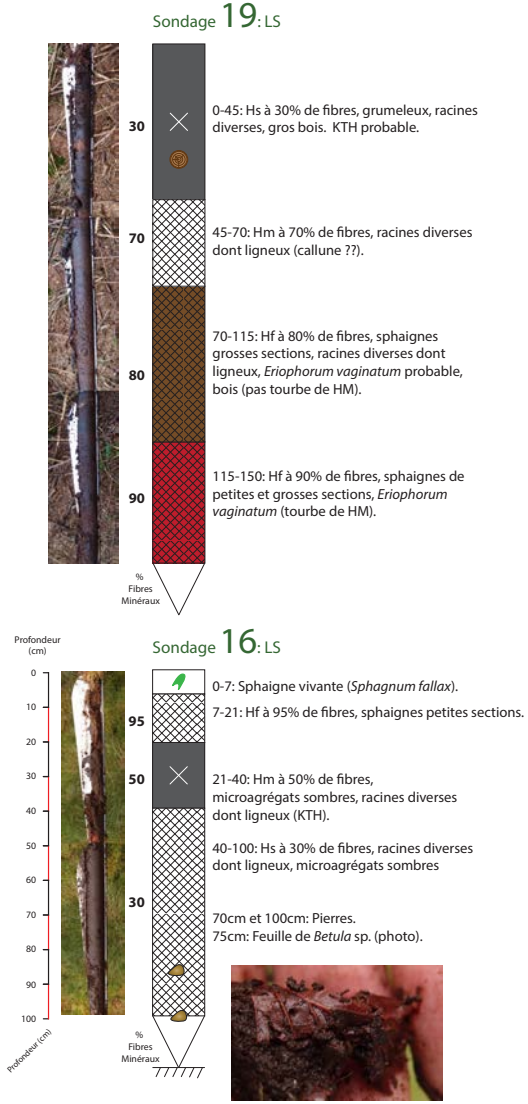
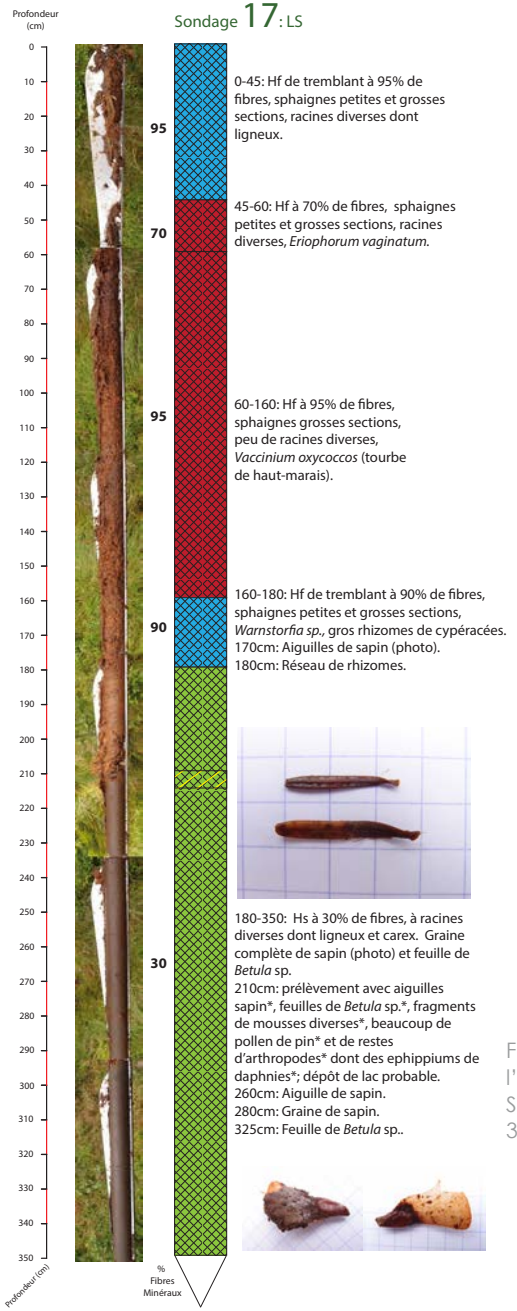


Figure 5-4-2: représentation du complexe dans son cadre topographique (en bas) et coupe schématique interprétée sur la base des sondages à la perche réalisés.

Figure 5-4-3: localisation des points de sondage, des épaisseurs de tourbes et des relevés sur un fond photographique Bing. La couverture d'arbres limite la précision du GPS.





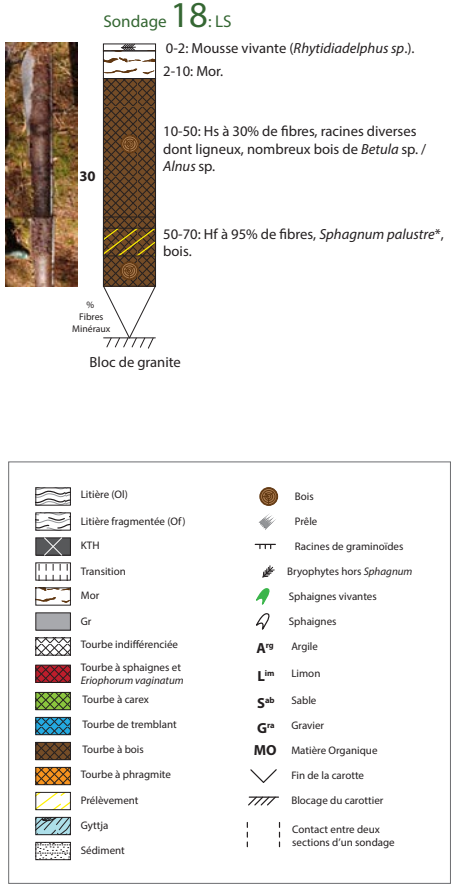


Figure 5-4-4: représentation schématique de l'interprétation des sondages réalisés au lac Sec. Localisation des sondages en figure 5-4-3.

munauté de tourbière haute enrichie en myrtilles et *Sphagnum russowii* (notée 8); et une communauté appauvrie en espèces de tourbière haute, centrée sur les myrtilles et *Sphagnum russowii* auxquels s'ajoutent un cortège de mousses pleurocarpes classiques en tourbière haute (*Pleurozium schreberii*, *Hypnum jutlandicum*, *Hylocomium splendens*) et un cortège de tourbières boisées (*Picea abies*, *Betula* sp., *Pinus sylvestris*, *Rhytidiadelphus loreus*, *Sphagnum girgensohnii*, *Dicranum scoparium*, *Dicranodontium denudatum*, *Ptilium crista-castrensis*). Cette communauté est codée 13 dans l'analyse hiérarchique, elle a été aussi relevée au Reisberg, à Ronde-Tête et sous une forme appauvrie dans le secteur du Bramont (codée 4). Un tremblant à linaigrette engainante et *Sphagnum fallax*, peu cohérent, a été observé sur les deux profils, mais ne s'individualise pas par une communauté propre (LS1_ 29 à LS1_38 et LS2_21 à LS2_29), mais par la présence ponctuelle de *Carex curta*. Ils seront considérés comme intégrés à la tourbière haute.

En conclusion, le complexe s'organise en un arrangement relativement compliqué d'unités de tourbière haute plus ou moins tremblantes, mélangées à des vacciniaies, plus ou moins colonisées par des espèces de bois tourbeux, comme le montre de manière claire les deux profils.

5.4.B - Analyse fonctionnelle

L'origine du complexe tient au cirque glaciaire et à la mise en place d'un système lacustre, probablement dans un surcreusement amplifié par une moraine (assise sur le verrou). La moraine est probablement étanche, mais il est difficile de préciser si ce colmatage est d'origine ou secondaire, induit par la mise en place de la tourbière (la tourbe de haut-marais est peu perméable). On remarque que l'altitude de la base de la tourbe de haut-marais correspond à celle du verrou en aval de la moraine (1005,60m), le haut-marais a donc pu émerger après que le lac ait été comblé.

Comme la plupart des tourbières, celle du lac Sec a fait l'objet d'un usage agropastoral menant à un KTH. Elle a aussi fait l'objet d'un drainage par percement du cordon morainique. La présence d'un tremblant et d'une tourbe récente, au-dessus d'un probable KTH altéré, est en faveur d'une rehausse récente de la nappe et de la remise en place de communautés de tourbière haute, une forme de restauration donc, peut-être induite par la perte de la capacité de drainage par manque d'entretien.

Le site est de petite surface, mais correspond à la surface d'origine, limitée au petit cirque glaciaire. La construction de la route qui l'enserre date de la fin des années 1960.

Groupe ACH-VARCLUS		8	11	11	11	8	11	11	11	11	11	8	8	8	8	8	5	8	8	8	8	13	13	1	8	11	11	11	11	11	11	9	11	11	8	11	11	11	8	8
		LS1_1	LS1_2	LS1_3	LS1_4	LS1_5	LS1_6	LS1_7	LS1_8	LS1_9	LS1_10	LS1_11	LS1_12	LS1_13	LS1_14	LS1_15	LS1_16	LS1_17	LS1_18	LS1_19	LS1_20	LS1_21	LS1_22	LS1_23	LS1_24	LS1_25	LS1_26	LS1_27	LS1_28	LS1_29	LS1_30	LS1_31	LS1_32	LS1_33	LS1_34	LS1_35	LS1_36	LS1_37	LS1_38	LS1_39	LS1_40
LS1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Picea abies (plantule)	4					x											x		x				x																		
Picea abies (arbuste)	1																x																							
Sphagnum girgensohnii	3																		x			x	x																	
Calypogeia sp.	1																			x																				
Rhytidiadelphus loreus	1																						x																	
Pinus sylvestris (plantule)	2									x																				x										
Pinus sylvestris (arbre)	8																				x	x	x	x	x	x													x	x
Vaccinium vitis-idaea	18				x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																
Vaccinium myrtillus	17	x										x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x										x				x	x
Sphagnum russowii	5																		x			x	x		x										x					
Pleurozium schreberi	3												x					x						x																
Hypnum jutlandicum	3															x			x				x																	
Hylocomium splendens	2																	x	x																					
Aulacomnium palustre	8											x	x		x	x	x	x						x	x															
Drosera rotundifolia	6																										x			x					x		x	x	x	
Vaccinium oxycoccos	32	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x			x	x		x
Calluna vulgaris	6																x	x			x	x	x												x					
Eriophorum vaginatum	34	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Sphagnum gr. fallax	36	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum magellanicum	29	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x			x	x	x	x	x	x			x	x	x		x					x	x	x	x		x	x
Sphagnum rubellum	10				x	x	x	x	x		x	x		x																					x		x				
Carex pauciflora	3																																x				x	x			
Polytrichum commune/formosum	8																x				x	x		x	x	x					x	x									
Carex curta	3																											x	x		x										
Sphagnum papillosum	2																								x	x															
Sphagnum cuspidatum	1																																				x				
Straminergon stramineum	1					x																																			

Groupe ACH-VARCLUS		8	13	13	13	10	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	13	8	8	8	8	8	8	11	8	11	11	11	11	11	11	8	8	8	8	8
		LS2_1	LS2_2	LS2_3	LS2_4	LS2_5	LS2_6	LS2_7	LS2_8	LS2_9	LS2_10	LS2_11	LS2_12	LS2_13	LS2_14	LS2_15	LS2_16	LS2_17	LS2_18	LS2_19	LS2_20	LS2_21	LS2_22	LS2_23	LS2_24	LS2_25	LS2_26	LS2_27	LS2_28	LS2_29	LS2_30	LS2_31	LS2_32	LS2_33	LS2_34	LS2_35
LS2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Pessière plantée	1	x																																		
Picea abies (arbre)	2	x	x																																	
Picea abies (arbuste)	8				x	x	x		x	x						x			x																x	
Picea abies (plantule)	5	x		x		x													x																x	
Rhytidiadelphus loreus	4	x	x	x	x																															
Sphagnum girgensohnii	8	x	x	x	x	x	x		x																									x		
Calypogeia sp.	2	x			x																															
Dicranum scoparium	1	x																																		
Dicranodontium denudatum	2	x			x																															
Plagiothecium undulatum	2	x				x																														
Ptilium crista-castrensis	3					x											x	x																		
Polytrichum commune/formosum	2				x	x																														
Sphagnum russowii	4		x	x	x												x																			
Vaccinium myrtillus	25	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x									x	x	x	x	x
Vaccinium vitis-idaea	12			x			x	x	x	x	x	x			x	x	x																		x	x
Hypnum jutlandicum	3	x		x		x																														
Pleurozium schreberi	2				x						x																									
Hylocomium splendens	9	x	x	x	x			x								x	x			x	x															
Drosera rotundifolia	7																							x		x	x	x	x	x	x					
Aulacomnium palustre	1										x																									
Vaccinium oxycoccos	22								x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x			
Calluna vulgaris	7				x		x		x	x	x	x							x																	
Eriophorum vaginatum	20								x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x				
Sphagnum gr. fallax	27	x			x			x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
Sphagnum magellanicum	24	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x		x	x	x	x	x	x						x	x	x	x	x
Carex pauciflora	2																									x	x									
Sphagnum rubellum	1																						x													
Carex curta	3																											x	x	x						
Betula pubescens subsp. glutinosa (Arbre)	2																																	x	x	
Betula pubescens subsp. glutinosa (Arbustre)	4						x		x	x	x																									
Betula pubescens subsp. glutinosa (plantule)	1							x																												

Tableau 5-3-1: profils de structure et de suivi du complexe du lac Sec.

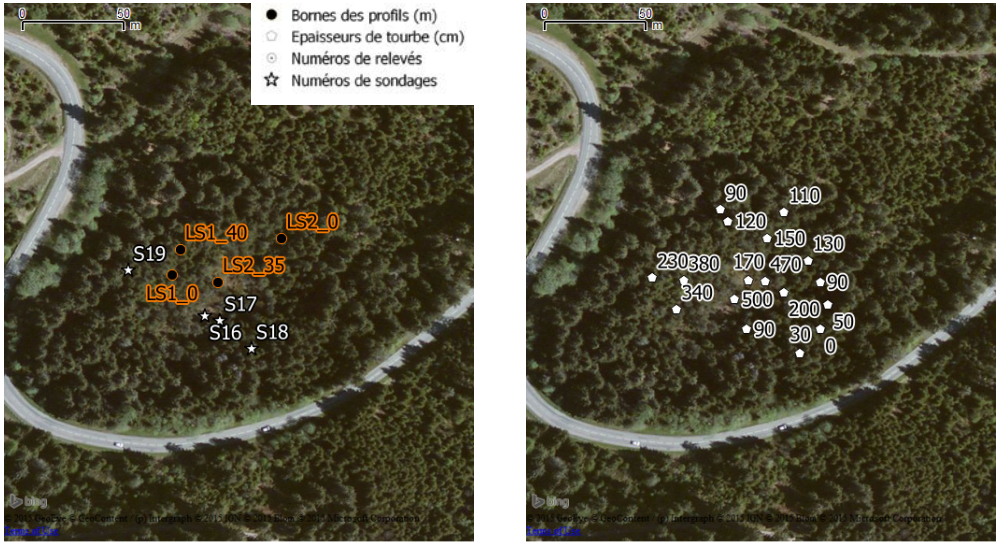


Figure 5-4-3: localisation des points de sondage, des épaisseurs de tourbes et des relevés sur un fond photographique Bing. La couverture d'arbres limite la précision du GPS.

5.4.C - Etat de conservation

L'Habitat d'intérêt communautaire présent est la Tourbière haute (7110*). De manière marginale, un Habitat de Tourbières boisées (91DO) pourrait aussi être proposé, mais la distinction, sur le terrain, en serait difficile, et l'origine tenant dans les plantations d'épicéas, cette tourbière boisée est d'origine anthropique récente, ce qui limite sa valeur patrimoniale.

La Tourbière haute du lac Sec occupe sa zone potentielle, elle n'est pas de longue continuité écologique (KTH), mais elle couvre une large partie de sa surface originelle. Elle correspond donc à la dichotomie 9a de la clé proposée sous l'intitulé «haut-marais fortement perturbé en voie de régénération, à stabilité probable» et peut être considérée comme en état favorable.

5.4.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

Le complexe du lac Sec, de petite taille, a fait l'objet d'une description relativement précise lors de cette étude. Des propositions de connaissance complémentaires ne semblent pas prioritaires.

La remise en place de la turfigenèse sans gestion est un élément encourageant pour l'avenir de cette tourbière. Cependant, la forte présence des épicéas sur les marges induit une menace permanente de colonisation de cet arbre qui a une capacité à modifier le couvert herbacé et bryophytique des tourbières. Nous proposons donc de couper les petits épicéas présents sur la tourbière, en veillant à ne pas piétiner fortement le milieu et en particulier les secteurs à listère cordée. Les grands individus pourraient être cerclés. Pour limiter la colonisation ligneuse et permettre la mise en place d'une lisière diversifiée à bouleaux, sorbiers, saules, sapins, une coupe large et progressive des épicéas de la boucle routière pourrait être effectuée.

Figure 5-4-4, profil de structure et de suivi 2 du lac Sec.

5.5 - Reisberg

5.5.A - Structure du site

Le complexe du Reisberg se situe sur la crête des Hautes-Vosges, juste au sud-ouest du lac Blanc, à une altitude de 1280 à 1300m. Il se présente comme une surface régulièrement concave d'ouest en est, sur un dénivelé d'une vingtaine de mètres (figure 5-5-1).

Il est occupé par (1) des formations arbustives de pins à crochets dans lesquelles s'ouvrent (2) des ouvertures dont certaines seulement présentent un caractère tourbeux, induit seulement par une végétation de tourbière (communautés turfigènes), sans tourbe, ou par ce type de végétation et d'une couche de tourbe allant jusqu'à 140cm (figure 5-5-2).

Les communautés turfigènes observées ont été décrites à travers un profil de structure et de suivi réalisé dans la partie centrale de la zone d'étude (tableau 5-5-1 et figure 5-5-2). Deux grandes unités apparaissent (clairement exprimées aussi sur le terrain), une première unité, de 0 à 16m, et une seconde de 16 à 20m. La première unité est construite sur un fond d'ériophoraie à trichophore et fait apparaître deux pôles floristiques: un pôle tourbière haute représenté par les sphaignes rouges (*Sphagnum magellanicum*, *S. rubellum*, *S. capillifolium*) et un pôle «vacciniaie» représenté par la myrtille et *S. russowii*. Ce dernier est présent en début de profil (de 1 à 5m). La seconde unité est une lande à myrtille et pleurocarpes (*Rhytidiadelphus loreus*, *Pleurozium schreberi* et *Hylocomium splendens*). Le nard est également présent.

Les autres communautés qui occupent les secteurs ouverts sont des landes à myrtille commune et des mo-

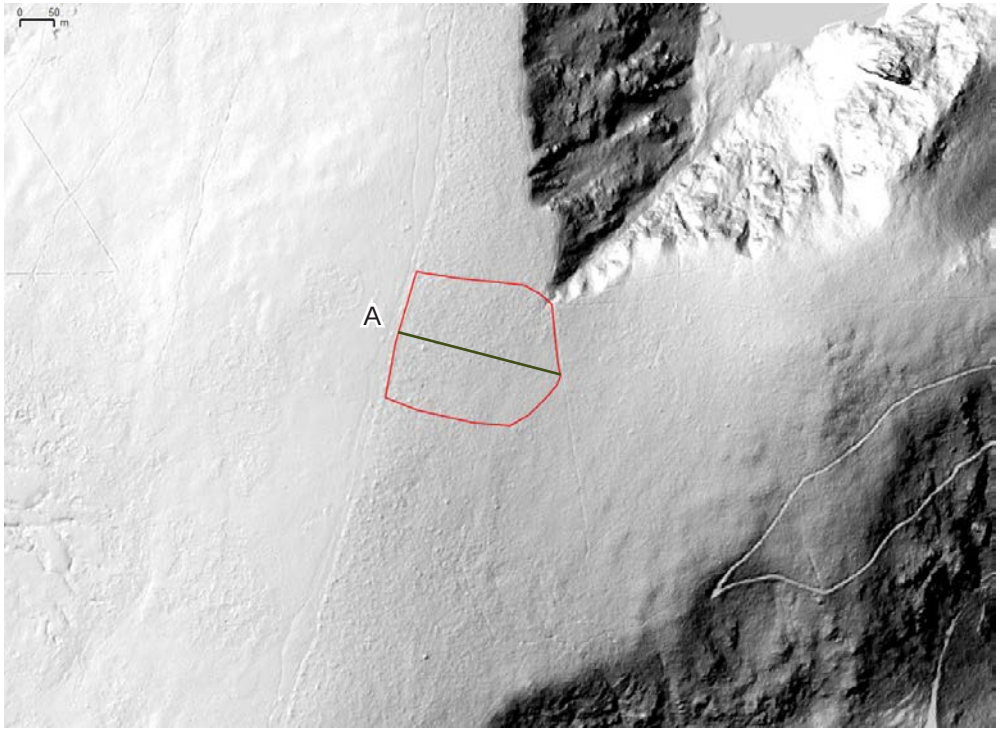


Figure 5-5-1: présentation du site dans son contexte topographique issu du RGE Alti© IGN. Ci-dessous, profil topographique correspondant sur l'axe A.

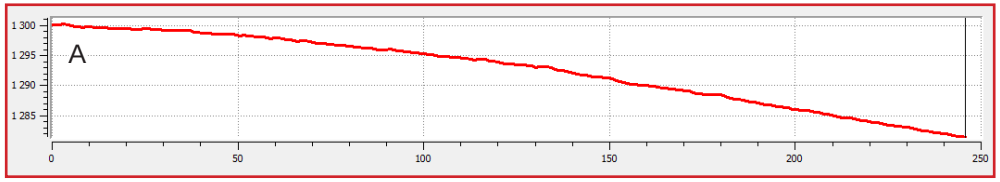


Figure 5-5-2: localisation des points de sondage, des épaisseurs de tourbes et des relevés sur un fond photographique Bing.

liniaies ne présentant pas de secteur à sphaignes ni de tourbe, difficilement attribuable à l'Habitat 7120.

Le pointage au GPS des unités fonctionnelles réalisé lors de la visite a été représenté sur la photographie IGN-CIGAL de 1956 (figure 5-5-3). Il est net que la zone de tourbière est matérialisée par une grande ouverture claire dans laquelle seules ont été pointées les buttes à S. capillifolium, et donc les unités rattachables à l'Habitat 7110*.

C'est cette zone qui constitue la zone d'extension potentielle des Habitats 7110* et 7120. Aujourd'hui, quelques épicéas ayant poussé dans ce secteur, des petites zones sont occupées par de petits bosquets de pessières à sphaignes.

Le site montre des traces de coupes de ligneux et de brûlis récentes, probablement à vocation conservatoire.

5.5.B - Analyse fonctionnelle

Les données présentées indiquent que la tourbière du Reisberg est une entité de 5000 m² formant un îlot aujourd'hui peu perceptible dans une brousse à pins à crochets. Elle correspond probablement à une des unités tourbeuses de la crête, elle s'intègre au métacomplexe du gazon du Faing.

Il apparait que le Reisberg n'est pas une tourbière sur tourbe épaisse. Son origine tient probablement de processus d'ombrotrophisation car le bassin versant ne dépasse pas 2 ha et les pentes suffisamment fortes pour ne pas permettre la stagnation des eaux de pluie. Ceci dit, l'existence d'une tourbe, même peu épaisse joue probablement un rôle dans le maintien de communautés turfigènes, peut-être pour des raisons d'exclusion des compétiteurs.

Il est difficile, sur une petite entité comme celle-là et en l'absence de modèle fonctionnel, de définir une dynamique future. La présence du trichophore et du nard laisse présumer d'un piétinement ancien ou actuel, piétinement par de grands mammifères probablement sauvages. Ce piétinement est à la fois favorable au maintien ouvert du milieu et défavorable aux sphaignes rouges, mais pas à la linaigrette. D'un point de vue théorique, le futur de la tourbière est dépendant des équilibres entre le piétinement-abroutissement, l'extension des sphaignes rouges et la colonisation ligneuse.

5.5.C - Etat de conservation

La zone potentielle d'extension de la tourbière est probablement celle où les buttes à sphaignes rouges sont présentes et qui était ouverte en 1956. Cette zone est aujourd'hui une mosaïque complexe, comme représentée localement par le profil de structure et de suivi. On peut considérer que du point de vue typologique Natura 2000, elle corresponde à une mosaïque des Habitats 7110* et 7120, ce dernier étant représenté par des communautés à myrtilles, des bosquets d'épicéas, de la moliniaie. Le profil montre un recouvrement important de la linaigrette. Cette espèce pourrait servir d'indicateur d'état sur l'ensemble du site, mais nous ne possédons pas de donnée sur cette

Groupe ACH-VARCLUS		7	7	7	7	7	9	3	7	3	9	6	7	7	7	7	13	13	12	12	13
		RE1_1	RE1_2	RE1_3	RE1_4	RE1_5	RE1_6	RE1_7	RE1_8	RE1_9	RE1_10	RE1_11	RE1_12	RE1_13	RE1_14	RE1_15	RE1_16	RE1_17	RE1_18	RE1_19	RE1_20
RE1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Rhytidiadelphus loreus	5																x	x	x	x	x
Vaccinium myrtillus	7			x	x												x	x	x	x	x
Sphagnum russowii	7			x	x	x		x		x		x									x
Pleurozium schreberi	9	x	x	x											x	x	x		x	x	x
Calluna vulgaris	16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Eriophorum vaginatum	16	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x			
Polytrichum strictum	2									x		x									
Aulacomnium palustre	3		x				x				x										
Sphagnum magellanicum	3						x				x	x									
Sphagnum rubellum	7						x	x	x	x			x		x	x					
Sphagnum capillifolium	5										x		x	x	x	x					
Molinia caerulea	2	x								x											
Trichophorum cespitosum	12		x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x					
Nardus stricta	2																		x	x	
Hylocomium splendens	1																	x			
Polytrichum commune/formosun	1																	x			
Sphagnum papillosum	1				x																
Calypogeia sphagnicola	1													x							
Pohlia sp.	1													x							

Tableau 5-3-1: profil de structure et de suivi du complexe du Reisberg.

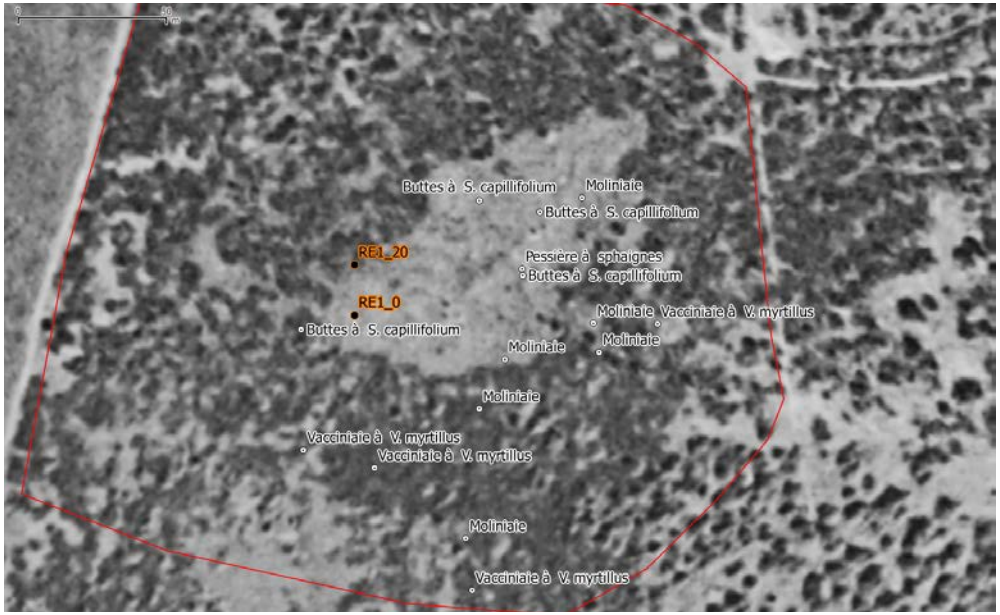


Figure 5-5-3: localisation des pointages d'unités fonctionnelles sur le fond photographique orthonormé IGN de 1956 mis à disposition par le CIGAL.

répartition. Si on se fie au profil et au regard de la clé d'évaluation, l'absence de tourbe rend difficile l'évaluation, principalement parce qu'on ne connait pas l'origine précise du complexe (ce qui ne permet pas d'évaluer son état actuel et son devenir). La question qui peut se poser est celle d'un Habitat 7110* sous forme fragmentaire, à évaluer comme tel. Il apparaît fréquent, dans le secteur du gazon du Faing, que des buttes à sphaignes rouges soient présentes en dehors de complexes tourbeux, par exemple sur des rochers (Goubet, 2007).

Évaluer l'état de conservation de l'Habitat 7110* du Reisberg se heurte donc à l'impossibilité de diagnostiquer l'origine du complexe. En attendant des éléments de compréhension de l'origine des tourbières du métacomplexe du gazon du Faing nous proposons de considérer le Reisberg comme une tourbière haute d'origine anthropique, mais à KTH absent vue l'absence de tourbe. La nature ombrotrophe du Reisberg ne constitue en aucun cas un antogonisme avec une origine anthropique: le contexte climatique est favorable à la mise en place de communautés de tourbière haute une fois la forêt exclue par l'homme. La clé d'évaluation n'étant pas opérationnelle dans ce cadre, nous proposons une évaluation à dire d'expert avec un état favorable pour l'Habitat 7110* et un état altéré pour l'Habitat 7120 (dichotomie 3b: Tourbière haute dégradée dans un état incertain à son maintien ou à l'émergence des communautés de tourbières). En effet, le recouvrement important d'épicéas et de pin à crochets ne permet pas de considérer l'Habitat 7120 dans un état favorable.

5.5.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

Ce petit complexe ne présente pas, à priori, de potentiel important en termes de compréhension du fonctionnement des tourbières de la crête. Il pourra peut-être bénéficier des avancées réalisées sur les autres complexes, plus importants, et situés dans la réserve naturelle.

Une caractérisation de la répartition de la linaigrette engainante pourrait être un élément de connaissance complémentaire intéressant pour suivre et mieux évaluer l'état de conservation de l'entité, sachant que cette ingénieure de l'écosystème «tourbière haute» est par conséquent un indicateur fonctionnel majeur de turfigenèse potentielle.

Les actions de gestion de type coupes de ligneux, épicéas et pins à crochets, sont à maintenir sur l'ensemble des secteurs ouverts avec des interventions régulières sur les petits individus qui pourront être coupés et exportés tous les 5-6 ans. Les pins sylvestres pourront être laissés en place. Il est impératif de ne pas brûler les rémanents à proximité des communautés de tourbière comme cela été le cas dans le passé.

5.6 - Gazon du faing

L'évaluation de l'état de conservation du métacomplexe du gazon du Faing n'a pu être tentée que grâce aux données fournies par le Conservatoire des espaces naturels de Lorraine et l'aide technique, pour les sondages, de Thibault Hingray, salarié du Conservatoire. Les données mises à disposition sont des fichiers SIG des épaisseurs de tourbe, des cartographies d'Habitats ou d'unités fonctionnelles et des matrices de profils de structure et de suivi réalisés suivant le même protocole que le nôtre. Le complexe a fait l'objet d'une étude fonctionnelle (Hingray, 2015).

On peut préciser que le cas du gazon du Faing est particulier avec une diversité des complexes et une taille exceptionnelle dans le cadre des tourbières de France (plus de 90ha d'après Hingray (2015)). L'évaluation de l'état de conservation doit donc être adaptée à la structure du complexe. Elle pourra être améliorée une fois cette structure clairement établie, à travers une analyse propre à chaque grande unité. Nous ne considérerons pas, à priori, le site du gazon du Faing comme une tourbière unique. Le cas de la tourbière du Tanet, mieux connue car plus petite, sera présenté plus tard dans ce document. Il montre qu'une même tourbière peut héberger plusieurs unités fonctionnelles d'origines et d'états différents.

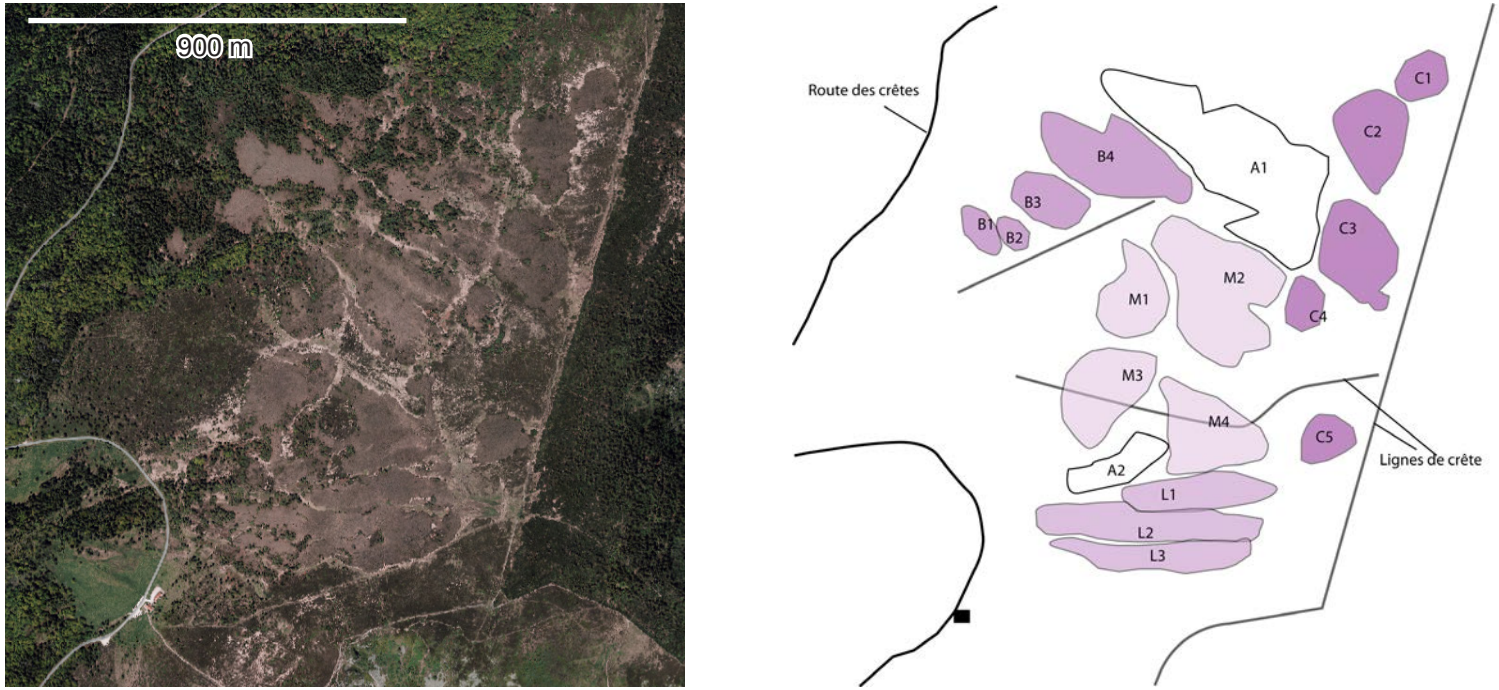


Figure 5-6-1: vue aérienne du métacomplexe du gazon du Faing (source Cigalsace-IGN) et délimitation provisoire des différentes unités fonctionnelles à l'échelle du complexe (Goubet, 2007). Les lettres renvoient à une première typologie des complexes basée sur la structure topographique .

5.6.A - Structure du site

Le métacomplexe du gazon du Faing est constitué de 12 à 18 complexes suivant la définition de la notion de complexe et de la géométrie réelle des édifices tourbeux. La délimitation des complexes n'a pas encore été parfaitement caractérisée; elle est rendue compliquée par des perturbations anthropiques et par le manque de certitude sur l'origine de certaines structures. La figure 5-6-1 montre un exemple de typologie possible du métacomplexe en unités fonctionnelles majeures.

Le relief est logiquement diversifié vu la taille du site. La structure globale s'organise sur une trilogie nord-sud du type vallon [1], interfluve [2], vallon [3], le tout perpendiculaire à la crête [4] (figure 5-6-2). Cette trilogie définit trois grands secteurs fonctionnels. A une autre échelle, les deux unités de vallons montrent un réseau de sillons longitudinaux (absent de l'unité d'interfluve). La figure 5-6-3 présente ces sillons et les épaisseurs de tourbe. La même figure permet également de constater le grignotage des marges de la plupart des complexes pour l'extraction de tourbe. On observe également des fosses au sein même des édifices.

Les épaisseurs de tourbe mesurées par le CEN Lorraine varient de 20-30cm à 350cm. Les données sont encore trop espacées, en particulier sur les marges, pour permettre une extrapolation per-

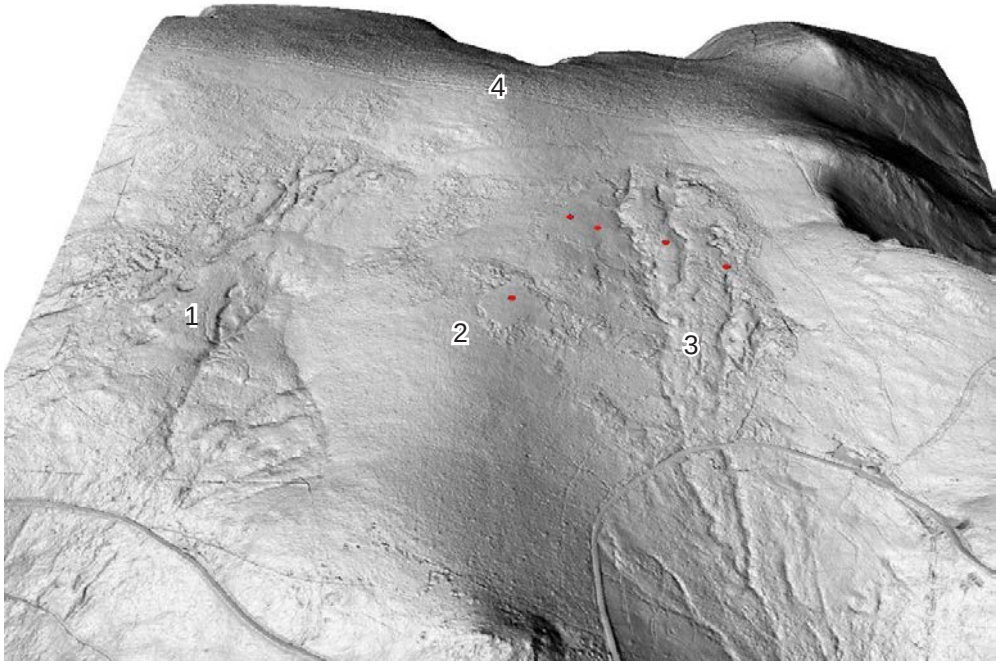


Figure 5-6-2: le cadre du métacomplexe avec l'indication des sondages réalisés (en rouge). Fond RGE Alti© IGN.

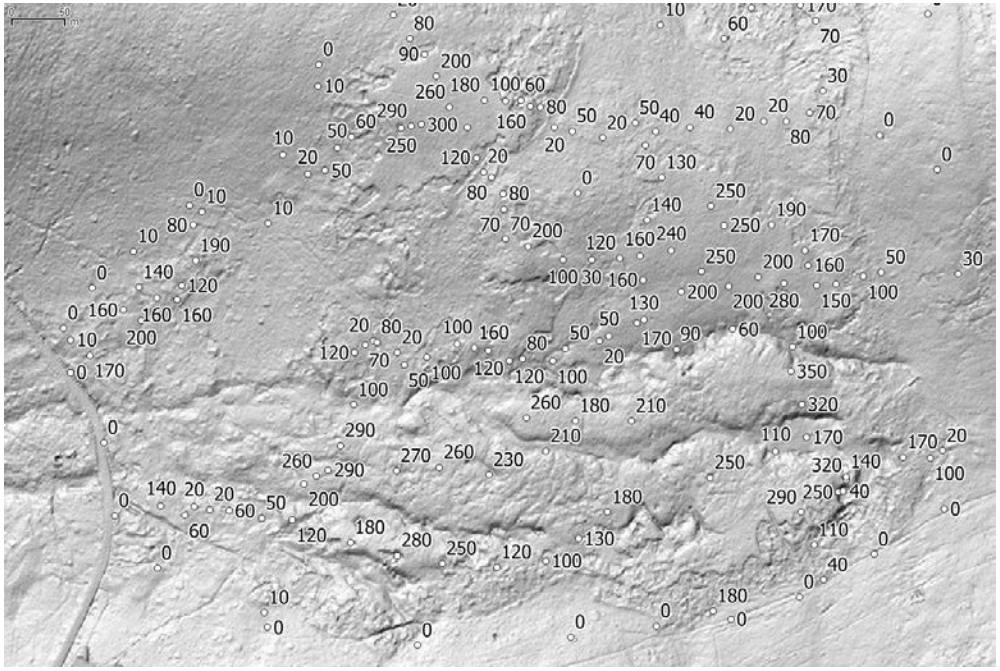


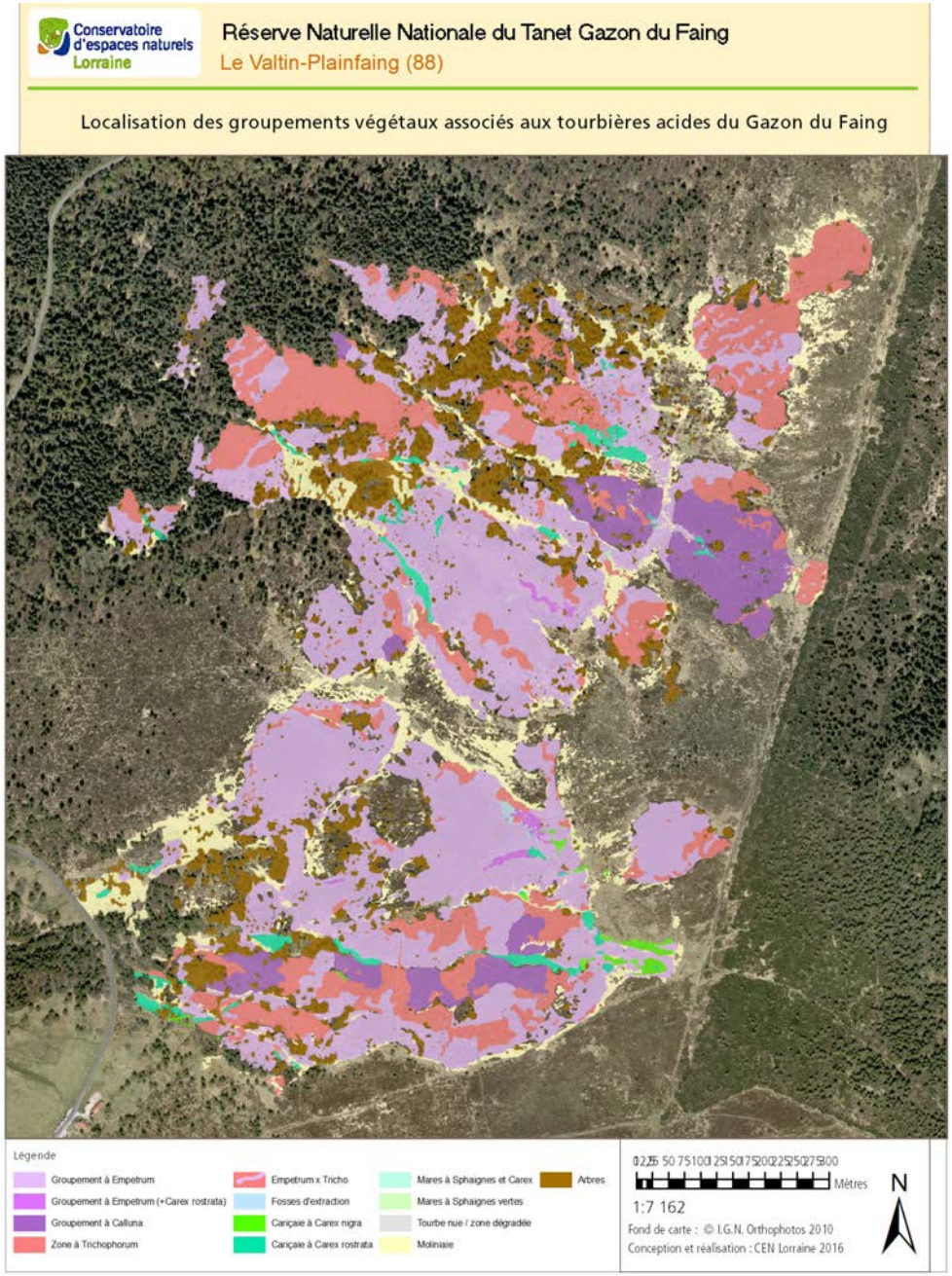
Figure 5-6-3: vue de détail du vallon sud et d'une partie de l'interfluve (Fond issu des données du RGE Alti© IGN, épaisseurs de tourbe en cm fournies par le CEN Lorraine).

tinente, mais un essai a été réalisé pour montrer les problématiques liées à la fréquence des points de sondage (figure 5-6-4). La méthode d'extrapolation ne sera précisée ici. Il apparait clairement que la répartition des fortes épaisseurs de certains secteurs reste à vérifier, en complément de sondages dans des secteurs montrant des fosses de tourbage mais contradictoirement considérés comme non tourbeux sur l'extrapolation. C'est en particulier le cas dans le secteur de l'interfluve, secteur déterminant pour établir l'origine de certains éléments du métacomplexe [1].

La nature des tourbes a été caractérisée sur 5 sondages exhaustifs localisés en figure 5-6-2 et 5-6-5 et présentés en figures 5-6-5 et 5-6-6. L'objectif des sondages était de caractériser au mieux les différentes unités majeures dans un temps limité et en excluant la zone de réserve intégrale. Il a donc été décidé de réaliser un transect sud-nord de 4 sondages complété par un sondage dans un complexe sur la pente sud de l'interfluve médian (TGF_S5). Les épaisseurs de tourbe tournent autour des 2m.

Les profils se résument pour la plupart en 2 parties, un KTH de surface ou de subsurface, et une colonne de tourbe sous-jacente à sphaignes et linaigrette engainante.

L'épaisseur du KTH varie d'une dizaine de cm à plus d'un demi-mètre (TGF_S1). Pour ce dernier sondage, il est possible qu'il s'agisse d'un dépôt anthropique issu d'un raclage de préparation d'une fosse. La tourbe à sphaignes et linaigrette contient également beaucoup de racines et radicelles d'éricacées, ainsi que des graines et feuilles de canneberge ou d'andromède. Les sphaignes identifiées au laboratoire sont, pour ces tourbes à linaigrette engainante, *Sphagnum magellanicum*, *S. rubellum*, *S. fuscum*, *S. capillifolium* et *S. angustifolium*. Il ne fait donc aucun doute que ces tourbières aient été édifiées par des communautés de tourbières hautes, ombrotrophes. On peut préciser également que les colonnes levées montrent, pour certaines d'entre elles, des alternances de tourbe peu dégradée, typique des tourbières hautes, à sphaignes, et de passées de 3 à 6cm d'épaisseur de tourbe compacte, à concentration de racines d'éricacées, aux sphaignes dégradées, riches en champignons divers et parfois même à fragments de sphaignes carbonisées. D'après notre expérience, ces tourbes à passées donnant un aspect annelé à la carotte sont en fait spécifiques à quelques tourbières Vosgiennes, le gazon du Faing, le Tanet et la Ténine. Elles correspondent probablement à un type de fonctionnement particulier, rare ou unique en France.



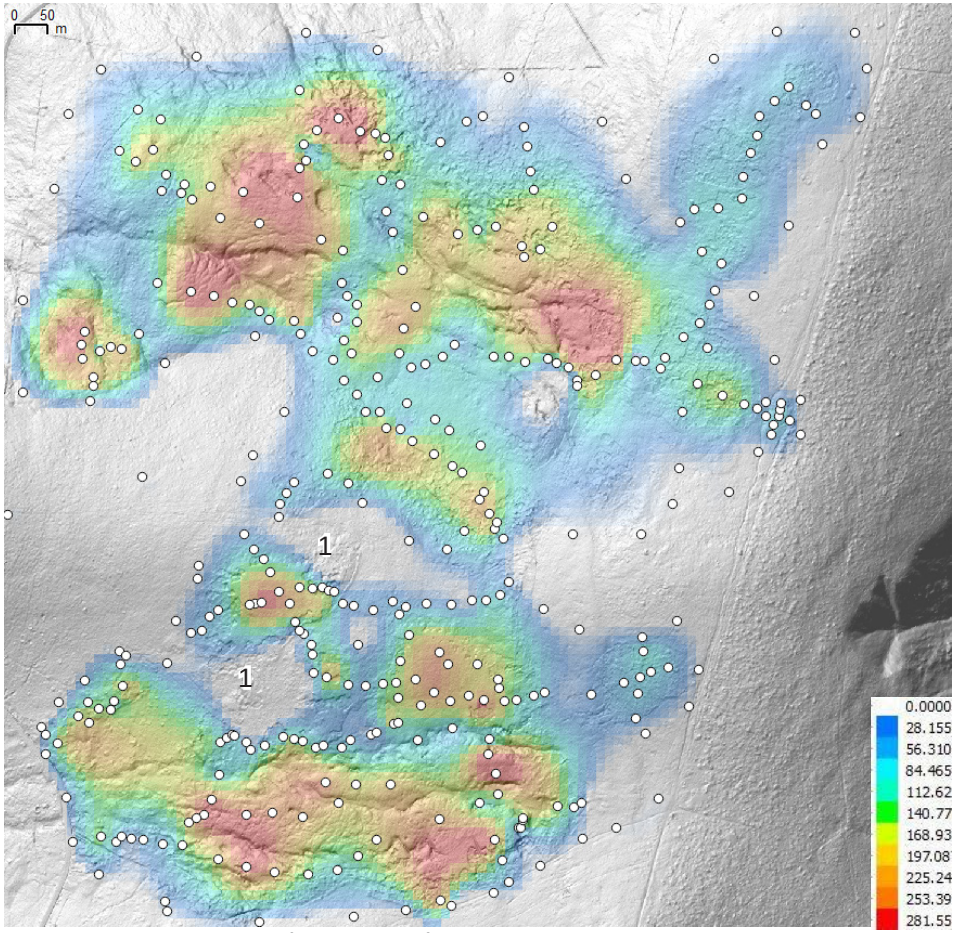
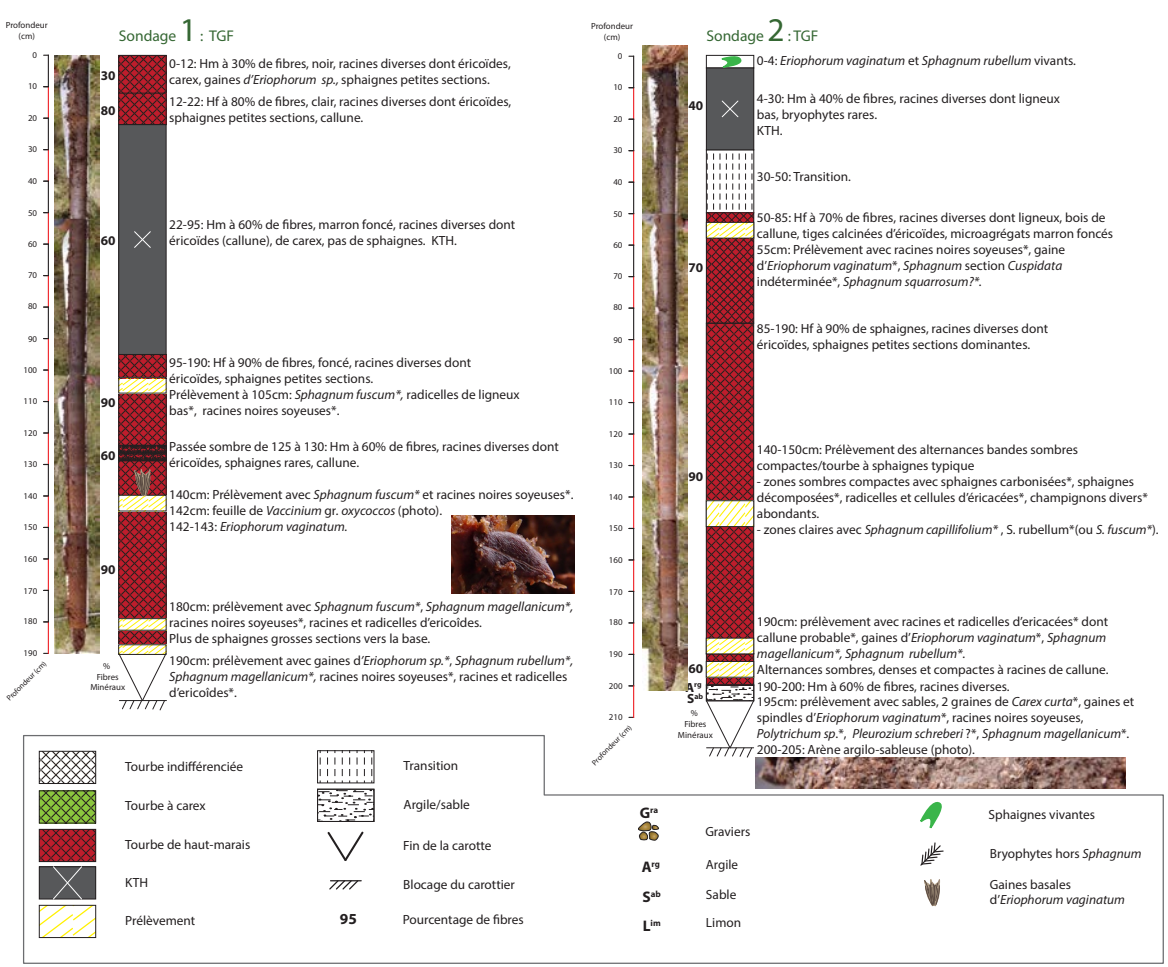


Figure 5-6-4: en haut, modélisation des épaisseurs de tourbe et points de sondage (points blancs) sur fond de MNT du RGE Alti© IGN. A gauche, cartographie des différentes communautés à travers la présence de taxons indicateurs (source CEN Lorraine).

La base des profils est majoritairement occupée par des tourbes à sphaignes et linaigrette. Le sondage TGF_S3 est caractérisé, à sa base, par une tourbe de bas-marais à carex et *Sphagnum teres* probable. Ce type de tourbe dans le contexte du gazon du Faing n'est pas surprenant, puisque qu'il pourrait correspondre à un analogue ancien de sillon longitudinal.

Le structure des communautés a été caractérisée par des profils de structure et de suivi réalisés par le CEN Lorraine (Hingray, 2015). Il sont reproduits ici tels que mis en forme par Thibault Hingray du CEN Lorraine (tableaux 5-6-1 à 5-6-3). Ces profils courent sur des distances de 70, 91 et 50m. Ils ont tous trois été réalisés au sud de l'interfluve médian, dans des secteurs d'apparence distincte (secteur à camarine, secteur à trichophore et secteur à callune). Sur l'ensemble des profils; les plantes les plus communes sont *Calluna vulgaris, Eriophorum vaginatum* et *Pleurozium schreberi.* Ensuite, suivant les profils et les tronçons considérés, différents taxons ou cortèges accompagnent ces trois espèces. On peut citer le cortège, classique: *Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium myrtillus*, *Sphagnum russowii* qui semble ici correspondre également à un secteur à *Empetrum nigrum* et, comme souvent, au cortège des pleurocarpes (*Hypnum jutlandicum* et *Hylocomium splendens*). Les sphaignes rouges peuvent être localement bien présentes, avec principalement *Sphagnum capillifolium* et *S. rubellum*, plus rarement *S. magellanicum* et *S. fuscum*. Des secteurs à *Trichophorum cespitosum* s'individualisent également.



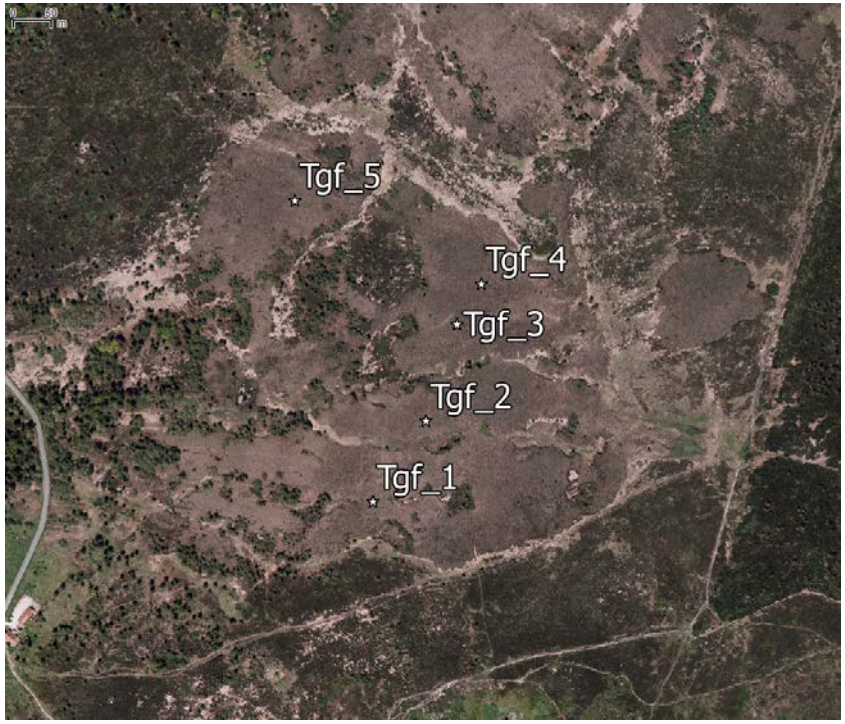


Figure 5-6-5: localisation des sondages sur fond Cigalsace-IGN et représentation schématique de l'interprétation des sondages, à gauche.

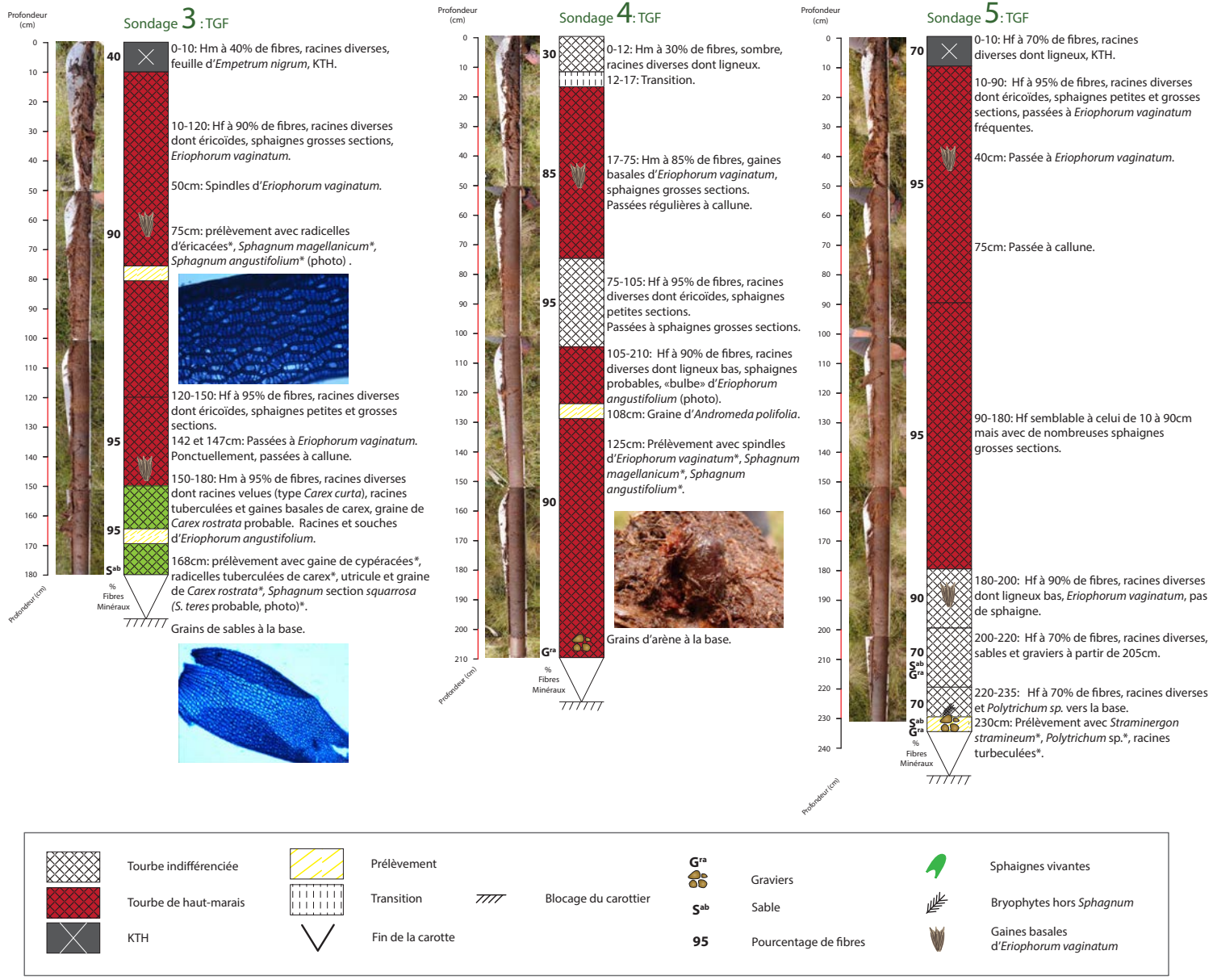


Figure 5-6-6: représentation schématique de l'interprétation des sondages réalisé dans la tourbière du gazon du Faing.

Une cartographie des secteurs de tourbière à trichophore, à camarine, et de ceux qui n'hébergent ni l'une ni l'autre de ces deux espèces a été réalisée par le CEN Lorraine (figure 5-6-14). La carte met en évidence une structure tripartite avec un cœur occupé par les communautés à camarine et deux unités au nord et au sud occupées par les communautés à trichophore ou simplement celles à callune et linaigrette engainante. Cette communauté de tourbière haute sans indicateur particulier semble occuper deux secteurs en situation comparable de tourbière de fond de vallon à grands sillons internes. Elles semblent également prendre une forme longitudinale. En extrapolant, on pourrait donc imaginer que la camarine est un taxon potentiel sur l'ensemble de la tourbière, mais qu'il s'efface dans les deux fonds de vallon. Le trichophore est quant-à lui bien présent sur les marges sud, nord et est du métacomplexe.

Certains aspects historiques de la tourbière sont traités par Thibault Hingray (2015).

5.6.B - Analyse fonctionnelle

Comprendre une si grande tourbière nécessite un investissement minimal en collecte de données. Même si des traits apparaissent émerger sur les données déjà collectées, les hypothèses proposées restent floues. Une des difficultés majeures est de déterminer les paramètres écologiques qui conditionnent la

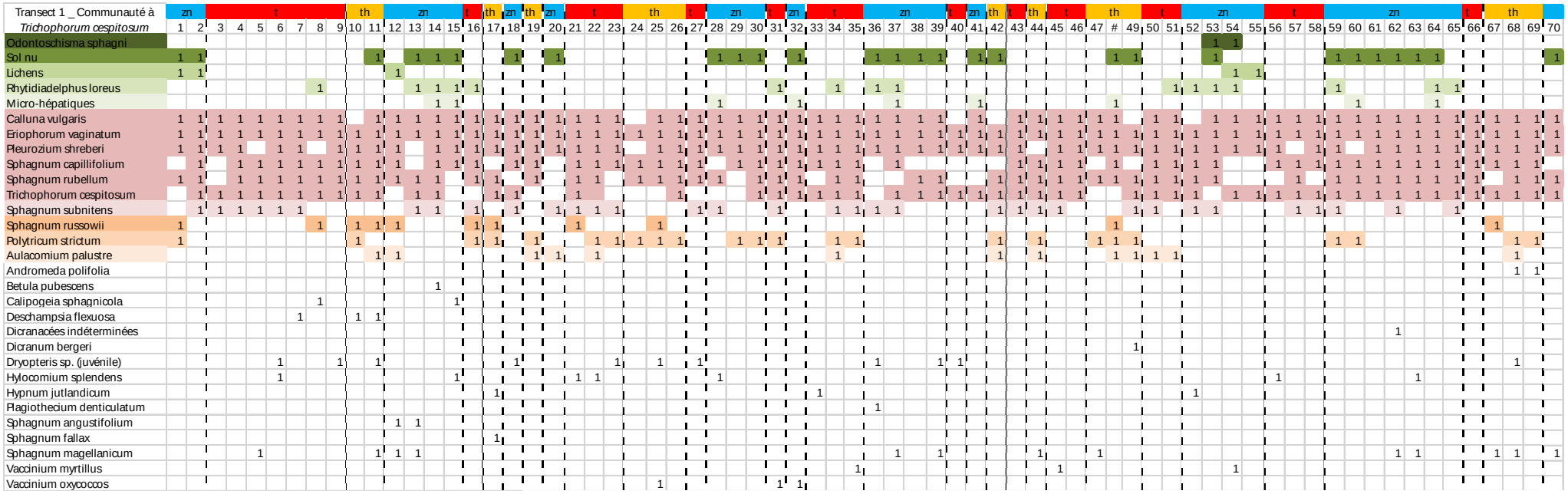


Tableau 5-6-1: profil de structure et de suivi réalisé sur la tourbière du gazon du Faing (source CEN Lorraine sans modification).

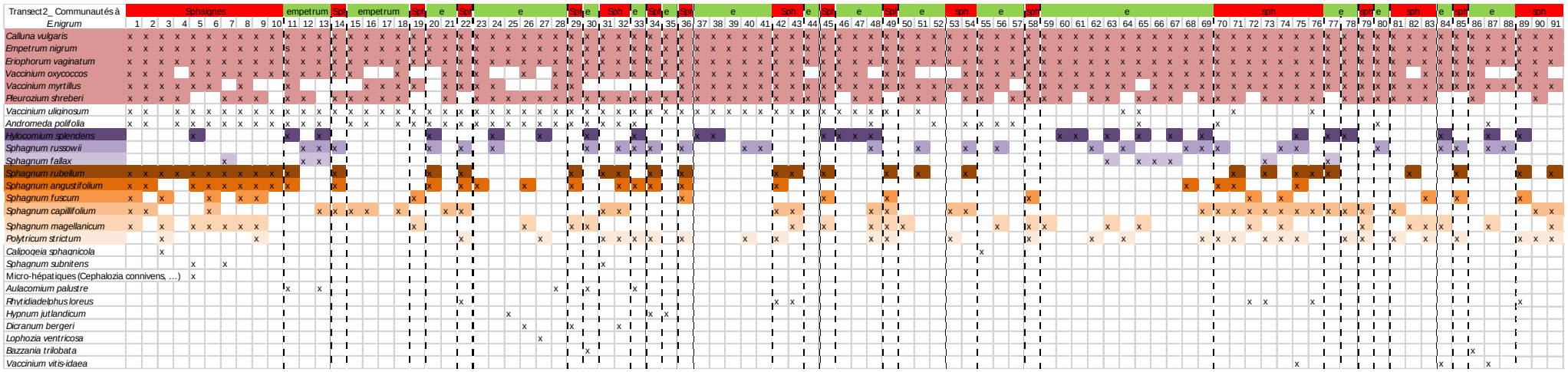


Tableau 5-6-2: profil de structure et de suivi réalisé sur la tourbière du gazon du Faing (source CEN Lorraine sans modification).

composition et la structure des communautés végétales, malgré la qualité des données générées par le CEN Lorraine.

Il est certain que le trichophore représente un marqueur de processus érosifs, au sens large, de la tourbe. Mais quelle est la part des héritages et des processus actuels dans son déterminisme? Vu le contexte historique et les possibles atteintes liées aux activités militaires, d'extraction de la tourbe ou même touristiques, il apparait évident que la tourbière est susceptible d'être ou d'avoir été fortement piétinée ou incendiée au cours du siècle dernier. Il s'agit

Transect 3 _ Communautés à Calluna vulgaris	C							C							t	C		t	C	t	C					t			C	t																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Andromeda polifolia			1			1		1	1	1	1		1	1																																				
Empetrum nigrum subsp. nigrum									1	1	1	1																		1																				
Odontoschisma sphagni														1								1																												
Dicranum scoparium																									1																									
Bazzania trilobata																					1	1	1	1	1	1																								
Hylocomium splendens				1												1	1							1																										
Aulacomium palustre									1								1	1																							1									
Rhytidiadelphus loreus																												1	1																					
Sphagnum magellanicum						1						1		1		1	1					1	1						1		1				1	1				1	1	1	1					1	1	1
Vaccinium oxycoccos	1	1	1	1	1	1		1	1	1		1	1	1		1	1		1			1	1		1			1	1																					
Pleurozium schreberi		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	
Sphagnum capillifolium	1	1		1		1			1	1		1	1	1		1	1	1	1	1		1	1		1		1	1	1			1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Calluna vulagris	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Eriophorum vaginatum	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Trichophorum cespitosum subsp. germanicum																														1								1	1			1	1			1			1	1
Sphagum rubellum																														1	1									1										
Polytrichum strictum																										1		1			1									1		1	1							
Barbilophozia attenuata																										1																								

Tableau 5-6-3: profil de structure et de suivi réalisé sur la tourbière du gazon du Faing (source CEN Lorraine sans modification).

là de perturbations récentes qui succèdent à un probable usage agropastoral encore plus ancien, ayant provoqué la formation du KTH. Il n'est donc pas surprenant de constater la présence du trichophore en bordure du métacomplexe, là où le piétinement est le plus probable, hier comme aujourd'hui.

La présence de la camarine est plus difficile à expliquer. C'est une espèce peu répandue dans les tourbières en France, qui s'intègre également aux landes minérales, souvent sous la forme d'une sous-espèce. Vu la répartition mondiale de la camarine, il est certain que les conditions climatiques pour sa présence en France impliquent des altitudes importantes. Mais quelle est l'altitude plancher de sa niche? Son observation à la Ténine, à Missheimle ou sur la tourbière de Neuf-Bois indique qu'elle peut se tenir à de plus faibles altitudes que celles de la crête. Sa présence est probablement aussi induite par un paramètre écologique local. Si on se base sur la présence de la plante conjointement à celle des espèces du cortège de la vacciniaie (*Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *Sphagnum russowii*, *S. girgensohnii*), on peut s'interroger sur le lien entre une forme de landification de la tourbière, à travers la genèse d'un épisolum humifère de type mor et la présence de la camarine. Etant donné la bonne conservation des feuilles de canneberge, d'andromède ou de callune, assez souvent rencontrées dans les profils, on peut s'attendre à ce que celles de la camarine soit aussi bien conservées. Or, nous n'avons pour le moment observé des restes de feuilles que dans un sondage d'un des complexes du vallon des Vintergès (S40 à 135cm de profondeur). Il est donc possible que la camarine soit une plante relativement rare dans le passé. De nouvelles données paléoécologiques pourront probablement aider à mieux définir le déterminisme de la camarine.

Les secteurs sans trichophore et sans camarine, occupés par la callune et la linaigrette engainante apparaissent «classiques», communs dans le contextes des Hautes-Vosges. Il correspondent à des communautés de tourbières hautes, situés ici sur des tourbes de haut-marais. Cependant, la présence d'un KTH met en évidence une rupture fonctionnelle récente, compensée par une forme de résilience de l'écosystème, favorisée par une fenêtre climatique favorable (fenêtre d'ombrotrophie).

La dynamique du complexe semble double. Une partie s'oriente vers la remise en place des communautés turfigènes à linaigrette engainante et sphaignes rouges, les mêmes qui ont construit l'édifice tourbeux. On peut prédire que les secteurs à trichophore s'orientent au moins en partie vers cela, à moins que les processus érosifs à leur origine soient encore en cours. Une autre partie, occupée par la camarine, mais surtout pas les espèces des vacciniaies, ne s'inscrit peut-être pas dans cette dynamique de résilience. Il n'existe pas de données paléoécologiques qui indiquent la tenue, dans le passé, de la mise en place de communautés de tourbière haute en tourbière altérée et tenue par une vacciniaie. Cependant, la présence assez répandue de différentes sphaignes ingénieures des hauts-marais et de la linaigrette en-

gainante constitue un indicateur d'une colonisation potentielle.

L'origine de la tourbière et ses implications en termes de fonctionnement constituent un sujet délicat à traiter. D'abord, il faut pouvoir déterminer l'origine avec une question essentielle: certains des complexes du gazon du Faing au moins sont-t-ils rattachables à des tourbières de couverture? Ensuite, si à l'origine certains complexes sont des tourbières de couverture, quelles en sont les conséquences sur le fonctionnement actuel, en d'autres termes, est-ce que cela importe? Ces sujets sont de l'ordre du diagnostic fonctionnel, donc hors du cadre de ce travail sur l'évaluation de l'état de conservation. Néanmoins, on peut indiquer que sur l'ensemble des données collectées sur le site rien ne permet d'écarter que les complexes de l'interfluve médian au moins sont de type tourbière de couverture.

Ce qui est aujourd'hui certain, c'est que les secteurs du vallon sud et du versant sud de l'interfluve ont été édifiés par des communautés de tourbières hautes du même type que celles édifiant les tourbières de couverture des îles Britanniques, indépendamment de leur situation dans le fond de vallon ou sur les versants. Le démarrage ombrotrophe se réalise majoritairement directement sur le socle, et non à partir d'une tourbe de bas-marais déjà constituée, ce qui satisfait également le modèle de la tourbière de couverture. Cependant, la démarche intellectuelle qui permettra de valider qu'au moins certains complexes sont de vraies tourbières de couverture nécessite un travail bibliographique sérieux qui reste à produire.

5.6.C - Etat de conservation

L'évaluation de l'état de conservation d'une tourbière de plus de 90ha dont le type reste à préciser est délicate. Pour ce faire, nous bénéficions des données générées par le CEN Lorraine sur certaines parties de la tourbière.

Les Habitats présents sont donc d'une part soit de type 7110*, soit de type 7130 et, d'autre part, de type 7120. Les mosaïques sont la règle, ce qui ne simplifie par la démarche d'évaluation.

Ceci dit, les données pédologiques et paléoécologiques, si on les extrapole à l'ensemble du métacomplexe, nous permettent d'attribuer une bonne partie de la tourbière à la dichotomie 9a: un haut-marais fortement perturbé en voie de régénération à stabilité probable et dans un état de conservation favorable. Pour les communautés rattachables à l'Habitat 7120, la dichotomie la plus satisfaisante est la 3a: Tourbière haute dégradée dans un état favorable à son maintien ou à l'émergence des communautés de tourbières hautes, et donc dans un état favorable.

5.6.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

Une aussi grande tourbière que celle du gazon du Faing, avec de nombreux complexes imbriqués, impose une masse de données importante pour permettre un diagnostic fonctionnel satisfaisant.

Malgré les efforts importants pour ce qui est de caractérisation de la composition et de la structure floristique de la partie sud du métacomplexe par le CEN Lorraine, les données disponibles ne permettent pas encore de proposer des modèles fonctionnelles fiables. Peut-être que des progrès seront réalisés à travers une synthèse floristique à l'échelle des Hautes-Vosges (voir le dernier chapitre de ce document).

Parmi les grandes questions à traiter, notons celle de l'importance des processus érosifs indiqués par Hingray (2015). La démarche conservatoire étant fortement conditionnée par l'existence de tels processus, il est prioritaire de définir l'origine possible des structures pouvant être de nature érosive. De notre côté, si nous reconnaissons qu'il peut s'agir de vrais processus érosifs, il nous parait important de valider une telle hypothèse, car il pourrait également s'agir d'autres phénomènes. De plus, si les structures observées s'avèrent d'origine érosive, il sera important de déterminer si les processus sont encore actifs et à même d'altérer la tourbière.

Les compléments qui pourront probablement aider à mieux comprendre le fonctionnement du complexe et améliorer sa gestion sont ceux proposés par Thibault Hingray (2015) dans son travail sur le fonctionnement de la tourbière, à savoir: la réalisation d'une étude paléoécologique satisfaisante intégrant des datations C^{14}. Il est important de travailler sur une base scientifique actuelles, dite d'analyse multiproxies (macrorestes, palynologie incluant les palynomorphes non polliniques, taux de cendres, analyse XRF, etc.) sur au moins un profil dont l'emplacement doit être choisi avec soin. Pour satisfaire cette exigence, nous préconisons spécifiquement la réalisation de plusieurs profils d'analyse des macrorestes complétée par une série d'une vingtaine de profils de terrain comparables à ceux réalisés dans le cadre de ce travail d'évaluation. Il s'agirait d'étendre la connaissance des tourbes à l'ensemble de la tourbière (vallon nord en particulier).

Des compléments de sondages à la perche sont également souhaitables, avec un protocole définissant en priorité des axes de relevés pertinents.

Pour ce qui concerne les actions de gestion à réaliser, elles sont classiques pour ce type de tourbières, la coupe des petits épicéas et la limitation à son strict minimum du piétinement.

Les modalités de suivi ont été proposées par Thibault Hingray (2015), en particulier celles des profils de structure et de suivi et la cartographie des communautés.

5.7 - Forlet

Le site de l'Altenwasen-Forlet est en réalité constitué de deux complexes différents: un complexe de fond de cirque (le Forlet), s'étageant sur quelques décimètres de relief autour de 1097m NGF, et un complexe de fond de vallon glaciaire (l'Altenwasen), étagé de 1083 à 1160m d'altitude (figure 5-7-1). Nous présenterons donc les deux sites l'un après l'autre en commençant par le Forlet.

5.7.A - Structure du site

Le complexe du Forlet s'insère dans un cirque glaciaire au pied des falaises de la crête, à une altitude de 1097m.

Le complexe s'étend sur une surface de 8300 m² (figure 5-7-2), avec un relief peu exprimé, entre 1097 et 1098m NGF. Il est donc constitué d'un plateau, incisé d'une dépression majeure, courant d'ouest en est [1], et d'un sillon secondaire provenant du nord-est [2].

Les épaisseurs de tourbe sont présentées en figure 5-7-3. Le fond n'a pas été atteint, il est au-delà de 7m. Le dénivelé sous la tourbe est important car l'épaisseur de tourbe passe en moins de 20m de distance de 2,50m à plus

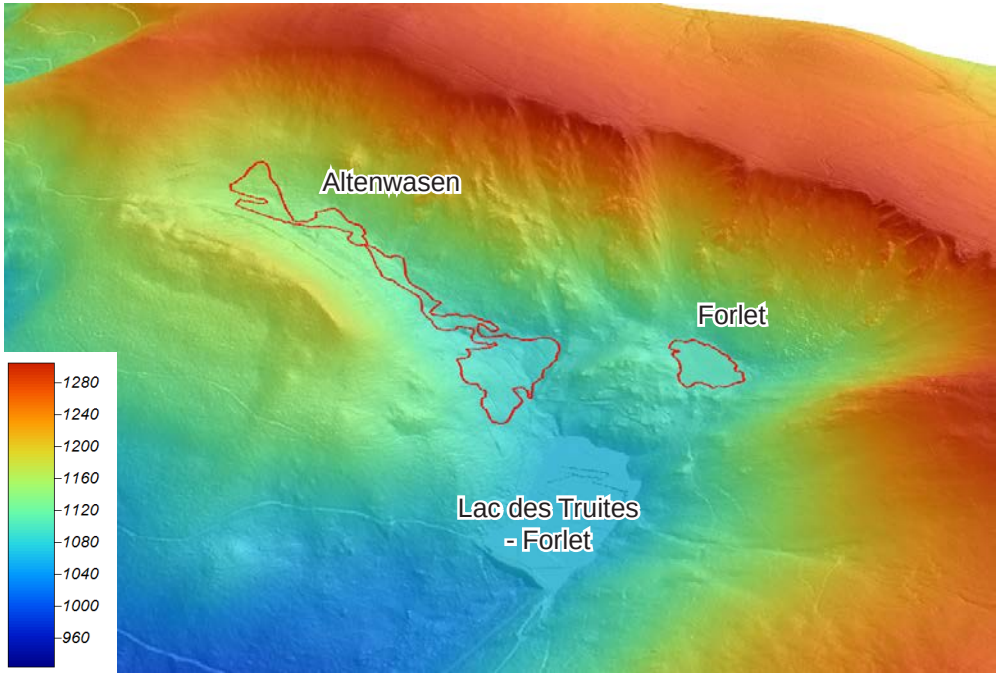


Figure 5-7-1: présentation des sites dans leur contexte topographique issu du RGE Alti© IGN.

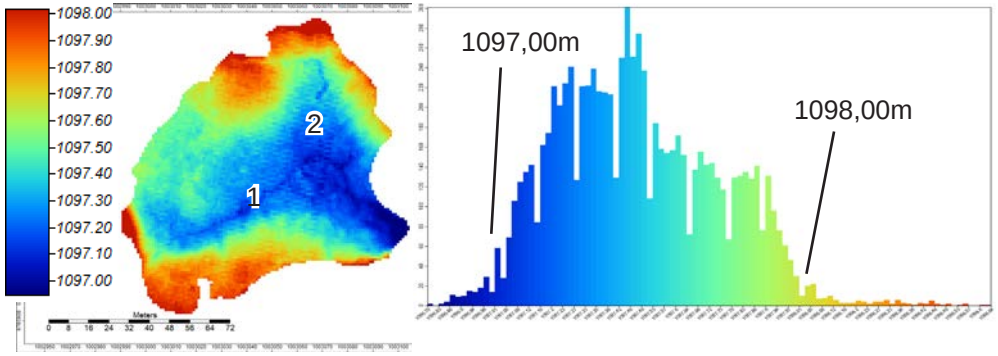


Figure 5-7-2: relief fin du complexe du Forlet à partir du RGE Alti© IGN, à gauche, et histogramme des fréquences (classes de 1,5cm) d'altitude.

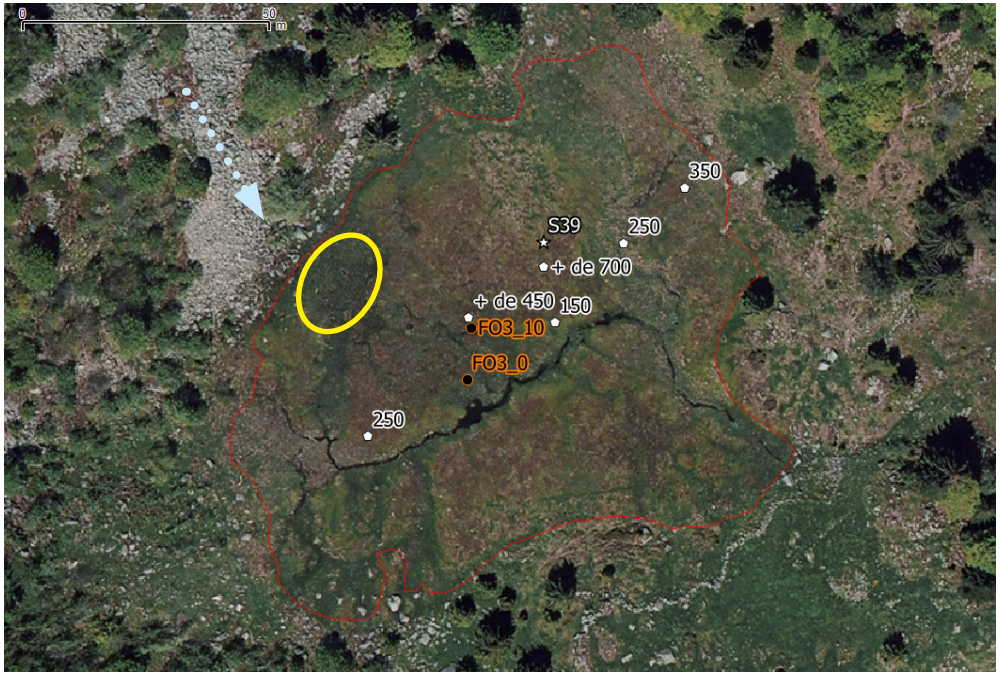


Figure 5-7-3: localisation des points de sondage, des épaisseurs de tourbes (en cm) et des bornes de profil sur un fond photographique Cigalsace. Le contour jaune indique le tremblant en situation primaire à laîche des bourbiers, la flèche bleue indique l'écoulement à l'origine du tremblant.

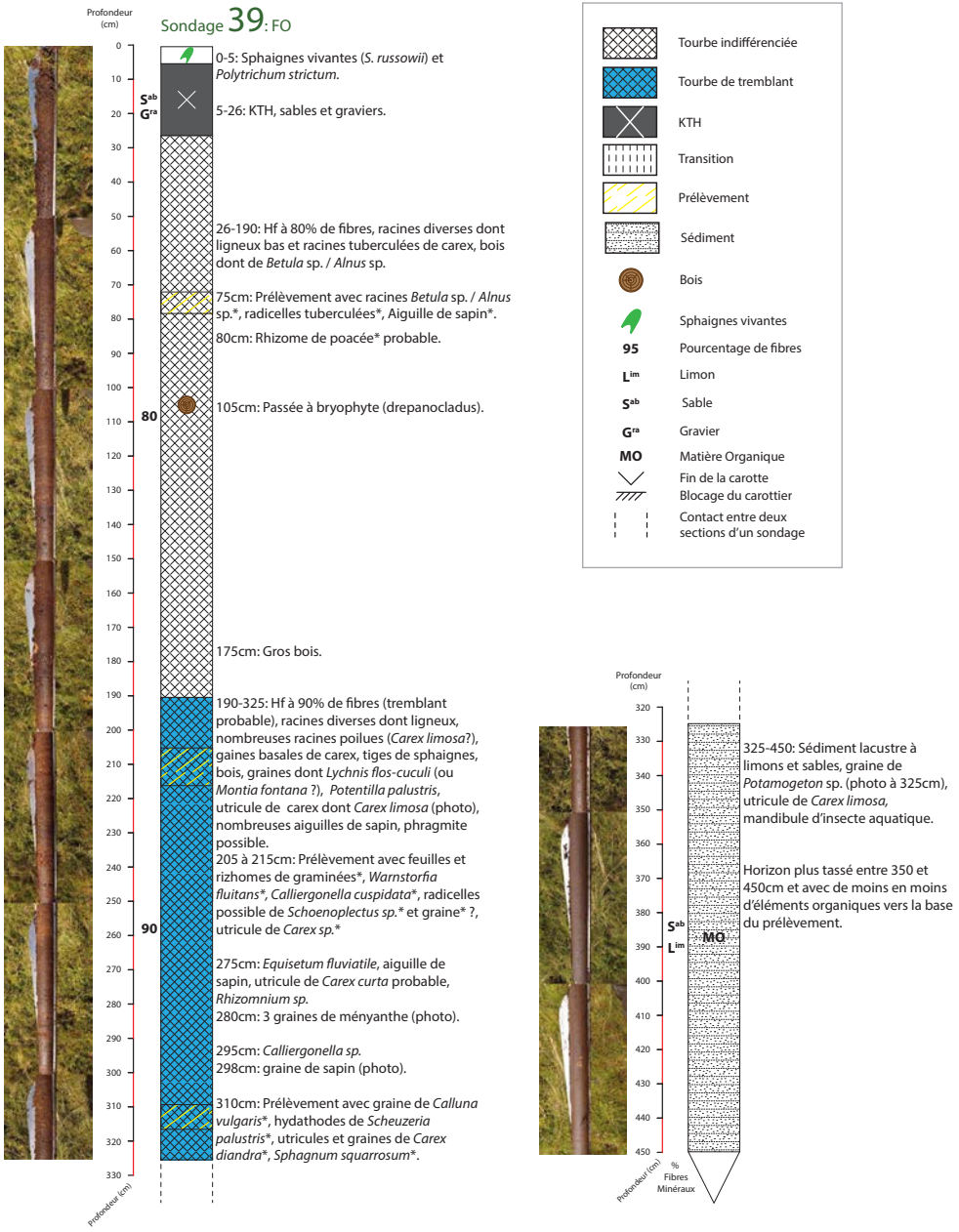


Figure 5-7-4: représentation schématique de l'interprétation des sondages réalisés au Forlet. Localisation des sondages en figure 5-7-3.

de 7m. Vu l'altitude de la surface de la tourbe, le fond minéral est à moins de 1090m.

L'unique sondage paléoécologique réalisé a atteint la profondeur de 4,5m (figure 5-7-4). Il n' a pas été prolongé au-delà car le dernier mètre correspondait à des sédiments lacustres que l'on suppose démarrer dès la base. Au dessus de ces dépôts de lac, sur une épaisseur de 1,35m, la tourbe contient de nombreux témoins de tourbière tremblante: scheuchzérie, ményanthe, jonc des tonneliers et laîches de tremblant (figure 5-7-5)). Au-dessus, une tourbe épaisse de plus de 1,60m n'a pas pu être clairement caractérisée. De nature fibrique, riche en bois et racines de carex, il ne s'agit pas de tourbe de haut-marais. Il existe en surface un KTH net.

Figure 5-7-5: illustrations du sondage S39. En haut, utricule probable de *Carex limosa*; au centre, graines de potamot 295cm, en bas à gauche, graine de sapin à 298cm, en bas à droite, graines de ményanthe à 280cm.

Le profil de structure et de suivi (tableau 5-7-1) montre une forte hétérogénéité spatiale des unités fonctionnelles avec l'imbrication de communautés à sphaignes rouges typiques de tourbière haute (de 2 à 4 et de 8 à 10m) et de végétations de bas-marais qui ne sont pas d'intérêt communautaire (premier mètre et de 5 à 7m). La photographie aérienne de la figure 5-7-3 montre de manière nette une structure de type plateau-sillon, avec la tourbière haute en plateau, les bas-marais en sillon. Les indicateurs de pâturage sont nombreux (*Trichophorum cespitosum*, *Carex nigra*, etc.).

En plus de ces communautés mosaïquées, le complexe héberge un tremblant à *Carex limosa* probablement en situation primaire car situé au droit d'un éboulis, sur une émergence concentrée de longue continuité écologique ayant capacité à empêcher la construction de la tourbe (figure 5-7-3). Ce tremblant, de petite taille, a été découvert en fin de mission et n'a pas pu faire l'objet d'une description fine. Ceci-dit, vu le contexte, son évaluation est possible (mais pas

son suivi).

5.7.B - Analyse fonctionnelle

Le complexe du Forlet tient son origine dans l'existence d'un lac d'ombilic glaciaire de fond de cirque. Après un premier comblement organo-minéral, la cuvette se remplie d'une tourbe de tremblant. Pour une raison inconnue, le tremblant à *Scheuchzeria palustris* et *Carex limosa* laisse la place à une communauté de bas-marais boisé indiquant un enrichissement trophique. Ce bas-marais boisé, ou une tourbe qui le surmonte et qui a disparu a fait l'objet d'un pâturage qui génère un KTH franc. Une diminution de l'intensité des usages mène à la colonisation du complexe par des communautés à sphaignes rouges.

Figure 5-7-6: aspect du secteur du profil de structure et de suivi du Forlet. Le début du profil est au premier plan.

Deux notions importantes émergent de l'histoire du complexe. D'une part, les données paléoécologiques indiquent une probable situation primaire des tremblants à scheuchzérie et laîche des bourbiers. D'autre part, la dynamique ultérieure de tels tremblants n'est pas systématiquement celle d'une tourbière haute. Le concept classique de l'hydrosère, du lac à la forêt en passant par le tremblant puis la tourbière haute n'est pas applicable au cas du Forlet. Ce concept ne doit donc pas être appliqué par défaut aux tourbières d'ombilic glaciaire, mais doit faire l'objet d'une vérification paléoécologique.

5.7.C - Etat de conservation

La Tourbière haute (7110*) est d'origine anthropique, découlant de la mise en place d'un KTH sur une tourbière basse boisée. La photographie aérienne et le profil de structure et de suivi indiquent un recouvrement proche du recouvrement optimal, bien que le pâturage réduise un peu la surface au profit des sillons. Ceci dit, les sillons correspondent à un drainage naturel du secteur en pied de falaise vers l'exutoire. On peut donc en déduire que l'Habitat 7110* du Forlet correspond à la dichotomie 10a de la clé d'évaluation (7110* d'origine anthropique récente à stabilité probable), et de ce fait à un état favorable.

		FO3_1	FO3_2	FO3_3	FO3_4	FO3_5	FO3_6	FO3_7	FO3_8	FO3_9	FO3_10
FO3		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Trichophorum cespitosum	2	x	x								
Carex nigra	2		x								x
Eriophorum angustifolium	8	x	x	x	x		x	x		x	x
Vaccinium oxycoccos	8	x	x	x	x	x	x			x	x
Carex rostrata	7	x	x		x		x	x	x		x
Sphagnum magellanicum	5		x	x	x				x		x
Carex pauciflora	2			x		x					
Carex demissa	5	x				x	x	x	x		
Carex panicea	5					x	x	x	x	x	
Carex echinata	3					x	x	x			
Eriophorum vaginatum	2			x		x					
Aulacomnium palustre	7		x	x	x	x	x		x	x	
Polytrichum strictum	7		x	x	x	x			x	x	x
Drosera rotundifolia	7		x	x	x	x			x	x	x
Straminergon stramineum	5			x	x	x			x		x
Calluna vulgaris	6		x	x	x				x	x	x
Potentilla erecta	7		x		x	x	x		x	x	x
Epikeros pyrenaeus	4		x			x			x		x
Viola palustris	3		x				x		x		
Pedicularis sylvatica	3		x			x			x		
Parnassia palustris	1				x						
Anthoxanthum odoratum	3					x			x	x	
Luzula congesta	2				x	x					
Trifolium sp.	1						x				
Veronica chamaedrys	1						x				
Agrostis canina	1						x				
Molinia caerulea	1									x	
Sphagnum teres	1					x					
Sphagnum section palustre	1						x				
Pleurozium schreberi	1									x	

Tableau 5-3-1: profil de structure et de suivi du complexe du Forlet.

Le Tremblant (7140) est en situation primaire, de petite taille mais il occupe probablement toute la zone potentielle. Les ligneux sont absents. Il correspond donc à la dichotomie 3a de la clé d'évaluation et peut être considéré dans un état optimal. Sa bonne conservation nous apparait comme prioritaire à l'échelle régionale.

5.7.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

La description du complexe du Forlet reste sommaire. L'édifice est petit, mais sa structure est complexe, ce qui

impose une caractérisation qui ait de la valeur dans un cadre de suivi nécessairement précis (plus l'objet est petit, plus la description doit être fine pour avoir une pertinence). La réalisation de deux profils de structure et de suivi perpendiculaires, l'un passant par le tremblant, est une bonne solution simple. Une cartographie au GPS de précision centimétrique est une autre solution (Goubet, 2011d; Goubet, 2012). Quelle que soit l'option choisie, la réalisation dans un délai court d'un relevé du tremblant est souhaitable (avec la prise en compte des bryophytes, cela allant de soi).

Les communautés de Tourbières hautes étant sensibles aux usages (figure 5-7-7), il est difficile de définir si elles peuvent se maintenir ou non dans l'état actuel des pratiques. On peut préciser qu'un enrichissement trophique par épandage mènerait probablement rapidement à la destruction de l'Habitat. Ces pratiques ont été observées sur l'Altenwasen en août 2014 (voir le chapitre consacré à ce site), il faut absolument qu'elles ne soient pas appliquées sur le Forlet. Le pâturage sur le complexe doit être mené avec la prise en compte de la fragilité du milieu. Un essai de mise en défens partiel peut aussi être tenté.

Figure 5-7-7: replats à sphaignes rouges du Forlet en partie déstructurées par le piétinement.

Figure 5-7-8: vue panoramique du Forlet montrant les principaux éléments structurants 1: replat tourbeux (ancien lac), 2: exutoire, 3: éboulis surmontant le tremblant, 4: verrou.

5.8 - Altenwasen

5.8.A - Structure du site

Le complexe dit de l'Altenwasen s'étend sur le fond d'un vallon glaciaire parallèle à la crête et orienté au nord (figure 5-8-1). Pour simplifier la présentation du complexe, la toponymie proposée est celle d'une unité amont au lieu dit Altenwasen, d'une unité aval au lieu-dit Lenzwasen et d'une unité intermédiaire. Il est certain que les formations glaciaires et post-glaciaires jouent un rôle déterminant dans la distribution des écoulements. Cependant, aucune donnée géomorphologique majeure n'a pu être prise en compte malgré une recherche bibliographique.

Pour de multiples raisons (complexité topographique, pâturage, écoulement plus ou moins concentré), la délimitation du complexe tourbeux est difficile. Pour s'appuyer sur le critère pédologique, 67 sondages à la perche ont été réalisés (figure 5-8-2 et 5-8-3). Les épaisseurs de tourbe varient fortement, jusqu'à 350cm. On peut délimiter 3 secteurs tourbeux avec une unité amont, relativement compacte et homogène, une unité aval, elle aussi compacte et homogène et une unité intermédiaire, allongée et hétérogène.

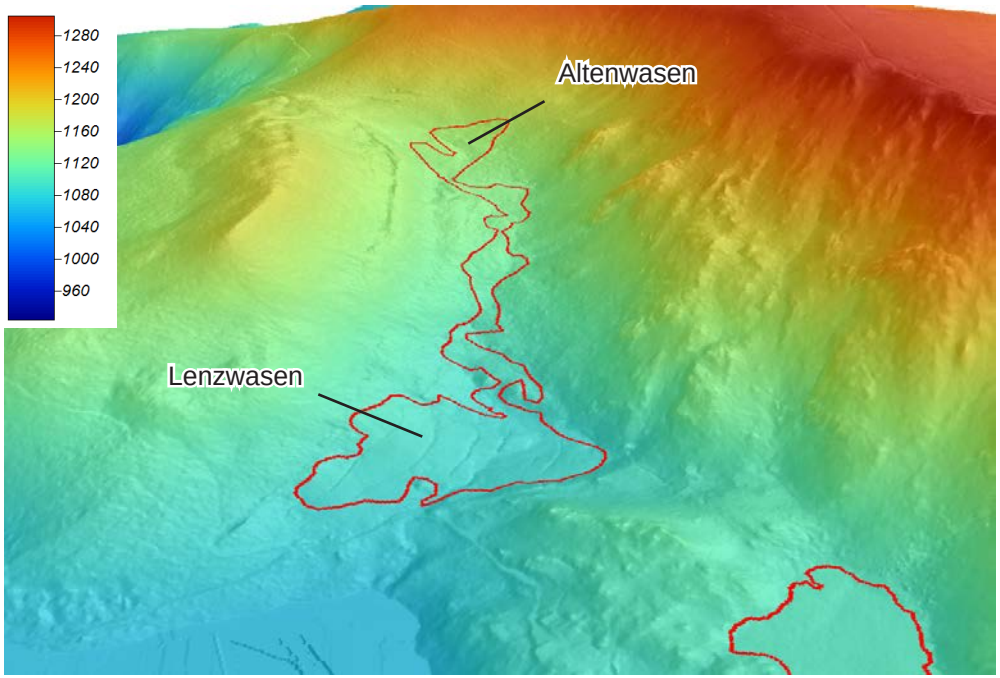


Figure 5-8-1: présentation du site dans son contexte topographique issu du RGE Alti© IGN.

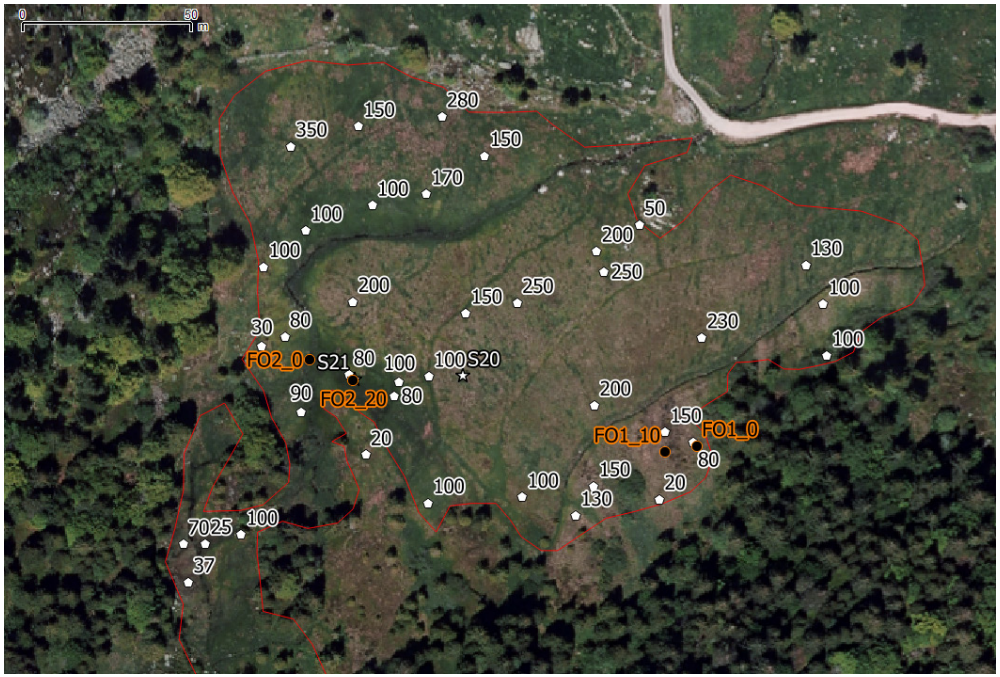
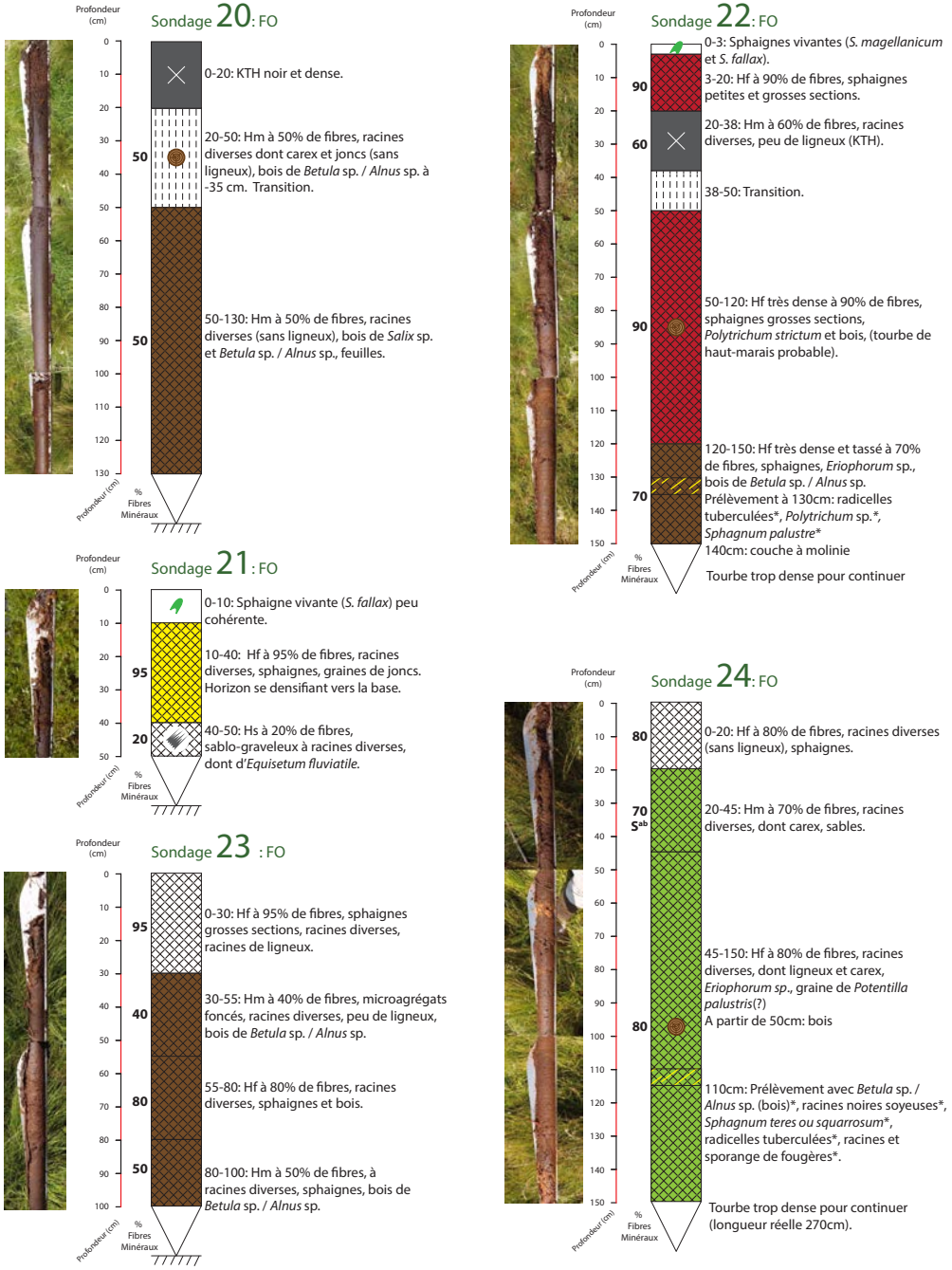


Figure 5-8-2: localisation des points de sondage, des épaisseurs de tourbes (en cm) et des bornes de profil sur un fond photographique Cigalsace.

L'unité aval montre une épaisseur relativement homogène sur des secteurs donnés, par exemple entre 100 et 250cm sur une grande partie du complexe. La partie amont est particulièrement hétérogène du point de vue des épaisseurs. L'épaisseur maximale est de 270cm. La partie intermédiaire est très hétérogène, avec un maximum de 275cm, sur des structures très étroites.

Les 5 sondages paléoécologiques réalisés sur un transect aval-amont montrent une diversité élevée qui limite une interprétation fiable (figure 5-8-4). Ainsi, dans les limites de variations possibles, on peut dire que l'unité de Lenzwasen correspond probablement à une tourbière basse, boisée, à KTH encore en voie de formation (pâturage fort sur la parcelle). L'unité d'Altenwasen correspond à une ancienne tourbière basse mais la nature boisée semble moins prononcée. L'unité intermédiaire, hétérogène du point de vue des contextes et des communautés, est également hétérogène du point de vue des tourbes, avec des témoins de haut-marais et de bas-marais.

Pour ce qui est des communautés végétales observées, celles correspondant à des Habitats de la directive relatifs aux Tourbières et marais couvrent de petites surfaces, la plus grande par-



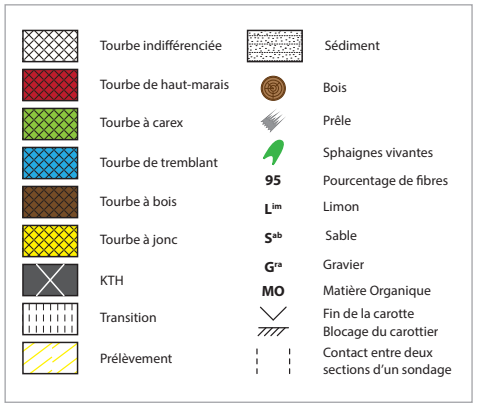
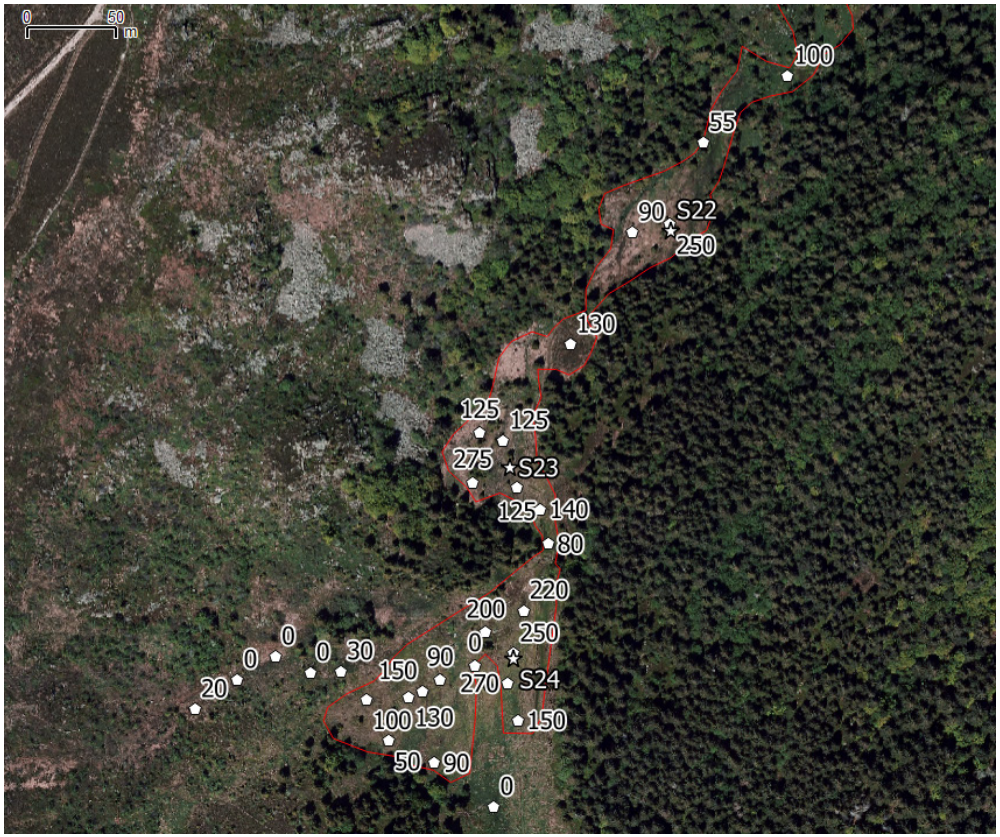


Figure 5-8-4: représentation schématique de l'interprétation des sondages réalisés à l'Altenwasen. Localisation des sondages en figure 5-8-3.

Figure 5-8-3: localisation des points de sondage, des épaisseurs de tourbes (en cm) sur un fond photographique Cigalsace.



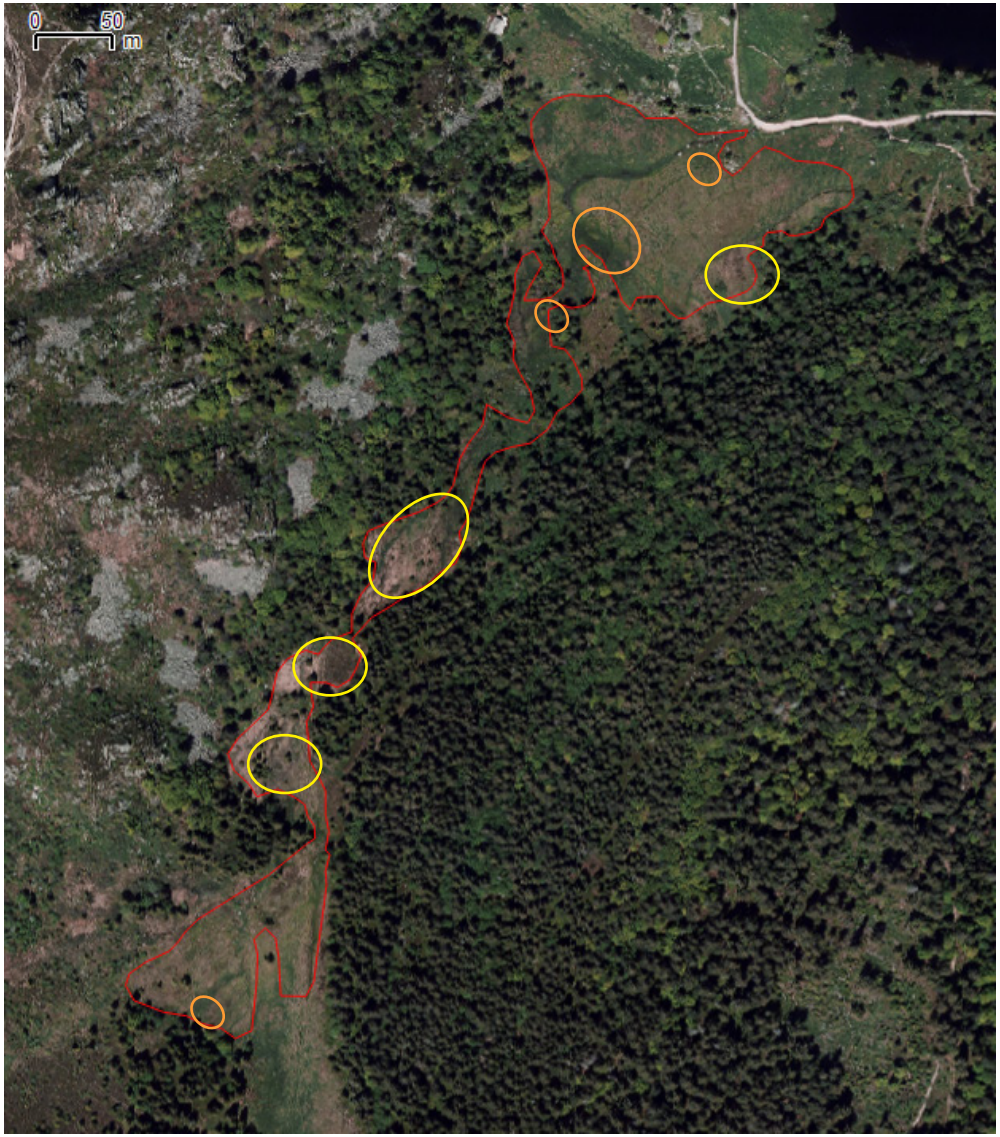


Figure 5-8-4: localisation sommaire des éléments relevant des Habitats de Tourbière et marais. Contours en jaune: 7110* et 7120 (moliniaie); contours en orange: 7140. Fond Cigalsace.

tie du complexe étant occupée par des prairies tourbeuses de différents types, attribuables pour partie au moins à l'Habitat 6410 (jonçaie) et des bas-marais acides qui ne relèvent pas de la directive. La figure 5-8-4 présente la localisation sommaire des entités attribuables aux Habitats de Tourbières hautes (7110* et 7120) et de Tremblants (7140).

Deux profils de structure et de suivi ont été réalisés, l'un dans l'Habitat 7110* (tableau 5-8-1 et figure 5-8-5), l'autre dans le 7140 (tableau 5-8-2 et figure 5-8-6). Le profil de la Tourbière haute montre deux états possibles de l'Habitat, les 4 premiers mètres correspondent à un pôle linaigrette-sphaigne de Magellan, les 6 mètres suivant à un pôle linaigrette-vacciniaie. Une partie est «humide», l'autre «sèche» (canche et gaillet). L'ancien pâturage est clairement indiqué dans la composition floristique, par des prairiales (agrostide, flouve, bistorte) et des indicateurs de piétinement (laîche en étoile et noire). Le profil a été réalisé dans un secteur à l'amont d'une clôture, le préservant du pâturage. Les ligneux hauts, sorbier et sapin indiquent une dynamique possible de colonisation, impossible pendant le pâturage. Le profil du tremblant est original à l'échelle de la zone d'étude du Parc. Le contexte dans lequel il a été réalisé correspond à une ligne d'émergence concentrée orientée dans le sens de la pente. Il est probable que cette structure soit d'origine tectonique, elle se situe en contre-bas d'un petit gradin de même orientation situé juste à l'est. Le tremblant correspond ainsi à un plan incliné vers le nord-ouest, large d'une quinzaine de mètres, long d'une cinquantaine. La composition floristique synthétisée par le profil montre la présence de différents cortèges. Le cortège le mieux représenté est celui des colonisateurs d'eau libre classiques des tourbières, «le cœur généraliste des tremblants» (ményanthe, prêle, comaret), auxquels s'ajoutent le jonc bulbeux spécialiste des tremblants érodés et la laîche des bourbiers, spécialisée dans certains types de tremblants. Un second cortège est représenté par les carex de tremblants et de bas-marais (*Carex curta*, *C. rostrata*, *C. echinata*) et, ponctuellement, les carex indicateurs d'érosion et piétinement (*C. nigra* et *C. panicea*). L'autre cortège important en richesse spécifique est celui des sources (*Carda-*

Figure 5-8-5: le profil de structure et de suivi de l'Habitat 7110*. Le début de profil est au premier plan, on y voit les replats à sphaignes rouges des 4 premiers mètres.

mine amara, *Caltha palustris*, *Viola palustris*, *Saxifraga stellaris*, *Myosotis* sp., *Sphagnum teres*). Cette diversité indique des influences croisées induites par l'altitude et l'origine de l'eau, probablement superficielle et relativement riche en nutriments. Enfin, le dernier cortège est celui des «prairiales», issues des marges.

5.8.B - Analyse fonctionnelle

Le complexe de l'Altenwasen-Lenzwasen est grand et diversifié. Son étagement altitudinal et les différents usages en place rendent difficile une interprétation globale. Le temps imparti pour le prédiagnostic et l'évaluation de l'état de conservation dans le cadre de cette étude s'est avéré trop court par rapport à la problématique fonctionnelle complexe de l'Altenwasen. Il reste beaucoup de questions en suspend.

L'unité aval (Lenzwasen), est probablement un ancien bas-marais permis par l'existence d'une émergence diffuse, en grande partie, concentrée à l'endroit des tremblants de sources. Le pâturage marque fortement l'unité, sauf au niveau des tremblants car le sol y étant peu porteur, le bétail ne parcours pas ces endroits. Des épandages de litière ou de lisier ont été constatés sur une partie de l'unité. Ces enrichissements trophiques sont incompatibles avec la conservation des tremblants. Heureusement, la portance y étant nulle, les dépôts ne semblent pas impactés directement les communautés.

		F01_1	F01_2	F01_3	F01_4	F01_5	F01_6	F01_7	F01_8	F01_9	F01_10
F01		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vaccinium vitis-idaea	4					x		x	x		x
Hylocomium splendens	2						x	x			
Calluna vulgaris	6			x	x	x	x	x	x		
Eriophorum vaginatum	9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Sphagnum fallax	9	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Vaccinium oxycoccos	8	x	x	x	x	x	x			x	x
Aulacomnium palustre	1							x			
Polytrichum strictum	1							x			
Sphagnum magellanicum	4	x	x	x	x						
Potentilla erecta	6	x	x	x	x		x			x	
Molinia caerulea	1		x								
Eriophorum angustifolium	1					x					
Carex echinata	2	x	x								
Carex nigra	4			x		x			x		x
Deschampsia flexuosa	3					x	x				x
Galium saxatile	1						x				
Agrostis canina	4		x	x						x	x
Epikeros pyrenaeus	6	x	x	x	x			x			x
Anthoxanthum odoratum	1		x								
Polygonum bistorta	1										x
Carex rostrata	6	x		x	x				x	x	x
Sphagnum papillosum	4					x	x	x			x
Abies alba	1				x						
Sorbus aria	1					x					
Equisetum fluviatile	1					x					
Calypogeia sp.	1							x			
Lophozia sp.	1							x			
Scapania sp.	1								x		

Tableau 5-8-1: profil de structure et de suivi du complexe d'une des zones occupées par l'Habitat 7110* du complexe de l'Altenwasen.

		FO2_1	FO2_2	FO2_3	FO2_4	FO2_5	FO2_6	FO2_7	FO2_8	FO2_9	FO2_10	FO2_11	FO2_12	FO2_13	FO2_14	FO2_15	FO2_16	FO2_17	FO2_18	FO2_19	FO2_20
FO2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Menyanthes trifoliata	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Potentilla palustris	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Equisetum fluviatile	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Juncus bulbosus	9		x				x			x			x	x	x			x	x		x
Carex limosa	9				x	x	x	x	x	x			x					x	x		
Carex curta	19	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Carex rostrata	3	x	x			x															
Carex echinata	8	x		x								x	x		x	x	x	x			
Carex nigra	2	x	x																		
Carex panicea	1																		x		
Epilobium palustre	7	x	x	x	x	x							x	x							
Cardamine amara	12	x	x	x	x	x	x			x	x	x		x		x			x		
Caltha palustris	12	x	x	x		x	x	x	x		x			x			x	x		x	
Sphagnum teres	18			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Viola palustris	6	x	x						x					x		x					x
Saxifraga stellaris	1	x																			
Myosotis sp.	1	x																			
Bryum pseudotriquetrum	1		x																		
Festuca sp.	1			x																	
Anthoxanthum odoratum	3		x	x																x	
Succisa pratensis	3	x	x																	x	
Epikeros pyrenaeus	1														x						
Juncus effusus	3	x	x																	x	
Galium palustre	5		x		x					x	x	x									
Juncus articulatus	2																	x	x		
Ranunculus acris	1	x																			
Galium uliginosum	5													x	x		x			x	x
Parnassia palustris	2												x			x					
Rumex sp.	1														x						
Agrostis canina	1																			x	
Sphagnum fallax	2													x							x
Aneura pinguis	2	x	x																		
Warnstorfia sp.	3		x	x	x																
Calliergonella cuspidata	1																x				

Tableau 5-8-2: idem pour le 7140. Localisation figure 5-8-2.

De plus, un phénomène de chasse d'eau permanente doit atténuer l'effet des dépôts. A priori, la partie haute du complexe, celle où ni la décharge ni le pâturage ne sont effectifs aujourd'hui, est le siège d'une mise en place de communautés à sphaignes rouges de haut-marais sur KTH.

L'unité intermédiaire est occupée, en partie, par des communautés de Tourbières hautes à KTH surmontant des tourbes de haut-marais. Elle est aussi occupée par des moliniaies attribuables à l'Habitat 7120, dont les tourbes sous-jacentes ne sont pas connues. Le fonctionnement des divers secteurs de cette unité varie probablement en fonction des contextes. La seule constante possible est celle des hauts-marais originels, puisqu'ils se sont développés de manière indépendante du contexte édaphique. Ceci dit, le pâturage sur l'ensemble de la zone à homogénéisé le tout, bas et hauts-marais, avec la création d'un KTH qui forme une barrière fonctionnelle entre la surface et la tourbe, quelle qu'elle soit. Même la topographie originelle, qui pourrait faire apparaître des bombe-

Figure 5-8-6: aspect du grand tremblant dans le secteur du profil. La couverture bryophytique est particulièrement importante.

ments de haut-marais, a été altérée par le piétinement ou d'autres processus et peut être masquée elle aussi. Il est donc difficile de délimiter les compartiments fonctionnels sur les seules données de surface. Les différentes parties de l'unité intermédiaire fonctionnent suivant des modalités de colonisation de diverses tourbières originelles à KTH suite à l'abandon agropastoral, avec moliniaies et zones ombrotrophes à sphaignes rouges ou mousses pleurocarpes. Localement, des émergences plus ou moins concentrées permettent la présence de petits tremblants avec une flore associée. Ces tremblants s'organisent suivant les logiques hydrogéologiques locales: bas de cône d'éboulis, fractures rocheuses, etc.

L'unité amont (Altenwasen) est relativement difficile à délimiter car les épaisseurs de tourbes varient rapidement. Le complexe est situé dans un fond de cirque où des arêtes rocheuses ont été conservées, en partie masquées par de la tourbe. La communauté à l'origine de cette tourbe semble différente des communautés à l'origine des autres parties du complexe. Il y a donc peut-être une diversité au sein des bas-marais originels. Le couvert actuel de l'unité est typique des secteurs tourbeux pâturés de manière hétérogène, en contexte édaphique relativement sec, avec un gradient allant des nardaies aux vacciniaies à sphaignes. Seules les émergences et le bord des ruisselets permettent l'expression d'unités exigeantes en eau, comme des bas-marais à carex des têtes de vallon, souvent peu ou pas tourbeux. Comme pour la partie aval, la partie amont est principalement occupées par des Habitats de la directive qui ont trait aux Milieux agropastoraux mais non aux Tourbières.

5.8.C - Etat de conservation

Trois Habitats tourbeux de la Directive ont été observés: des Tourbières hautes (7110*) ou dégradées (7120) et des Tremblants (7140).

Les Tourbières hautes sont présentes dans l'unité aval et l'unité intermédiaire. Le profil de structure et de suivi réalisé dans la partie aval montre un recouvrement des ingénieurs de l'écosystème proche des 100%, avec deux modalités différentes à dominante sphaignes rouges ou dominante linaigrette engainante. Pour l'unité aval, la surface totale de l'Habitat reste limité à quelques dizaines de mètres carrés. L'Habitat correspond à celui de la dichotomie 10a (7110* d'origine anthropique récente à stabilité probable) et peut être considéré comme en état favorable. Un autre secteur occupé par l'Habitat 7110* est présent dans l'unité intermédiaire, à KTH et sur tourbe de haut-marais (sondage 22 figure 5-8-4). Le recouvrement des sphaignes rouges par rapport à l'ensemble de la tourbe de haut-marais n'est pas connu mais il est fort probable que la surface soit inférieure à 80%, ce qui correspond à la dichotomie 8b (HM perturbé en surface en voie de régénération possible), dans un état altéré. Au final, vue les surfaces concernées, l'Habitat 7110* du vallon de l'Altenwasen (Lenzwasen compris) doit être considéré dans un état altéré.

L'Habitat 7120 couvre la plus grande surface de l'unité intermédiaire. Aucun PSS n'y a été réalisé et la délimitation des tourbes de haut-marais n'est pas connue. Ceci dit, vue le relief, on peut considérer que, d'une part, la surface de la tourbe sur laquelle se teint l'Habitat n'a pas été restreinte par des aménagements, et d'autre part, que les espèces ligneuses et de mégaphorbiaie occupent moins de 20% de la tourbe locale. L'Habitat correspond donc à la dichotomie 3a de la clé (Tourbière haute dégradée dans un état favorable à son maintien ou à l'émergence des communautés de tourbières), dans un état favorable donc.

Les Tremblants sont de divers types, mais l'entité de loin la plus importante en surface est celle qui a fait l'objet d'un PSS. Ce tremblant ne présente pas d'indicateurs d'eutrophisation ou de boisement significatif et se tient sur une émergence naturelle. Il correspond donc à la dichotomie 3a (Bas-marais tremblant en situation primaire probablement naturelle non réduit en surface) et peut être considéré dans un état op-

timal. Cependant, il est probable que ce tremblant ne soit pas originel, mais découle de l'usage agropastoral du fond de vallon. Le tremblant originel était intraforestier.

5.8.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

Il apparait nettement, au vu du prédiagnostic réalisé, qu'un diagnostic décrivant les sols et les communautés végétales soit nécessaire à toute démarche visant à comprendre l'origine, l'état et la dynamique de ce grand complexe hétérogène. Ainsi, une caractérisation pédologique et paléoécologique de terrain permettrait de délimiter les unités fonctionnelles originelles (importantes en termes de dynamique et d'évaluation). Une cartographie des communautés végétales et des Habitats est aussi requise, ne serait-ce que pour suivre les évolutions futures du complexe. Le croisement des données de sols et de plantes permettrait une évaluation plus précise.

La gestion devrait s'appuyer sur un axe «pâturage», un axe «qualité de l'eau», et un axe «colonisation ligneuse».

L'axe pâturage se décline en une action sur le piétinement, avec un suivi de la mise en défens et de l'impact sur les sphaignes rouges, et une action sur les problèmes d'épandage. L'unité du Lenzwasen a été le lieu d'un épandage encore visible en été 2014 (figure 5-8-7). Ces épandages sont incompatibles avec la conservation des Habitats du secteur. Les impacts directs sont évidents, mais la conséquence des épandages sur les Habitats périphériques devrait être pris en compte. Les dépôts de composés azotés sous forme d'aérosols, même en faible quantité, sont incompatibles avec la conservation des Tourbières hautes. L'effet sur les tremblants en situation primaire est moindre, car l'eau de source chasse les nutriments, mais chaque cas est particulier et doit être évalué.

Si l'impact de dépôts directs est peu probable, celui d'une pollution de l'eau en amont, lors de l'infiltration de l'eau ou de son transfert vers les émergences est réel. La qualité de l'eau de la source sur laquelle se tient le tremblant doit être assurée. Ceci implique la connaissance des logiques hydrogéologiques et l'identification des problèmes effectifs ou potentiels, à travers une étude ou l'application du principe de précaution. En l'occurrence, pour le grand tremblant du Lenzwasen, le problème est relativement simplifié par la présence, dans les bassins versants hydrogéologiques possibles, de secteurs non soumis aux dépôts polluants (forêt, landes, prairies non fauchées). Seule la partie immédiatement au-dessus du tremblant pourrait faire l'objet de pollutions, mais cela a été mentionné dans l'axe précédent (pâturage).

La colonisation ligneuse est un risque majeur de disparition des Habitats. Elle peut être initiée ou accélérée avec la mise en défens, l'allègement du pâturage ou la pollution en nutriments (au delà de l'enrichissement trophique naturel). L'arrêt de la colonisation des épicéas doit être considéré comme une priorité, avec la coupe systématique des individus de taille inférieure à 4-5m et le cerclage (surcenage) des individus plus grands, sauf ceux proches de la bordure qui peuvent être extraits sans dommage pour les sols.

Le complexe est parcouru par des randonneurs, mais l'effet du piétinement induit ne nous semble pas significatif au regard de celui issu du pâturage Localement, des incitations à éviter les zones sensibles pourraient être proposées.

Figure 5-8-7: indication d'épandage dans les prairies humides du Lenzawasen. Les dépôts de lisier sont indiqués par les restes végétaux blanchâtres sur le haut des tiges de ce jonc diffus. Seule cette partie haute de la tige était présente lors de l'épandage, la partie basse ayant poussée après le dépôt.

5.9 - Tanet

La tourbière du Tanet a fait l'objet d'un diagnostic fonctionnel sur la base de la définition floristique et pédologique des unités fonctionnelles, de leur cartographie et de la caractérisation topographique sur profils rectilignes (Goubet, 2009b).

Les données acquises spécifiquement pour ce travail d'évaluation sont celles de l'analyse paléoécologique de terrain, sur la base de 6 sondages réalisés avec l'aide de Thibault Hingray du CEN Lorraine. En complément, la matrice d'un profil de structure et de suivi réalisée et transmise par le CEN Lorraine a également été utilisée.

5.9.A - Structure du site

Le site se présente sous la forme d'une entité ovale dont l'axe transversal est à peu de chose près nord-sud. L'amont du complexe se situe à 70m de la crête. La route isole à l'aval une lentille tourbeuse peu épaisse qui n'a pas fait l'objet d'étude.

Le complexe se tient entre 1215 et 1228m d'altitude (figure 5-9-1) dans une alvéole [1] au centre de petits reliefs culminants à 1242m [2], 1293m [3] et 1246m [4].

Les épaisseurs de tourbe atteignent 3,75m dans la partie centrale de l'édifice (figure 5-9-2). A l'exception des marges, la puissance de la tourbe est le plus souvent supérieure à 2m. Le complexe a été exploité sur sa marge aval, au nord [5]. Pour faciliter l'exploitation, un réseau de drainage a été réalisé à l'amont de la carrière. Ce réseau est aujourd'hui encaissé dans la tourbe, en partie colmaté.

Six sondages paléoécologiques ont été relevés avec le souhait de réaliser un transect longitudinal médian complété de deux sondages sur les marges est du complexe (figure 5-9-3). L'ensemble des sondages montre une structure comparable (tableaux 5-9-1 et 5-9-2), avec un KTH de surface, parfois peu épais ou mal caractérisé (TGF_9), reposant sur une tourbe de haut-marais à linaigrette et sphaignes rouges (*Sphagnum magellanicum*, *S. capillifolium* ou *S. rubellum*). Deux sondages, situés au centre de la tourbière, montrent à leur base une tourbe de tremblant à Scheuchzérie et laîche des bourbiers (TGF_7 et TGF_8).

Les unités fonctionnelles occupant le complexe ont été caractérisées en 2009, par analyse experte, et en 2015, par profil de structure et de suivi (réalisé par le CEN Lorraine). Le profil, longitudinal, est présenté dans le tableau 5-9-1. Les différents cortèges présents sont ceux décrits pour la tourbière du gazon du Faing à l'exception des tremblants à *Sphagnum cuspidatum*, *Scheuchzeria palustris* et *Carex limosa*, rencontrés seulement au Tanet. On peut ainsi constater que la scheuchzérie et la laîche des bourbiers sont présents exclusivement au Tanet, à la fois dès

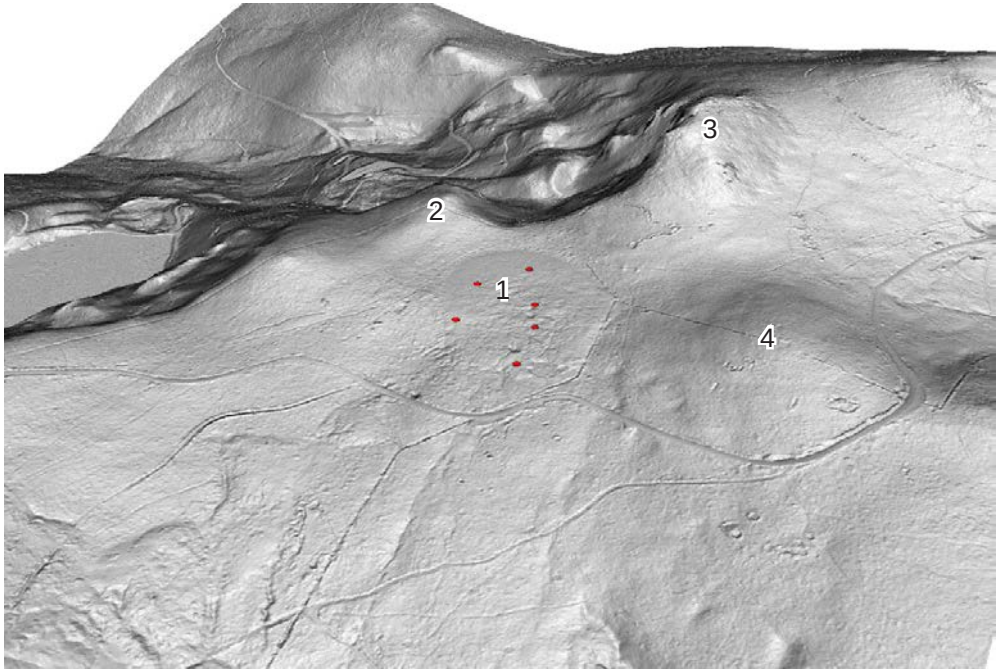


Figure 5-9-1: situation du complexe du Tanet dans son cadre topographique (source RGE Alti© IG). Les points rouges représentent les 6 sondages paléoécologiques.

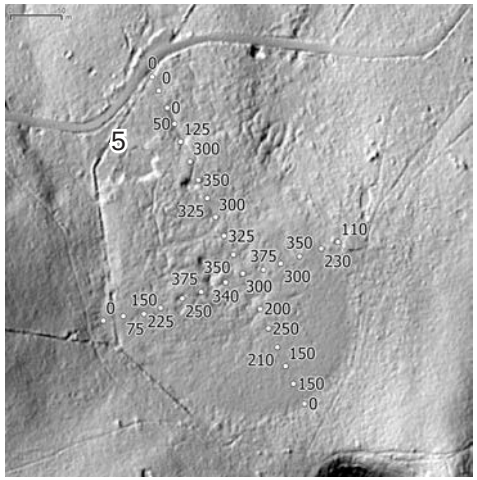


Figure 5-9-2: épaisseurs de tourbe déterminées à la perche métallique (Goubet, 2009b) sur fond de MNT (source RGE Alti© IGN)

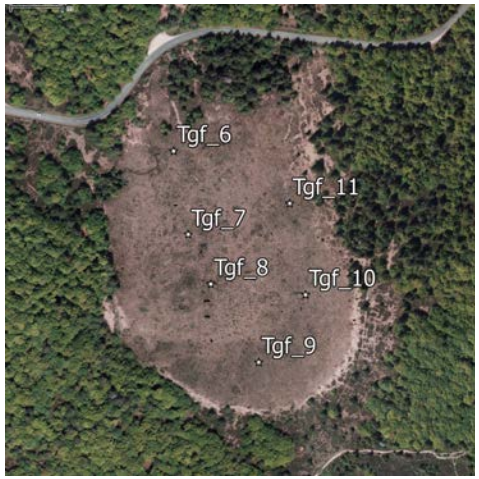


Figure 5-9-3: localisation des sondages paléoécologique de terrain sur fond Cigalsace-IGN.

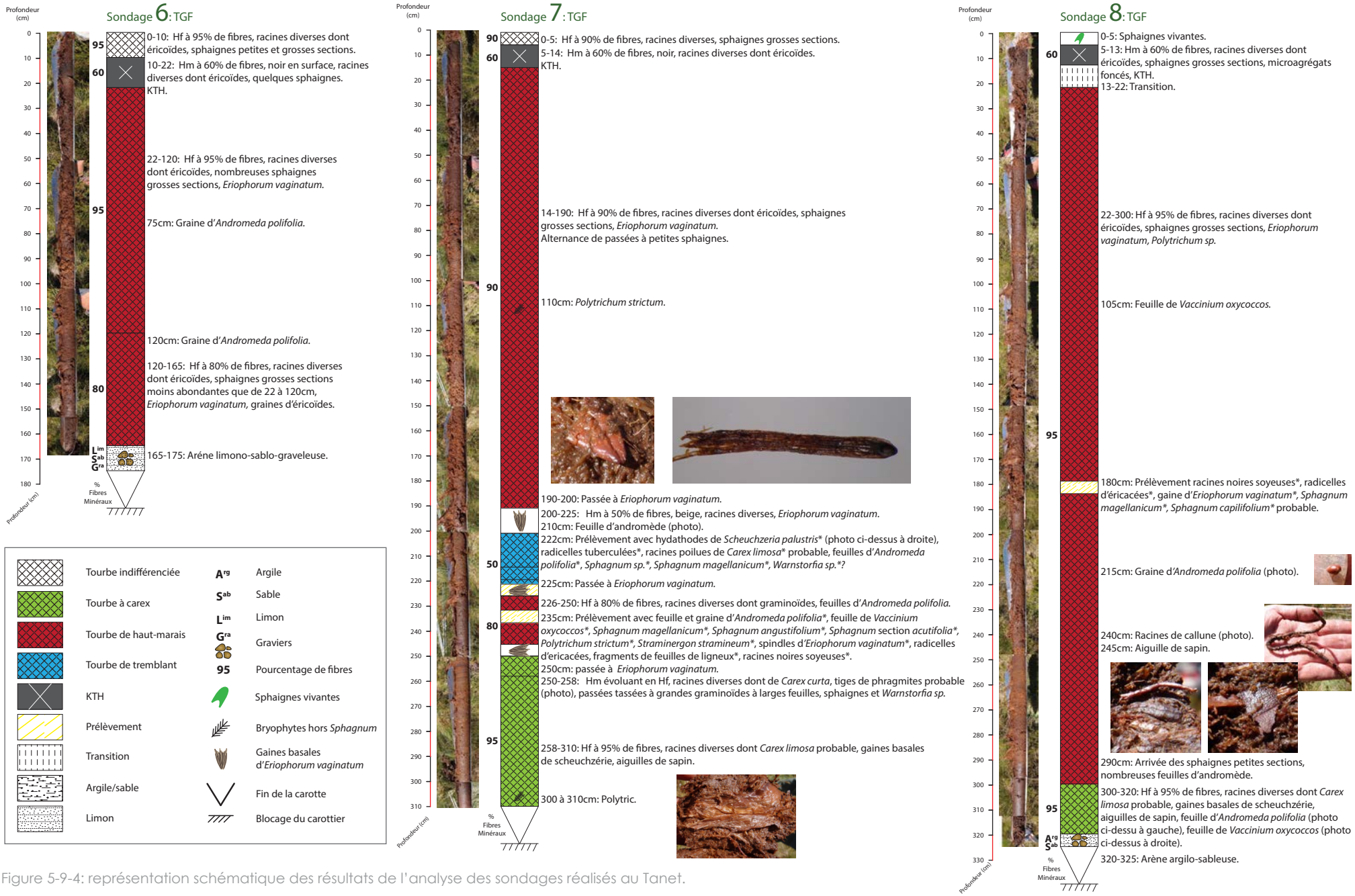


Figure 5-9-4: représentation schématique des résultats de l'analyse des sondages réalisés au Tanet.

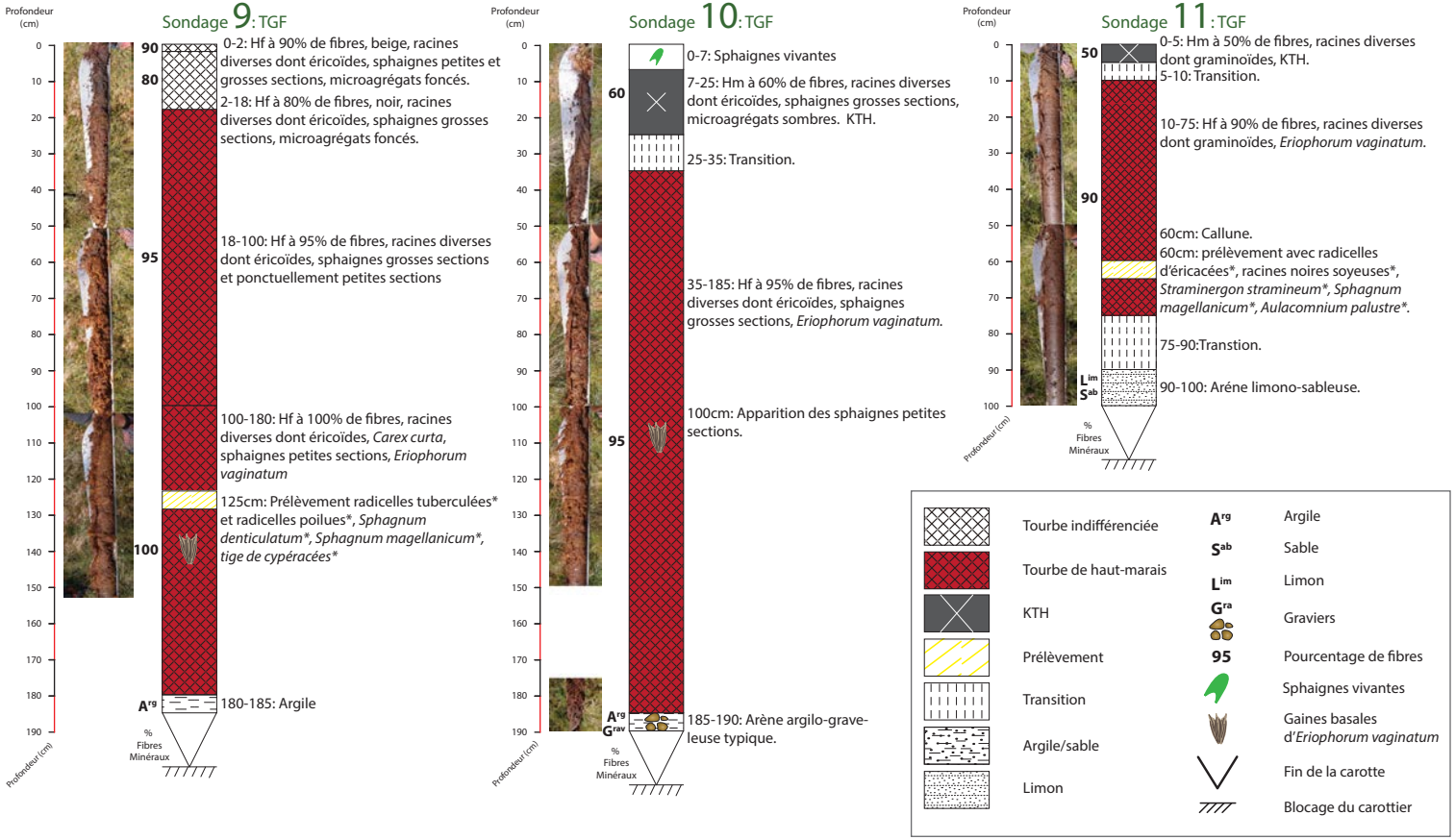


Figure 5-9-5: représentation schématique des résultats de l'analyse des sondages réalisés au Tanet (suite).

l'origine de la tourbière et encore aujourd'hui.

Pour résumer, le profil montre la présence presque continue de la callune et surtout celle de la linaigrette engainante qui se rencontre dans 92% des tronçons relevés sur le profil. Les autres espèces répandues sont la canneberge, l'andromède, le trichophore et la camarine. *Sphagnum capillifolium*, *S. rubellum* et *S. magellanicum* couvrent à eux trois 82% du profil.

L'analyse experte des unités fonctionnelles et leur cartographie de 2009 (figure 5-9-6) montre une structure du complexe composée d'un cœur de mosaïques et de diverses unités de bordure. La marge amont, au sud, est la plus différenciée avec une succession de trois unités majeures, sur tourbe peu épaisse (jusqu'à 1,5m). Comme toute mosaïque de tourbière haute, celles du Tanet sont difficiles à décrire. Le profil de structure et de suivi montre que la composition floristique à l'échelle du mètre n'est pas l'outil approprié. A l'époque du diagnostic, les mosaïques avaient été décrites sous la forme d'une figure reprenant une placette. La figure 5-9-7 présente de telles placettes.

5.9.B - Analyse fonctionnelle

Une analyse fonctionnelle du complexe avait été proposée en 2009. Nous proposons de la reprendre ici, commentée sur la base des nouvelles données acquises et des progrès de la science.

«Le complexe du Tanet apparaît donc comme un système diversifié dès l'origine avec la juxtaposition d'un haut-marais bombé et d'une tourbière de couverture, le premier ayant peut-être été accompagné d'un bas-marais à l'amont de l'édifice. Cette diversification a été amplifiée par une extraction et un drainage du haut-marais, peut-être postérieurs à d'autres perturbations de type feu et pâturage ayant impacté la totalité du complexe».

Toutes les données actuelles sont en accord avec cette interprétation. Les communautés de tremblant à scheuchzérie rencontrées à la base du profil peuvent être interprétées soient comme un bas-marais initial réalisé dans une dépression du socle (un petit lac), soit comme un bas-marais qui émerge à l'amont d'un édifice tourbeux ombrogène à la suite de construction de la tourbière. Un calage des données d'épaisseur de tourbe sur le nouveau MNT indique que la première hypothèse est peu probable, le profil du substrat rocheux, en pente régulière, n'est pas favorable à l'existence d'un lac ou d'une mare (figure 5-9-8). Le lien entre état actuel et altération anthropique est établi sur la base de l'existence du KTH.

«Les conséquences des perturbations s'expriment de manières différentes suivant les unités d'origine et l'intensité de la perturbation. Il existe aussi

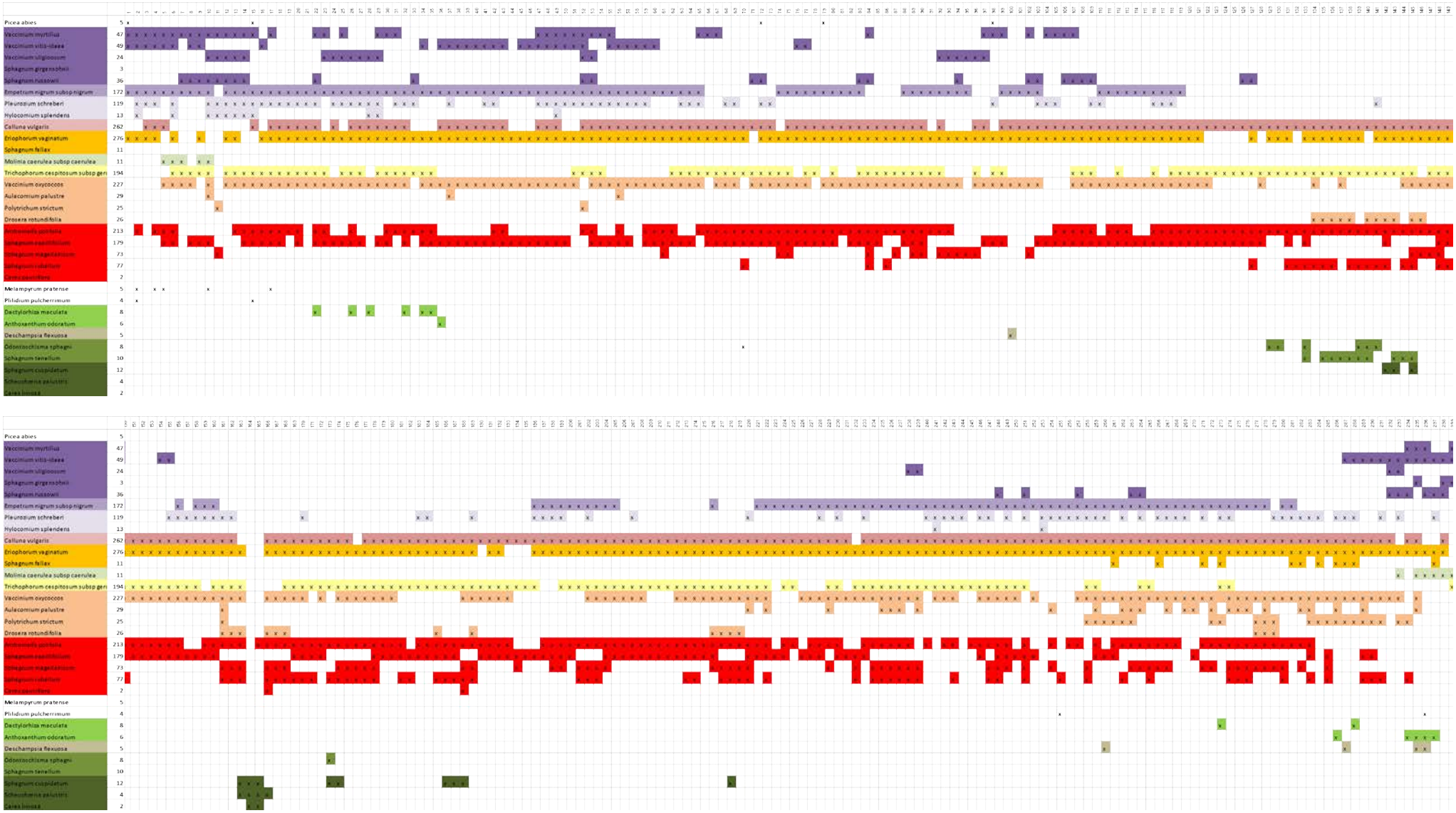


Tableau 5-9-1: profil de structure et de suivi du complexe du Tanet (relevé CEN Lorraine, classement par couleur P. Goubet). Le profil est scindé en 2 à cause de sa longueur.

des UFE caractéristiques des zones de turfigenèse forte, mais il y a peu d'éléments observés qui témoignent d'une reprise fonctionnelle globale. L'impression est plutôt que le contexte humide et froid permet d'atténuer les effets du drainage et de l'extraction - fermeture des drains en surface, mise en place de coussins à sphaignes rouges dans la zone exploitée, forte présence des sphaignes rouges sur tout le complexe – sans pour autant stopper la dégradation en profondeur de l'édifice, caractérisée par la mosaïque de type 3».

Ces observations de 2008-2009

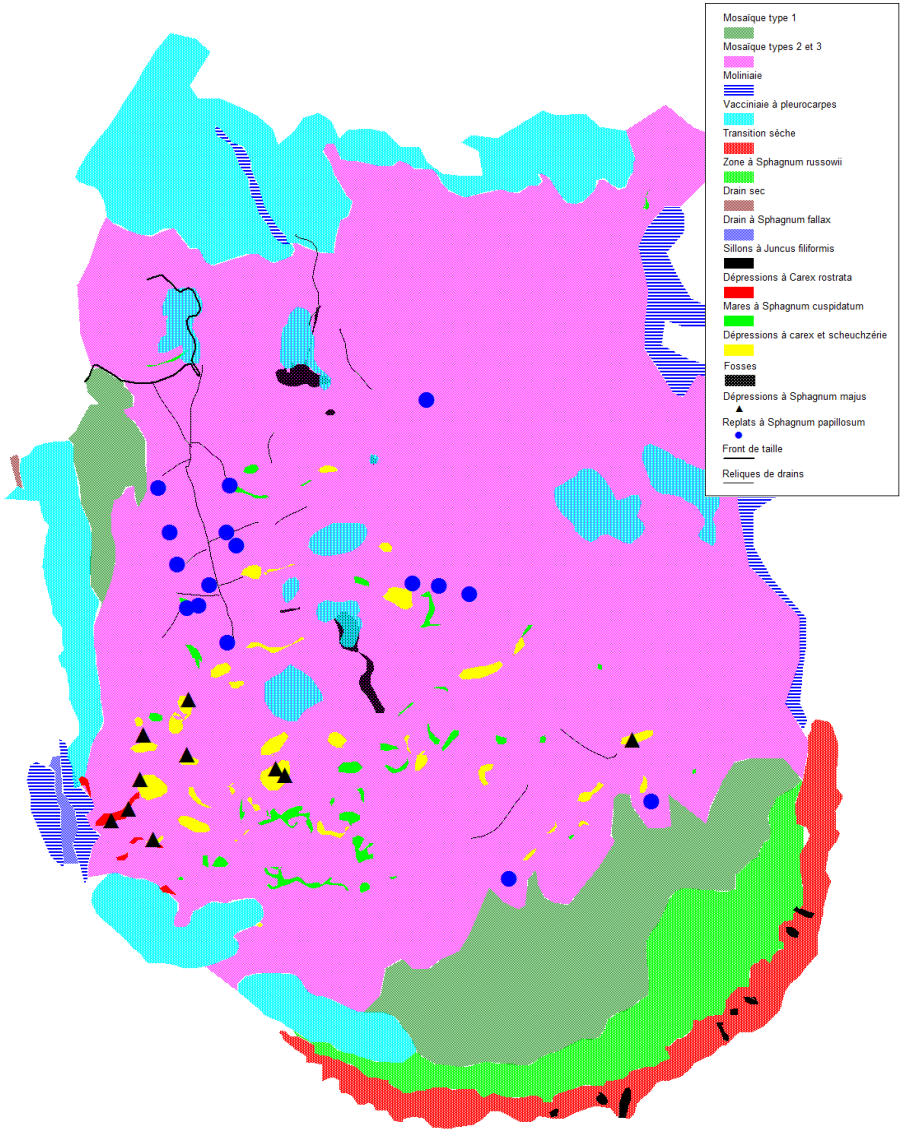


Figure 5-9-6: cartographie d'unités fonctionnelles (Goubet, 2009).

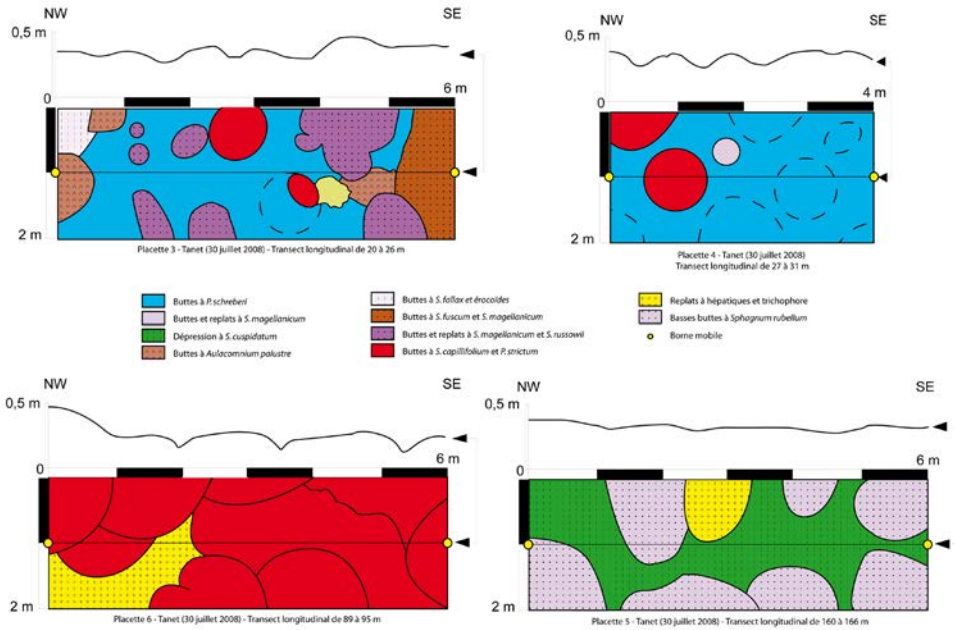


Figure 5-9-7: placettes de description des mosaïques de la tourbière du Tanet (Goubet, 2009).

Figure 5-9-8: profil du substrat rocheux sous la tourbe et toit de l'horizon de tremblant à scheuchzérie (= base de la tourbe de haut-marais).

peuvent être comparées, aujourd'hui, aux données acquises depuis 6 ans. La fréquence de la linaigrette engainante et des sphaignes rouges indiquée par le profil de structure et de suivi oriente le diagnostic fonctionnel vers une tourbière en phase de résilience forte. La tourbière du Tanet est de nature proche, voire identique pour certaines parties, à certains complexes du gazon du Faing. L'amélioration des connaissances sur l'une ou l'autre des tourbières sera donc profitable aux deux.

Pour finir, on peut préciser que les travaux paléoécologiques disponibles indiquent un âge de 5500 ans pour la tourbière du Tanet (Janssen et Janssen-Kettlitz, 1972). Cet âge correspond à l'âge des tourbières des versant du cirque de Machais (Goubet, 2015) et de la déforestation de la crête des Vosges (Goepp, 2007). L'origine anthropique de la tourbière du Tanet,

permise par la déforestation de la crête, sera donc à évaluer dans le futur.

5.9.C - Etat de conservation

L'état de conservation du complexe du Tanet se réalise sur les mêmes bases que celles du gazon du Faing.

Les Habitats présents sont 7110* (ou 7130), 7120 et 7140.

L'Habitat 7110* (ou 7130) correspond à la dichotomie 9a, soit un haut-marais fortement perturbé en voie de régénération à stabilité probable et donc dans un état favorable.

L'Habitat 7120, correspondant aux rares secteurs sans linaigrette engainante ou sphaignes rouges, en mosaïques sur la tourbière, peut-être considéré comme Tourbière haute dégradée dans un état favorable à son maintien ou à l'émergence des communautés de tourbières hautes, dichotomie 3a.

L'Habitat 7140 est plus difficile à évaluer, car on ne sait pas s'il s'agit d'un tremblant en situation primaire ou issu de la dégradation de la tourbière. Dans le premier cas, il correspondrait à la dichotomie 3a de la clé, un bas-marais tremblant en situation primaire probablement naturelle non réduit en surface, pouvant être considéré dans un état optimal. Dans le second cas, il s'agirait d'un bas-marais tremblant en situation secondaire, à niveau trophique bas, couvrant la plus grande partie de sa surface et pouvant être considéré dans un état favorable, correspondant à la dichotomie 7a.

5.9.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

La connaissance acquise sur le complexe du Tanet en tant qu'entité propre semble satisfaisante. En tant que tourbière de crête, la problématique de l'origine et du type de tourbière se pose dans des termes communs à ceux du métacomplexe du gazon du Faing. On peut ainsi dire que la connaissance du fonctionnement et de l'origine de la tourbière du Tanet doit être amélioré dans une démarche d'étude à l'échelle de toutes les tourbières de la crête. Des recommandations ont été faites dans ce sens dans la partie consacrée au gazon du Faing. Une courte étude complémentaire visant à compléter les données d'épaisseurs de tourbe dans les secteurs non caractérisés en 2008-2009 pourrait déjà permettre de mieux comprendre la structure de l'édifice et l'origine des tourbes de base à scheuchzérie.

Les recommandations de gestion pour la tourbière du Tanet ne doivent pas être modifiée, à savoir «Vu la dynamique de dégradation de l'édifice tourbeux, vu l'existence de végétations turfigènes compensant en partie seulement la dégradation, vu la fragilité de ces végétations par rapport au piétinement, il serait judicieux de limiter la circulation sur le complexe, en particulier en dehors des périodes de neige». On peut cependant indiquer que sur la base du profil de structure et de suivi, la fréquence des ingénieurs des tourbières hautes atténue probablement fortement les processus érosifs antérieurs. Il est d'ailleurs possible, comme cela est le cas sur d'autres complexes des Vosges, que ces ingénieurs se soient étendus au cours des dernières années.

Le protocole de suivi à mettre en place est celui réalisé par le CEN Lorraine, à savoir, une cartographie des unités fonctionnelles et un suivi par profil de structure et de suivi.

5.10 - Wismurloch

Le complexe de Wismurloch a fait l'objet d'une visite visant à déterminer si des Habitats de tourbières était présents.

Le site se compose de 3 petites unités indépendantes (figure 5-10-1) situées soit dans l'axe du talweg d'un cirque glaciaire [3], soit sur des replats possiblement d'origine tectonique et glaciaire, en bas des versants sous la crête [1 et 2]. La carte géologique n'est pas assez précise pour permettre une interprétation des structures géologiques et géomorphologiques.

Les épaisseurs de tourbe sont faibles, en général en dessous de 50cm sauf secteur localisé (figure 5-10-2).

Les trois unités sont de nature différente, ce qui renforce la nécessité de scinder le site en trois unités distinctes, d'origine et d'états différents. L'entité Wismurloch correspondant clairement à 3 petits complexes tourbeux (quelques milliers de m² au plus).

Le complexe sud [1] est situé dans une zone pâturée, en bas d'un versant. Son origine tient dans une émergence diffuse. Les principales unités fonctionnelles sont des bas-marais acides attribuables au code Corine 54.42 à *Carex nigra*, *C. echinata*, *C. demissa*, *Aulacomnium palustre*, *Juncus squarrosus*, *Sphagnum papillosum*, *S. fallax* et *Polytrichum commune* et des replats à *Sphagnum capillifolium*, avec *Polytrichum strictum*, *Calluna vulgaris*, *Eriophorum angustifolium*, *Vaccinium vitis-idaea* et *Eriophorum vaginatum*. Il s'agit d'une petite zone tourbeuse d'origine agropastorale (le sol est constitué d'une série organo-minérale d'un mètre d'épaisseur avec un probable KTH superficiel. Le seul Habitat présent est une Tourbière haute (7110*) sous une forme fragmentaire. Il s'agit là de l'unique représentant de cet Habitat à l'échelle de la zone d'étude et nous n'avons pas produit de clé spécifique pour son évaluation. Les replats étant piétinés (figure 5-10-3), sans pour autant observer la destruction de certains d'entre eux, on peut supposer que l'équilibre soit atteint entre pâturage excluant les compétiteurs de sphaignes et vitalité des sphaignes et considérer l'Habitat comme globalement dans un état favorable.

Le complexe intermédiaire [2] s'étend sur un replat circulaire. La tourbe est relativement épaisse comparée aux autres complexes, avec 70-100cm d'épaisseur. La structure du complexe est simple, avec l'existence

Figure 5-10-3: replat à *Sphagnum capillifolium* avec l'impact du piétinement qui reste limité.

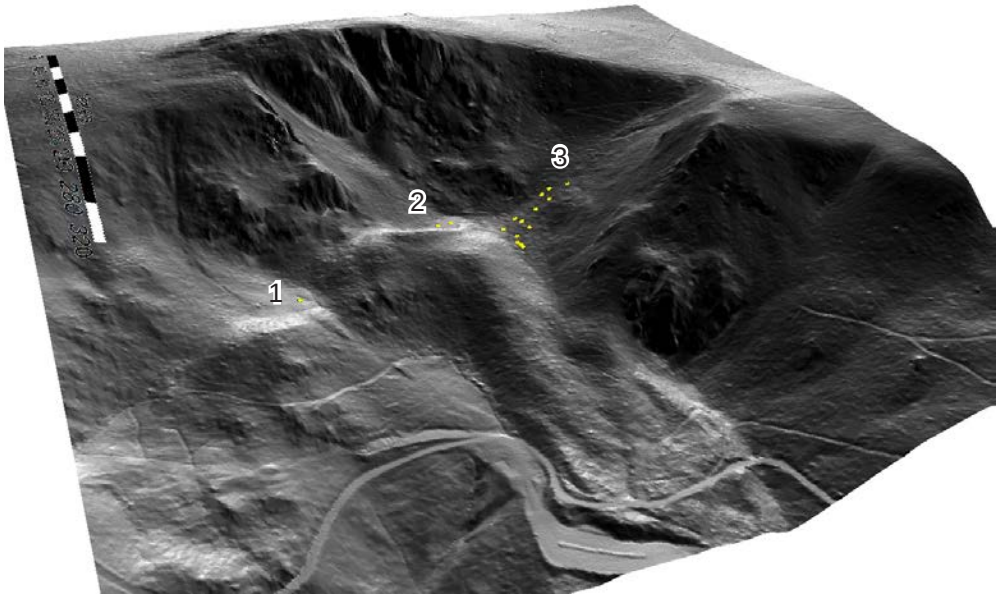


Figure 5-10-1:présentation du site dans son contexte topographique issu du RGE Alti© IGN.

Figure 5-10-2: localisation des épaisseurs de tourbes (en cm) sur un fond photographique Cigalsace.

de deux unités fonctionnelles: une cariçaie à *Carex rostrata* (et un bas-marais dont la composition est présentée ci-après. Le bas-marais est traversé par deux bras de cariçaie (code Corine 53.2141) dont l'un prend sa source au niveau d'un rocher, dans le bas-marais (figures 5-10-4 et 5-10-5). Ce dernier est probablement déterminé par une émergence diffuse affectant l'ensemble du fond de la dépression tandis que la cariçaie et déterminée par l'écoulement concentré issue d'émergences ponctuelles (sources). La composition floristique du bas-marais est *Carex nigra, C. echinata, Juncus effusus, Myosotis* gr. *scorpioides, Succisa pratensis, Cardamine amara, Cirsium palustre, Carex rostrata, Stellaria uliginosum, Polygonum bistorta, Epikeros pyrenaeus, Gallium palustre, Caltha palustris, Deschampsia cespitosa, Agrostis stolonifera, Viola palustris, Epilobium palustre, Potentilla erecta, Filipendula ulmaria, Chaerophyllum hirsutum, Rumex acetosa*. On peut y voir différentes influences qui rendent difficile l'attribution d'un code Corine (54.42 + 54.1 + 37.2).

Le dernier complexe [3], au contraire des deux autres, est situé sur une pente (figure 5-10-6). Il est occupé par un bas-marais (code Corine 54.42) à divers carex, *Vaccinium oxycoccos, Calluna vulgaris, Sphagnum papillosum, S. fallax, S. teres, S. denticulatum* et la présence localisée mais notable de *Juncus articulatus*. Ce dernier, tout comme *S. teres*, indique des apports d'eau de nappe avec un certain contenu en bases.

Mise à part la coupe régulière des petits épicéas, nous n'avons pas de préconisation particulière à proposer. Le maintien des milieux en l'état est possible à la condition que les pratiques ne changent pas. Mais il n'est pas certain que le complexe intermédiaire ne se ferme pas. Un suivi de l'état des milieux est requis pour définir la dynamique réelle, par exemple à travers quelques profils de structure et de suivi.

Figure 5-10-5: vue aérienne du complexe mettant en évidence le rocher source (s) et les deux bras de la cariçaie (b).

Figure 5-10-4: vue du complexe intermédiaire avec son bas-marais et un bras de cariçaie.

Figure 5-10-6: partie basse de l'unité 3.

5.11 - Missheimle

5.11.A - Structure du site

Le site est composé de deux complexes tourbeux horizontalement distants de 75m et de 17m en altitude (figure 5-11-1), il existe donc de ce fait un complexe amont [1], d'une surface de 2000m² et un complexe aval [2], d'une surface de 8000m².

Les deux complexes sont en de nombreux points différents, suffisamment différents pour être traités à part.

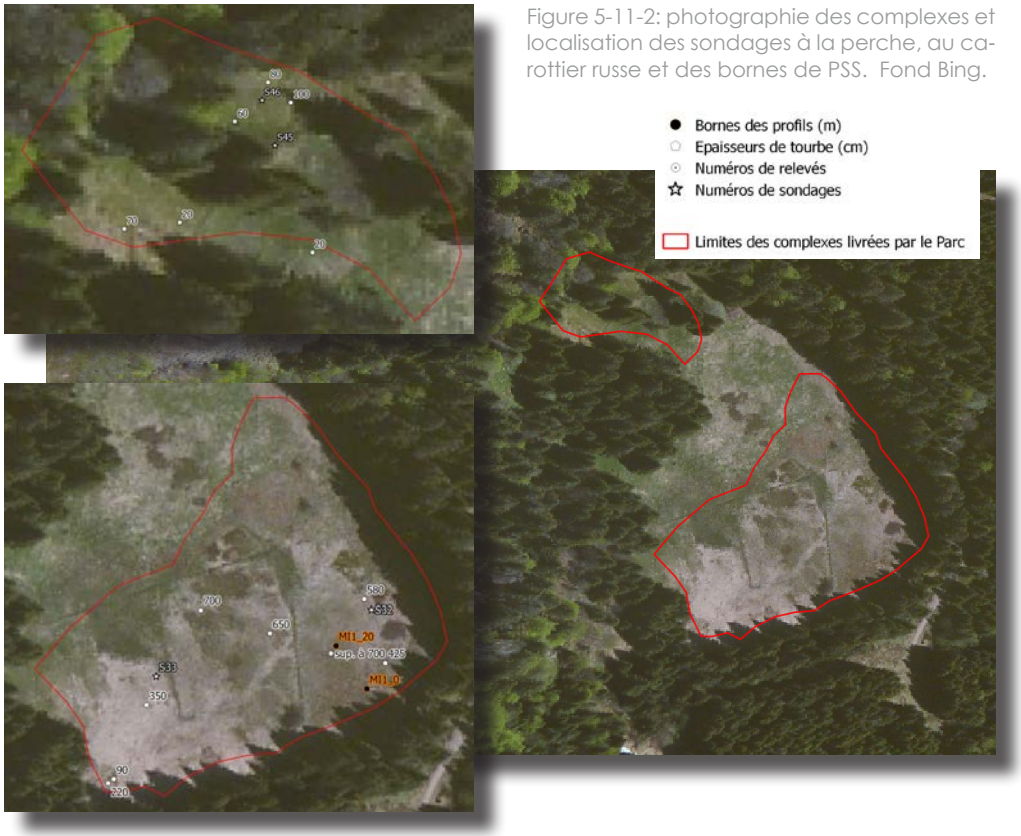


Figure 5-11-2: photographie des complexes et localisation des sondages à la perche, au carottier russe et des bornes de PSS. Fond Bing.

5.11.A.a. Complexe amont

Le complexe amont correspond à un placage tourbeux de pente épais d'un mètre au maximum, entre 20 et 60cm en général (figure 5-11-2).

La topographie est modifiée par une série de drains.

Les communautés présentes n'ont pas été relevées par manque de temps, ont été vues une cariçaie à *Carex rostrata*, une cariçaie à *C. nigra* et *Sphagnum fallax*, un placage à *Polytrichum commune* probable. Aucun Habitat d'intérêt communautaire n'a été observé.

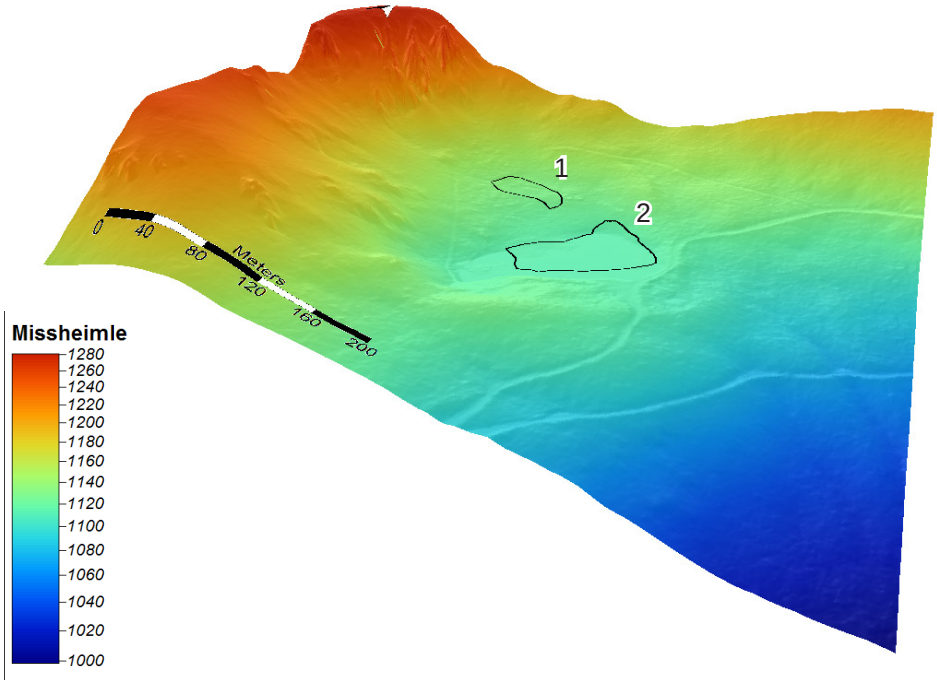


Figure 5-11-1: les deux complexes dans leur cadre topographique issu du RGE Alti© IGN.

Deux sondages au carottier ont été réalisés (figure 5-11-3). Les épaisseurs de tourbe varient mais les deux sondages sont similaires: sous un KTH, se tient une tourbe à carex, aiguilles de sapin et bois.

5.11.A.b. Complexe aval

Le complexe aval s'insère dans un surcreusement glaciaire dont la profondeur n'a pas été estimée, mais qui dépasse 7 m par rapport à la surface actuelle, soit en dessous de l'altitude de 1103,60m NGF, plus de 7 m par rapport au seuil exutoire de la dépression aujourd'hui masqué par le chemin forestier.

Le secteur tourbeux est relativement plat, avec un dénivelé autour de 1m, orienté vers l'exutoire, au sud-est. Trois drains récents sont présents. Il est possible que la dépression du centre du complexe orientée ouest-est soit un drain plus ancien (figure 5-11-4).

Les communautés qui occupent le replat tourbeux sont de types: moli-

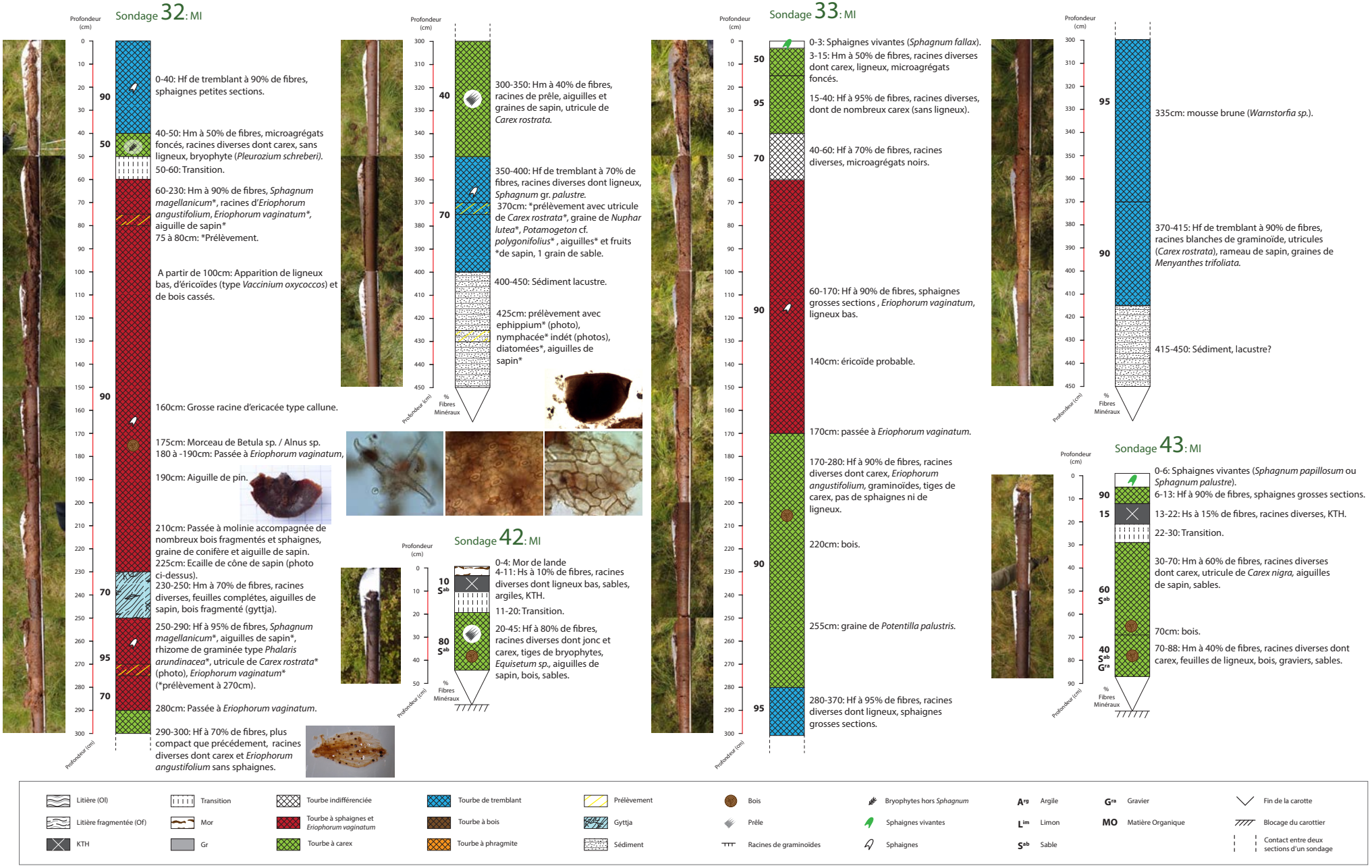


Figure 5-11-3: représentation schématique des interprétations des sondages réalisées à Missheimle amont (S42 et S43)et Missheimle aval (S32 et S33).

niaie, pessière, vacciniaie à *Vaccinium uliginosum*, replats à sphaignes rouges (décrits en PSS).

L'analyse pédologique et paléoécologique de terrain révèle la nature originelle de la tourbière: un lac-tourbière. Le remplissage organique occupe aujourd'hui 4m; il surmonte une série lacustre de plusieurs mètres. Les premières tourbes sont fibriques, riches en utricules de *Carex rostrata*, graines de ményanthe. Elles correspondent probablement à un tremblant et sont surmontée de tourbe moins fibriques non caractérisées dans le détail. La suite du dépôt correspond à des tourbes de haut-marais à sphaignes rouges et linaigrette engainante. Ces tourbes, épaisses de 1 à 2m, sont couvertes d'un horizon proche d'un KTH «dégradé», atypique, lui-même couvert de 40 à 50cm de tourbe récente à sphaignes, peu dégradée.

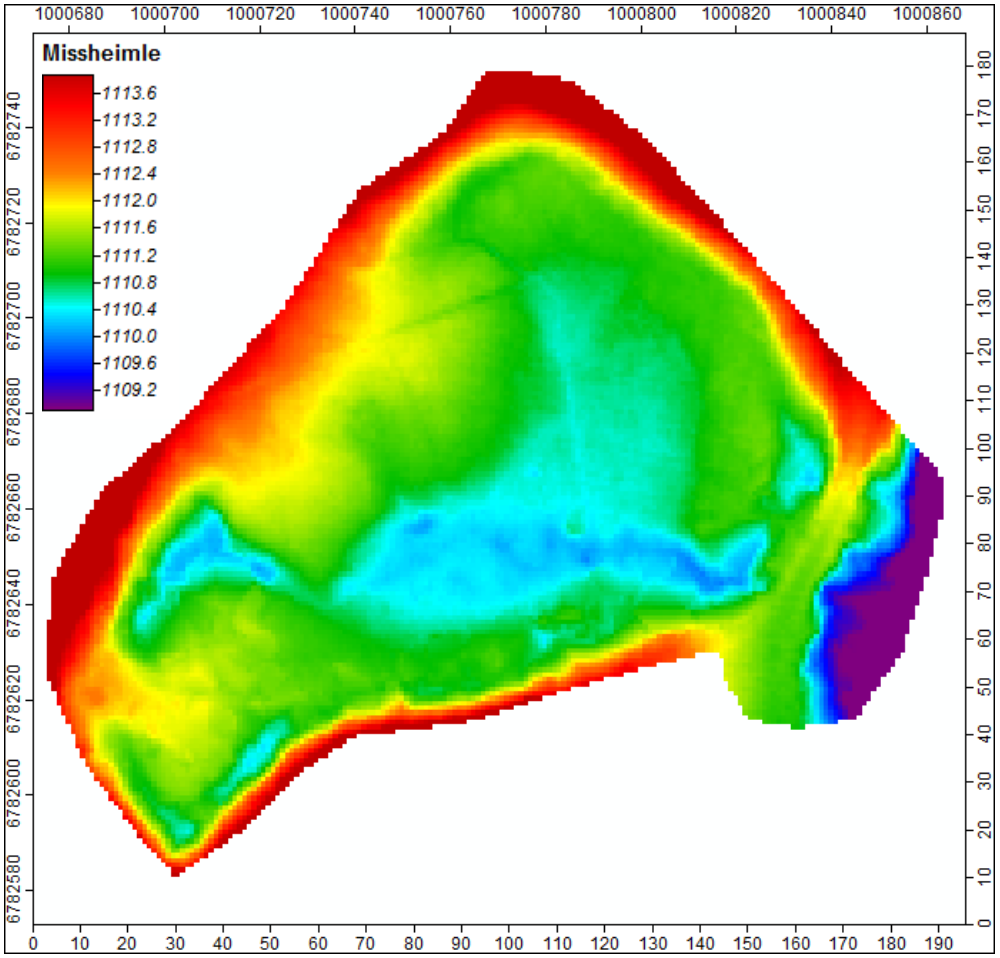


Figure 5-11-4: relief du complexe aval issu du RGE Alti© IGN.

5.11.B - Analyse fonctionnelle

Le complexe amont est probablement une ancienne tourbière de pente issue d'une émergence diffuse et/ou d'une concentration d'écoulements de surface et de surbsurface au niveau d'une rupture de pente. L'analyse des surfaces contributives potentielles, montre une concentration des flux d'une partie du bassin versant au niveau de la tourbière amont (figure 5-11-5).

Cette tourbière originelle, un probable bas-marais à carex plus ou moins boisé, a été altérée par un pâturage modifiant le sol. Aujourd'hui, ce sont donc les unités classiques sur KTH qui occupent le lieu, en particulier un grand replat à *Polytrichum commune* (figure 5-11-6).

Le complexe aval est de nature différente, issu d'une succession de type hydrosère: lac, tremblant, haut-marais. Cette dynamique, naturelle, a été contrariée par l'usage, probablement agropastoral, qui a entraîné la mise en place d'un KTH.

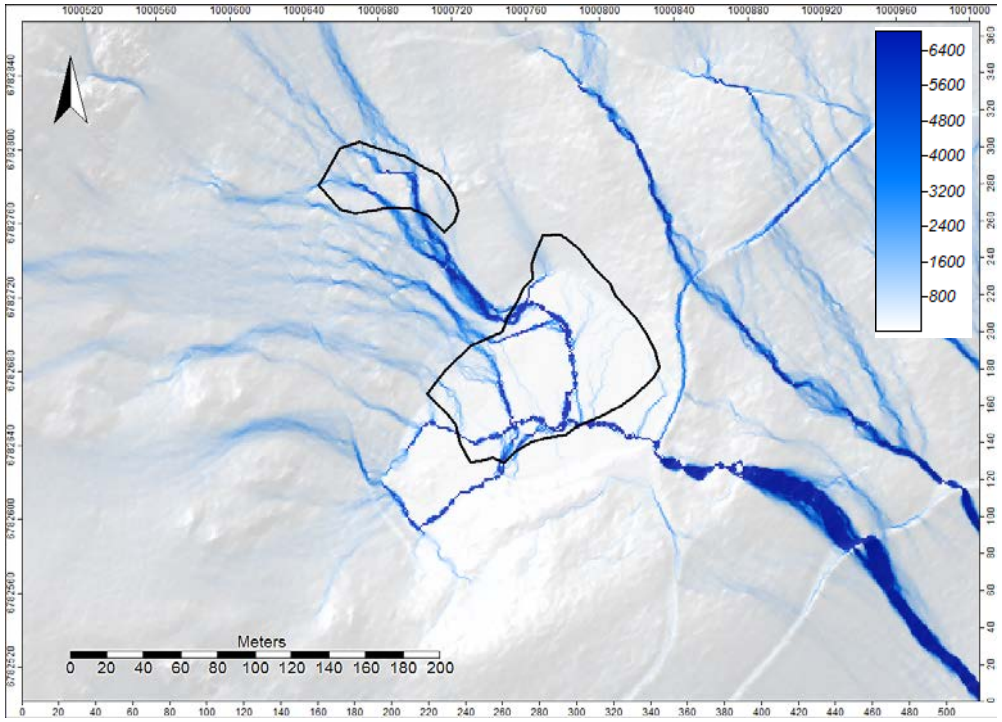


Figure 5-11-5: modélisation des surfaces contributives théoriques topographiques en m² à partir du RGE Alti© IGN.

Figure 5-11-6: le replat à *Polytrichum commune* du complexe amont.

A priori, l'arrêt du pâturage est suffisamment ancien pour avoir permis la constitution d'une couche de tourbe «récente» de 40-50cm. Pour le moment, les communautés de tourbière haute ne se sont pas réinstallées partout, mais seulement dans certains secteurs, comme celui où a été réalisé le PSS.

5.11.C - Etat de conservation

Le profil (tableau 5-11-1) a été réalisé dans un des secteurs à sphaignes rouges et linaigrette engainante au sud-est du complexe aval (figure 5-11-2).

Les cortèges observés sont ceux de la tourbière haute, avec la linaigrette sur l'ensemble du profil, les sphaignes rouges sur 75%. Il se dessine un gradient à travers le cortège des vacciniums et *Sphagnum russowii*, en marge externe, et le couple molinie tormentille, plus les taxons indicateurs d'érosion côté opposé. On note la présence du trichophore en marge externe, probablement en lien avec un piétinement.

Les données collectées sur site indiquent que l'Habitat 7110* du complexe aval correspond à la dichotomie 9b: haut-marais fortement perturbé en voie de régénération à stabilité possible, cela correspond à un état dégradé.

5.11.D - Propositions d'action: connaissance, gestion, suivi

La répartition spatiale de certaines unités fonctionnelles du complexe aval n'a pas été établie car elle aurait nécessité un temps d'analyse supplémentaire.

Groupe ACH-VARCLUS		11	9	10	9	10	9	9	9	9	9	11	11	11	11	10	11	10	10	10	10
		MI1_1	MI1_2	MI1_3	MI1_4	MI1_5	MI1_6	MI1_7	MI1_8	MI1_9	MI1_10	MI1_11	MI1_12	MI1_13	MI1_14	MI1_15	MI1_16	MI1_17	MI1_18	MI1_19	MI1_20
MI1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Vaccinium vitis-idaea	1			x																	
Sphagnum russowii	3		x	x	x																
Empetrum nigrum	3	x	x	x																	
Polytrichum strictum	9		x	x	x	x	x		x	x	x										x
Aulacomnium palustre	9		x		x		x	x		x	x	x								x	x
Drosera rotundifolia	9						x					x	x		x	x	x	x	x		x
Vaccinium oxycoccos	18	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x
Calluna vulgaris	14		x	x	x	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x	x
Eriophorum vaginatum	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum gr. fallax	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum magellanicum	13			x		x				x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Sphagnum capillifolium	1				x																
Carex pauciflora	9		x	x	x	x	x	x	x	x										x	
Sphagnum rubellum	1												x								
Molinia caerulea	8					x							x	x	x	x			x	x	x
Potentilla erecta	5														x	x	x			x	x
Trichophorum cespitosum	2	x	x																		
Carex echinata	2													x			x				
Carex nigra	4													x				x	x		x
Eriophorum angustifolium	4																	x	x	x	x

Tableau 5-11-1: profil de structure et de suivi du complexe aval à Missheimle.

Si certaines photographies aériennes sont assez précises pour réaliser une cartographie correcte, d'autres doivent être validées sur le terrain. Une délimitation plus précise de la zone tourbeuse, à la perche de sondage, pourrait être entreprise. La tourbière semble se prolonger à l'ouest, dans un secteur boisé, c'est un point à vérifier.

La dynamique actuelle semble être favorable à la progression des communautés de tourbière haute, aucune gestion particulière n'est donc recommandée, si ce n'est la limitation du piétinement.

Suivant les résultats des sondages complémentaires, une neutralisation des ligneux pourrait être entreprise dans le secteur à valider, à l'ouest. Il s'agirait d'ouvrir la totalité de la tourbière et d'établir un potentiel de restauration exhaustif.

Le suivi devrait s'attacher à comparer les variations du recouvrement de différents taxons, sur la base d'un PSS est-ouest, complétant le profil réalisé pour cette étude.

5.12 - Cote 1000

5.12.A - Structure du site

Le complexe de Cote 1000 s'inscrit dans un cirque glaciaire, à l'amont de la route D417. La délimitation du site fournie par le PNRBV ne couvre pas l'intégralité de la zone tourbeuse, mais seulement sa partie nord (figure 5-12-1).

Le relief de la tourbière n'excède pas 4m, de 1000 à 1004m NGF, pour un linéaire de 250m, entre la partie amont [1] et la route départementale [2]. Le replat tourbeux est coupé par un chemin en légère surélévation [3](5-12-2).

Les épaisseurs de tourbe n'excèdent pas 1,5m (figure 5-12-3). Les tourbes observées dans les deux sondages réalisés sont de différentes natures et il est impossible de déterminer la plus commune. Un sondage de 50cm (S30), réalisé en marge, est caractérisé par une tourbe de haut-marais à *Eriophorum vaginatum* et *Sphagnum magellanicum*. La faible épaisseur, l'absence de KTH et la présence d'une aiguille d'épicéa dans cette tourbe laisse présumer d'un dépôt récent, postérieur au milieu du XIXème siècle. Un autre sondage de 1m (S31), au centre de la dépression tourbeuse, est caractérisé par une tourbe «forestière» à bois et cypéracées. La partie supérieure, complexe, est de type KTH multiple (figure 5-12-4).

La végétation en place a été caractérisée sur la base de 2 relevés présentés dans le tableau 5-12-1. Le premier relevé, CM_1 a été réalisé dans un chablis (figure 5-12-5), pour permettre une analyse du potentiel du site en cas d'ouverture. Le second relevé correspond au fond de végétation général. Ce fond est une pessière, le hêtre est présent sous forme arbustive ce qui indique un effet du KTH, masquant la tourbe contraignante pour cette espèce, c'est probablement aussi le cas de *Carex pilulifera* et de *Phyteuma nigra*. Le relevé de chablis montre la présence de nombreuses sphaignes dont *Sphagnum magellanicum*.

On observe localement d'autres unités comme une moliniaie paucispé-

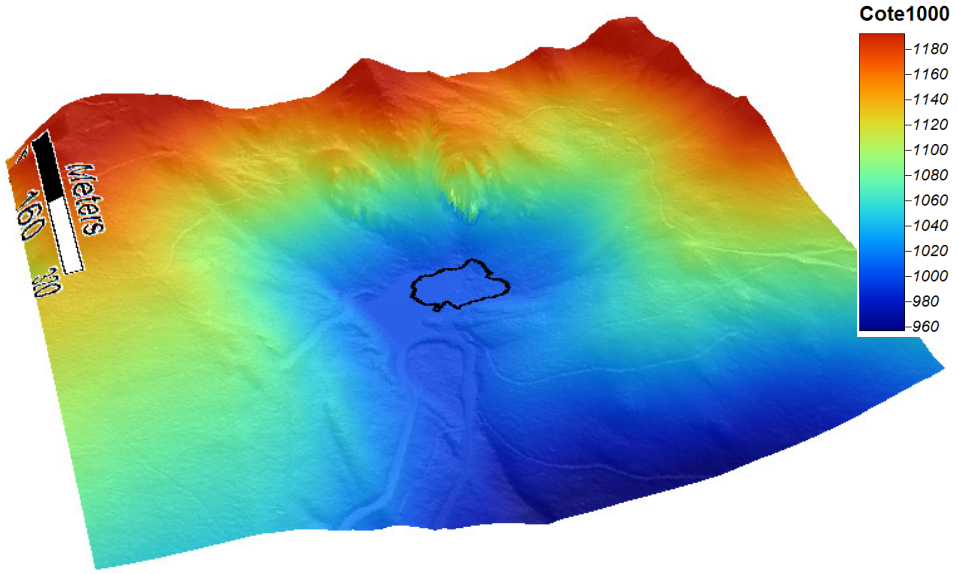


Figure 5-12-1: le secteur délimité par le Parc dans son cadre topographique issu du RGE Alti© IGN.

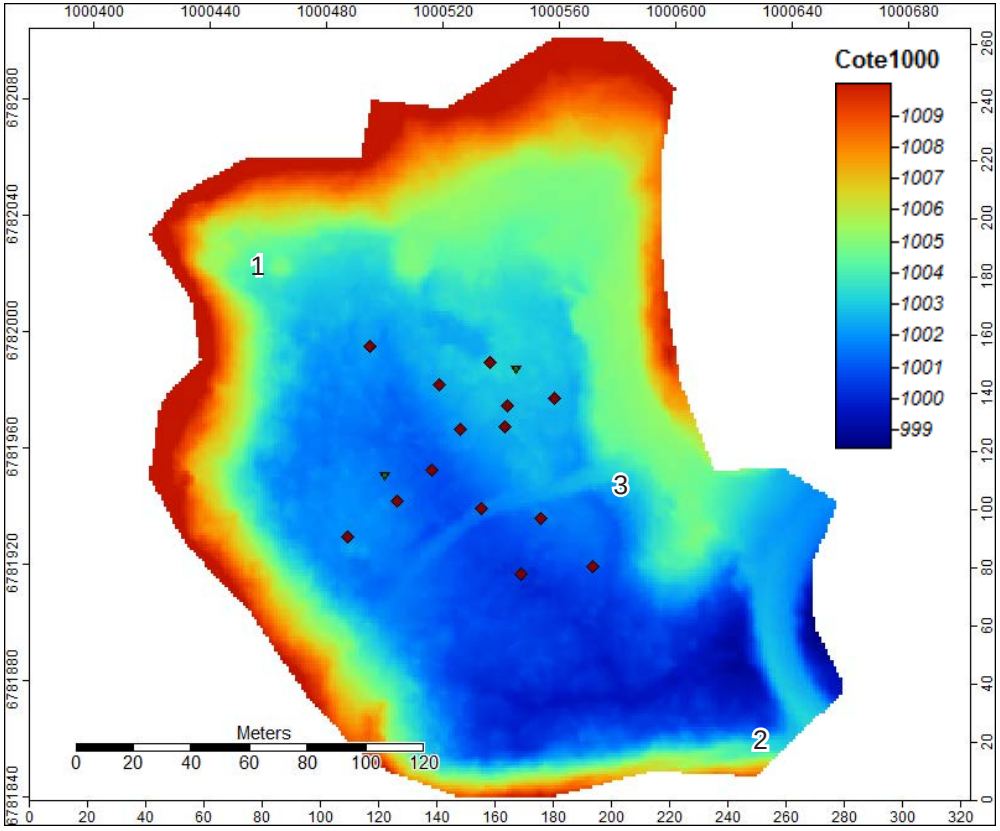


Figure 5-12-2: topographie fine du replat tourbeux issue du RGE Alti© IGN avec la localisation des sondages comme précisés dans la figure 5-12-3.

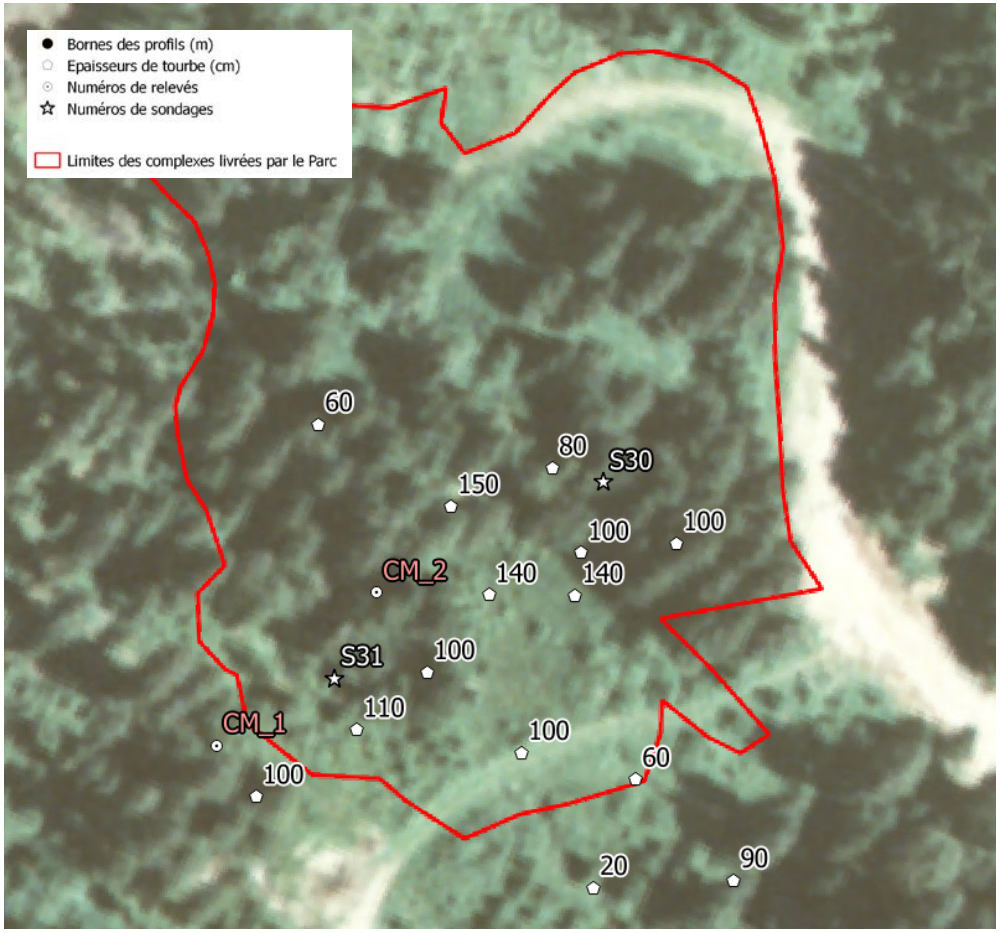


Figure 5-12-3: localisation des points de sondage et des relevés sur un fond photographique Cigal. En ligne rouge, la délimitation du site fournie par le Parc.

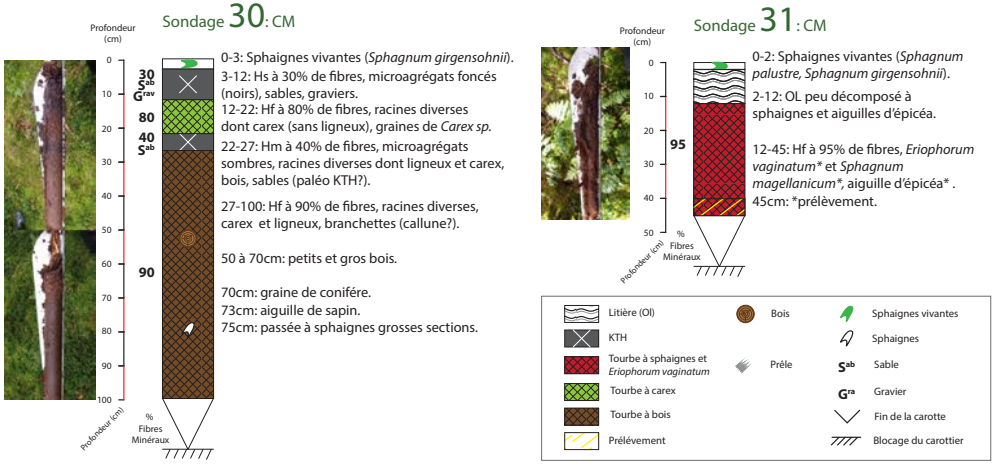


Figure 5-12-4: schéma des sondages réalisés à Cote 1000. Localisation figure 2-3.

cifique à tormentille, une mare à *Polytrichum commune*, *Carex rostrata*, *Glyceria fluitans* et *Potentilla palustris*.

5.12.B - Analyse fonctionnelle

Les données collectées sur site et l'analyse du relief indiquent à la fois une proximité de structure topographique du site avec la tourbière de Missheimle, et une nature différente de la tourbière. Même si le complexe de Cote 1000 s'inscrit dans un fond de cirque glaciaire, la tourbière ne semble pas être un lac tourbière, le relief n'ayant pas été favorable à la mise en place d'un lac (soit il n'y a pas de surcreusement, soit un dépôt minéral a comblé un surcreusement). Le complexe de Cote 1000 est donc à l'origine une tourbière de fond de vallon, à carex et boisée. Bien-sûr, cette tourbière a disparu lors de la mise en place d'usages agropastoraux ou sylvicoles, induisant un KTH. Lors d'un épisode récent d'abandon, un dépôt local de tourbe de tourbière haute a été possible. Ce qui s'articule bien avec le potentiel du site à voir s'installer ce genre de communauté exprimé à l'emplacement du chablis, objet du relevé CM_1.

Sans intervention, et sans piétinement, le complexe devrait se maintenir en l'état, avec de possibles mises en place de tapis à sphaignes plus importants, notamment lors de chute d'arbre, sans pour autant permettre la production de tourbe. Il faut signaler l'inexistence de travaux paléoécologiques sur le fonctionnement des pessières à

Figure 5-12-5: le secteur de chablis à sphaignes rouges.

sphaignes, qu'elles soient en contact ou non avec des tourbières bombées, ce qui rend difficile toute projection sur leur devenir et même leur évaluation en terme d'état de conservation.

D'un point de vue typologique, le complexe est aujourd'hui une pessière plantée, s'orientant vers une pessière à sphaignes d'origine anthropique. L'attribution d'un statut d'Habitat d'intérêt communautaire prioritaire (91DO*4) est strictement possible, vu le peu de précision présentée dans les Cahiers d'Habitats. Cependant, l'intitulé étant Pessière de contact des tourbières bombées, la tourbière bombée étant absente à Cote 1000, il est difficile de faire un choix entre le respect du titre, qui exclut de fait la pessière de Cote 1000, et les espèces «indicatrices» de l'Habitat, qui correspondent à celles observées à Cote 1000. Dans le doute, sachant que cela n'entre pas en conflit de conservation avec un autre Habitat, nous proposons l'attribution d'un statut 91DO*-4 au complexe.

5.12.C - Etat de conservation

L'évaluation de l'état de conservation d'une pessière à sphaignes d'origine anthropique est difficile, en partie, comme on l'a vu, parce que l'attribution d'un statut relatif au pessière de contact reste délicate et que les Cahiers d'Habitats sont peu précis, en partie parce qu'on ne sait même pas si la pessière à sphaignes existe à l'état naturel, ou si elle découle de la sylviculture et surtout de l'altération d'un autre type de tourbière à caractère plus naturel.

Les notions d'état dégradé ou altéré n'ont pas de sens pour ce qui est d'une unité d'origine anthropique récente n'ayant pas d'analogue naturel connu (pas d'état de référence). Il semble donc pouvoir ne se donner à ce genre d'unité qu'une notion de bon état. Il est possible qu'à l'avenir les sphaignes recouvrent une plus grande partie du complexe tourbeux et que de ce fait l'état devienne encore «plus bon». Par contre, la régression des sphaignes, par exemple induite par le piétinement, pourrait entraîner un état altéré, leur disparition totale un état dégradé.

5.12.D - Propositions d'action: connaissance, gestion, suivi

A part l'interdiction de piétinement en dehors de sentiers et toute autre activité, aucune proposition de gestion n'est proposée.

Le suivi idéal s'appuie sur la réalisation de profils de structure et de suivi.

N° relevés	CM 1	CM 2
Types unités	Chablis	Pessière
Dates	07/08/2014	07/08/2014
Surface (m)	6x6	20x10
Arbres		
Recouvrement (%)		60
Hauteur végétative moyenne (m)		25
Picea abies		d
Arbustes		
Recouvrement (%)	70	10
Hauteur végétative moyenne (cm)	130	180
Abies alba		r
Betula pubescens subsp. glutinosa	e	e
Fagus sylvatica		e
Picea abies	d	r
Sorbus aucuparia		e
Herbacées		
Recouvrement (%)	30	20
Hauteur végétative moyenne (cm)	25	40
Abies alba		p
Agrostis canina		e
Anthoxanthum odoratum		p
Athyrium filix-femina	r	
Carex pilulifera		e
Deschampsia flexuosa		p
Dryopteris carthusiana	p	
Galium saxatile		p
Listera cordata		e
Melampyrum sylvaticum		p
Molinia caerulea		d
Oxalis acetosa	r	
Phyteuma nigra		e
Picea abies	e	
Sorbus aucuparia		e
Vaccinium myrtillus	d	r
Vaccinium vitis-idaea		p
Bryophytes		
Recouvrement (%)	90	90
Dicranodontium denudatum		p
Dicranum scoparium		p
Hylocomium splendens	p	p
Plagiothecium undulatum	p	p
Pleurozium schreberi	p	
Polytrichum formosum/commune	r	r
Rhytidiadelphus loreus	r	p
Sphagnum girgensohnii	d	r
Sphagnum magellanicum	p	
Sphagnum palustre		r
Sphagnum russowii	p	
Sphagnum squarrosum	e	

Tableau 5-12-1: composition floristique des 2 relevés réalisés à Cote 1000. Les mousses n'ont pas été vérifiées au microscope.

5.13 - Trois-Fours

5.13.A - Structure du site

Le complexe tourbeux de Trois-Fours s'insère dans un large talweg sous le col d'un interfluve perpendiculaire à la crête (figure 5-13-1). La morphologie est celle typique du versant ouest de la crête, de type glaciaire, adoucie.

Les sondages à la perche indiquent une épaisseur de tourbe de 2m au maximum (figure 5-13-3). La combinaison du RGE Alti© IGN et des sondages permet de reconstituer la forme de la lentille de tourbe, formant une pellicule relativement homogène sur une convexité

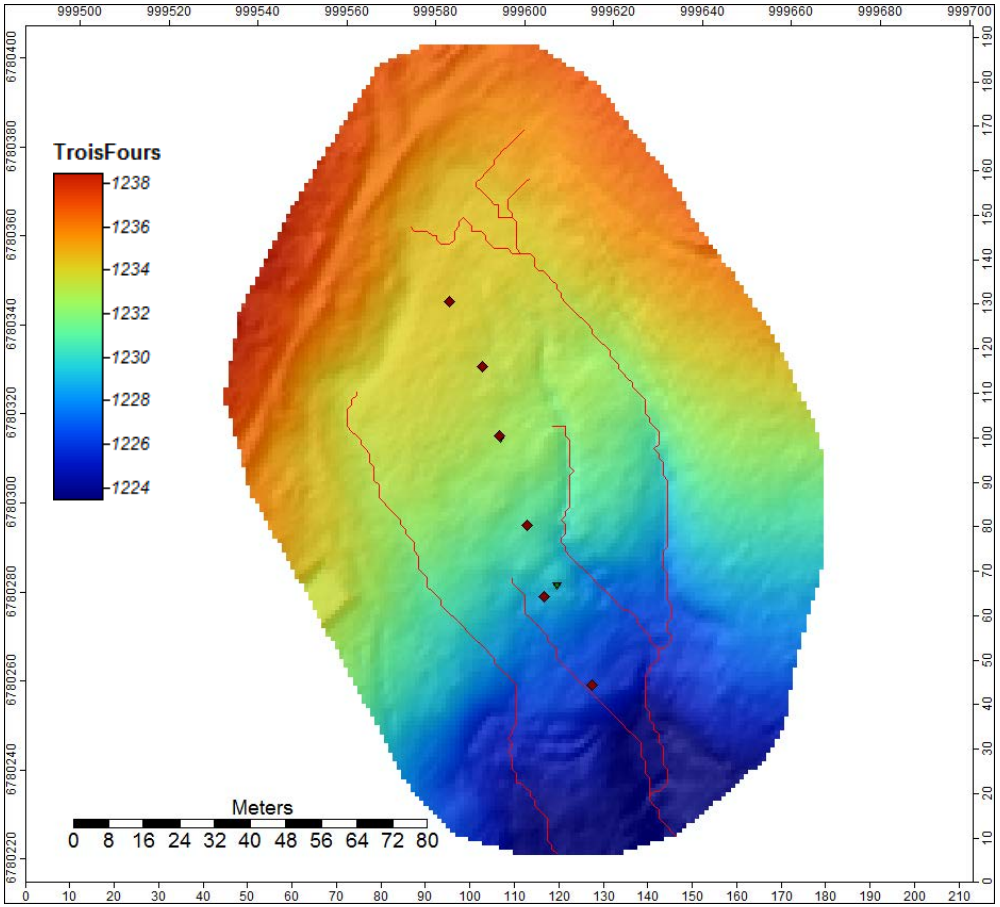


Figure 5-13-2: représentation fin du relief de la tourbière avec les points de sondages indiqués sur la figure 5-13-3. Les lignes rouges représentent les talwegs modélisés sur RGE Alti© IGN.

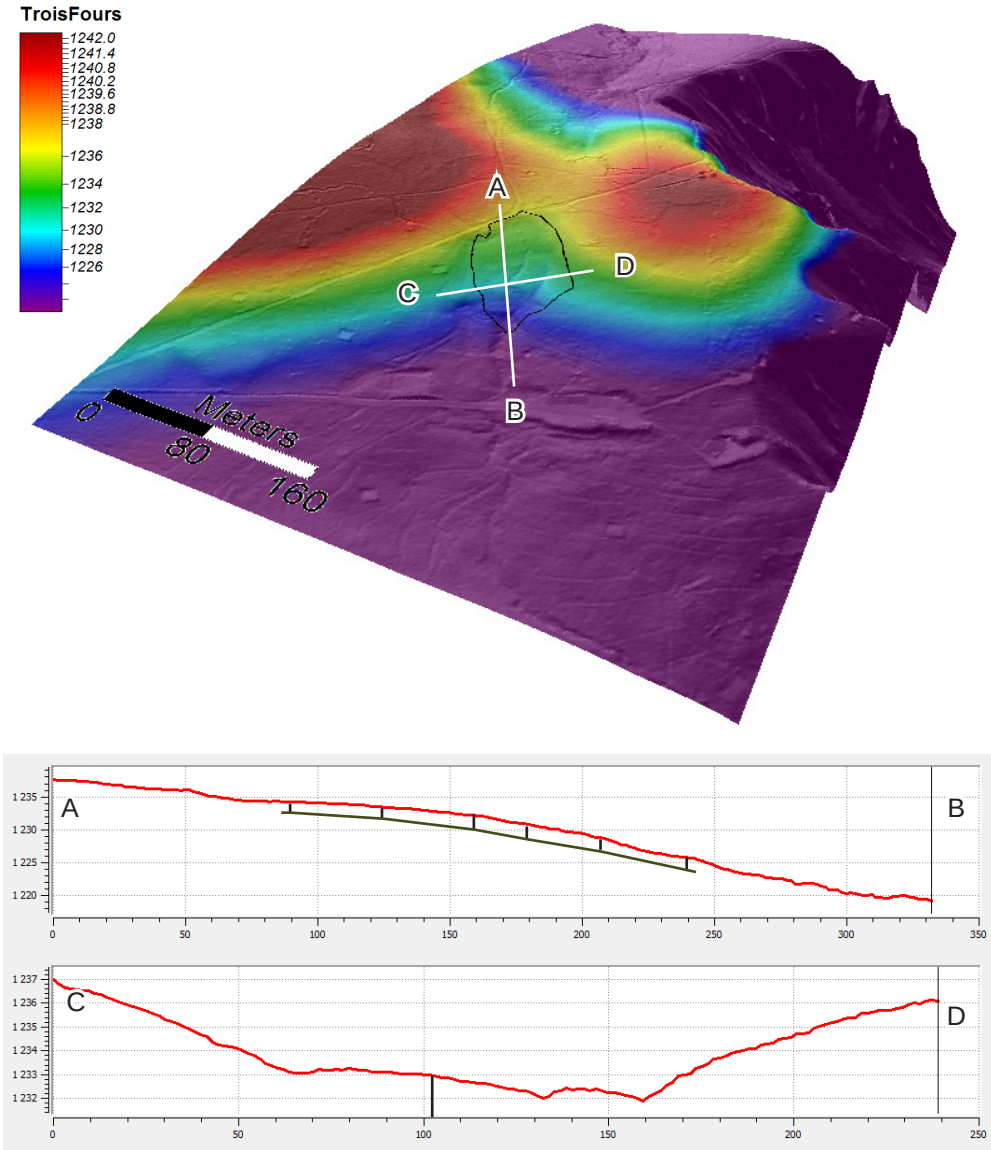


Figure 5-13-1: le complexe dans son cadre topographique issu du RGE Alti© IGN, en haut. Représentation schématique de la lentille de tourbe à partir du RGE Alti© IGN et des sondages à la perche, en bas (altitude et longueur du profil en m.

du socle (figure 5-13-1). On note une franche convexité transversale (profil CD et petits talwegs mis en évidence sur la figure 5-13-2) et une probable collecte des ruissellements par de légères dépressions à l'amont, ce qui au final, induit un bombement peu perceptible sur le terrain, mais réel.

Les sondages pédologiques et paléoécologiques (S15, S16, figure 5-13-3) mettent en évidence deux types d'horizons majeurs: un épais KTH en surface et, dessous, une tourbe de bas-marais à carex (dont *Carex echinata*), sphaignes (*Sphagnum papillosum*) et bois. Au centre de la tourbière (S15), le KTH est couvert d'un tapis de sphaignes vivantes qui ont produit 5-6cm de tourbe.

Les communautés présentes sur le complexe peuvent être analysées à travers les 30m de profil de structure et de suivi relevés. Le PSS TF1 (tableau 5-13-1) permet de comparer la phytocénose à l'intérieur et à l'extérieur de la mise en défens actuelle. On note ainsi une communauté riche en *Eriophorum vaginatum*, *Polytrichum strictum*, *Sphagnum russowii* dans la partie mise en défens, et une communauté caractérisée par *Juncus squarrosus*, *Nardus stricta*, *Galium saxatile*, dans le secteur pâturé. *Trichophorum cespitosum*, indicateur de piétinement n'est présent que dans le secteur mis en défens, ce qui correspond à un seuil de piétinement connu par ailleurs, à partir duquel le nard remplace le trichophore. En l'occurrence, la structure observée à Trois-Fours indiquerait que le trichophore est un indicateur de compactage du sol plus que de pâturage, alors que le nard serait un indicateur de pâturage plus que de compactage seul. *Carex nigra* est présent uniquement dans le secteur érodé du bord de clôture, conformément à son écologie (il est compétitif dans les secteurs de tourbe érodée). *Anthoxantum odoratum* n'est présente que dans le secteur mis en défens, ce qui s'ex-

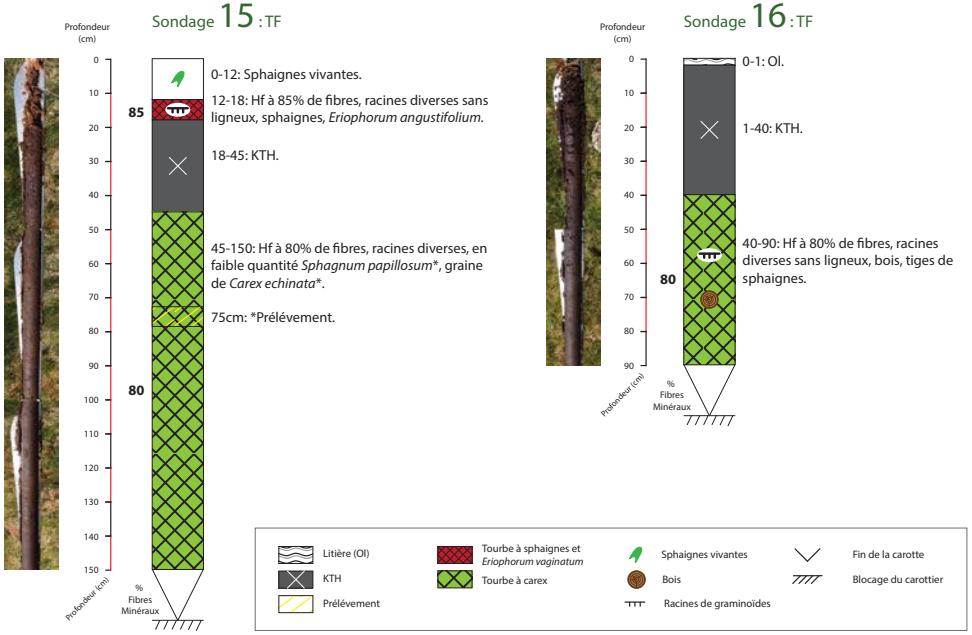


Figure 5-13-4: représentation schématique des interprétations des sondages réalisées à Trois-Fours. Localisation des sondages en figure 5-10-3.

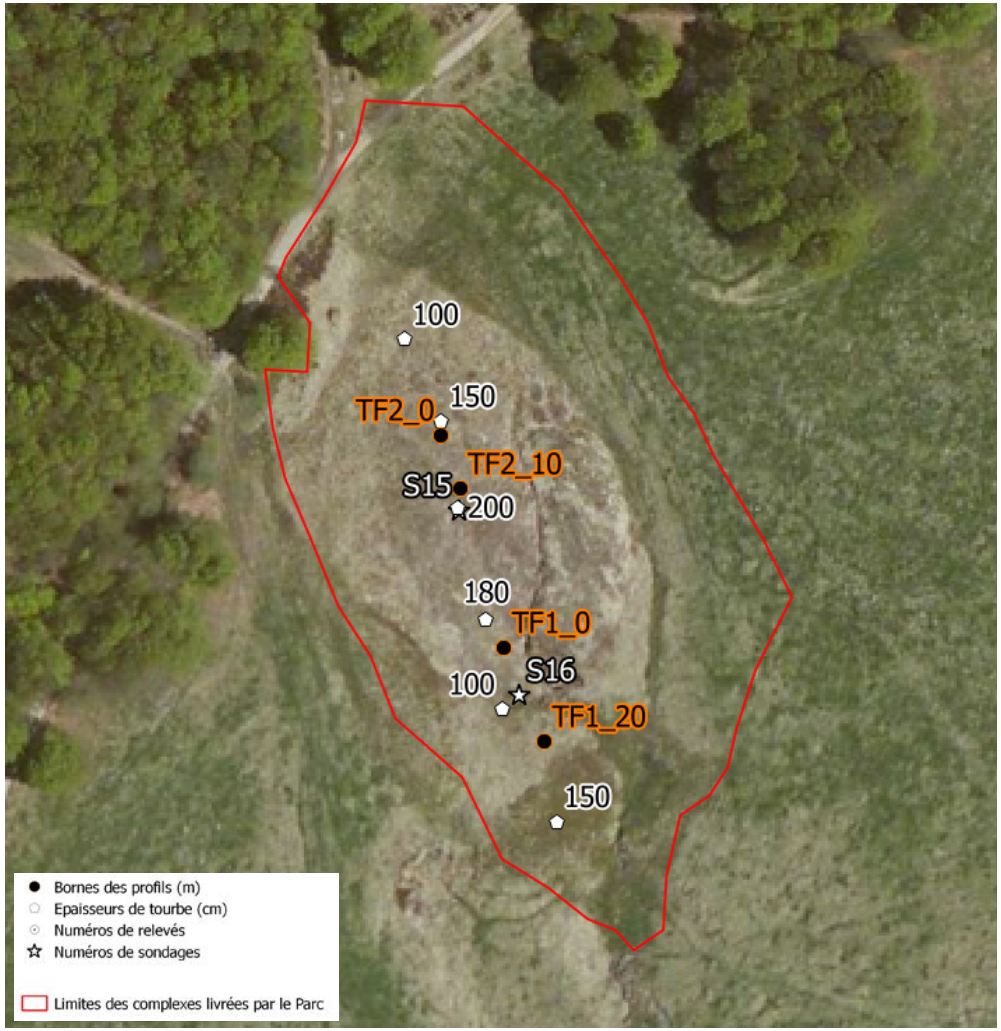


Figure 5-13-3: localisation des points de sondage et des relevés sur un fond photographique Bing. En ligne rouge, la délimitation du site fournie par le Parc.

Groupe ACH-VARCLUS		6	6	6	6	6	6	6	6	6	12	12	12	6	9	9	12	12	12	12	12
		TF1_1	TF1_2	TF1_3	TF1_4	TF1_5	TF1_6	TF1_7	TF1_8	TF1_9	TF1_10	TF1_11	TF1_12	TF1_13	TF1_14	TF1_15	TF1_16	TF1_17	TF1_18	TF1_19	TF1_20
TF1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sphagnum russowii	9	x	x	x	x	x	x	x	x	x											
Vaccinium myrtillus	11	x	x		x	x			x		x	x	x					x	x	x	
Vaccinium vitis-idaea	5							x	x	x	x									x	
Pleurozium schreberi	14		x			x			x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Aulacomnium palustre	5	x			x		x	x						x							
Polytrichum strictum	10	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x							
Eriophorum vaginatum	9	x	x	x	x	x	x	x	x	x											
Calluna vulgaris	1							x													
Molinia caerulea	18	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x
Potentilla erecta	3														x		x				x
Trichophorum cespitosum ssp. germanicum	5			x	x		x	x	x												
Carex echinata	1																	x			
Carex nigra	3													x	x	x					
Juncus squarrosus	12							x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x
Nardus stricta	7													x		x	x	x	x	x	x
Galium saxatile	7	x													x	x	x	x		x	x
Deschampsia flexuosa	8					x			x	x			x	x	x		x	x			
Anthoxanthum odoratum	3	x	x							x											
Luzula multiflora	3																	x	x	x	
Cloture	1											x									
Tourbe nue	3											x	x	x							
Campylopus sp.	1												x								
Sphagnum sp.	1													x							
Dicranum scoparium	1															x					

Tableau 5-13-1: profil de structure 1 et de suivi du complexe de Trois-Fours.

Groupe ACH-VARCLUS		6	6	6	10	6	10	6	6	6	6
		TF2_1	TF2_2	TF2_3	TF2_4	TF2_5	TF2_6	TF2_7	TF2_8	TF2_9	TF2_10
TF2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vaccinium myrtillus	3	x	x	x							
Vaccinium vitis-idaea	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum russowii	5					x	x	x	x	x	
Pleurozium schreberi	1					x					
Polytrichum strictum	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Aulacomnium palustre	3			x		x	x				
Eriophorum vaginatum	7		x		x	x	x	x	x	x	
Sphagnum gr. fallax	1						x				
Sphagnum magellanicum	9	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Carex pauciflora	4				x	x		x	x		
Sphagnum rubellum	5			x	x		x	x			x
Molinia caerulea	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Potentilla erecta	1				x						
Trichophorum cespitosum ssp. germanicum	9	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Carex nigra	1				x						
Juncus squarrosus	4						x	x	x		x
Deschampsia flexuosa	2	x									x
Anthoxanthum odoratum	4					x		x	x	x	

Tableau 5-13-2: profil de structure 2 et de suivi du complexe de Trois-Fours.

plique par un double effet de relique du pâturage là où elle est présente, et de manque de compétitivité dans la zone pâturée, probablement par broutage préférentiel.

Le PSS TF2 (tableau 5-13-2) a été réalisé entièrement dans la zone mise en défens. Sa composition floristique est proche du début du profil précédent, à la différence majeure d'un fort recouvrement des sphaignes rouges (*Sphagnum magellanicum* et *S. rubellum*).

5.13.B - Analyse fonctionnelle

Le petit complexe de Trois-Fours est typiquement une tourbière haute de perturbation, une communauté de haut-marais d'origine anthropique sur KTH. La communauté à sphaignes rouges est d'origine récente, permise à la fois par la disparition de la tourbière originelle à travers des siècles d'usage agropastoral, la mise en place du KTH, la forme de l'édifice, artificiellement bombé par tassement et érosion des marges induits par le piétinement, et la mise en défens ou l'allègement de la charge de pâturage.

La communauté d'origine de la tourbière est un bas-marais à carex et sphaignes vertes, partiellement boisé. Il s'agit donc d'une unité minérotrophe, c'est à dire relativement exigeante en nutriments, ce qui implique que l'eau qui a irrigué la tourbière pendant la construction de la tourbe a eu le temps de s'enrichir en éléments nutritifs avant de traverser la tourbière. Ce fait est contradictoire avec la situation de la tourbière, en tête de bassin versant. La modélisation des écoulements de surface sur la base des ordres de Strahler (figure 5-13-5) montre que la tourbière est sous le ruissellement d'une surface trois à quatre fois plus grande qu'elle, sur des distances de moins de 300m. De plus, la forme du relief minéral sous la tourbe est convexe dans son profil longitudinal, et inconnue dans son profil transversal. L'hypothèse d'une alimentation hydrique uniquement réalisée sur la base de la concentration des ruissellements parait donc peu vrai-

semblable. L'hypothèse d'une tourbière ombrotrophe (type tourbière de couverture) est elle aussi inconcevable au vu de l'origine botanique de la tourbe. La seule hypothèse permettant d'expliquer raisonnablement l'existence de la tourbière est la présence à son emplacement d'une émergence diffuse d'un aquifère des granites alentours. Il est ainsi possible que le talweg dans lequel s'insère la tourbière se soit incisé dans une zone de failles, failles qui collectent l'eau des dépôts superficielles des reliefs de chaque côté du talweg, peut-être au delà du bassin versant topographique. Une fois dans la faille, l'eau est diffusée au sein des formations superficielles minérales et organiques du fond du talweg, puis émerge, ou plutôt a émergé lors de la construction de l'édifice. La diffusion de l'eau se réalise de manière régulière.

Ce modèle est en fait typique des systèmes tourbeux en secteurs granitiques où les écoulements souterrains se réalisent d'un compartiment capacitif, souvent les altérites, en surface, ou le granite fissuré de subsurface, vers un compartiment diffusif, en général des colluvions, parfois des alluvions, à travers un système transmissif constitué des fractures majeures dans le granite. Le compartiment diffusif régule la vidange de la nappe, qui n'est que très rarement complète. Il n'y a de tarissement qu'en de rares étés, dans le cas contraire, il ne peut y avoir de tourbière.

On peut préciser que l'émergence est ascendante, réalisée par transfert de charge, comme lorsqu'on présente un tuyau bouché vers le haut, c'est la charge hydraulique du réservoir d'eau qui crée le jet d'eau.

La décharge de nappe contrôlée induit un temps de résidence de l'eau dans les roches compatibles avec un enrichissement en nutriments. La tourbière est donc d'un type minérotrophe.

On peut imaginer ce modèle pour le complexe des Trois-Fours. Ceci permet d'étendre l'impluvium de la nappe de la tourbière ainsi que sa richesse en éléments dissous. Bien-sûr, ce modèle devrait être validé par une analyse piézométrique.

Le déterminisme de la tourbière originelle ayant été proposé, qu'en est-il de la tourbière actuelle?

Comme pour toute tourbière à KTH, la communauté d'origine a disparu lors de l'intensification des usages, il y a de cela déjà plusieurs siècles. Une fois le KTH formé, on peut imaginer une forme de protection de la tourbe sous-jacente par la nature compacte de l'horizon de surface. L'édifice n'évolue plus, peut-être perd-il en volume comme dans le cas des tourbières hautes drainées, mais cela reste à vérifier. On peut donc imaginer une forme de stabilité de la tourbière pâturée, tant qu'aucun travaux

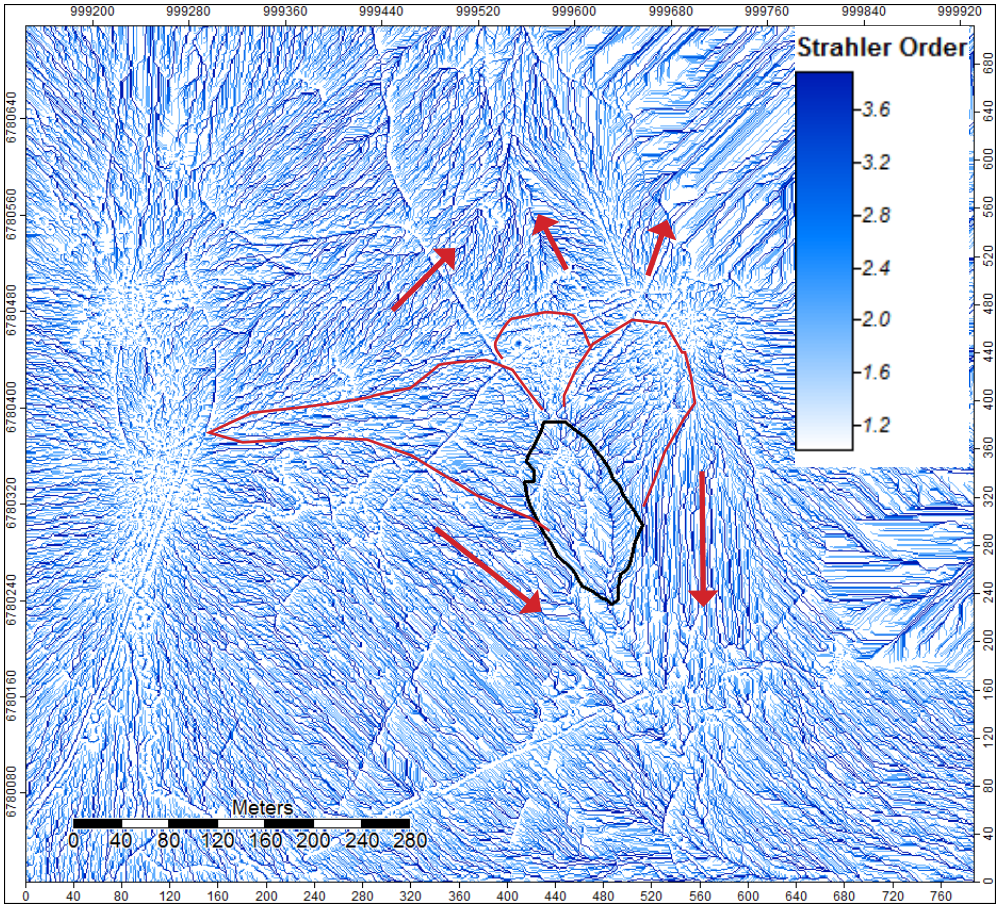


Figure 5-13-5: en rouge, zones contributives des écoulement de surface ayant pu traverser la tourbière avant les modifications, les flèches rouges indiquent le sens des flux en dehors des zones contributives, en noir, la limite du site. Modélisation des surfaces d'ordre de Strahler égaux d'après les données du RGE Alti© IGN.

de drainage n'entraîne de processus érosifs physiques. Si on se réfère aux données collectées lors de l'étude, la nardaie à jonc squarreux est peut-être la communauté qui occupe la tourbière depuis de nombreuses années.

La donne change lorsque la contrainte de pâturage évolue, en particulier si la tourbière est mise en défens. La forme initiale, le tassement fort des marges souvent constaté, induisent une forme bombée pour une tourbière

qui ne l'était pas avant le pâturage. Ce bombement, même faible, suffit à couper la tourbière des ruissellements. Le KTH forme une couche imperméable aux flux ascendants. La tourbière n'est donc plus inondée que par l'eau de l'atmosphère, elle devient ombrotrophe, secondairement. Dès lors, si le pâturage s'estompe ou s'arrête et si la tourbière est dans la fenêtre d'existence des sphaignes rouges, elle se couvre de *Sphagnum capillifolium*, *S. rubellum* ou *S. magellanicum*, et des plantes qui les accompagnent souvent: *Eriophorum vaginatum* (qui, elle, perce le KTH pour puiser l'eau de l'édifice tourbeux, et n'est donc pas un indicateur strict d'ombrotrophie).

Si l'installation des communautés de tourbières hautes sur d'anciennes tourbières basses est maintenant bien comprise, la question du devenir de ces communautés n'a pas de réponse. Les exemples de KTH suffisamment anciens pour permettre de définir la dynamique à moyen ou long terme des tourbières hautes d'origine anthropiques ne sont pas encore connus en France On ne sait donc pas si les ligneux peuvent être contraints aux marges des nouvelles tourbières hautes.

5.13.C - Etat de conservation

L'Habitat 7110* du complexe des Trois-Fours correspond à la dichotomie 10b, 7110* d'origine anthropique récente à stabilité possible et donc à un état altéré. C'est l'augmentation de la couverture des sphaignes rouges au dessus de 80% de la surface du complexe qui permettra d'évaluer l'Habitat dans un état favorable.

5.13.D - Propositions d'action: connaissance, gestion, suivi

La mise en défens du complexe, action qui favorise l'Habitat 7110*, devrait être adaptée à la forme de la lentille de tourbe, avec une augmentation de la surface à l'aval, et en particulier au delà du secteur potentiellement érodable. La clôture actuelle dirige le bétail vers la partie aval, intensifie le passage, et au final érode la tourbe (figure 5-13-6). Le passage doit être réalisé en substrat minéral.

Une cartographie précise des unités fonctionnelles devrait être réalisée. Elle permettrait en particulier de connaitre avec précision le potentiel d'extension de l'Habitat 7110*.

Il serait intéressant de tester le modèle de mise en place de la tourbière, une émergence diffuse par transfert de charge, à travers une étude piézométrique.

Le suivi devrait s'appuyer sur une cartographie précise des unités et des PSS, dont ceux réalisés pour cette étude.

Figure 5-13-6: zone érodé par le piétinement le long de la clôture aval.

5.14 - Rothried

5.14.A - Structure du site

Le complexe [1] s'insère dans un cirque glaciaire en contre-bas d'un grand cône de déjection [2] provenant du sud (figure 5-14-1).

Le complexe est traversé par un ruisseau qui sépare une partie aval, objet de l'étude, d'une partie amont (figure 5-14-2). Le relief fin de la tourbière indique que la partie aval du complexe est bombée, appuyée sur le versant nord-ouest. Une dépression périphérique, puis le ruisseau, prennent en écharpe la tourbière et limitent les transferts ruisselés des versants. Les profils générés à partir du MNT montrent en particulier la pente générale vers le sud-est de la tourbière aval (figure 5-14-3). Ce dénivelé est de 2,5m pour une distance de 110m. Cette structure topographique implique une ombrotrophie en dehors de périodes d'inondations importantes ou de fonte des neiges.

Les épaisseurs de tourbe mesurées sont importantes, avec un maximum de 7m, dans la partie amont du complexe, et de 6m dans la zone d'étude (figure 5-14-4). Les différentes mesures réalisées laissent présumer d'une certaine hétérogénéité du fond, soit à cause d'un surcreusement glaciaire différencié, soit à cause du remplissage minéral post-glaciaire indiqué par exemple par le cône sud-ouest.

Le sondage réalisé (S34, figure 5-14-5) est proche de ceux effectués à Missheimle, dans un contexte géomorphologique proche. Au Rothried, le KTH est bien développé, sur une quarantaine de cm si on intègre la transition avec la

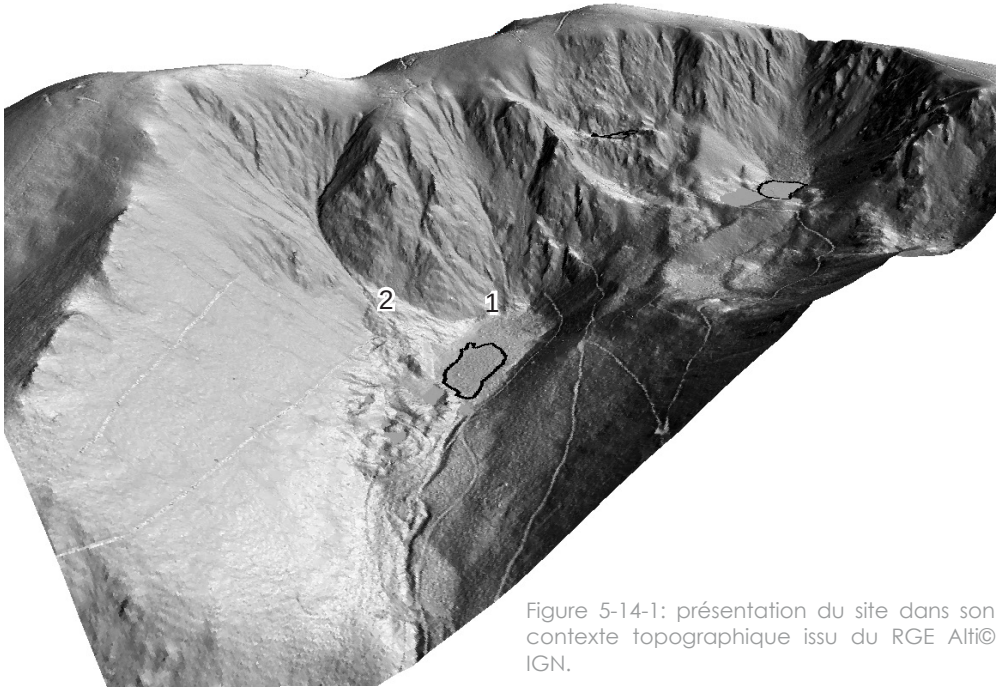


Figure 5-14-1: présentation du site dans son contexte topographique issu du RGE Alti© IGN.

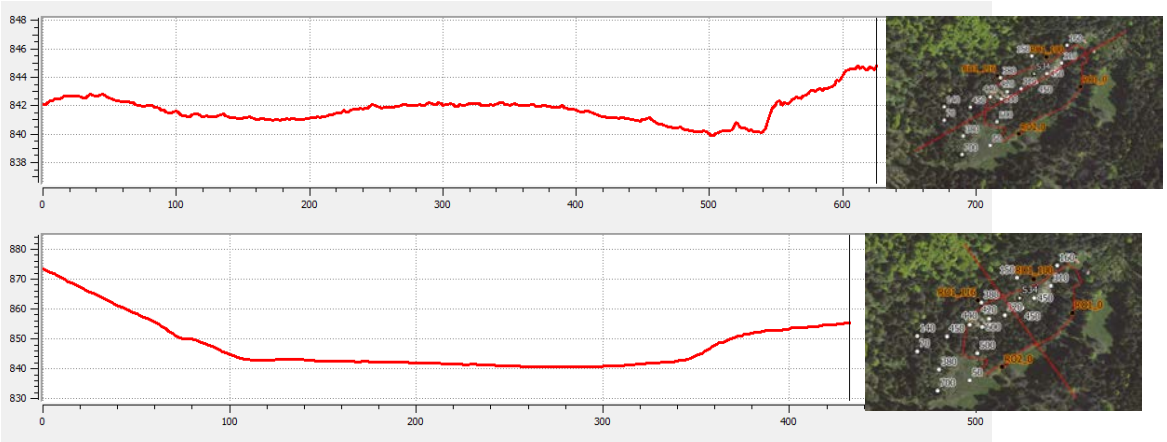


Figure 5-14-3: profil topographique longitudinal et transversal modélisés à partir du RGE Alti© IGN.

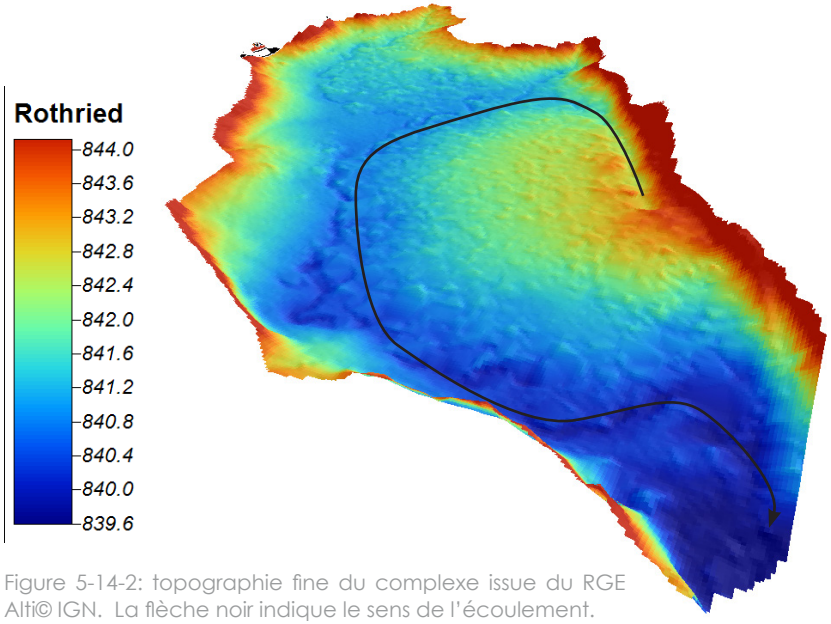


Figure 5-14-2: topographie fine du complexe issue du RGE Alti© IGN. La flèche noir indique le sens de l'écoulement.

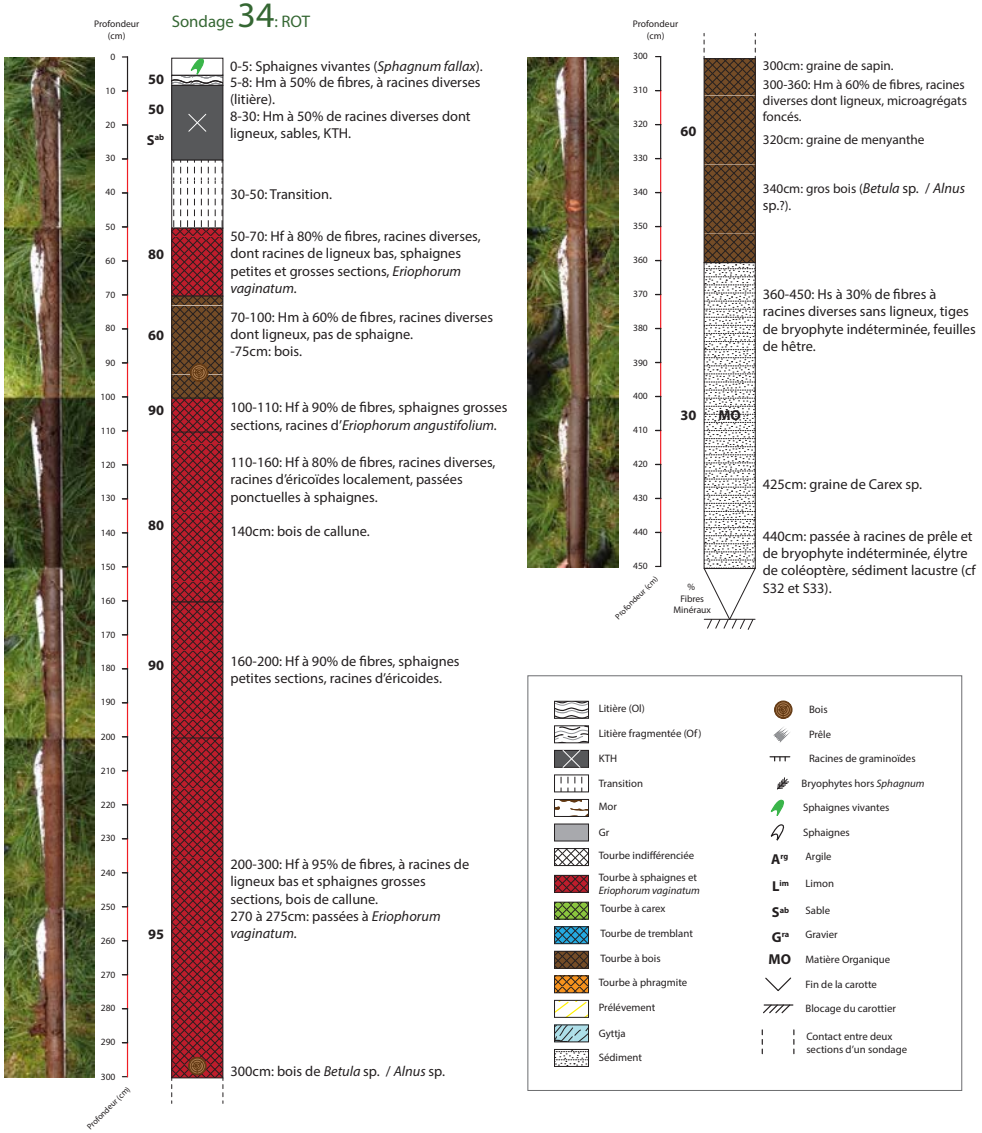


Figure 5-14-5: schéma de restitution du sondage réalisé au Rothried. Localisation en figure 5-11-4.

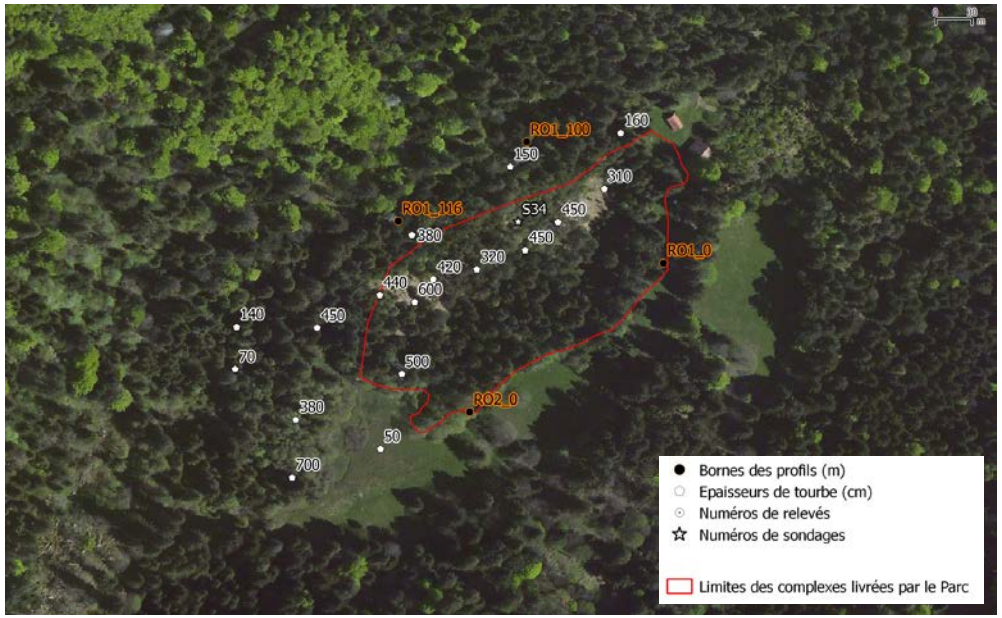


Figure 5-14-4: localisation des points de sondage et des relevés sur un fond photographique Bing. En ligne rouge, la délimitation du site fournie par le Parc.

tourbe sous-jacente.

Sous le KTH se développe plus de 2,5m de tourbe de haut-marais à sphaignes et linaigrette engainante. Certaines couches sont atypiques, mais aucun prélèvement permettant d'affiner l'analyse n'a été réalisé. La base du sondage est occupée par un sédiment lacustre proche de celui observé à Missheimle.

Les communautés présentes au Rothried ont été décrites de manière précise grâce à deux PSS transversaux.

Le profil est, intitulé Rot1, (tableau 5-14-1) est composé de 5 unités majeures: (1) une unité de pessière à bryophytes et oxalis; (2) une unité de transition, (3) une unité de tourbière haute; (4) une unité de transition comparable à 2; (5) une pessière à myrtille suivie d'une zone sur substrat minéral non relevée.

Le profil ouest, Rot2 (tableau 5-14-2) est caractérisé par huit unités avec de l'aval, du ruisseau, jusqu'à la marge amont, au nord: (1) une unité de pessière de bord de ruisseau à Luzule des bois; (2) une unité de pessière à bryophytes forestières où les plantes herbacées sont rares (*Vaccinium myrtillus*, *Oxalis acetosella*, *Athyrium filis-femina*);

| Rot1 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | ## |
|---|---|---

| | | Rot2_1 | Rot2_2 | Rot2_3 | Rot2_4 | Rot2_5 | Rot2_6 | Rot2_7 | Rot2_8 | Rot2_9 | Rot2_10 | Rot2_11 | Rot2_12 | Rot2_13 | Rot2_14 | Rot2_15 | Rot2_16 | Rot2_17 | Rot2_18 | Rot2_19 | Rot2_20 | Rot2_21 | Rot2_22 | Rot2_23 | Rot2_24 | Rot2_25 | Rot2_26 | Rot2_27 | Rot2_28 | Rot2_29 | Rot2_30 | Rot2_31 | Rot2_32 | Rot2_33 | Rot2_34 | Rot2_35 | Rot2_36 | Rot2_37 | Rot2_38 | Rot2_39 | Rot2_40 | Rot2_41 | Rot2_42 | Rot2_43 | Rot2_44 | Rot2_45 | Rot2_46 | Rot2_47 | Rot2_48 | Rot2_49 | Rot2_50 | Rot2_51 | Rot2_52 | Rot2_53 | Rot2_54 | Rot2_55 | Rot2_56 | Rot2_57 | Rot2_58 | Rot2_59 | Rot2_60 | Rot2_61 | Rot2_62 | Rot2_63 | Rot2_64 | Rot2_65 | Rot2_66 | Rot2_67 | Rot2_68 | Rot2_69 | Rot2_70 | Rot2_71 | Rot2_72 | Rot2_73 | Rot2_74 | Rot2_75 | Rot2_76 | Rot2_77 | Rot2_78 | Rot2_79 | Rot2_80 | Rot2_81 | Rot2_82 | Rot2_83 | Rot2_84 | Rot2_85 | Rot2_86 | Rot2_87 | Rot2_88 | Rot2_89 | Rot2_90 | Rot2_91 | Rot2_92 | Rot2_93 | Rot2_94 | Rot2_95 | Rot2_96 | Rot2_97 | Rot2_98 | Rot2_99 | Rot2_100 | Rot2_101 | Rot2_102 | Rot2_103 | Rot2_104 | Rot2_105 | Rot2_106 | Rot2_107 | Rot2_108 | Rot2_109 | Rot2_110 | Rot2_111 | Rot2_112 | Rot2_113 | Rot2_114 | Rot2_115 | Rot2_116 |
|---|---|---

Figure 5-14-6: le secteur de transition entre pessière et tourbière ouverte.

Figure 5-14-7: aspect de la pessière plantée à bryophytes.

bombées 91DO*4. Il faut bien-sûr avoir en tête que les deux Habitats découlent de l'abandon d'usages ayant fortement modifié la tourbière originale, et en particulier que la pessière est d'origine sylvicole.

5.14.C - Etat de conservation

L'Habitat 7110* du complexe correspond à la dichotomie 8b, un haut-marais perturbé en surface en voie de régénération possible, dans un état altéré. L'état altéré est induit par la surface réduite de la tourbière haute par rapport à la taille de la lentille tourbeuse. L'amélioration de l'état de conservation tient donc dans l'extension de l'Habitat sur au moins 80% de la zone de tourbe à sphaignes sous le KTH, zone encore indéterminée, mais certainement importante.

L'état de conservation de la Pessière de contact est probablement favorable. La pessière couvre en réalité une surface supérieure à son extension d'équilibre, sur une bande de transition entre tourbière haute et zone minérale, au détriment de la tourbière haute.

5.14.D - Propositions d'action: connaissance, gestion, suivi

Il reste quelques lacunes de connaissance dans la répartition des types de tourbes et de leurs épaisseurs. Le potentiel d'extension de la tourbière haute est théoriquement fonction de la nature de la tourbe sous le KTH. Pour une tourbière non plantée, la colonisation ligneuse est rapide là où les tourbes de haut-marais sont absentes.

Autrement dit, au Rothried, la zone de tourbière haute potentiellement la plus stable (celle qui sert de référence à l'évaluation) se confond avec la zone d'extension de la tourbe de haut-marais sous KTH, la zone de stabilité de la pessière de contact se situe sur les tourbes d'une autre nature, en périphérie.

Une vérification rapide de l'extension des tourbes est donc à prévoir.

Il est difficile de proposer une action de gestion spécifique visant à favoriser l'extension de la tourbière haute au détriment de la pessière. Il parait plus prudent d'évaluer la progression de l'une ou l'autre unité pour décider d'agir.

Les deux PSS réalisés constituent d'excellents outils de suivi. Il serait intéressant de reproduire ces deux profils dans 10-15 ans, plus tôt en cas d'impression de changement.

5.15 - Étang Noir

Le complexe de l'étang Noir a fait l'objet d'un diagnostic fonctionnel en 2008 (Goubet, 2009). Lors de cette étude, des profils de structure et de suivi avaient été réalisés, à l'échelle de l'unité fonctionnelle élémentaire. Ces profils ont été renouvelés en 2014. En plus, un nouveau profil a été produit, à l'échelle du taxon cette fois, entre les 30m et 50m de l'ancien profil longitudinal de 2008.

5.15.A - Structure du site

Le complexe de l'étang Noir se tient dans le fond d'un cirque glaciaire, à priori partiellement comblé par un tablier d'éboulis (figure 5-15-1). Le complexe se décline en deux unités, toutes deux en arrière d'un front morainique, peut-être situé sur un verrou. L'unité amont, semble en arrière d'un front morainique intermédiaire, qui pourrait résulter d'un dépôt de protalus rempart. De manière originale, l'unité amont est libre de tourbe, lacustre, et l'unité aval, plus haute, est tourbeuse.

Le relief du complexe (figure 5-15-2) se décompose donc en un secteur lacustre non tourbeux [1], une tourbière surélevée [2] à substrat stable, une tourbière tremblante, en légère dépression [3], une dépression périphérique qui prend en écharpe la tourbière [4], et un exutoire [5].

Les sondages à la perche réalisés en 2008 (figure 5-15-3) indiquent des épaisseurs de sédiments meubles dépassant 8m, mais il est possible qu'une bonne partie de ces derniers ne soient pas de la tourbe, mais des dépôts lacustres autres, du même type qu'à Missheimle et qu'au Rothried.

Un prélèvement de tourbe sur le profil réalisé en 2014, dans un secteur hors tremblant, montre la présence entre 50 et 150cm de profondeur, au moins, d'une tourbe à *Sphagnum magellanicum*, *S. angustifolium*, *S. capillifolium*, *Straminergon stramineum*, *Polytrichum strictum*, radicelles d'éricoïde, etc. La tourbière de l'étang Noir est donc, en partie au moins, un ancien haut-marais d'origine lacustre ou péri-lacustre.

Les communautés présentes ont été caractérisées dans le détail en 2008. Quatre d'entre elles correspondent à des Habitats d'intérêt communautaire: une tourbière haute (7110*), deux types de tremblants (7140) et une boulaie à sphaignes (91DO1*).

Les replats à sphaignes rouges intégrables au type d'Habitat 7110* occupent une partie de la tourbière est [1] (figure 5-15-4), occupée également par un tremblant à scheuchzérie, 7140 [2] et une boulaie à sphaignes, 91DO*1 [3]. Un autre tremblant, 7140, se tient sur le rebord ouest du lac amont [4].

L'état apparent et les mesures réalisées en 2014 ne laissent pas présumer de changement important de nature et de surface des unités relevées en 2008 (voir légende du tableau 5-15-1), sauf une possible régression du tremblant à

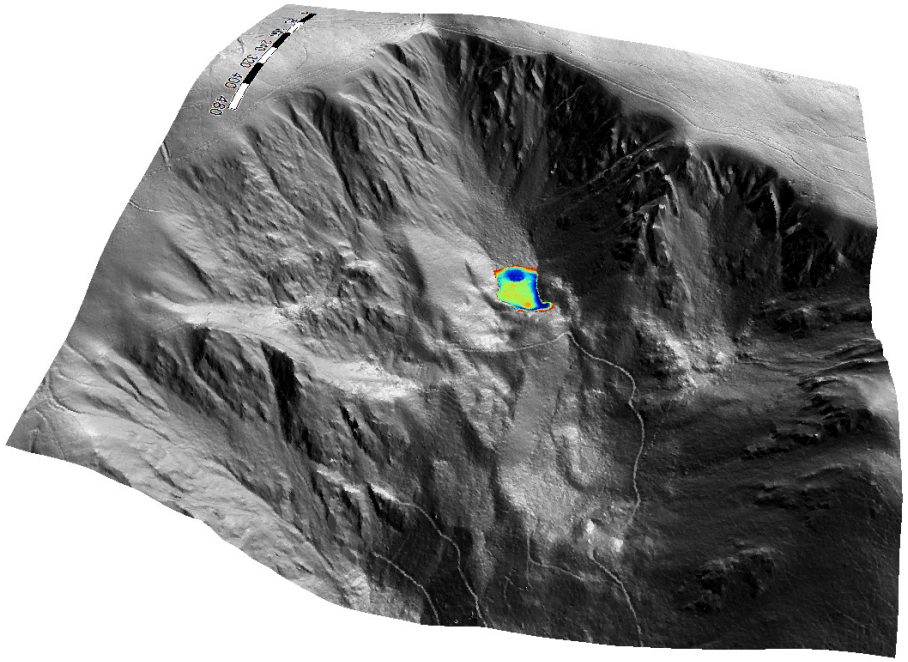
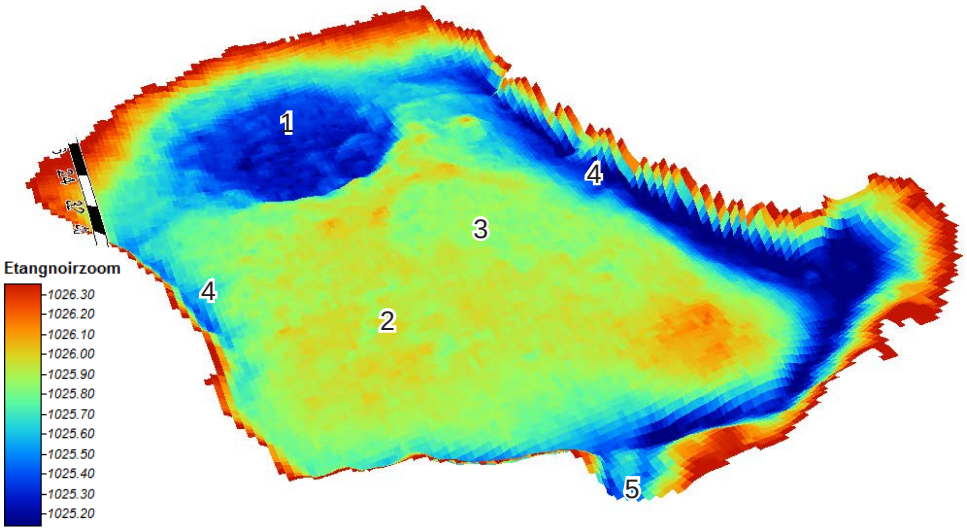


Figure 5-15-1: le complexe de l'étang Noir dans son contexte topographique issu du RGE Alti© IGN.

Figure 5-15-2: le complexe en haute résolution topographique modélisée à partir du RGE Alti© IGN.



Scheuchzérie au profit des sphaignes rouges.

5.15.B - Analyse fonctionnelle

Le nombre de publications sur le fonctionnement des tourbières double tous les 10 ans. Ceci implique que depuis 2008, il a 6 ans, 1 tiers de la connaissance sur les écosystèmes comme ceux de l'étang Noir a été acquise. Une réévaluation fonctionnelle est donc nécessaire.

En 2008, la notion de KTH était encore mal connue (la publication date de 2007). Elle est aujourd'hui tout à fait maîtrisée. L'étang Noir est une tourbière avec un KTH exemplaire, «dense à tordre un carottier». La mise en évidence de tourbe de haut-marais en profondeur permet de définir la partie est de la tourbière comme un ancien haut-marais lacustre ou péri-lacustre perturbé, à KTH, aujourd'hui colonisé en partie par des communautés de tourbières hautes. Comme la plupart des tourbières hautes sur KTH, le devenir de celle de l'étang Noir est incertain: les ligneux finiront-ils par coloniser la tourbière ou non?

Le MNT du RGE et les nouveaux concepts d'édification de massif tourbeux (notions de compartiments hydrogéologiques diffusifs et d'émergences par transfert de charge hydraulique) per-

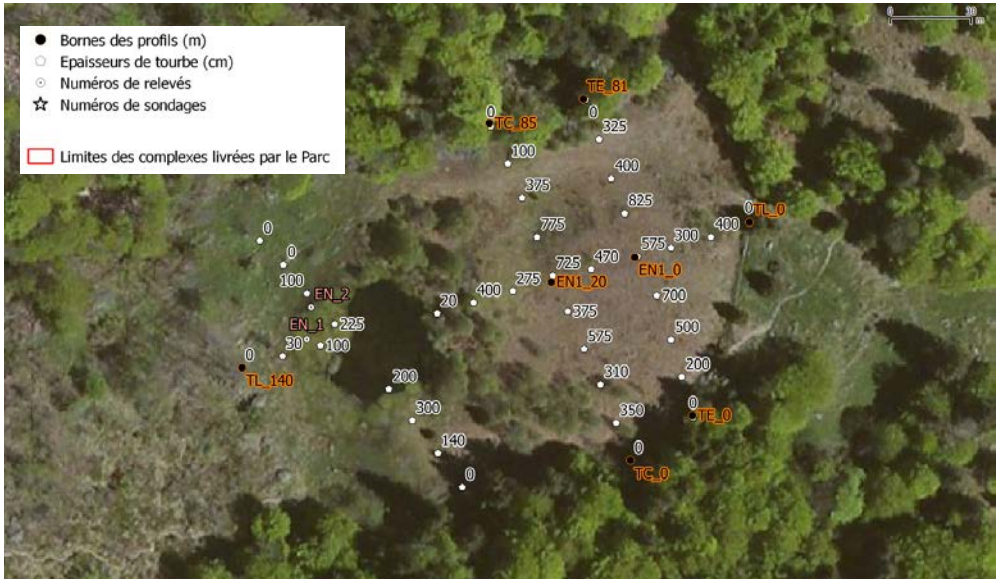
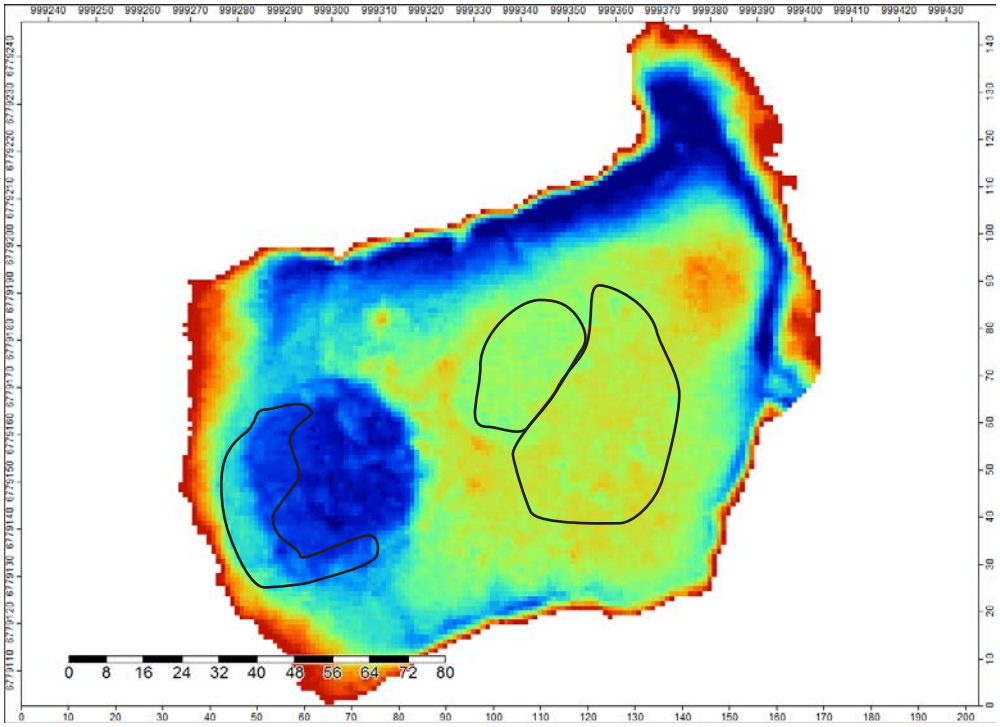
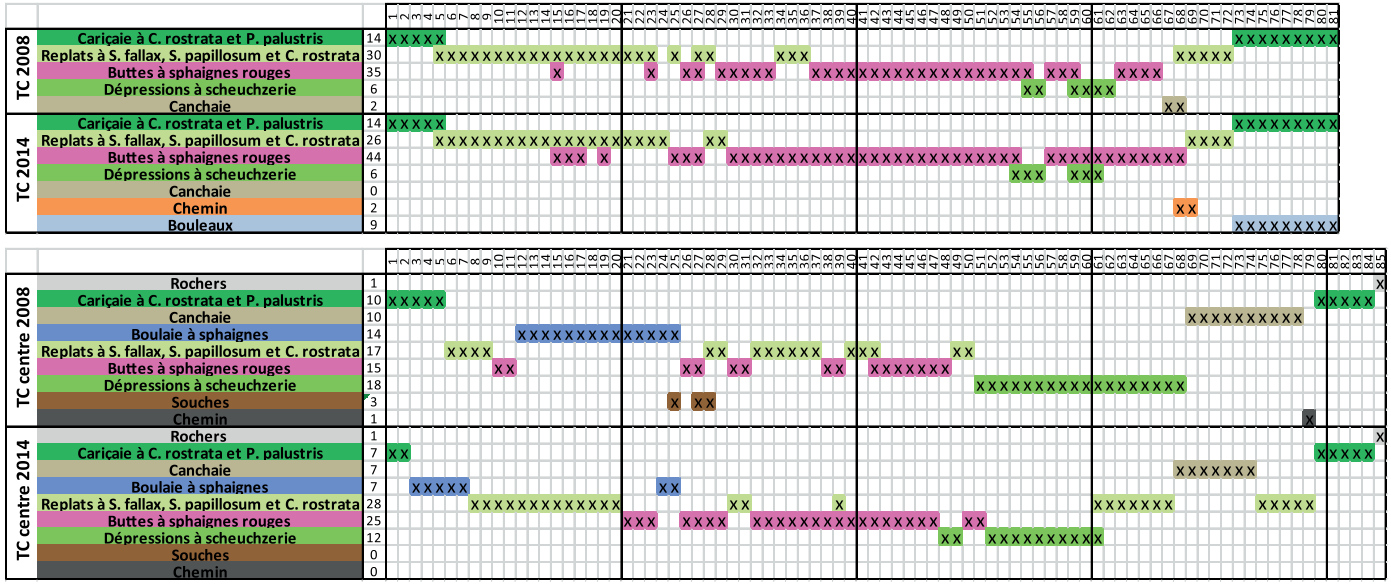
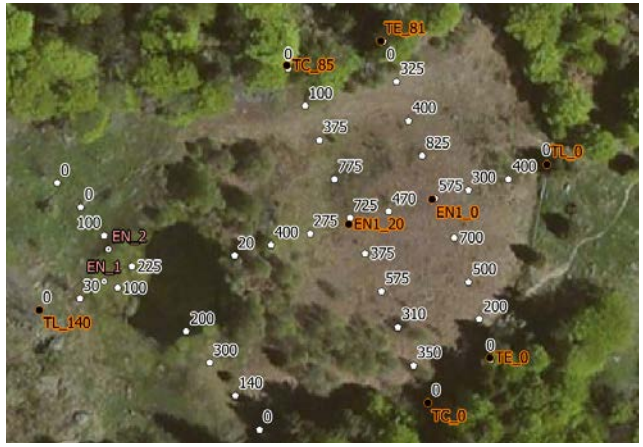


Figure 5-15-3: localisation des sondages, des relevés et des extrémité de profils (fond Bing).

Figure 5-15-4: répartition des Habitats d'intérêt communautaires sur fond satellite Bing et du MNT issu du RGE Alti© IGN.







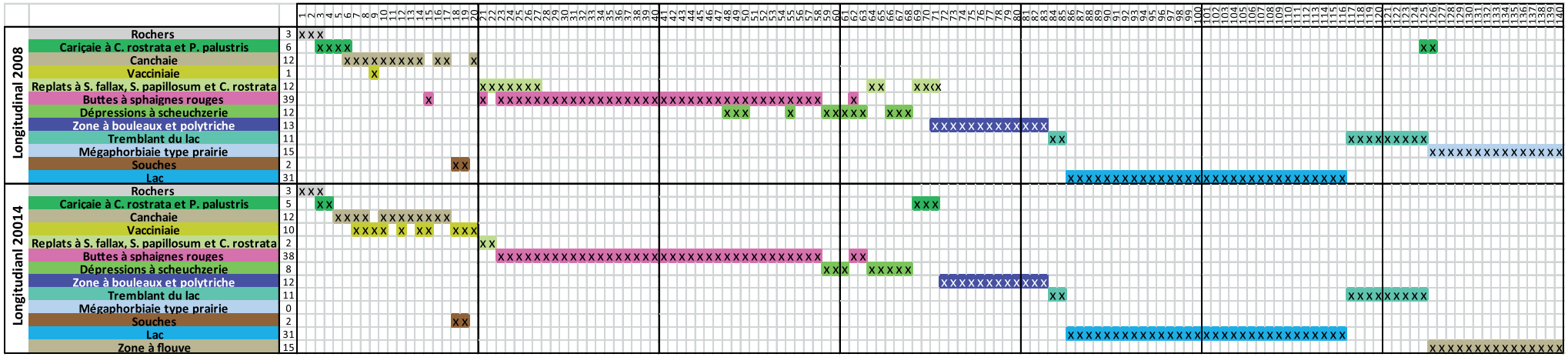


Tableau 5-15-1: profils de structure et de suivi réalisés en 2008 et renouvelés en 2014, localisation des profils sur fond Bing. Toutes les bornes posées en 2008 n'ont pas été retrouvées, certains profils sont donc probablement légèrement décalés, sauf le longitudinal.

Les unités du profil transversal est, en haut, ont peu évolué, à l'exception d'une extension des buttes à sphaignes rouges au détriment des replats à *Sphagnum fallax*, *S. papillosum* et *Carex rostrata* («sphaignes vertes» dans la suite du texte). Les sphaignes rouges passent de 35 occurrences à 44, alors que les replats à sphaignes vertes passent de 30 à 26 occurrences. Les sphaignes rouges excluent les vertes, et s'insèrent dans leurs replats. La canchaie semble avoir disparu au profit d'un chemin, probablement sous l'effet du piétinement.

Les unités du profil transversal centre, au centre, montre d'une part l'effet d'une coupe de bouleaux entre 2008 et 2014, qui profite automatiquement aux sphaignes vertes, qui étaient sous les bouleaux avant la coupe, et aux sphaignes rouges qui s'étendent en front. Les sphaignes vertes ont gagné du terrain sur le tremblant à scheuchzérie. Ce profil est à prendre avec précaution car les bornes ont disparu.

Le profil longitudinal montre peu de changement à l'exception de l'accroissement de la vacciniaie au détriment de la canchaie, en début de profil, de la régression du tremblant à scheuchzérie au profit des replats à sphaignes rouges et du remplacement de la mégaphorbiaie par une zone à flouve en fin de profil.

mettent aussi de proposer de nouvelles hypothèses pour expliquer l'existence du tremblant à scheuchzérie. L'hypothèse retenue en 2008 était une forme de maintien d'une zone d'eau libre sous tremblant à travers des apports en eaux, relativement riches en nutriments, provenant du lac amont. Aujourd'hui, au vu de la structure topographique des différents compartiments, nous privilégions un flux inverse, de la masse d'eau sous le tremblant vers le lac. L'origine de l'eau serait dans l'existence d'une arrivée d'eau, émergence relativement concentrée, issue d'une nappe dans les colluvions du tablier ou du cône de déjection parfaitement visible sur le MNT, mesurant dans sa partie aérienne plus de 230m de longueur (horizontale). La tourbière est située en bas de cône, en amont d'un probable verrou. En général, cette situation est favorable à l'établissement de tourbières de cône organo-minéral. Mais la configuration à l'étang Noir peut apparaître comme amplifiée par le verrou ou le surcreusement glaciaire et la taille du cône, et permettre de générer une remontée de nappe exceptionnelle, avec une certaine forme d'artésianisme, en particulier si le cône est multicouches, alternant éléments grossiers et éléments fins comme cela peut être le cas.

La dernière remarque concerne l'enrichissement trophique des différentes parties du complexe. On peut raisonnablement penser que le stock de phosphore dans les sols du cirque glaciaire a fortement diminué au cours des siècles de moissonnage de ligneux ou de pâturage. Ce bas niveau en phosphore s'est probablement maintenu pendant un temps, même après que les contraintes d'exportation directe ou indirecte aient cessé, en particulier tant que les ligneux n'ont pas pris une forte importance. Une fois installés, ces derniers vont induire une augmentation du stock de phosphore (Miles, 1981; Rode *et al.*, 1992), grâce à leur capacité à explorer un volume important de sol et de roche tout en étant associés à des champignons adaptés à l'assimilation du phosphore initialement non disponible (Mousain *et al.*, 1997). La stratégie des ligneux n'est pas de conserver le phosphore dans des tissus de réserve en hiver, mais de l'intégrer à la litière lors de la chute des feuilles. Par là, ils rendent plus fertile le sol, mais ils contribuent aussi à la mise en mouvement de l'élément sous forme dissoute ou sous forme particulaire, suivant des modalités de transferts complexes, non linéaires. Au final, et c'est ce qui importe pour la tourbière de l'étang Noir, le phosphore va s'accumuler sous forme particulaire, puis deviendra relativement disponible pour les plantes, dans des secteurs de bas niveau d'énergie, comme en bas de cône. Cet effet va permettre un enrichissement trophique local, favorisant des espèces de mégaphorbiaie ou des ligneux qui se maintiendront là où les avalanches ne leur sont pas défavorables.

On doit donc s'attendre, dans le lac amont de l'étang Noir, à voir s'installer des plantes plus exigeantes en nutriments que celles observées jusqu'alors, et ce de manière non linéaire, avec des «explosions» rapides en fonction de seuils biogéochimiques dans les sols. A ce jour, les relevés réalisés sur le tremblant du lac ne montrent pas de processus d'eutrophisation (tableau 5-15-1).

5.15.C - Etat de conservation

L'évaluation de l'état de conservation de l'Habitat 7110* peut être réalisé grâce au sondage pédologique et au profil de structure et de suivi (tableau 5-15-2). La Tourbière haute de l'étang Noir (figure 5-15-5) correspond à la dichotomie 8a de la clé d'évaluation, un

N° relevés	EN 1	EN 2
Types unités	Tremblant à *Sphagnum fallax* R1	Tremblant à *Carex nigra* R2
Dates	15/07/2014	15/07/2014
Surface (m)	2x2	3x1
Herbacées		
Recouvrement (%)	10	100
Hauteur végétative moyenne (cm)	50	
Acer sp.	e	
Agrostis canina	x	
Carex curta	r	p
Carex nigra		d
Carex rostrata	p	d
Drosera rotundifolia	x	
Epilobium palustre		r
Equisetum fluviatile	r	
Eriophorum angustifolium	e	
Eriophorum vaginatum	x	
Galium palustre		r
Juncus effusus	x	
Menyanthes trifoliata	p	p
Potentilla palustris	x	p
Salix cinerea		x
Scheuchzeria palustris	d	
Viola palustris		p
Bryophytes		
Recouvrement (%)	100	
Sphagnum fallax	d	
Polytrichum commune	x	

Tableau: 5-15-1: relevés réalisés sur le tremblant de la partie ouest, amont.

Groupe ACH-VARCLUS		11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
		EN1_1	EN1_2	EN1_3	EN1_4	EN1_5	EN1_6	EN1_7	EN1_8	EN1_9	EN1_10	EN1_11	EN1_12	EN1_13	EN1_14	EN1_15	EN1_16	EN1_17	EN1_18	EN1_19	EN1_20
EN1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Carex echinata	1				x																
Polytrichum commune/forr	5													x			x	x	x		x
Aulacomnium palustre	2	x									x										
Polytrichum strictum	8	x		x				x	x	x	x	x		x							
Drosera rotundifolia	11	x	x		x		x		x	x	x			x			x			x	x
Vaccinium oxycoccos	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Eriophorum vaginatum	16	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x			x	x	x
Sphagnum gr. fallax	19	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum magellanicum	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Carex pauciflora	5		x	x		x									x	x					
Sphagnum rubellum	5	x	x	x	x		x														
Carex rostrata	15	x	x			x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x		x
Menyanthes trifoliata	3					x				x										x	
Scheuchzeria palustris	6						x		x									x	x	x	x
Straminergon stramineum	1																	x			
Betula sp.	1																			x	

Tableau 5-15-2: profil de structure et de suivi à l'échelle du taxon de l'étang Noir.

Figure 5-15-5: gros plan sur la tourbière haute de l'étang Noir.

haut-marais perturbé en surface en voie de régénération à stabilité probable, dans un état favorable, puisque le recouvrement des espèces ingénieures est important comme le montre le PSS, et que la surface potentielle est probablement couverte.

Le tremblant à scheuchzérie et le tremblant à *Sphagnum fallax* du lac, attribuables tous deux à l'Habitat 7140, correspondent à la dichotomie 2a de la clé d'évaluation, correspondant aux tremblants en situation primaire probablement naturelle, tous deux en état de conservation favorable, voir optimal pour le tremblant à scheuchzérie.

La boulaie à sphaignes (91DO) est difficile à évaluer, vue son déterminisme et sa taille, elle reste anecdotique. On peut la considérer comme en état favorable.

5.15.D - Propositions d'action: connaissance, gestion, suivi

La tourbière de l'étang Noir a révélé beaucoup de ses secrets. Cependant, la question de l'origine du tremblant à scheuchzérie n'a pas encore été explorée de manière précise. Il serait donc intéressant de mesurer quelques paramètres physico-chimiques de l'eau sous le tremblant, en particulier le gradient de température à différentes saisons.

Quelques sondages à la perche complémentaires pourraient permettre de réaliser un modèle numérique de terrain du fond minéral sous la tourbière.

Quelques sondages au carottier russe pourraient permettre de préciser l'histoire de la tourbière et l'extension de la tourbe à sphaignes.

Aucune action de gestion n'est proposée, si ce n'est le maintien ferme de l'interdiction de piétiner.

Le suivi de la tourbière devrait être réalisé à travers les profils de structure et de suivi à l'échelle du taxon pour une meilleure précision, et sur la base d'une cartographie précise des unités permise par la qualité actuelle des photographies satellites ou aériennes.

5.16 - Dagobert

5.16.A - Structure du site

Le complexe tourbeux de Dagobert s'insère dans une sorte d'épaulement ou de cirque secondaire dans une logique d'écoulement parallèle à la pente des versants (figure 5-16-1).

Il s'agit d'une petite unité de 2000m², dont les épaisseurs de tourbe ne dépassent pas 1m (figure 5-16-2), mais où la tourbe de tremblant de surface est épaisse (figure 5-16-3).

Les communautés présentes sont de type bas-marais et prairies tourbeuses, plus ou moins colonisées par le bouleau. Le profil de structure et de suivi réalisé sur un linéaire de 20m (tableau 5-16-1) montre de manière nette l'existence de 2 types d'unités, toutes deux de types bas-marais ou prairies tourbeuses, attribuables aux prairies du «Juncion acutiflorus», et pour celle entre 8 et 20m, dans la composante altitudinale à *Epikeros pyrenaeus* de l'alliance (Epikero pyrenaei - Juncetum acutiflori (Luquet 1926) Julve 1983). Il s'agit d'un Habitat d'intérêt communautaire codé 6410, Prairies à molinie sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux (Molinion caeruleae). Une analyse plus fine de l'écologie des unités et des taxons nécessiterait la prise en compte d'autres PSS que ceux réalisés lors de l'étude.

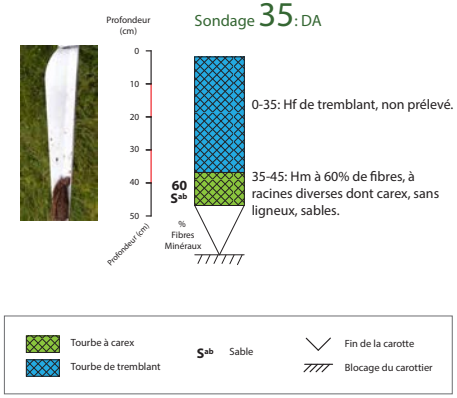


Figure 5-16-3: représentation schématique du sondage réalisé à Dagobert.

5.16.B - Analyse fonctionnelle

Ce type d'Habitat résulte de la présence d'une émergence diffuse issue de probables formations superficielles minérales en contact avec une nappe en crête via une zone de fracture ou plus probablement collectant les écoulements superficiels en bas de versant pour les redistribuer au niveau de la zone humide, par le jeu de la contre pente parfaitement visible sur le MNT [1] (figure 5-16-1). Dans ce modèle, les ruissellements, circulations hypodermiques et écoulements dans les petites nappes des colluvions des versants pénètrent dans un dépôt couvrant l'épaulement ou le petit cirque, puis «remontent» au niveau de la zone humide. Ceci explique le fait d'observer une tourbe de tremblant sur une pente avec des espèces de source comme *Viola palustris*, *Caltha palustris* et *Epilobium palustre*.

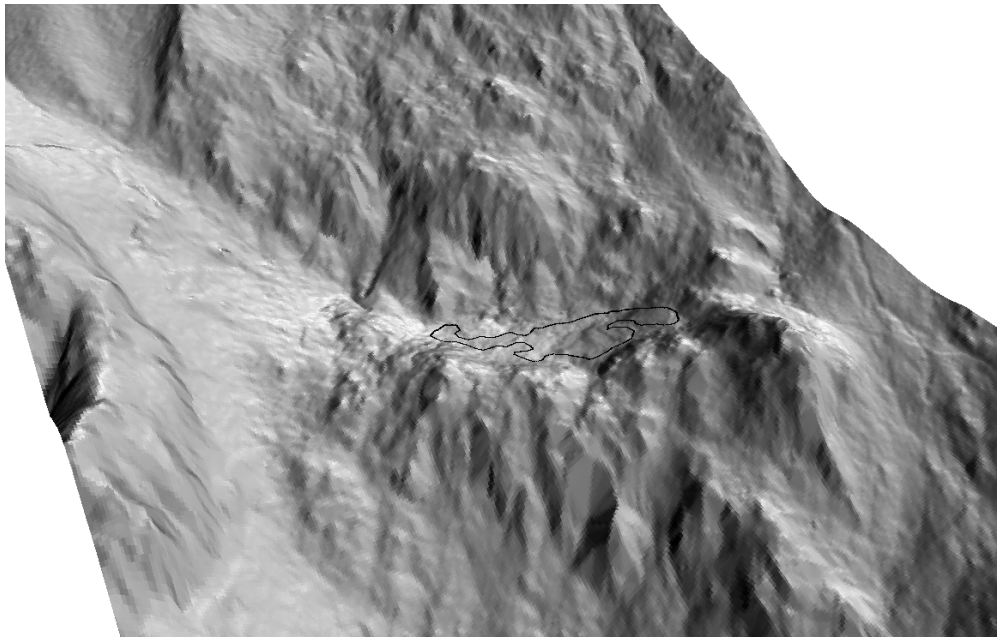


Figure 5-16-1: cadre topographique du complexe modélisé sur la base des données du RGE Alti© IGN. Limites du site fournies par le Parc.

Figure 5-16-2: le complexe dans les limites fournies par le Parc et sur fond Bing.

Cette tourbe est récente, incompatible avec un piétinement important, et donc avec un pâturage. Cependant, un pâturage ancien est encore indiqué par des plantes comme *Nardus stricta*, *Carex nigra*, *Juncus filiformis*.

Les saules et les bouleaux sont présents sur le complexe (figure 5-16-4) et annoncent un processus d'enrichissement trophique classique après l'abandon des usages agropastoraux. Il s'agit d'un processus répondant à des boucles de rétroaction positive (emballement) et à des seuils, à une dynamique qui n'est donc ni linéaire, ni réversible sur le court terme. En effet, une fois les ligneux installés, il se met en place une boucle de rétroaction positive d'amélioration de la disponibilité en nutriments et particulièrement en phosphore. C'est l'effet d'amélioration de litière des bouleaux, connu des forestiers. Le phénomène n'est pas réversible à court terme, car si les bouleaux ont capacité à extraire du phosphore du substrat «rocheux» et à l'intégrer à la litière de manière rapide, en quelques années, la présence de ce phosphore, une fois les bouleaux coupés, dure au moins des décennies (sur la base des études publiées qui ne couvrent bien-sûr qu'une période récente). Le stock de phosphore s'épuisera d'autant plus vite que des pratiques de fauche, de pâturage non statique ou de brûlis seront mises en place.

Les systèmes écologiques observés à Dagobert sont donc des stades transitoires entre des milieux agropastoraux probablement abandonnés de manière progressive, et des systèmes boisés de types saulaies-boulaies, sapinières ou pessières à sphaignes. Il est possible que les grands herbivores sauvages contribuent à ralentir la mise en place de la boucle de colonisation ligneuse, mais cela ne devrait pas suffire à maintenir le milieu ouvert.

Figure 5-16-4: vue d'ensemble du site. Les bouleaux semblent pour le moment localisés.

5.16.C - Etat de conservation

Les Habitats faisant l'objet d'une évaluation dans ce travail ne sont pas présents sur le site.

5.16.D - Propositions d'action: connaissance, gestion, suivi

La stratégie de conservation d'un milieu comme celui-ci est difficile à définir, puisqu'il est impossible de maintenir un état transitoire sans gestion en mosaïque de grand espace ou de petits espaces nombreux. Le choix du gestionnaire est donc soit de laisser la colonisation ligneuse se réaliser pour voir s'installer les boisements indiqués, soit mettre en place un pâturage et éventuellement un brûlis, une fois le milieu ré-ouvert.

		DA1_1	DA1_2	DA1_3	DA1_4	DA1_5	DA1_6	DA1_7	DA1_8	DA1_9	DA1_10	DA1_11	DA1_12	DA1_13	DA1_14	DA1_15	DA1_16	DA1_17	DA1_18	DA1_19	DA1_20
DA1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Acer sp. (Plantule)	7	x		x		x		x						x	x				x		
Mnium sp.	1	x																			
Rhytidiadelphus squarrosus	4	x	x				x		x												
Polygonum bistorta	5	x	x	x	x		x														
Crepis paludosa	7	x	x	x	x	x	x	x													
Sanguisorba officinalis	9	x	x	x	x	x	x			x	x			x							
Festuca sp.	1						x														
Succisa pratensis	4	x	x						x			x									
Brachythecium rutabulum	3	x						x		x											
Calliergonella cuspidata	1	x																			
Climacium dendroides	2		x						x												
Epilobium palustre	2			x						x											
Caltha palustris	1									x											
Juncus effusus	2									x											x
Nardus stricta	7								x	x	x	x	x	x		x					
Equisetum fluviatile	10									x	x	x	x	x	x		x		x	x	x
Potentilla palustris	6										x					x		x	x	x	x
Epikeros pyrenaeus	14							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Holcus lanatus	9										x	x	x	x	x			x	x	x	x
Sphagnum gr. fallax	11								x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Polytrichum commune/formosum	8								x		x			x	x	x	x		x		x
Luzula congesta	3										x			x							x
Euphrasia sp.	7									x		x	x	x	x	x			x		
Juncus filiformis	2													x	x						
Sphagnum papillosum	2																		x	x	
Agrostis canina	12	x	x		x	x	x							x	x		x	x	x	x	x
Viola palustris	17	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Anthoxanthum odoratum	13	x			x	x	x	x	x			x	x	x			x	x	x	x	
Aulacomnium palustre	2								x					x							
Potentilla erecta	11	x	x	x				x	x	x			x	x	x	x	x				
Molinia caerulea	3							x	x						x						
Carex nigra	14	x	x	x	x	x		x		x		x	x	x	x	x				x	x
Carex echinata	6			x			x			x	x			x	x						
Carex rostrata	10	x	x	x	x						x					x	x	x		x	x
Equisetum sylvaticum	8		x		x						x		x		x		x	x	x		

Tableau 5-16-1: profil de structure et de suivi à l'échelle du taxon réalisé à Dagobert.

5.17 - Source de la Vologne

5.17.A - Structure du site

Le complexe se situe à proximité de la crête, en contre-bas d'un replat sommital d'orientation nord-sud. Le système de drainage théorique issu du MNT (figure 5-17-1) indique que ce replat est drainé, en surface, par un ensemble de microtalwegs radiants. La tourbière ne se situe pas dans un secteur de concentration des écoulements de surface mais probablement dans une zone d'émergence d'une circulation de subsurface, à l'interface altérite-granite sain, ou au-dessus d'une formation de colmatage du réseau de fractures du granite altéré. Un captage d'eau alimente un abreuvoir au nord du complexe, ce qui est conforme avec un processus de concentration d'écoulements de subsurface.

La surface de la tourbière a fait l'objet d'un profond drainage en arrêtes de poisson (figure 5-17-3). Il s'agit d'un aménagement d'une intensité (drains profonds et serrés) exceptionnelle.

Les épaisseurs de tourbe varient d'une vingtaine de centimètres à deux mètres, avec les plus grandes épaisseurs au sud-est (figure 5-17-3).

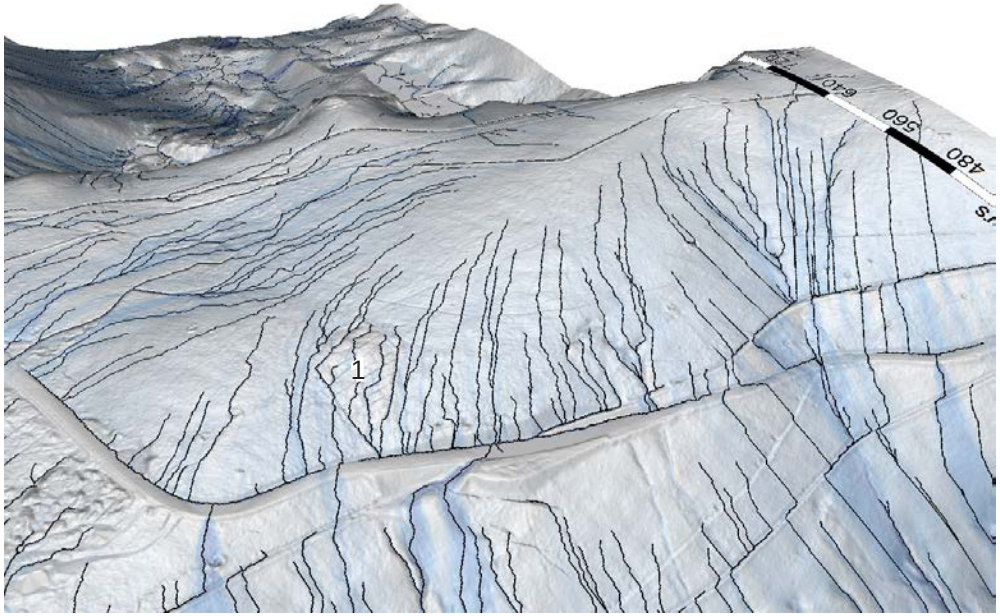


Figure 5-17-1: cadre topographique du complexe des sources de la Vologne (données brutes: RGE Alti© IGN).

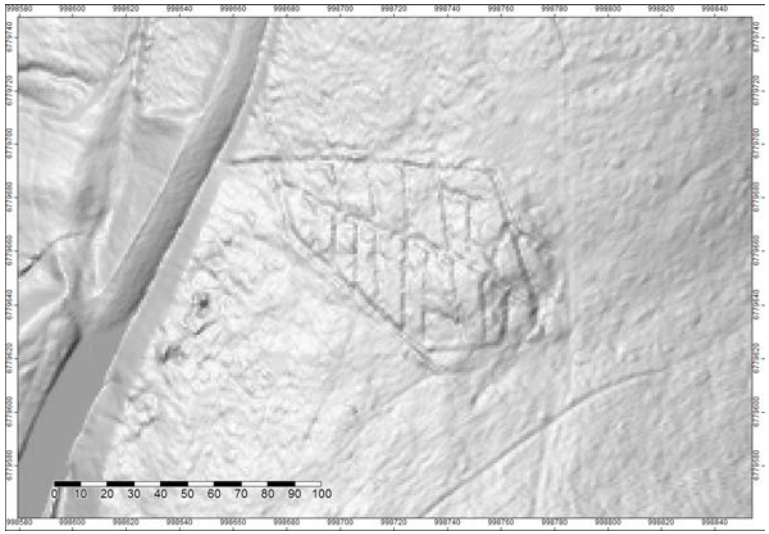


Figure 5-17-2: géométrie du réseau de drain (fond MNT RGE Alti© IGN)

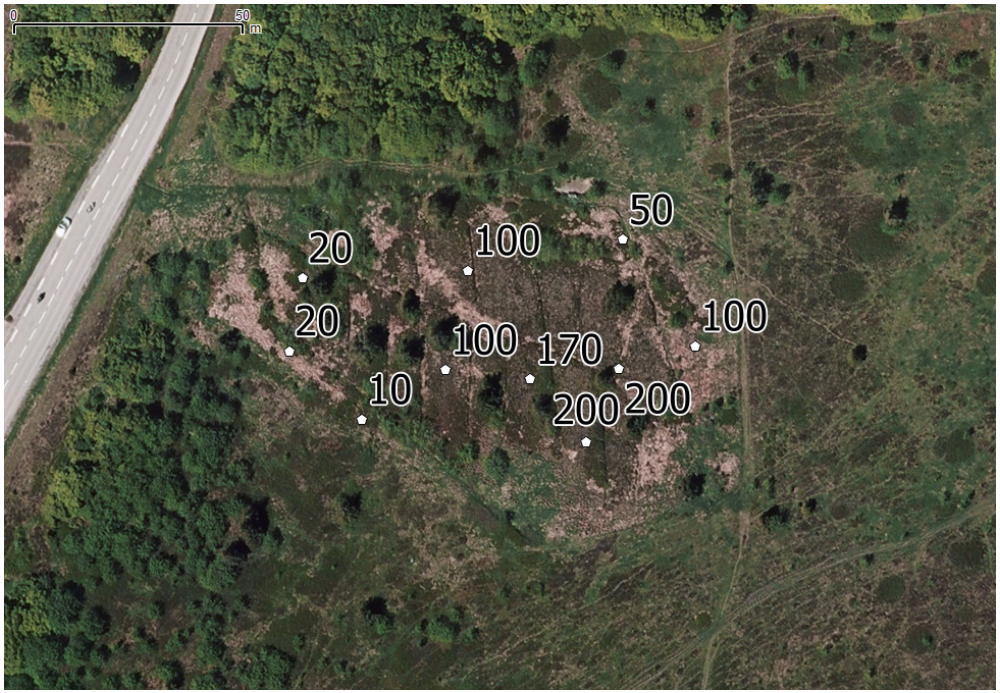


Figure 5-17-3: localisation des sondages des épaisseurs de tourbe avec les valeurs en cm. Fond Cigal-IGN.

Figure 5-17-4: localisation des sondages pédologiques et paléoécologiques ou des débuts et fins de profils de structure et de suivi. Fond Cigal-IGN.

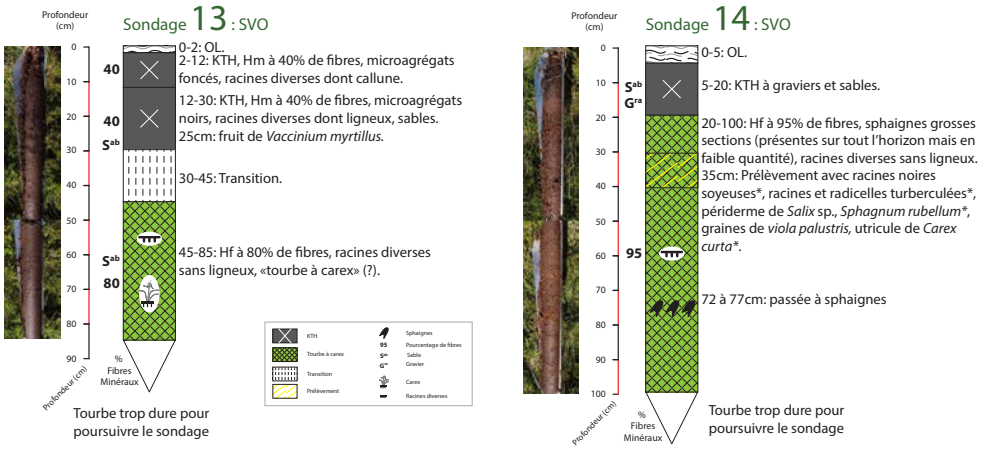


Figure 5-17-5: représentation schématique des sondages réalisés aux sources de la Vologne.

Deux sondages ont été réalisés sur le complexe (figure 5-17-4). Les résultats sont présentés dans la figure 5-17-5. La structure des profils est proche avec la présence d'un KTH bien caractérisé, en surface, et une tourbe à carex en profondeur. Le substrat minéral n'a pas été atteint, probablement par un effet de tassement de la tourbe du fond. Le macrorestes identifiés au laboratoire indiquent une communautés à l'origine de la tourbe de type bas-marais à *Sphagnum rubellum*. Il s'agit probablement d'une communauté fonctionnant sur une dualité d'apports hydriques et trophiques, l'eau de nappe irriguant la majeure partie du complexe, mais localement, ou dans certaines périodes, des sphaignes rouges profitent d'une augmentation du taux d'eau de pluie dans le bilan global des apports.

La composition et la structure de la communauté dominante des rehauts a été caractérisée par profil de structure et de suivi (tableau 5-17-1). On y constate la superposition de cortèges à connotation fonctionnelle de vacciniaie à pleurocarpes, de callunaie à pleurocarpes ou sphaignes et d'ériophoraie à linaigrette engainante. La plus grande partie du complexe est couverte par une telle communauté, le reste est majoritairement occupé par une moliniaie. Un bas-marais à *Carex nigra* cespiteux occupe la zone sud-est du complexe. Il forme une zone de transition entre le complexe tourbeux et les sols minéraux à l'amont, comme c'est souvent le cas dans les Hautes-Vosges.

Groupe ACH-VARCLUS		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		SVO1_1	SVO1_2	SVO1_3	SVO1_4	SVO1_5	SVO1_6	SVO1_7	SVO1_8	SVO1_9	SVO1_10
SVO1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rhytidiadelphus loreus	1		x								
Vaccinium vitis-idaea	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vaccinium myrtillus	6	x					x	x	x	x	x
Hylocomium splendens	9	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Pleurozium schreberi	7	x	x		x		x	x		x	x
Calluna vulgaris	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Eriophorum vaginatum	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum capillifolium	2				x	x					

Tableau 5-17-1: profil de structure et de suivi à l'échelle du taxon des sources de la Vologne.

5.17.B - Analyse fonctionnelle

On peut voir dans le complexe des sources de la Vologne à la fois une tourbière originelle, plus ou moins naturelle, et une tourbière actuelle, tout à fait d'origine anthropique.

La tourbière originelle est un bas-marais à carex, peut-être partiellement boisé. Son mode de fonctionnement est lié à la décharge d'une nappe superficielle. Le bassin versant réel (l'impluvium), des émergences du complexe ne correspond probablement pas au bassin versant topographique qui, lui, est très réduit. La présence de *Sphagnum rubellum* dans la tourbe laisse présumer d'une influence réduite de la nappe dans certains secteurs ou certaines périodes. Cette tourbière peut être d'origine anthropique, induite par le déboisement néolithique des Hautes-Chaumes (Goepp, 2007) ou d'autres activités ultérieures comme cela a été mis en évidence sur des tourbières des versant du cirque de Machais (Goubet, 2015). Beaucoup de questions restent posées sur la nature des usages qui permettent à la fois de maintenir ouvert le paysage et la turfigenèse. Ce modèle, une fois décrit, pourra permettre de comprendre l'origine de nombreuses tourbières des Hautes-Vosges et peut-être aussi faciliter la gestion de ces espaces.

La tourbière actuelle est une forme de mélange entre une tourbière haute et une lande. Le KTH joue un rôle majeur de rupture fonctionnelle entre la tourbe de l'édifice et la surface. Il est ainsi peu probable que cette tourbière n'ait pas fait l'objet ces derniers siècles d'un pâturage suffisamment intense pour induire la création d'un pâturage. C'est une règle générale sur les Hautes-Chaumes, sauf exception (tremblants dangereux pour le bétail). La création de ce KTH est probablement bien antérieure au drainage, et le système de drainage n'est donc pas un paramètre écologique déterminant, même si, sur le terrain, il apparait comme impressionnant. C'est également le cas dans la tourbière Charlemagne du jardin botanique du Haut-Chitelet (Goubet, 2011e). Le drainage aurait été un paramètre déterminant si la tourbière n'avait pas déjà été impactée par le piétinement. Pour confirmer cette interprétation il suffit de s'appuyer sur les nombreuses tourbières identiques à l'exception de la présence du drainage. Autrement dit, drainage ou pas, il existe de nombreux sites ayant une origine proche et un état actuel identique. Ce fait est lié à la capacité du KTH a modifier les logiques hydriques et trophiques en créant une couche de surface «imperméable». Le compartiment inférieur, relativement riche en nutriments car alimenté par une eau de nappe, est isolé de la surface, qui n'est elle plus alimentée que par l'eau de pluie. Cette conformation est favorable à la mise en place de communautés de tourbière haute ou de lande, comme c'est le cas aujourd'hui. L'extension des sphaignes rouges dans un contexte comme celui-là va dépendre, d'une part, des dépressions présentes et de la faculté à concentrer de l'eau de pluie et, d'autre part, des conditions climatiques. Les dépressions peuvent ainsi accueillir des sphaignes rouges comme *Sphagnum magellanicum* et *S. rubellum*. Si les conditions d'humidité atmosphérique sont bonnes, la tourbière peut héberger *S. capillifolium* et *S. fuscum*. La linaigrette engainante a la possibilité de profiter de l'eau plus en profondeur grâce à son système racinaire qui dépasse le mètre en profondeur.

5.17.C - Etat de conservation

Les sources de la Vologne illustrent la difficulté de l'évaluation de l'état de conservation. Le complexe est dans un état dégradé, en particulier sur les plans de la topographie et de la pédologie. Cependant, cette dégradation est favorable à l'Habitat d'intérêt communautaire présent: la Tourbière haute (7110*). Si on se réfère à la présence d'espèces ingénieures au sein de l'espace dévolu à l'Habitat, la fréquence de la linaigrette engainante sur 10 tronçons de transect de 1m étant de 100%, on peut admettre que l'état est favorable. Ainsi, l'Habitat correspond à la dichotomie 10a de la clé, un 7110* d'origine anthropique récente à stabilité probable, qui définit un état favorable.

5.17.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

L'état, le potentiel et la taille du complexe ne sont pas des éléments en faveur d'actions de connaissance, de gestion ou de suivi significatifs. Il y a une forme d'incompatibilité entre la tourbière originelle, la démarche conservatoire de l'Habitat 7110* et les atteintes topographiques. Restaurer la topographie impliquerait la disparition de l'Habitat, mais par forcément la remise en place de la tourbière originelle (il faudrait des études hydrologiques complémentaires pour cela).

Nous ne proposons donc pas d'action spécifique si ce n'est la tenue d'un suivi cartographique des unités fonctionnelles et le renouvellement tout les 5 ans du profil de structure et de suivi.

5.18 - Gashneyried

La tourbière du Gashneyried a fait l'objet d'un diagnostic fonctionnel partiel en 2011 (Goubet, 2011c). A l'époque, l'analyse pédologique et paléoécologique n'avait pas été possible. Les progrès réalisés sur la connaissance du fonctionnement des tourbières en France depuis quelques années imposent aujourd'hui de prendre en compte ces aspects «masqués» de l'état d'un complexe. Pour la réalisation de l'évaluation de l'état de conservation, il a donc été procédé à la réalisation de 2 sondages de la surface au substrat minéral (soit 5,70 et 5,35 m).

Le Gashney a également fait l'objet de mesures de coupes d'épicéa et de saules en 2014.

Le Gashney n'héberge qu'un Habitats de tourbière, un tremblant (7140). Lors de l'étude de 2011, deux secteurs de quelques m² avaient été notés comme présentant un Habitat de tremblant, mais le tremblant au pied du versant sud a disparu, probablement à la suite d'une coupe de saules.

5.18.A - Structure du site

Le complexe [1] s'insère dans un cirque glaciaire allongé sud-nord (figure 5-18-1). Le flanc est montre deux structures glaciaires allongées de types kames ou plus probablement protalus remparts [2] (il faudrait vérifier la taille des éléments constituants ces alignements). La carte géologique n'est pas d'une grande importance pour analyser la structure des dépôts à cette échelle. Elle indique seulement la présence de dépôts glaciaires sur un fond de granite, la tourbe n'est pas mentionnée, ni les dépôts glaciaires au sud du complexe.

Les épaisseurs de tourbe mesurées à la perche apparaissent très variables à l'échelle de quelques mètres. Les profondeurs maximales sont de 5,5m, proches des 5,7m du sondage au carottier russe. Il est probable que cette hétérogénéité soit induite par la présence de blocs rocheux au fond du vallon, sous la tourbe, issus de la même source que les blocs rocheux qui forment probablement les remparts des protalus au sud du complexe.

La prise en compte des épaisseurs de tourbes dans le MNT implique l'existence d'une dépression dans le socle minéral, un surcreusement glaciaire. Le seuil de la dépression (verrou ou moraine) se situe à une altitude de 933,00m NGF. La dépression est profonde, au plus, de 2,5m. On pourrait donc imaginer un lac occupant la plus grande partie du complexe, d'une profondeur maximale de 2,5m. Mais pour cela, le seuil doit être étanche, ce qui n'est pas systématique dans les Vosges.

Les sondages paléoécologiques avaient pour but de déterminer l'origine du complexe et le type de communautés antérieures à celles d'aujourd'hui. Deux sondages ont été réalisés dans ce but avec l'aide de Gus Lyon du PNR des Ballons des Vosges (figure 5-18-3).

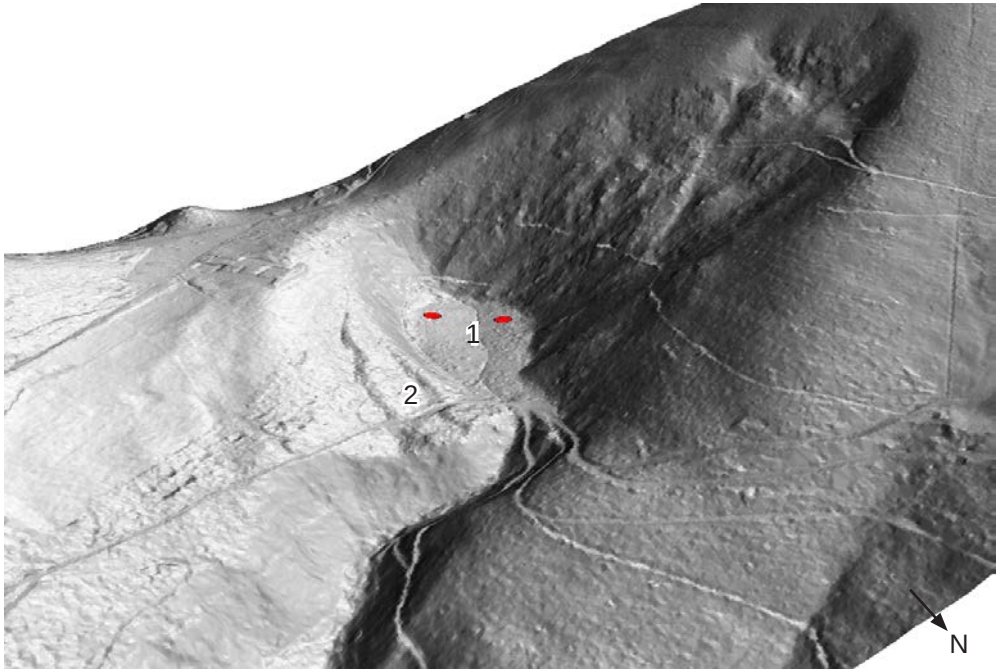


Figure 5-18-1: le complexe du Gashney dans son cadre topographique déduit du RGE Alti© IGN
Les deux points rouges indiquent l'emplacement des sondages.

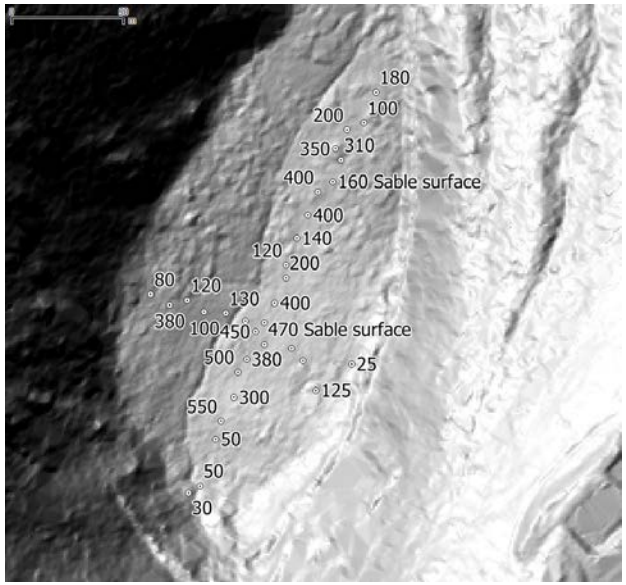


Figure 5-18-2: épaisseurs de tourbe mesurées en 2010 sur fond de MNT.

Ils ont tous les deux été exhaustifs, de la surface au socle rocheux. Les deux sondages montrent des profils comparables (figure 5-18-4).

Les dépôts observés sont principalement des tourbes à carex et des tourbes à bois. Nous n'avons donc décrit ni tourbe de haut-marais à sphaignes rouges, ni tourbe ou sédiment lacustre. L'absence de sédiments lacustres est à noter, vu le contexte topographique décrit dans les paragraphes précédents.

Les unités fonctionnelles du complexe ont été décrites en 2010. Pour compléter cette description, un relevé de l'unique Habitat de tourbière a été réalisé (tableau 5-18-1). Cet Habitat de tremblant s'étend sur quelques m² au droit d'un apport hydrique correspondant probablement à l'émergence de bas de versant d'un tablier d'éboulis. Le type de tremblant peut être résumé sous le terme de tremblant à *Carex curta* et *Sphagnum fallax*.

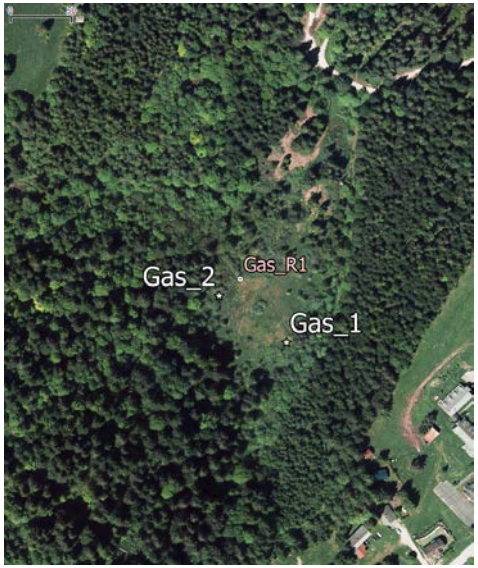


Figure 5-18-3: localisation des sondages au carottier russe et du relevé réalisé sur le tremblant.

5.18.B - Analyse fonctionnelle

Les données paléoécologiques modifient le modèle de fonctionnement qui a pu être proposé antérieurement. La dynamique du complexe ne s'intègre pas dans la logique hydrosérale, celle de la succession allant du lac à la tourbière haute. Elle correspond en réalité à un état de bas-marais plus ou moins boisé, stable sur plusieurs siècles ou plus probablement plusieurs millénaires. Ce bas-marais fonctionne probablement grâce à l'apport régulier des nappes des versants, comme en témoigne encore aujourd'hui le tremblant à *Carex curta* et *Sphagnum fallax*. On peut ainsi imaginer que l'émergence concentrée à l'origine du tremblant correspond à un point particulier d'une émergence majoritairement diffuse et s'exerçant sur le fond du vallon. Le fonctionnement en bas-marais à carex, sphaignes et arbustes est aujourd'hui rendu difficile par l'existence d'un KTH, qui modifie les logiques d'apports hydriques et trophiques de surface. Ceci dit, le niveau de charge qui permet la mise en eau du tertre tourbeux n'est peut-être plus aussi élevé qu'au moment de la formation de la tourbe de surface. Cette baisse «hydrogéologique» de la nappe ne peut d'ailleurs pas être compensée au sens strict, même si une artificialisation des niveaux est toujours possible dans l'absolu.

5.18.C - Etat de conservation

Ce tremblant, attribuable à l'Habitat 7140, correspond à la dichotomie 2b de la clé: bas marais tremblant en situation primaire probablement naturelle à niveau trophique élevé. En l'absence de modèle de fonctionnement, il est impossible de définir l'état de conservation de l'Habitat.

La moliniaie décrite dans le rapport de 2011 a été attribuée, à l'époque, à l'Habitat 7020. Les nouvelles données paléoécologiques et l'analyse précise des critères de l'Habitat ne permettent pas de confirmer cette attribution: aucun élément n'indique que le système ait été un jour une tourbière haute, d'une part, et d'autre part, aucune espèces typiques de tourbière haute ne fait partie du relevé de 2011.

5.18.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

Un approfondissement de la connaissance du fonctionnement du complexe ne semble pas pouvoir apporter de données fondamentales pour la gestion du site, même si cela peut permettre de mieux comprendre la dynamique des tourbières des Vosges en général.

Sur la base de la description des tourbes, et surtout des communautés à leur origine, le maintien ouvert du complexe se conçoit comme un choix allant à l'encontre de l'état originel. Il faut donc mener une gestion agropastorale pour contraindre la dynamique naturelle de boisement. La coupe ponctuelle des ligneux ne constitue qu'une action de ralentissement de la dynamique, mais non une gestion d'équilibre à long terme.

Le maintien de l'Habitat 7140 tel quel est difficile à réaliser. La disparition du tremblant équivalent au pied du versant sud, probablement après une coupe des ligneux, montre la sensibilité des communautés à certaines actions. Le site du Gashney illustre la difficulté de préservation d'unités fonctionnelles spécifiques au sein de complexe plus large, avec des exigences de gestion différentes, voire contradictoires, en fonction de l'échelle considérée.

Pour l'Habitat 7140, les modalités de suivi sont celles classiques du relevé et des photos.

Pour la moliniaie anciennement attribuée à l'Habitat 7120, le mieux est

N° relevés	Gas_R1
Types unités	Tremblant
Dates	22/07/2015
Surface (m):	1x1
Arbustes	
Recouvrement (%)	90
Alnus glutinosa	e
Salix aurita	d
Herbacées	
Recouvrement (%)	70
Carex rostrata	e
Carex curta	d
Eriophorum angustifolium	p
Galium palustre	p
Menyanthes trifoliata	r
Potentilla palustris	p
Viola palustris	p
Bryophytes	
Recouvrement (%)	90
*Sphagnum fallax**	d

Tableau 5-18-1: composition floristique du relevé réalisé au Gashney. Les mousses n'ont pas été vérifiées au microscope.

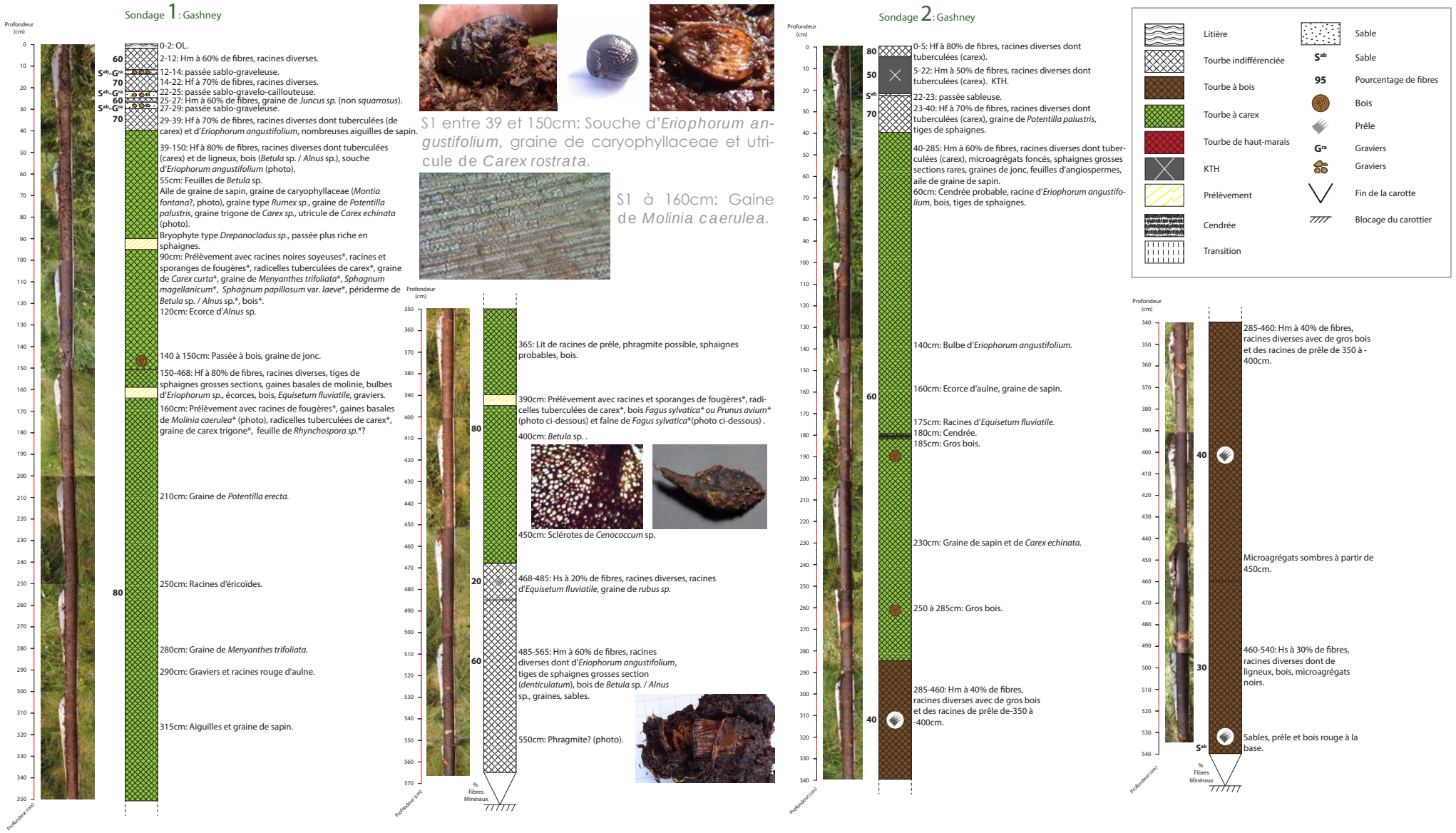


Figure 5-18-4: représentation schématique des sondages réalisés au Gashney.

d'attendre que des espèces de tourbière haute s'installent si jamais elles le font. Certains modèles prédisent ainsi que les moliniaies sur KTH dans les secteurs où des tourbières hautes existent aux alentours laissent la place à des communautés à linaigrette ou sphaignes rouges 50 à 70 ans après l'abandon agropastoral

5.19 - Bramont

Le travail d'évaluation ne concerne que des unités tourbeuses situées en dehors de la réserve naturelle. Les tourbières de versants et celles du secteur du Bramont ont fait l'objet d'une étude récente du point de vue de leur fonctionnement (Goubet, 2015), sans approche d'évaluation de l'état de conservation.

Ce travail d'évaluation ne concerne que des unités tourbeuses en dehors de la réserve naturelle et en particulier d'un complexe [1] situé en contre-bas du sommet de Tête-Ronde [2](figures 5-19-1 et 5-19-2).

5.19.A - Structure du site

Le complexe en question correspond à un replat probablement d'origine tectonique, un secteur en quelque sorte affaissé entre des zones relevées. L'analyse de la structure topographique du secteur du Bramont montre ainsi que la montagne est traversée par de nombreuses failles appartenant à plusieurs familles (figure 5-19-1).

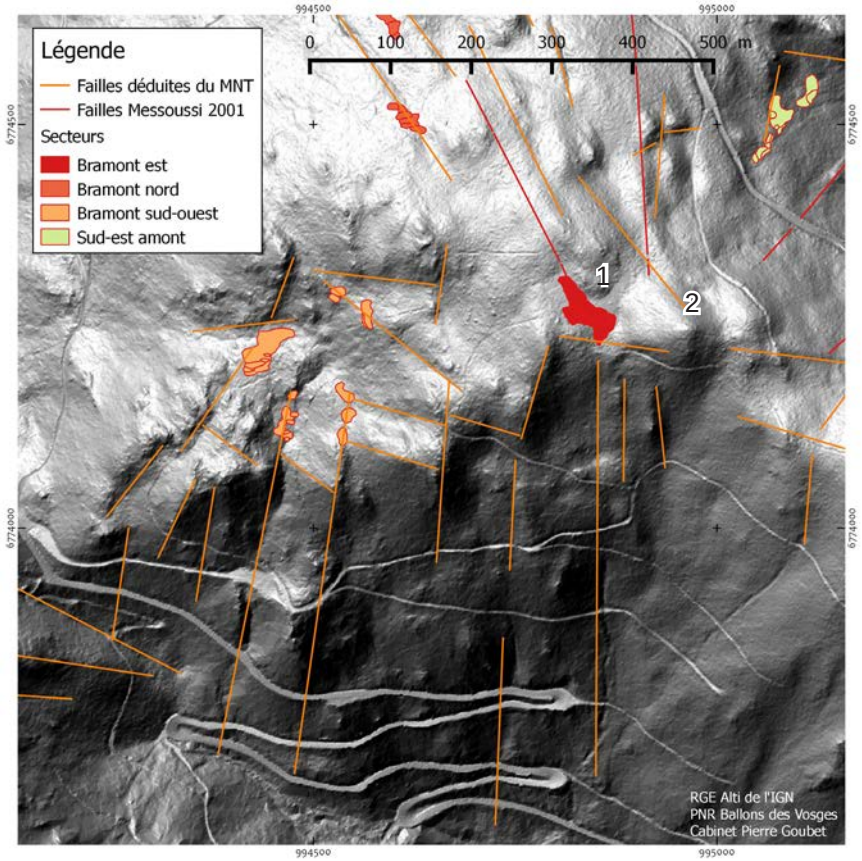


Figure 5-19-1: situation du complexe évalué dans le cadre topographique et tectonique (source Goubet, 2015).

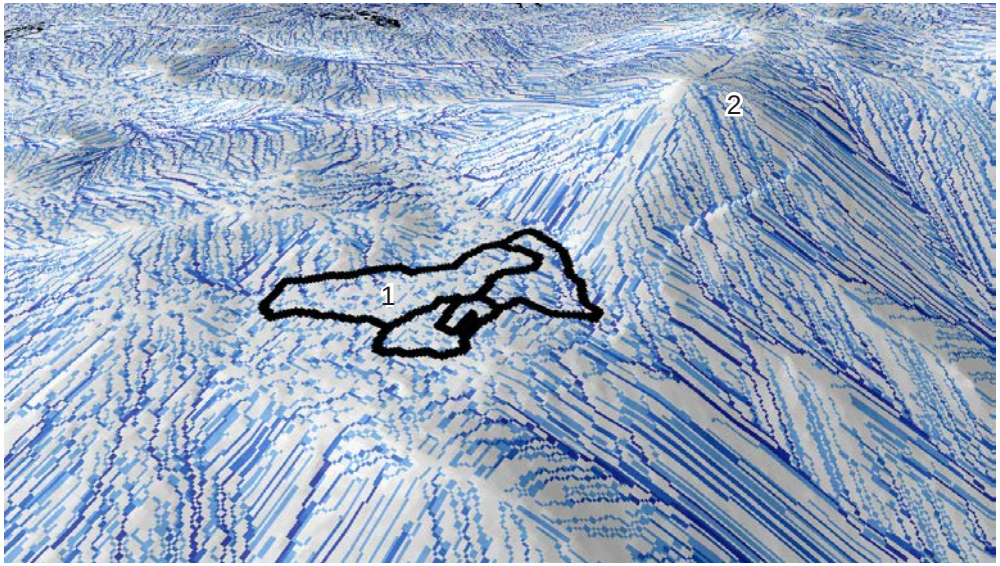


Figure 5-19-2: système de drainage théorique des écoulements superficiels extrait du RGE Alti© IGN (Goubet, 2015).

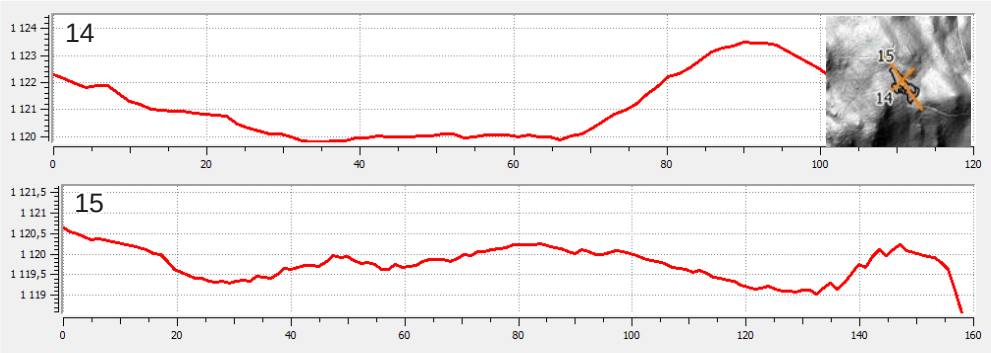


Figure 5-19-3: profils topographiques extraits du RGE Alti© IGN (Goubet, 2015).

Le relief du complexe se caractérise par une forme arquée avec un axe élevé médian d'orientation nord-est/sud-ouest (figure 5-19-3).

Les épaisseurs de tourbe évaluées à la perche métallique indiquent des valeurs allant jusqu'à 2,10m dans la partie

sud-est du complexe (figure 5-19-4). La prise en compte du relief et des épaisseurs permet de définir une pente minérale du nord-ouest vers le sud-est.

Le sondage réalisé dans la partie est du complexe (figure 5-19-4) a traversé un mètre de tourbe à carex (figure 5-19-5) contenant *Sphagnum palustre* (figure 5-19-6), une graine de *Rubus* sp. et des sporanges de fougères (figure 5-19-7). Les communautés à l'origine de la tourbière sont donc des bas-marais.

Ceci contraste avec les communautés présentes aujourd'hui, caractérisées par le profil de structure et de suivi réalisé sur le site (figure 5-19-1). Les cortèges relevés sont principalement la vacciniaie à *Sphagnum girgensohnii* et la cariçaie à *Carex rostrata*. Des petits replats à *Sphagnum magellanicum* sont présents et laisse présumer d'un potentiel en terme de tourbière haute.

La cartographie réalisée sur le complexe, dont les unités sont assez bien délimitées sur la photographie aérienne (figure 5-19-4) se base sur l'existence des vacciniaies à *Sphagnum girgensohnii* caractérisées sur le profil, des moliniaies paucispécifiques, en barreaux transversaux et sur certains tronçons périphériques, des cariçaies à *Carex rostrata* ou des canchaies à *Deschampsia cespitosa*, elles aussi en tronçons périphériques.

5.19.B - Analyse fonctionnelle

Le fonctionnement de ces tourbières a été analysé dans un rapport détaillé (Goubet, 2015); des investigations

Figure 5-19-7: sporange de fougère, sondage Bramont 1, à 45cm de profondeur.

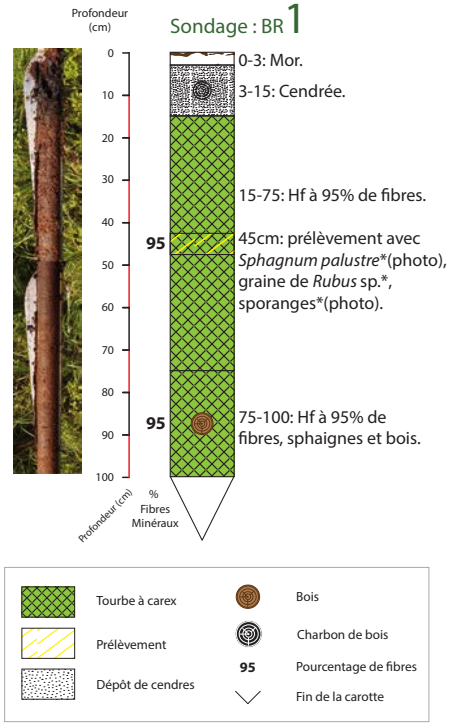


Figure 5-19-5: représentation schématique du sondage réalisé sur le complexe du Bramont.

Figure 5-19-4: épaisseurs de tourbe, en cm, et localisation du profil de structure et de suivi et du sondage sur un des complexes du Bramont (fond Cigalsace-IGN).

Figure 5-19-6: coupe d'une feuille ramé ale de *Sphagnum palustre*, sondage Bramont 1 à 45cm de profondeur.

Groupe ACH-VARCLUS			4	4	4	4	12	4	4	8	4
		BR1_1	BR1_2	BR1_3	BR1_4	BR1_5	BR1_6	BR1_7	BR1_8	BR1_9	BR1_10
BR1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vaccinium uliginosum	7		x	x	x	x		x	x	x	
Vaccinium myrtillus	8		x	x	x	x	x	x	x		x
Sphagnum girgensohnii	3		x						x		x
Pleurozium schreberi	3		x		x		x				
Sphagnum gr. fallax	2					x	x				
Sphagnum magellanicum	2				x		x				
Molinia caerulea	3		x			x	x				
Carex rostrata	5					x	x		x	x	x
Ptilium crista-castrensis	1			x							
Dicranum scoparium	2				x					x	
Dicranodontium denudatum	1					x					
Plagiothecium sp.	2				x	x					
Calypogeia sp.	1						x				
Dryopteris sp.	1								x		
Lophozia sp.	1								x		
Kindbergia praelonga	1									x	

Tableau 5-19-1: profil de structure et de suivi à l'échelle du taxon du complexe du Bramont.

complémentaires sont en cours. Les principaux faits qui ressortent comme essentiels sont relatifs à l'origine des complexes. Les datations réalisées à la base de plusieurs tourbières et les profils paléoécologiques détaillés qui ont été produits indiquent une origine anthropique des tourbes, édifiées sur un régime agropastoral «compatible» avec la turfigenèse, régime inconnu, mais différent de celui qui mène à la création du KTH. Les tourbes du complexe du Bramont étudié sont de nature proche de celles décrites dans les autres sites, mais le jonc y est absent. Difficile d'être certain que le complexe du Bramont ait vraiment fonctionné comme les autres complexes étudiés.

Toujours est-il que le complexe du Bramont s'est édifié à partir de communautés de bas-marais, différentes de celles présentes aujourd'hui qui apparaissent d'un type post-KTH classique, et où les sphaignes rouges sont peu représentées au profit des espèces de la vacciniaie. Le déterminisme des espèces de la vacciniaie reste mal expliqué. Il est probablement en lien avec le KTH, c'est évident, mais le rôle d'un épisolum humifère de type mor est certainement également important. Il est possible que l'existence d'une litière spécifique à la vacciniaie est une clé du fonctionnement et de la rareté des espèces de tourbière haute en dépit de nombreux paramètres écologiques favorables aux sphaignes rouges. On peut ajouter que sur les grands complexes en contexte forestier, les vacciniaies vont se situer sur les marges des tourbières à KTH. Sur de petits complexes, on peut imaginer que l'effet de bordure permet aux myrtilles de coloniser toute la surface du complexe.

Dans ce flou de connaissance, il est difficile de prédire l'état du complexe dans un futur proche ou plus lointain.

Le complexe du Bramont est dans un état proche de celui de Ronde-Tête (voir ci-après), mais les tourbes, et donc l'origine et le potentiel sont différents.

5.19.C - Etat de conservation

Si on se réfère aux Cahiers d'Habitats et au profil de structure et de suivi, il est possible de caractériser le secteur des moliniaie et de la vacciniaie à *Sphagnum girgensohnii* comme relevant de la Tourbière haute dégradée susceptible de régénération naturelle, 7120. Bien-sûr, l'Habitat originel n'est pas une tourbière haute, mais le fait que *Sphagnum magellanicum* soit présent, que la topographie soit favorable à l'ombrotrophie et qu'on ne sache pas très bien comment fonctionne ce type de complexe laisse présumer d'une colonisation par les ingénieurs du haut-marais.

Vu l'état du complexe et de la surface occupée par la vacciniaie ou les moliniaies paucispécifiques, l'Habitat 7120 correspond à la dichotomie 3a de la clé d'évaluation: une Tourbière haute dégradée dans un état favorable à son maintien ou à l'émergence des communautés de tourbières hautes, et donc dans un état favorable.

5.19.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

Les recommandations proposées sont celles, classiques, de la coupe des petits épicéas colonisant la tourbe et du suivi par profil de structure et de suivi et cartographie des unités fonctionnelles.

5.20 - Pourri-Faing

5.20.A - Structure du site

A l'instar des complexes de Rouge-Rupt et des Vintergès, le métacomplexe de Pourri-Faing s'intègre dans un vallon du massif granitique du Bramont, vallon indiqué occupé par des formations glaciaires «résiduelles ou peu remaniées» sur la carte géologique et sa notice. Il s'agit de dépôts sablo-argileux à blocs qui résulteraient d'une concentration en bas de versant. La carte géologique n'indique pas d'autre particularité si ce n'est de nombreuses roches striées.

Le métacomplexe s'organise en trois complexes probablement d'origine et de type fonctionnel distinct, tous fortement dépendants du contexte géomorphologique (figures 5-20-1 et 5-20-2). Les trois complexes s'échelonnent sur 50m de dénivelé, de 1040 à 1090m.

Un premier complexe, à l'amont, correspond à une dépression glaciaire dans le socle [1], un second complexe, intermédiaire, forme un arc appuyé le long du flanc nord-ouest du vallon [2], un dernier complexe s'insère dans une série de tors, à l'aval [3]. On peut penser, vu les épaisseurs de tourbe mesurées, qu'il n'y a pas de continuité

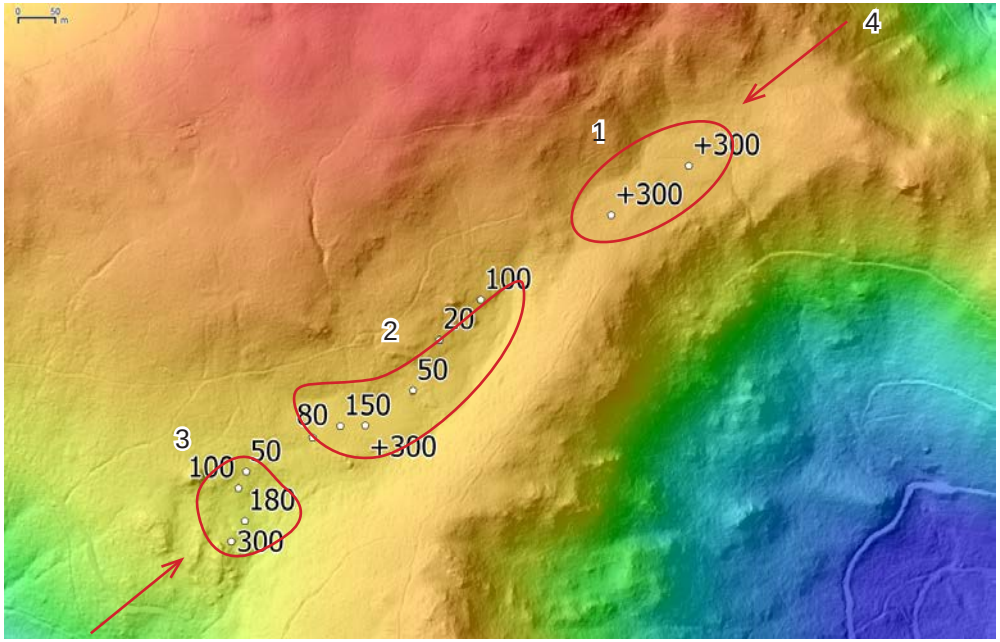
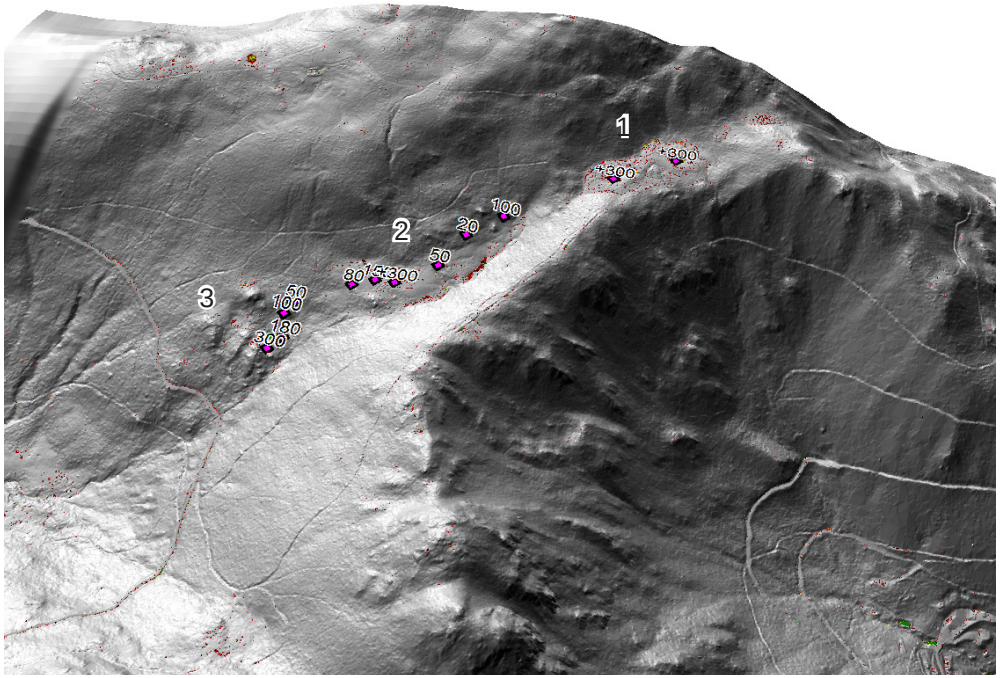


Figure 5-20-2: cadre topographique des complexes modélisé sur la base des données du RGE Alti© IGN. Vue en plan avec délimitation simplifiée des trois complexes, axe du talweg et épaisseurs de tourbe en cm.



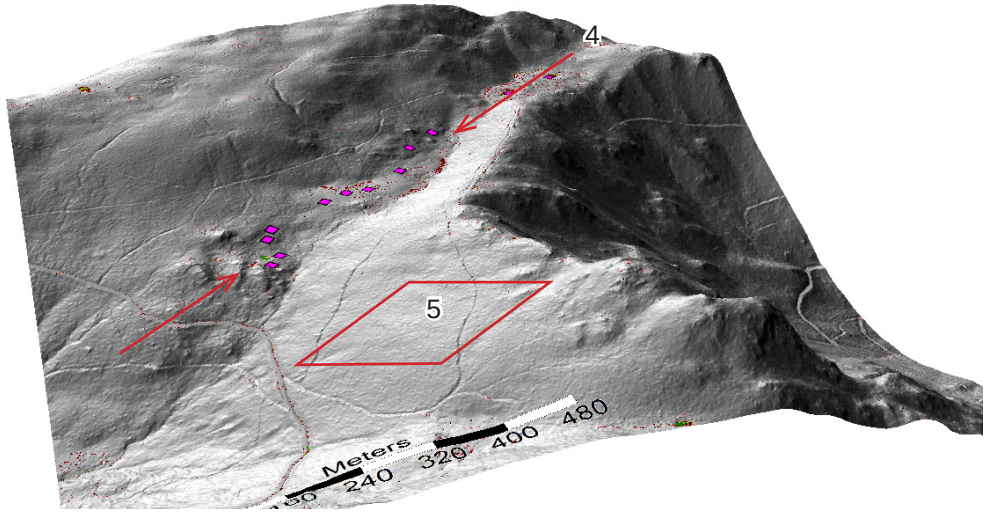


Figure 5-20-1: cadre topographique des complexes modélisé sur la base des données du RGE Alti© IGN. Vue en 3D. Épaisseurs de tourbe en cm. Les flèches rouges indiquent l'axe du talweg, le quadrilatère rouge un plan structural majeur. Les dépressions fermées calculées sont représentées par des couleurs.

des couches de tourbe entre les trois complexes. Autrement dit, les trois complexes correspondent à trois édifices tourbeux disjoints qui peuvent être considérés aussi comme trois unités de gestion dissociées.

Les trois édifices sont disjoints, mais ils s'insèrent tous le long d'un talweg dont l'origine tectonique est fort probable [4]. On peut se demander si le versant est du talwelg ne correspond pas à une surface structurale majeure [5], celle du sommet d'un bloc effondré à l'est d'une faille passant par le talweg.

Le complexe amont, sous le col de Pourri-Faing, est en partie constitué de dépressions topographiques fermées. Si on prend en compte les profondeurs de tourbe, son origine lacustre ne fait aucun doute, à condition que le socle rocheux soit étanche (dans le cas contraire, la dépression serait drainée vers l'est, dans le cirque glaciaire, à quelques dizaines de mètres).

L'origine lacustre des autres complexes ne peut être proposée sur la base des données de relief.

Cinq sondages pédologiques et paléoécologiques ont été réalisés dans les trois complexes (figures 5-20-3 et 5-20-4). Tous sont majoritairement constitués de tourbe de haut-marais à linaigrette engainante et probablement *Sphagnum magellanicum*. La plupart montrent un KTH de surface, certains de probables KTH en profondeur. Certains des sondages montrent l'importance de la linaigrette engainante dans

Figure 5-20-3: localisation des sondages pédologiques et paléoécologiques ou des débuts et fins de profils de structure et de suivi. Fond IGN.

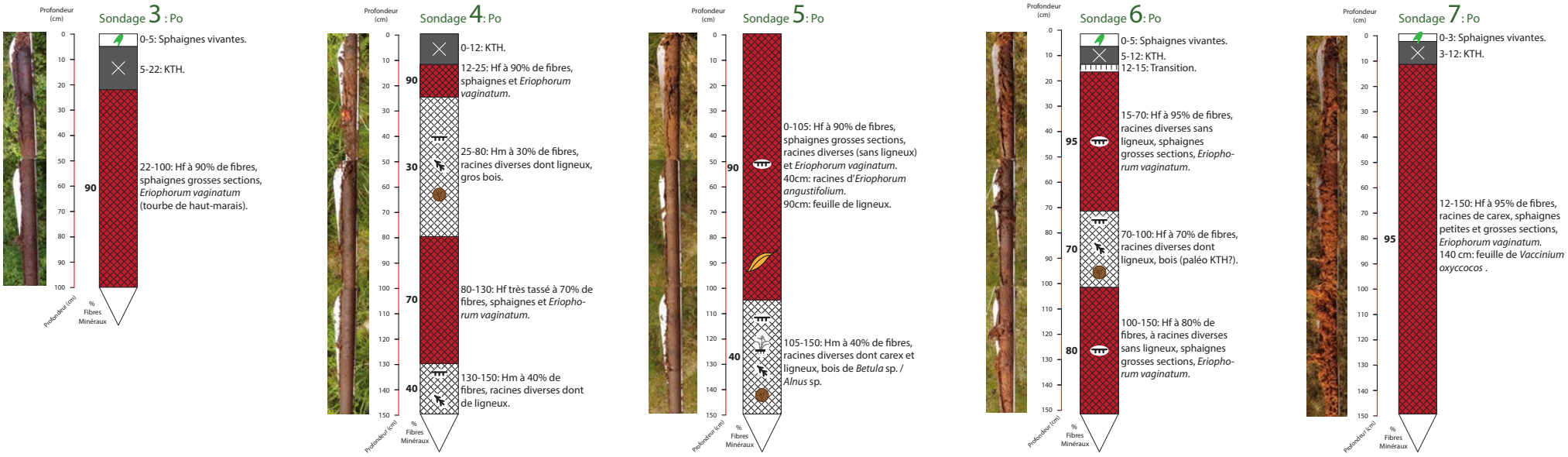


Figure 5-20-4: schéma de restitution des sondages réalisés à Pourri-Faing. Localisation en figure 5-20-3.

les démarrages de tourbière haute. L'arrêt des sondages à 1,50m limite l'interprétation paléoécologique. Pour aller plus loin, vu la taille du site et les épaisseurs de tourbe, une étude paléoécologique spécifique est nécessaire. Cela permettrait de connaitre l'origine et les grandes étapes de chaque complexe, et, surtout, les héritages qui contrôlent le fonctionnement actuel.

Les pointages GPS d'unités fonctionnelles (figure 5-20-4) et les profils de structure et de suivi (tableau 5-20-1) montrent la structure générale des complexes et la composition et structure détaillées des unités relevant de l'Habitat 7110* et 7140. Il n' a pas été possible, vu le temps disponible et la taille du site, de caractériser les bois périphériques sur tourbe. La cartographie indique donc des bois tourbeux potentiels déterminés sur la base du relief (MNT).

Le complexe amont s'organise en deux unités concentriques adjacentes. Pour les deux, l'anneau externe est boisé. Pour celle à l'est, le cœur est occupé par une mosaïque à sphaignes rouges non caractérisée. Pour l'ouest, le cœur est une mosaïque de communauté de tourbière haute et de tremblant de fosse de tourbage (figure 5-20-5). Les tremblants à *Carex limosa* et *Sphagnum cuspidatum* restent limités en surface; ils forment des réseaux de sillons visibles sur certaines photographies aériennes. La communauté qui constitue le reste du cœur, non tremblante, est presque identique à celle du complexe intermédiaire (comparaison des deux profils tableau 5-20-1).

Le complexe intermédiaire forme un croissant occupé majoritairement par des moliniaies paucispécifiques, des communautés à sphaignes rouges et des bois tourbeux (figure 5-20-6). L'organisation spatiale de ces trois unités ne montre pas de trait net, en dehors, peut-être, de la présence en bordure des bois et au centre de la molinie et des replats à sphaignes rouges. Il existe peut-être un lien entre les épaisseurs ou les types de tourbe et la présence des ligneux, mais cela n'a pas été exploré.

Le complexe aval, difficile à caractériser, n'a pas été suffisamment analysé pour être décrit ici. Il ressort que la tourbe est déposée entre des tors

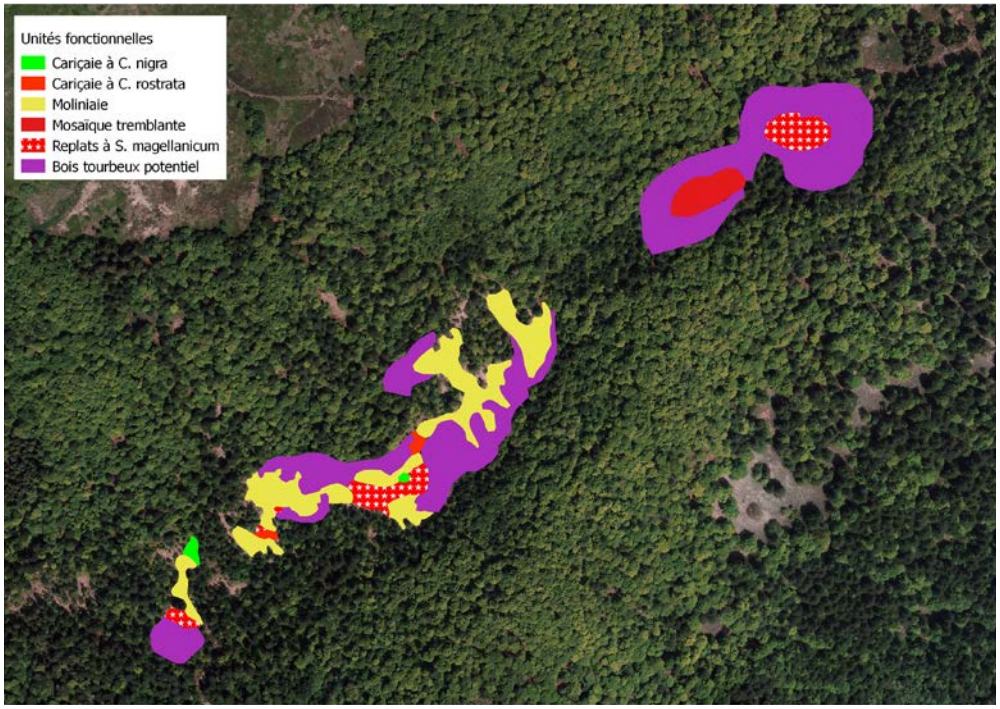


Figure 5-20-4: répartition des unités fonctionnelles déduite des pointages GPS et de l'analyse des photographies aériennes et du MNT.

Groupe ACH-VARCLUS		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10
		PO1_1	PO1_2	PO1_3	PO1_4	PO1_5	PO1_6	PO1_7	PO1_8	PO1_9	PO1_10	PO1_11	PO1_12	PO1_13	PO1_14	PO1_15
PO1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Melampyrum pratense	5	x		x	x						x			x		
Vaccinium uliginosum	13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
Sphagnum russowii	7	x			x				x	x	x	x				x
Pleurozium schreberi	2	x	x													
Aulacomnium palustre	9	x		x		x	x	x	x	x		x	x			
Vaccinium oxycoccos	15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Calluna vulgaris	15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Eriophorum vaginatum	14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Sphagnum gr. fallax	15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Andromeda polifolia	14	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Sphagnum magellanicum	3											x	x			x
Carex pauciflora	1															x
Molinia caerulea	7									x	x	x	x	x	x	x
Betula sp.	1														x	

Groupe ACH-VARCLUS		9	9	9	9	9	9	9	9	11	9
		PO2_1	PO2_2	PO2_3	PO2_4	PO2_5	PO2_6	PO2_7	PO2_8	PO2_9	PO2_10
PO2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Melampyrum pratense	4	x	x	x	x						
Vaccinium uliginosum	6	x	x	x	x	x	x				
Sphagnum russowii	5		x	x	x	x		x			
Drosera rotundifolia	5		x	x		x			x		x
Vaccinium oxycoccos	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Calluna vulgaris	8	x	x	x	x		x	x	x		x
Eriophorum vaginatum	9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Sphagnum gr. fallax	9	x	x		x	x	x	x	x	x*	x*
Andromeda polifolia	9	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Sphagnum magellanicum	3	x		x							x
Carex pauciflora	5		x		x		x	x	x		
Sphagnum rubellum	3						x		x		x
Molinia caerulea	1					x					
Carex limosa	3								x	x	x
Sphagnum cuspidatum	2								x	x	
Abies alba	1										x

Tableau 5-20-1: profils de structure et de suivi à l'échelle du taxon réalisés à Pourri-Faing. La localisation des profils est présentée en figure 5-20-3.

de granite et que des arbres de grande taille occupent aujourd'hui des zones de tourbe de haut-marais épaisse.

5.20.B - Analyse fonctionnelle

Le complexe amont est probablement d'origine lacustre, mais il faudrait vérifier à travers une analyse paléoécologique de terrain. Son développement suivrait ainsi une logique hydrosérale classique, de l'eau libre vers la tourbière haute «climacique». En termes d'écologie des écosystèmes, on formulerait l'histoire du complexe comme une suite d'états à stabilité contrôlée par des paramètres de forme du lac, d'abord, des paramètres climatique, ensuite, menant au remplissage minéral puis organique, pour aboutir à l'état stable de la tourbière haute. La stabilité de la tourbière haute reste valable dans une large fourchette climatique, mais ne l'est plus une fois des usages anthropiques mis en place. La présence d'un KTH, ou même de fosses de tourbage indiquent des perturbations anthropiques majeures. Le complexe amont est donc une tourbière d'origine anthropique, pour ce qui concerne en particulier les tremblants de fosse, et une tourbière en phase de résilience pour les communautés à sphaignes rouges. La possibilité pour les ligneux de coloniser ce qui reste encore ouvert sur les tourbières est inconnue. D'un point de vue théorique, appuyé sur les données paléoécologiques, le haut-marais peut rester non boisé pendant des millénaires. Le sera-t-il dans le cas de Pourri-Faing? Il semble que cela soit possible, si on se réfère à des études paléoécologiques qui montrent qu'après la mise en place d'un KTH, de nouvelles communautés ouvertes peuvent rester en place plusieurs décennies, voire plusieurs siècles. Le tremblant est très certainement d'origine anthropique, une fosse de tourbage, sa durée est donc limitée dans le temps, mais ceci correspond à un processus naturel. Maintenir le tremblant nécessite donc la mise en place d'une action simulant la perturbation initiale, en «rajeunissant» le tremblant par extraction de tourbe.

Le complexe intermédiaire est situé en bas de versant, il est en forme de croissant. Il est probable qu'il soit issu de l'ombrotrophisation d'une tourbière minérotrophe induite par une émergence diffuse drainant le versant nord-ouest. Là encore, le manque d'information sur la nature des tourbes en profondeur limite l'interprétation fonc-

Figure 2-30-5: tremblant du complexe amont.

Figure 5-20-6: vue générale du complexe intermédiaire vue de l'amont.

tionnelle. Ceci dit, l'état actuel des milieux ouverts n'est plus en lien avec une quelconque décharge hydrogéologique. Les communautés à sphaignes rouges sont dépendantes des précipitations seulement, et semblent fonctionner de manière autonome, permises par l'arrêt des pratiques agropastorales. Là encore, la capacité à résister à la colonisation ligneuse reste une question ouverte.

Le complexe aval est encore plus difficile à interpréter en l'absence de données de structure précises de l'édifice tourbeux.

5.20.C - Etat de conservation

Les Habitats observés sont les 7110*, 7120, 7140. Si l'Habitat 91DO* est présent, il nécessite une analyse complémentaire pour être caractérisé.

L'Habitat 7110* a été évalué sur la base de deux profils de structure et de suivi (tableau 5-20-1). Dans les deux cas, la linaigrette engainante occupe l'espace de manière presque exhaustive, les sphaignes rouges sont peu représentées (20%) pour le complexe intermédiaire, mieux pour le complexe amont (50%). Pour le complexe intermédiaire, la présence d'un KTH sur une tourbe de haut-marais implique donc une évaluation correspondant à la dichotomie 7a avec certitude, et probablement à la dichotomie 8b car moins de 80% de la surface des anciennes tourbières hautes est couverte. L'état peut donc être considéré comme altéré. Pour le complexe amont, l'évaluation est difficile car nous ne connaissons pas l'extension de la fosse de tourbage (probable à l'ouest, indéterminée à l'est). Ceci-dit, l'impression est qu'elle est largement comblée et que la communauté de tourbière haute est installée au delà de la fosse. L'Habitat correspond donc à la dichotomie 3a, 7110* de restauration à stabilité probable, considéré comme en état favorable.

L'Habitat 7120 est largement présent dans les complexes intermédiaires ou aval, sous une forme de moliniaie ou boisements complexes. Si on considère que les moliniaies sont toutes sur de la tourbe de haut-marais, l'Habitat 7120 de Pourri-Faing correspond à la dichotomie Tourbière haute dégradée dans un état favorable à son maintien ou à l'émergence des communautés de tourbières hautes considérée dans un état favorable (dichotomie 3a).

L'habitat 7140 correspond probablement à la dichotomie 7a de la clé d'évaluation en tant que Bas marais tremblant en situation secondaire, à niveau trophique bas, couvrant la plus grande partie de sa surface potentielle et donc en état favorable. Rappelons que cet état favorable ne signifie pas que le tremblant ne disparaîtra pas rapidement par processus de rééquilibrage naturel après perturbation anthropique.

L'évaluation de l'état de conservation des boisements n'est pas possible sans une caractérisation précise des tourbes et des communautés.

5.20.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

La visite des complexes de Pourri-Faing avait pour objectif d'évaluer les Habitats tourbeux dans un temps limité avec comme priorité les milieux ouverts (en l'occurrence une demi-journée). Il manque donc beaucoup d'éléments de connaissance pour déterminer l'origine, l'état et le futur des tourbières de Pourri-Faing (description des boisements tourbeux, origine de chaque complexe par description des tourbes profondes, etc.). Ceci dit, il semble que la dynamique générale au maintien et éventuellement à l'extension des communautés à sphaignes rouges après une forte perturbation ayant permis la mise en place d'un KTH soit possible. Nous proposons, à terme, d'intégrer les tourbières de Pourri-Faing dans une dynamique générale de compréhension de l'histoire et du fonctionnement des tourbières du secteur de la réserve naturelle nationale du massif du Ventron.

Vu l'état des tourbières et les modèles de fonctionnement qu'on peut aujourd'hui leurs appliquer, en fonction des connaissances disponibles, les actions de gestion à mener sont surtout la limitation du piétinement (déjà peut présent) et la coupe de tous les épicéas sur tourbe de haut-marais.

La mise en place d'un suivi par profil de structure et de suivi sur des linéaires englobant les bois périphériques est certainement l'action la meilleure, avec une cartographie des sphaignes rouges plus précise que celle que nous avons réalisé.

5.21 - Rouge-Rupt

5.21.A - Structure du site

Le complexe du Rouge-Rupt se situe sur un des flancs du col séparant la tête du Rouge-Rupt de la crête à l'ouest de la vallée de la Thur, à 1030m. Il s'agit d'une situation géomorphologique originale, dans le contexte granitique classique du Bramont.

Le MNT fin du RGE n'est pas disponible pour la partie ouest du complexe, ce qui limite nos capacités d'analyse. Il semble que des structures importantes pour comprendre le fonctionnement du complexe se situent à son amont, mais comme cette partie a fait l'objet d'un traitement allégé de son relief, il est difficile de dire si elles sont réelles ou découlent d'artefacts de traitements.

Les épaisseurs de tourbe mesurées à la perche atteignent 3,7m, mais semblent plus souvent de l'ordre de 2-3m.

Les unités fonctionnelles présentes n'ont pas été relevées. Il s'agit de moliniaies paucispécifiques, de moliniaies à sphaignes vertes, de quelques replats à sphaignes rouges et surtout de moliniaies à sphaignes rouges. Localement, des secteurs à trichophores sont présents. D'autres unités localisées comme des systèmes de drains à bouleau et une mare ont aussi été observées.

Les deux sondages pédologiques et paléoécologiques ont atteint le socle et traversé des tourbes de haut-marais à linaigrette engainante, *Sphagnum magellanicum*, *S. capillifolium* et *S. fuscum*. La base des profils montre des horizons organo-minéraux noirs à bois, polytric et molinie. Un KTH est nettement présent sur un des sondages seulement, il est probablement présent sur l'autre de manière discrète, avec une atténuation des traits caractéristiques probablement induite par une durée importante depuis l'arrêt de la perturbation et/ou une re-

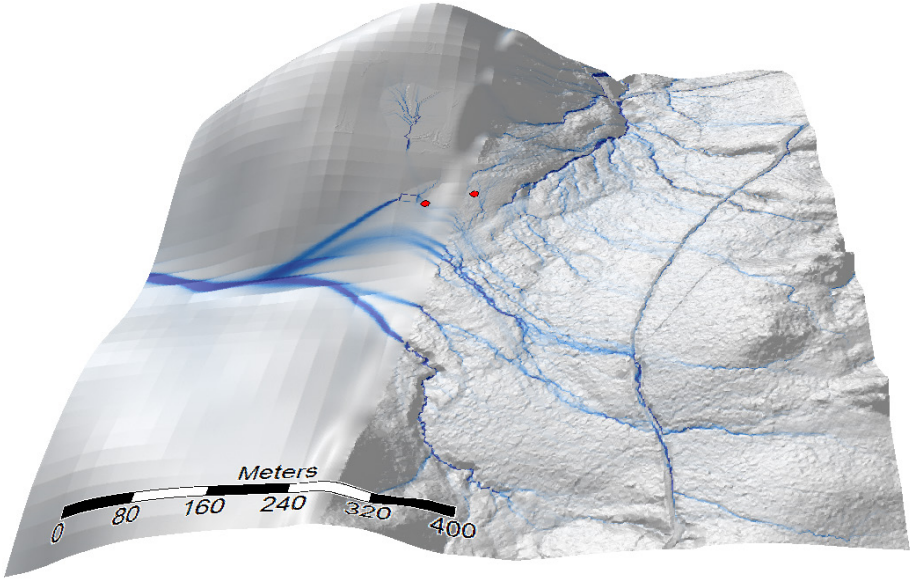


Figure 5-21-1: le site de Rouge-Rupt (représenté par les deux sondages en rouge) dans son contexte topographique (source RGE Alti© IGN). Les écoulements ont été représentés pour mettre en évidence les pentes.

Figure 5-21-2: estimations des épaisseurs de tourbe (en cm) et des sondages paléoécologiques (fond IGN).

prise turfigène précoce. De manière originale, le sondage 41 montre un second KTH, en profondeur, et peut-être un troisième.

5.21.B - Analyse fonctionnelle

L'origine de la tourbière est difficile à déterminer en l'absence de datation C^{14} et d'analyse macrorestes détaillée. Il est ainsi difficile de caractériser l'origine des couches basales, mais l'action de l'homme n'est pas à exclure. Au contraire, il est possible que des défrichements précoces soient à l'origine des complexes de Rouge-Rupt.

Si l'origine reste incertaine, le développement ultérieur est sans aucun doute celui d'une tourbière haute, fonctionnant donc sur le principe d'ombrotrophie. Il y a peu de chances que ce système puisse s'accommoder d'un usage anthropique, on peut ainsi considérer que si la mise en place est liée à l'homme, le fonctionnement ultérieur ne l'est pas. Il n'est pas non plus en lien avec une décharge hydrologique.

L'existence d'un KTH indique que la tourbière a été, comme c'est majoritairement le cas, une zone de piétinement, probablement d'origine agrospastorale. Il est possible que ces pratiques aient été plusieurs fois mises en place

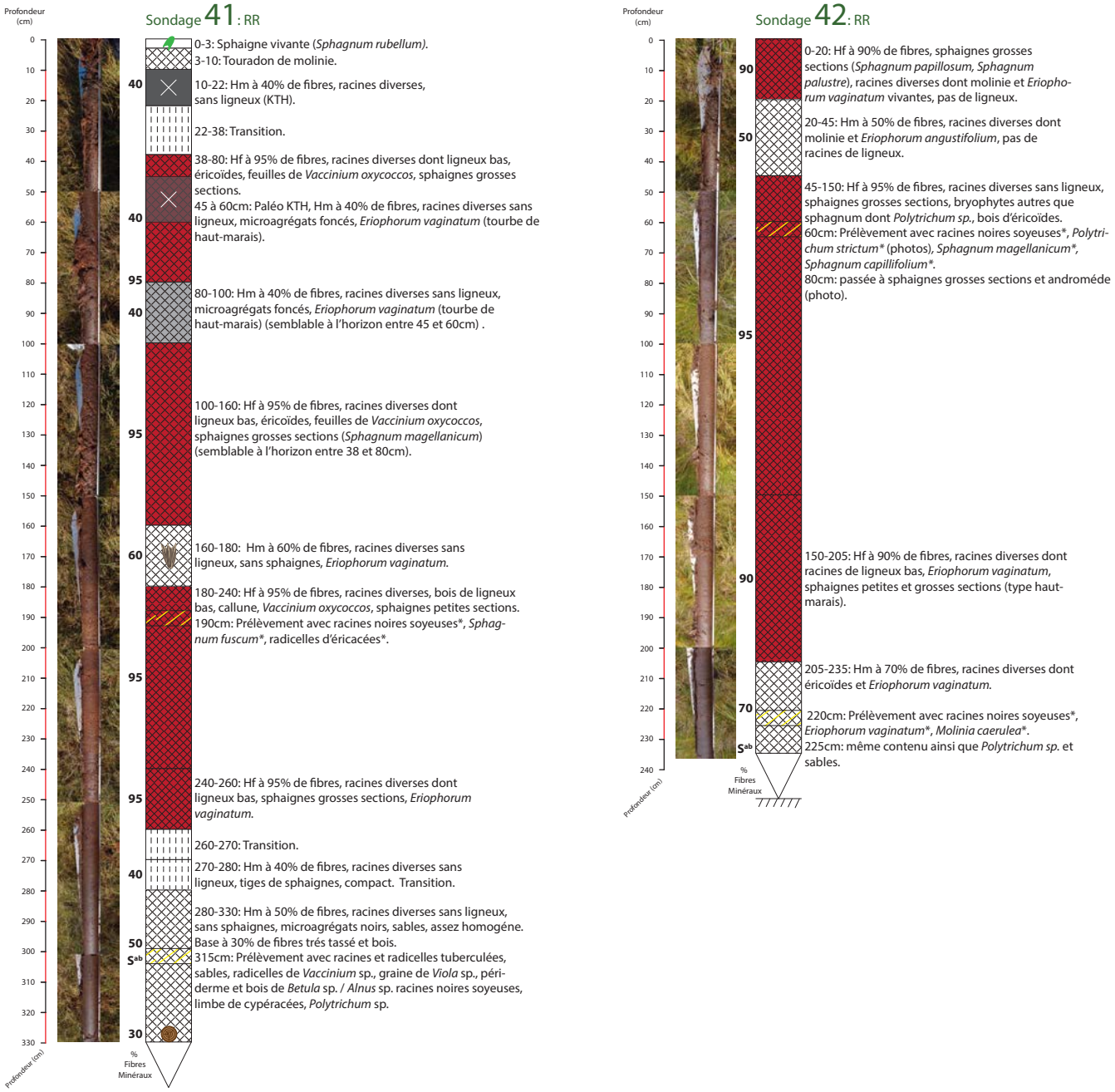


Figure 5-21-3: schéma de restitution des sondages réalisés à Rouge-Rupt. Localisation des sondages en figure 5-21-2.

et abandonnées, vu les possibles paléoKTH observés. Le fait que la tourbière reprenne régulièrement une activité turfigène sous modalité ombrotrophe, aujourd'hui compris, est probablement en lien avec un microclimat spécifique, favorable à l'ombrotrophie.

Au Rouge-Rupt, comme pour de nombreux complexes du secteur, il semble que les sphaignes rouges et la linaigrette engainante soient compétitives sur les KTH surmontant des tourbes de hauts-marais. Il est probable que des communautés formées par ces plantes puissent s'étendre et exclure les compétiteurs, comme cela semble avoir été le cas dans le passé (en tout cas, c'est ce que suggèrent les paléoKTH).

5.21.C - Etat de conservation

Pour des raisons de temps, nous n'avons pas procédé à une évaluation de l'état de conservation par profils de structure et de suivi. Ceci dit, la visite a mis en évidence l'importance du recouvrement de la linaigrette et des sphaignes rouges sur une bonne part de la surface de l'édifice tourbeux. Il apparait donc que l'Habitat 7110* est majoritaire sur le complexe. Nous pouvons donc proposer son rattachement à la dichotomie 8a correspondant à un haut-marais perturbé en surface en voie de régénération à stabilité probable et donc dans un état favorable.

5.21.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

Le complexe a fait l'objet d'une visite rapide. Il semble de fonctionnement proche des complexes non lacustres de Pourri-Faing et de certains complexes du vallon des Vintergès. S'il apparaissait différent, il serait intéressant de caractériser mieux son origine par une analyse des macrorestes des couches basales et par radiodatations C^{14}.

Les communautés floristiques présentes pourraient faire l'objet d'un profil de structure et de suivi.

La gestion reste identique à celle proposée pour Pourri-Faing et les tourbières de Vintergès: une limitation du piétinement et une coupe des épicéas occupant des secteurs de tourbe de haut-marais.

Figure 5-21-4: feuilles d'*Andromeda polifolia* (S42 à 80cm), en haut à droite, et feuille de *Polytrichum strictum* en bas et en haut à gauche (S42 à 60cm).

5.22 - Ochsenmatt et sources de la Lauch

Ces deux sites ont fait l'objet d'une visite rapide, visant, notamment, à vérifier la présence d'Habitats de Tourbières d'intérêt communautaire. Ceux-ci n'ont pas été observés, aucune évaluation n'est donc réalisable.

5.22.A - Sources de la Lauch

D'un point de vue des milieux, le complexe des sources de la Lauch correspond à un fond de vallon pentu, ne permettant le dépôt de la tourbe que de manière ponctuelle, dans des secteurs d'émergence relativement concentrée, parfois sous forme de bas-marais bombés (figures 5-22-1 et 5-22-2). A ces endroits, la charge hydraulique étant importante, l'eau a capacité à monter dans une colonne de tourbe produite par une communauté de bas-marais géotrophe. Une fois le niveau du sol atteint, l'eau ruisselle vers le ruisseau du fond de vallon. On observe ainsi une série d'émergences concentrées sur le flanc nord du vallon. Entre ces émergences, s'étendent des prairies humides riches en molinie, induites par des alimentations hydriques diffuses, plus ou moins enrichies en espèces de mégaphorbiaies.

Cette organisation est certainement en lien avec la structure des roches carbonifères d'origine sédimentaire qui constituent le substrat. Les pendages indiqués sur la carte géologiques sont globalement orientés vers le nord-est et on peut imaginer que les émergences des bords du ruisseau drainent des couches à plus forte porosité ou fracturation, du nord vers le sud. Ceci explique la présence de taxons à affinité alcaline comme *Sphagnum teres* ou des mousses brunes non identifiées, certaines couches contenant des galets de roches calcaires.

Un sondage a été réalisé dans la partie basse du complexe (secteur ou la tourbe est la plus épaisse, plus de 2m

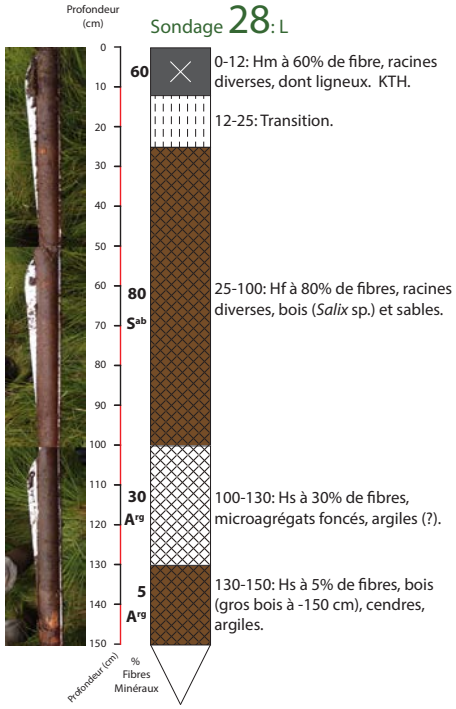


Figure 5-22-3: représentation schématique du sondage réalisé aux sources de la Lauch.

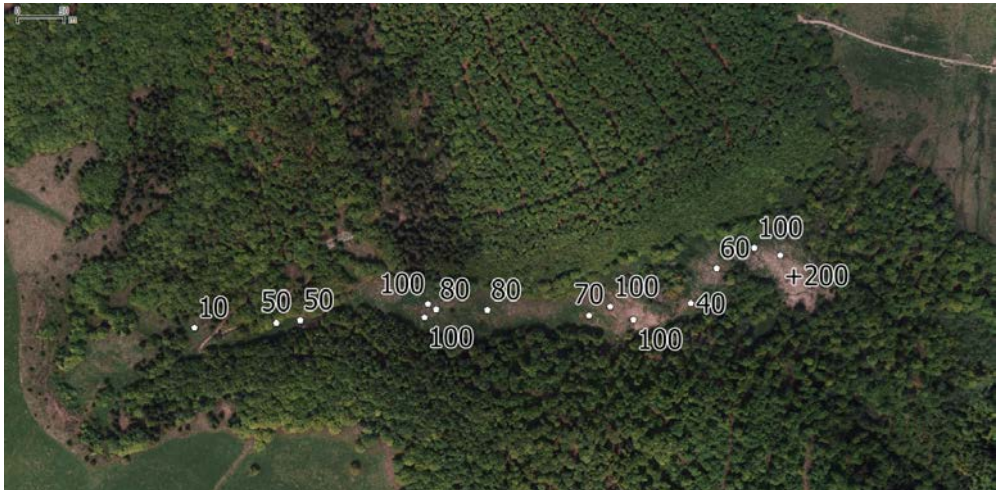


Figure 5-22-1: épaisseurs de tourbe dans le vallon des sources de la Lauch (Fond Cigal).

Figure 5-22-2: vue de la partie amont du vallon, les milieux humides se tiennent en rive gauche (à droite), et sont surtout des prairies plus ou moins riches en molinie.

(figure 5-22-3)). Il montre un KTH typique, surmontant des tourbes riches en fibres, en bois et en particules minérales. Il semble qu'il s'agisse d'un bas-marais alimenté par une émergence diffuse permise par le transfert d'une charge hydraulique à travers ce qui est considéré comme un dépôt morainique sur la carte géologique (ces tills sont souvent de bon compartiments diffuseurs). Ce secteur sur émergence diffuse est occupé par une moliniaie sans sphaignes, sur KTH. Il faudrait strictement attendre que ces sphaignes apparaissent pour qu'il puisse être considéré comme relevant de l'Habitat 7120.

En résumé, le complexe des sources de la Lauch est induit par une série d'émergences alimentées par des nappes récurrentes dans des couches recoupant le vallon. Suivant la présence de dépôts superficiels et leur nature, l'émergence est plus ou moins diffuse, ce qui permet l'expression de tourbières plus ou moins étendues, mais toujours de type bas-marais, géotrophes, même si l'édifice parait bombé.

Ces systèmes ne sont viables, à long terme, que sous une contrainte de pâturage. Sans celui-ci, les ligneux comme les saules et les bouleaux profiteront d'une relative bonne disponibilité en nutriments pour coloniser le fond de vallon. Il est possible que les mammifères sauvages contribuent, aujourd'hui, à maintenir le milieu ouvert. Il faut néanmoins garder à l'esprit que la colonisation ligneuse n'est pas uniquement induite par un processus d'installation «visible» des ligneux, mais aussi un processus pédologique d'enrichissement trophique. Une fois le sol enrichi, les ligneux pourront pousser en masse à la suite de perturbations climatiques ou édaphiques.

5.22.B - Ochsenmatt

Le complexe de l'Ochsenmatt est comparable au complexe situé à l'aval des sources de la Lauch. Il s'agit probablement d'un ancien bas-marais mis en place sur une émergence diffuse sur colluvions ou till. Les épaisseurs de tourbe sont faibles (figure 5-22-4). Le sondage réalisé dans le secteur des plus fortes puissances montre des tourbes de bas-marais (figure 5-22-5).

Le site a fait l'objet de drainage et de plantations d'épicéas. Les communautés observées sont des moliniaies paucispéficiques, des buttes à callune, etc. Des travaux récents de coupes d'épicéas ont été réalisés, ce qui rend difficile l'analyse fonctionnelle.

L'origine des tourbières de l'Ochsenmatt est probablement à chercher dans les défrichements et les usages agropastoraux plus ou moins anciens, comme à Machais (Goubet, 2015). Vu la taille du complexe, les épaisseurs de tourbe et les travaux de plantation, il est peu probable que le complexe puisse voir s'installer des communautés à sphaignes rouges. Le devenir du complexe est probablement celui de la mise en place de saulaies-boulaies à épicéas. Suivant les modalités de décharge hydrogéologique, le site pourrait ainsi prendre l'aspect du complexe de la Chaume-Thiriet, présenté dans ce document. Le maintien d'une tourbière ouverte semble illusoire dans un contexte forestier.

Nous ne recommandons pas d'action spécifique pour ce complexe. Un suivi de la végétation tous les 5-10 ans semble approprié.

Figure 5-22-4: indications des épaisseurs de tourbe, en cm, et du lieu du sondage, étoile. (fond Cigal).

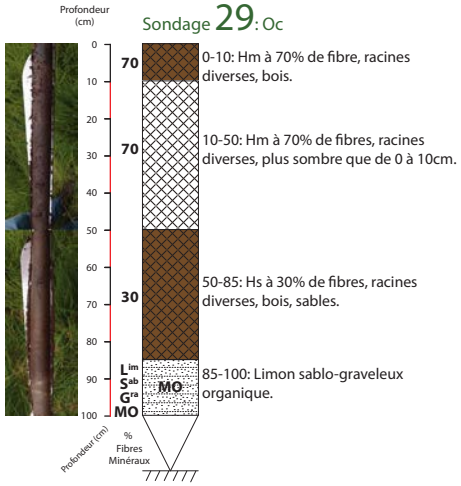


Figure 5-22-5: représentation schématique du sondage de l'Ochsentmatt.

5.23 - Vintergès

5.23.A - Structure du site

Le vallon des Vintergès est occupé par plusieurs complexes tourbeux, mais seul celui le plus en amont a fait l'objet d'une visite.

La structure du relief du secteur met en évidence une série de vallons asymétriques, avec un versant orienté vers le sud-est plus pentu que celui orienté vers le nord-ouest (figure 5-23-1). Cette logique se poursuit de l'autre côté de la crête, avec des versants orientés au sud-ouest qui restent en continuité de chaque côté de la crête. Cependant, la morphologie glaciaire imprime fortement sa marque et floute la structure tectonique dans la partie alsacienne.

Cette structure topographique est conforme à une structure tectonique de type pull apart, à partir d'un décrochement dextre, probablement issue d'une faille satellite de l'accident majeur Thillot-Cornimont-Le Valtin (non représenté sur la carte géologique au 1/50 000 mais sur celle du 1/1 000 000).

Si ce modèle est le bon, le versant en rive droite du vallon des Vintergès correspond à un plan de faille, le versant en rive gauche à la surface pré-rift. Le tout à probablement été érodé par les glaciers, encore que la conservation des structures semble bonne dans la partie vosgienne, au moins.

On peut noter la proximité structurelle avec les complexes de Pourri-Faing, mais, pour ce dernier, il ne s'agit pas d'une série mais d'une unique entité, probablement une écaille latérale à la fracture ouest passant dans la vallée de la Thur. Cette écaille décroche de manière identique aux blocs des Vintergès.

Il est probable que cette structure géologique conditionne fortement les écoulements souterrains ou hypodermiques, donc les émergences et par là les zones humides. Le ruissellement et les processus érosifs sont aussi conditionnés par cette structure topographique. De plus, des processus d'altération des granites par des circulations hydriques profondes, en lien probable avec la fracturation géologique ont été reportés (épisyenisation) (Guerold, 1992).

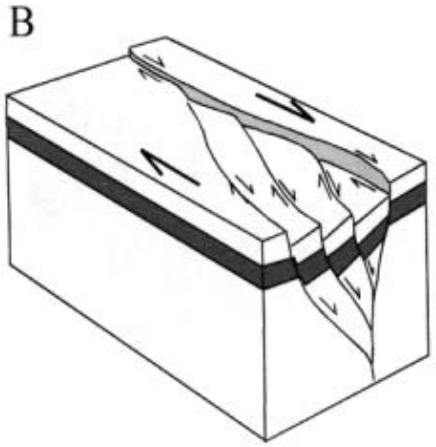


Figure 5-23-2: schéma de structure en pull apart sur décrochement senestre (source http://earthquake.usgs.gov/research/creep/GardeniaEE_crax.html).

Les complexes des Vintergès sont situés en fond de vallon, sur des dépôts glaciaires sablo-argileux à blocs indifférenciés comme l'indique la carte géologique. Des sources bibliographiques

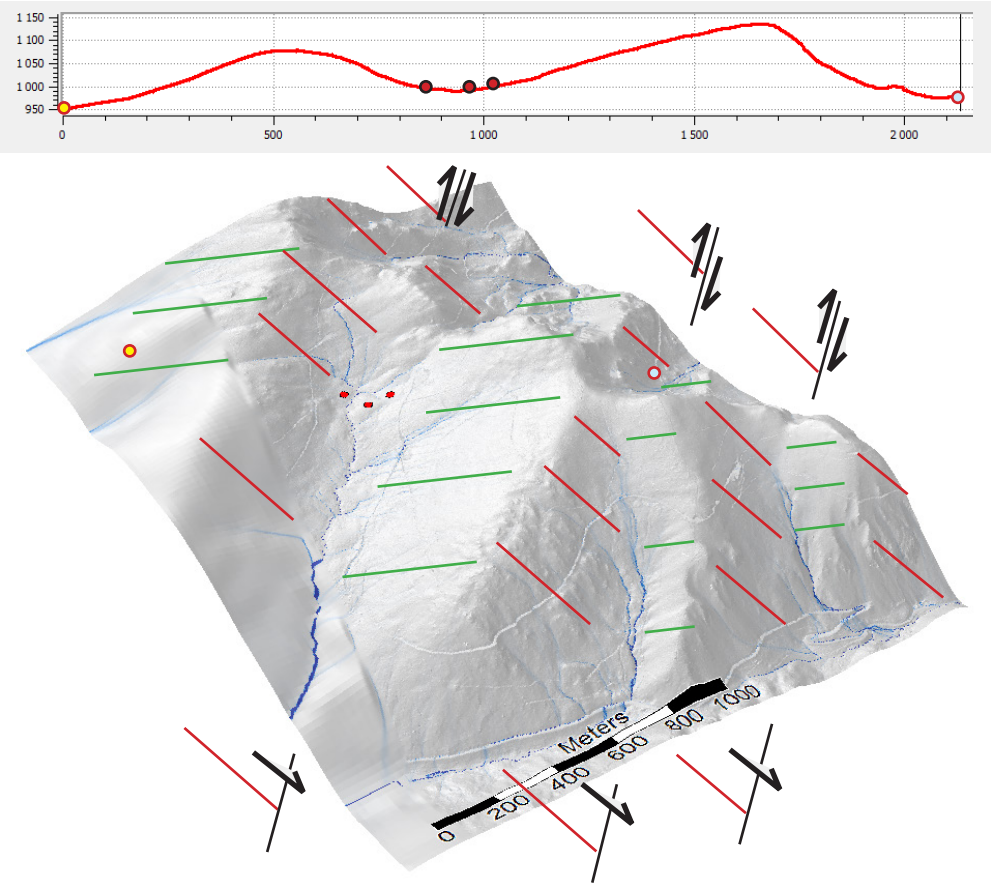


Figure 5-23-1: intégration du site, représenté par les points de sondages, dans son contexte topographique (relief issu du RGE Alti© IGN). Les écoulements ont été représentés pour mettre en évidence les pentes. Les traits rouges représentent les plans de failles, les traits verts, la surface pré-rift, les flèches noires représentent les sens de déplacement des blocs, à comparer avec la figure 5-24-2. En haut, vue en coupe avec repères sur bloc 3D (échelles en m NGF et m).

indiquent, dans le secteur du Rouge-Rupt, la présence d'un dépôt nommé crassin (Guerold, 1992; Mansuy, 1992), correspondant probablement à un till de fond, d'après la description du terme par Flageollet *et al.* (1971). Ce dépôt joue probablement un rôle non négligeable dans le fonctionnement hydrologique des bassins versants et la répartition des tourbières. On peut s'attendre à une imperméabilité non négligeable de cet horizon compact situé en subsurface.

Les propriétés hydrauliques des formations superficielles sont variables et dépendent du contenu en particules fines. Les propriétés des granites vont dépendre de l'importance des fractures de toutes tailles et de leurs éventuels remplissages argileux.

Les complexes se tiennent sur des pentes autour de 10%. Au regard des ces pentes, les épaisseurs de tourbe sont importantes. On passe ainsi de 1m en périphérie à 4,5m dans la partie basse (figure 5-23-3). L'origine des tourbes varie (figure 5-23-4). Les tourbes de hauts-marais sont présentes dans la partie la plus épaisse (S40), les tourbes de bas-marais à *Carex echinata* et bouleau de type Machais sont également observées en bordure (S43). Le sondage S44 et la base du sondage S40 sont difficiles d'interprétation sans calage chronologique. L'histoire du complexe semble compliquée, avec un rôle de l'homme qui pourrait être déterminant dans les changements majeurs de communautés ou même dans la mise en place des tourbières. L'hétérogénéité des tourbes complique les évaluations, quelles qu'elles soient. Si présent, le KTH n'est pas clairement exprimé. En effet, si les 50cm de surface des sondages S40 et S43 laissent présumer d'une discontinuité fonctionnelle, les critères caractéristiques du KTH n'ont pas été observés.

Les unités fonctionnelles sont du même type que celles rencontrées de Machais au Rouge-Rupt: moliniaie paucispécifique, luzulaie à *Luzula sylvatica*, Vacciniaie à *Vaccinium uliginosum*, sphaignes, et pleurocarpes; replats à sphaignes rouges.

Vacciniaie à sphaignes et pleuro-

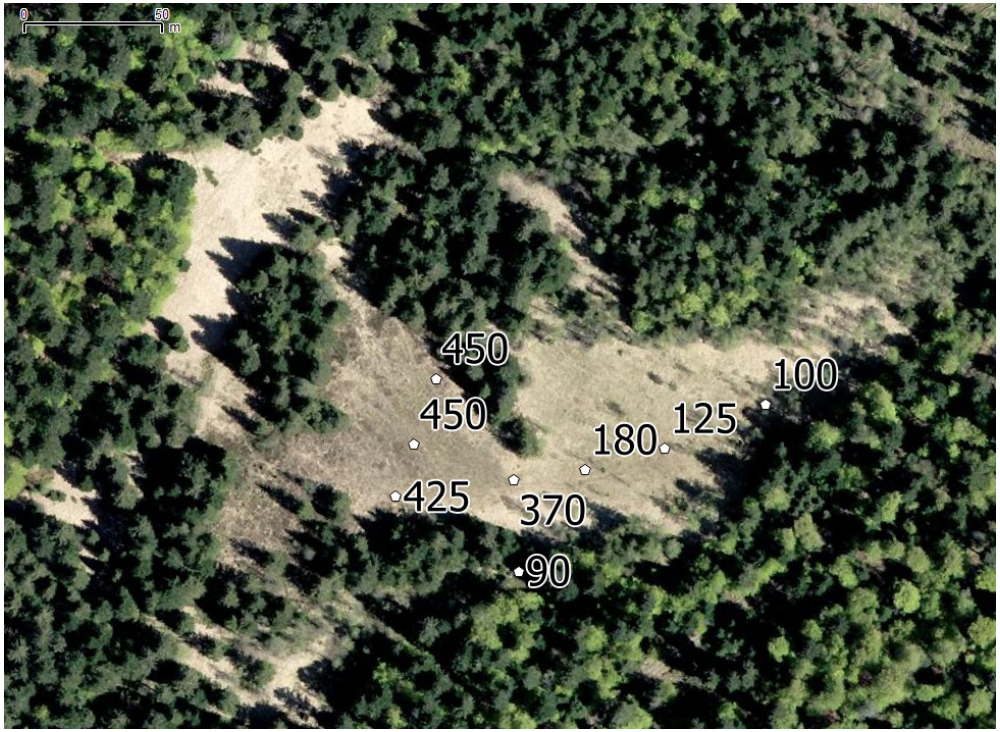


Figure 5-23-3: estimations des épaisseurs de tourbe (en cm) en quelques points d'un des complexes (fond IGN).

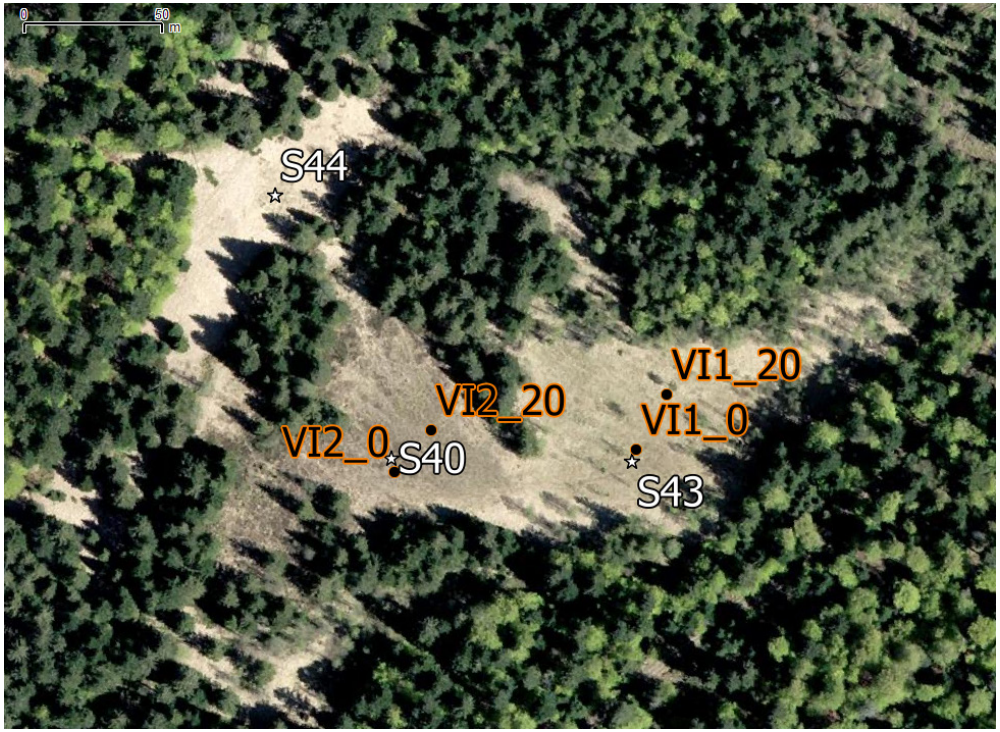


Figure 5-23-4: localisation des sondages et de débuts et fins de profils (fond IGN).

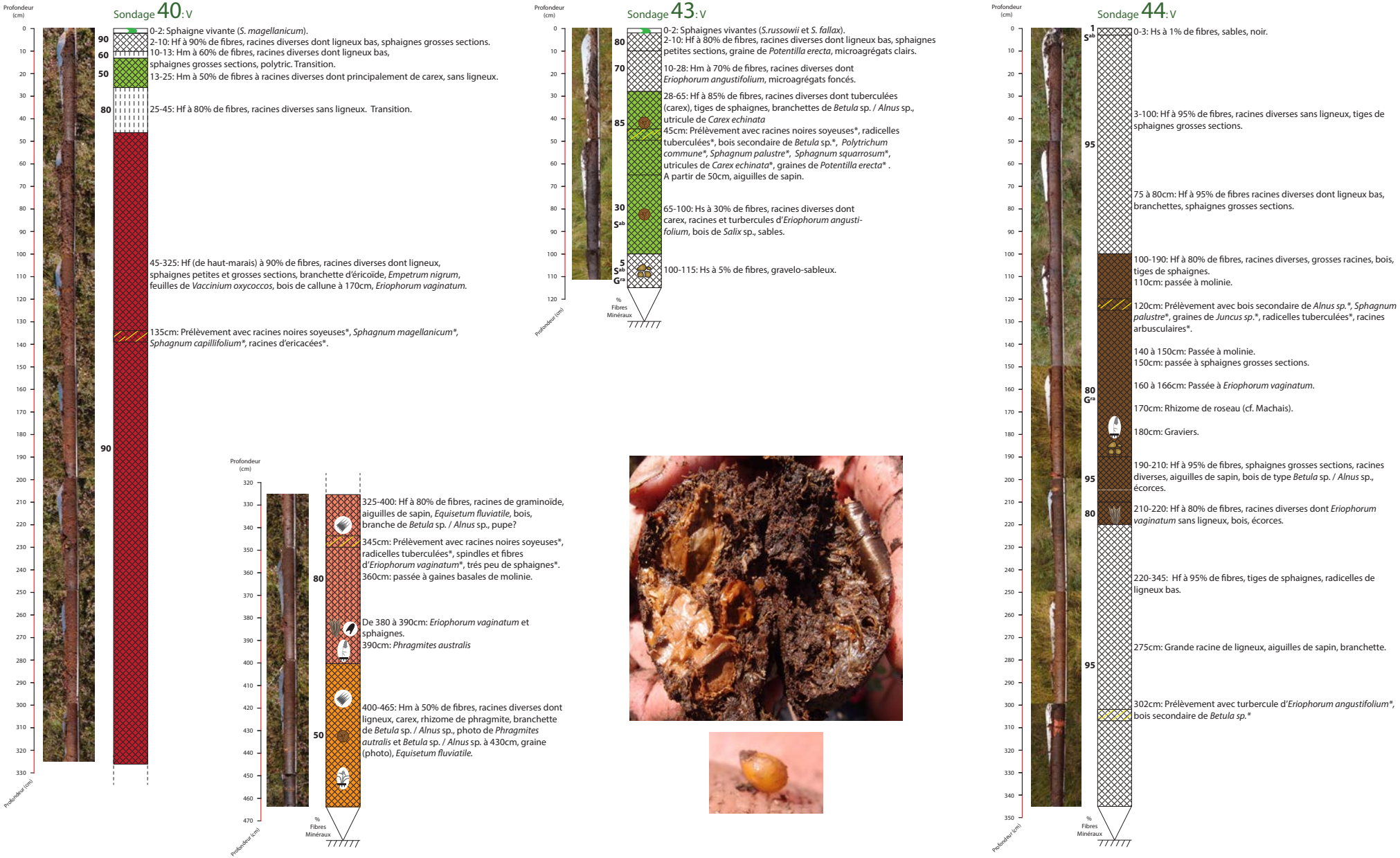


Figure 5-23-5: schéma de restitution des sondages réalisés sur un des complexe du vallon des Vintergès. Rhizome de *Phragmites australis*, branchette de bouleau et graine, provenant du sondage S40 à 430cm. Localisation des sondages en figure 5-24-4.

carpes et replats à sphaignes rouges ont été caractérisés par deux profils de structure et de suivi (tableau 5-23-1). Le profil VI1 a été réalisé dans une zone de replats à sphaignes rouges «classique» du secteur, alors que le VI2 correspond, dans sa première partie (0-12m) à une zone riche en *Vaccinium uliginosum*. Du point de vue pédologique, VI1 correspond à une tourbe de bas-marais à *Carex echinata* type «Machais». On note la présence typique d'*Eriophorum angustifolium* et originale de *Polygala serpyllifolia*. *Eriophorum vaginatum*, a été relevé sur la quasi totalité des tronçons. *Sphagnum magellanicum* et *S. rubellum* sont présents sur les deux profils avec des recouvrements variés, mais à elles deux, cela représente un recouvrement fort. Une partie du profil VI2 est occupée par *Vaccinium uliginosum*, *Sphagnum russowii* et *Pleurozium schreberi*. *Vaccinium myrtillus* s'insère aussi de manière ponctuelle dans cette vacciniaie.

Il y a une grande proximité entre la communauté du profil VI1 et celle de la seconde partie du profil VI2.

5.23.B - Analyse fonctionnelle

Les données collectées aux Vintergès restent sommaires par rapport à la complexité de tourbières encore mal connues. En effet, ces tourbières sur pentes n'ont pas encore été étudiées dans suffisamment de détails pour être correctement décrites et, surtout, pour être comparées à des modèles de fonctionnement pertinents. De plus, elles semblent répandues dans certains secteurs des Vosges (tourbière de Surcenord, cirque de Machais, massif du Bramont, massif de Ventron) mais rares ailleurs en France, à l'exception, peut-être, de l'ouest du Massif central (avec une altitude, un climat et une géologie comparables). De ce fait, même les modèles de fonctionnement restent à élaborer.

Les données les plus précises disponibles sont celles des études menées actuellement sur les tourbières des pentes du cirque de Machais (Goubet, 2015). Les données de structure et paléoécologiques révèlent l'origine anthropique plus ou moins ancienne de ces tourbières. Leur mise en place est ainsi probablement échelonnée dans le temps, depuis 3500 ans. Le lien entre fracturation du socle géologique et tourbière est le plus souvent mis en évidence, avec un processus hydrologique sous-jacent. La caractérisation hydrologique des tourbières des pentes de Machais est en cours. Si la construction de ces tourbières n'est plus

Groupe ACH-VARCLUS		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		VI1_1	VI1_2	VI1_3	VI1_4	VI1_5	VI1_6	VI1_7	VI1_8	VI1_9	VI1_10	VI1_11	VI1_12	VI1_13	VI1_14	VI1_15	VI1_16	VI1_17	VI1_18	VI1_19	VI1_20
VI1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sphagnum russowii	9			x	x		x	x	x	x	x									x	x
Aulacomnium palustre	1																	x			
Drosera rotundifolia	3										x	x		x							
Vaccinium oxycoccos	17	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x
Calluna vulgaris	11		x	x		x	x	x		x	x		x	x	x					x	
Eriophorum vaginatum	15		x			x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum fallax	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum magellanicum	12	x	x		x	x	x	x	x	x						x	x			x	x
Carex pauciflora	11	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x					x				
Sphagnum rubellum	4		x		x		x							x							
Molinia caerulea	19	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Potentilla erecta	11		x	x	x					x	x			x	x	x	x			x	x
Eriophorum angustifolium	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Carex echinata	1											x									
Carex rostrata	1																	x			
Polygala serpyllifolia	10	x		x				x		x		x		x			x	x	x		x

Tableau 5-23-1: profils de structure et de suivi à l'échelle du taxon réalisés sur un des complexes des Vintergès. La localisation des profils est présentée en figure 5-24-4.

Groupe ACH-VARCLUS		3	3	3	3	3	9	3	4	3	3	3	3	10	10	10	10	9	10	10	10
		VI2_1	VI2_2	VI2_3	VI2_4	VI2_5	VI2_6	VI2_7	VI2_8	VI2_9	VI2_10	VI2_11	VI2_12	VI2_13	VI2_14	VI2_15	VI2_16	VI2_17	VI2_18	VI2_19	VI2_20
VI2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Vaccinium myrtillus	3								x	x	x										
Vaccinium uliginosum	14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x	x		
Sphagnum russowii	13			x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x		x			x
Pleurozium schreberi	9		x	x	x		x	x	x		x	x	x								
Aulacomnium palustre	14	x	x	x			x		x	x	x	x	x				x	x	x	x	x
Polytrichum strictum	11	x	x	x				x	x	x	x	x	x						x	x	
Vaccinium oxycoccos	13								x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Calluna vulgaris	19	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Eriophorum vaginatum	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum fallax	3		x			x	x														
Sphagnum magellanicum	11				x		x	x						x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum rubellum	10	x	x	x									x	x	x		x		x	x	x
Carex pauciflora	5													x	x	x	x			x	
Molinia caerulea	19	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Potentilla erecta	1																		x		
Sphagnum cuspidatum	2														x		x				
Sphagnum papillosum	2			x	x																
Calypogeia sphagnicola	1			x																	

énigmatique, leur devenir reste incertain. Cependant, la présence de communautés à sphaignes rouges semble correspondre à la mise en place des communautés qui ont construit une partie du complexe des Vintergès, la partie basse.

Au final, le fonctionnement des tourbières des Vintergès est probablement proche de celles de Machais. Les communautés à sphaignes rouges devraient prendre le dessus sur une bonne partie de la surface, sur les tourbes de haut-marais comme sur les tourbes de bas-marais à *Carex echinata*. On peut s'attendre à une colonisation ligneuse périphérique, en fonction de la qualité des tourbes.

5.23.C - Etat de conservation

Les Habitats 7110* et 7120 sont répandus sur les complexes. La cartographie de ces Habitats n'a pas été réalisée, pas plus qu'une description spatialisée des types de tourbes, même si trois sondages ont été réalisés. L'évaluation ne peut donc être réalisée que sur la base des profils de structure et de suivi et une approximation des surfaces occupées et des tourbes sous-jacentes.

L'Habitat 7110* se tient à la fois sur des tourbes de haut-marais et des tourbes de bas-marais. La présence d'un KTH n'a pas été clairement définie, mais elle est probable. On peut donc considérer que l'Habitat qui se tient sur les tourbes de haut-marais correspond à la dichotomie 8a de la clé d'évaluation: haut-marais perturbé en surface en voie de régénération à stabilité probable. Il peut donc être considéré en état favorable. De façon comparable, l'Habitat se tenant sur des tourbes de bas-marais correspond à la dichotomie 10a: 7110* d'origine anthropique récente à stabilité probable et dans un état favorable. Nous supposons ainsi que le recouvrement de l'Habitat excède 80% de son potentiel, les 20% restants étant occupés par la moliniaie, rattachable à l'Habitat 7120. Vu les surfaces concernées, nous pouvons rattacher l'Habitat du complexe à la dichotomie 3a: Tourbière haute dégradée dans un état favorable à son maintien ou à l'émergence des communautés de tourbières hautes et donc dans un état favorable.

En conclusion, on peut donc en déduire que les Habitats de tourbière du complexe visité sont dans un état favorable.

5.23.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

De manière simplifiée, on peut dire que tout est à faire du point de vue de la connaissance, et rien pour ce qui est de la gestion, au moins dans l'état actuel des connaissances.

Pour mieux connaitre le fonctionnement des complexes tourbeux du massif de Ventron, il semble pertinent d'attendre les résultats des études en cours sur les tourbières des pentes du cirque de Machais. Ces études devraient permettre de mieux comprendre l'origine et le fonctionnement de ce type de tourbières et de définir des indicateurs fonctionnels à l'attention du diagnostic des complexes de contextes comparable. D'autres études en cours dans le Massif central devraient également permettre d'appuyer la démarche vosgienne. Donc, même si il faut reconnaitre une lacune de connaissance importante, la mise en place d'un diagnostic fonctionnel nécessite encore un peu de délai (2-3 ans).

Figure 5-23-6: vue générale de la partie amont du complexe est, là où a été réalisé le PSS VI2.

Cela n'est de toute façon pas un frein à une bonne gestion, puisque les actions à mettre en place pour garantir le maintien et l'extension des Habitats d'intérêt communautaire sont limités à la coupe des jeunes épicéas et à la limitation du piétinement.

Pour ce qui concerne le suivi, nous proposons, comme pour la plupart des tourbières, la réalisation de cartographies pertinentes: de communautés, d'unités fonctionnelles, et de bioindicateurs fonctionnels (à définir). En complément, des profils de structure et de suivi sur des linéaires importants sont aussi recommandés. Par exemple, pour le complexe étudié, un profil longitudinal amont-aval de 150m semble idéal.

5.24 - Morfeld

5.24.A - Structure du site

Le complexe [1] se présente sous la forme d'un triangle isocèle allongé dans l'axe nord-sud dont la base se situe à l'amont, au sud (figure 5-24-1 et 5-24-2). Il se tient à une altitude de 1184m à une centaine de mètres sous un col séparant des reliefs culminants à 1238m (le Hundskopf) et 1366m (le Strokenkopf).

Le substrat correspond, comme aux sources de la Lauch toutes proches, à des dépôts sédimentaires du Carbonifère d'un pendage général de 40-60°, dans le sens de la pente. MNT et photographie aérienne montrent l'existence de drains, certains fortement incisés, sachant que les épaisseurs de tourbe restent modestes avec un maximum de 1,50m au centre amont du complexe. Ce système de drainage est probablement lié à une forme de captage des écoulements pour alimenter à travers un bief, peut-être même deux, visibles sur le MNT [2]. Aujourd'hui, un captage «classique» est présent sur la marge ouest du complexe [3].

Trois sondages paléoécologiques exhaustifs ont été réalisés (figure 5-24-2) et sont présentés en figure 5-24-3. Ils indiquent tous des tourbes de bas-marais, boisées à la base de la colonne coiffées d'un KTH peu épais mais bien caractérisé.

Les communautés présentent aujourd'hui ont été caractérisées par deux profils de structure et de suivi (tableaux 5-24-1). Les deux profils sont comparables mais l'un présente un cortège de prairiale que l'autre ne montre pas. Mais même pour ce dernier, on constate une superposition de cortèges diversifiés avec celui des vacciniaies, celui de la tourbière haute, linaigrette engainante, callune, sphaignes rouges, celui de la moliniaie, celui des tourbes tassées piétinées avec le nard, le gaillet des rochers et la canche flexueuse. La laîche noire indique les processus érosifs accompagnant le piétinement.

5.24.B - Analyse fonctionnelle

Les données acquises vont toutes dans le sens de l'existence d'une tourbière haute d'origine anthropique sur KTH et tourbe de bas-marais. Comme pour d'autres complexes situés dans des contextes comparables (sources de la Vologne, Trois-Fours), la tourbière tient son origine dans une probable concentration des circulations de surface et de subsurface, éventuellement d'une décharge aquifère (mais les topographies excluent en grande partie cette hypothèse). L'existence des différents cortèges décrits par les profils est en lien avec l'origine du complexe, le KTH, le drainage et le pâturage récent.

Le cortège de la tourbière haute est probablement induit par le KTH et le drainage. L'hypothèse semblant correspondre au déterminisme du cortège de la vacciniaie est celle d'une «landifi-

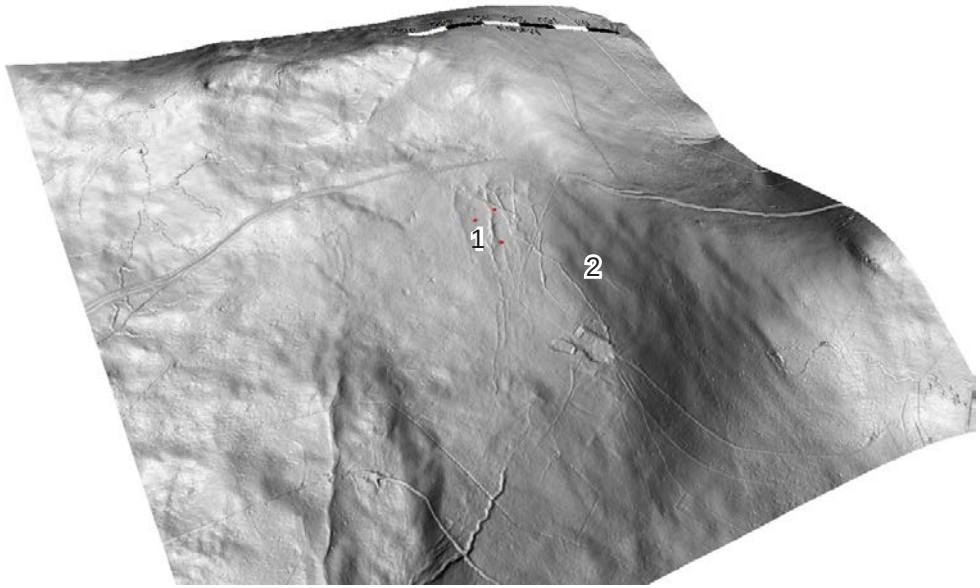


Figure 5-24-1: Situation du complexe dans son cadre topographique issu du RGE Alti© IGN. Les points rouges indiquent l'emplacement des sondages.

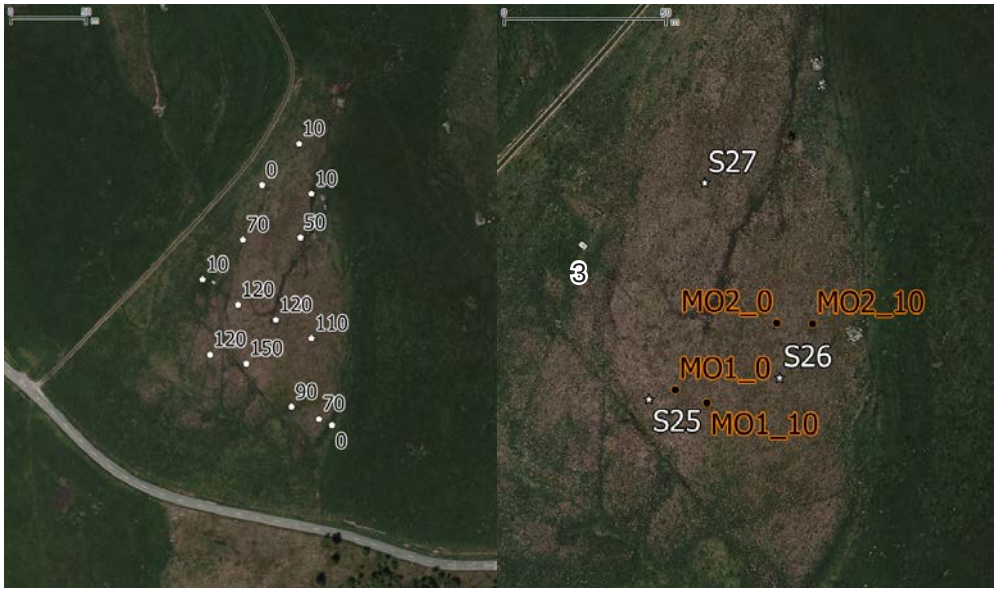


Figure 5-24-2: épaisseurs de tourbe mesurées à la perche (en cm), à gauche et localisation des sondages et des profil de structure et de suivi, à droite (fond photo Cigalsace-IGN).

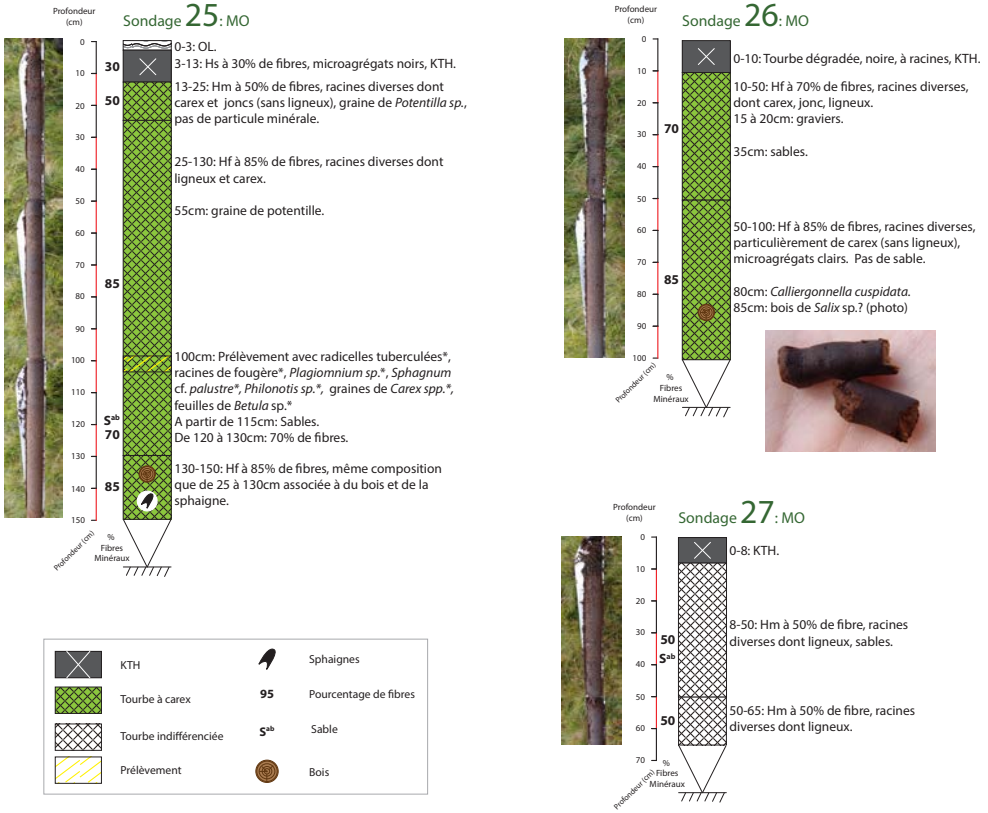


Figure 5-24-3: schéma de restitution des sondages réalisés sur le complexe du Morfled.

Groupe ACH-VARCLUS		5	5	5	5	6	5	5	5	5	5
		MO1_1	MO1_2	MO1_3	MO1_4	MO1_5	MO1_6	MO1_7	MO1_8	MO1_9	MO1_10
MO1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vaccinium myrtillus	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vaccinium vitis-ideae	8	x	x	x	x	x	x	x			x
Pleurozium schreberi	1										x
Aulacomnium palustre	3	x			x	x					
Polytrichum strictum	6	x	x	x	x	x	x				
Calluna vulgaris	8	x	x	x	x		x	x		x	x
Eriophorum vaginatum	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum magellanicum	2	x		x							
Sphagnum capillifolium	9	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Molinia caerulea	8	x	x			x	x	x	x	x	x
Potentilla erecta	2								x		x
Nardus stricta	3							x	x	x	
Deschampsia flexuosa	5			x	x	x			x		x
Carex nigra	9	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Anthoxanthum odoratum	1			x							
Luzulla congesta	1									x	
Festuca sp.	1										x
Agrostis canina	1										x
Sphagnum cf. palustre	1								x		
Plagiothecium sp.	1								x		

Groupe ACH-VARCLUS		5	5	5	5	1	5	5	5	12	5
		MO2_1	MO2_2	MO2_3	MO2_4	MO2_5	MO2_6	MO2_7	MO2_8	MO2_9	MO2_10
MO2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vaccinium myrtillus	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vaccinium vitis-idaea	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pleurozium schreberi	5	x				x		x	x	x	
Aulacomnium palustre	2					x		x			
Calluna vulgaris	5		x	x			x	x	x		
Eriophorum vaginatum	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum capillifolium	6	x	x	x	x		x	x			
Sphagnum magellanicum	1		x								
Potentilla erecta	2	x	x								
Molinia caerulea	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Juncus squarrosus	1		x								
Nardus stricta	8	x		x	x	x	x	x	x	x	
Galium saxatile	7	x	x		x	x	x			x	x
Deschampsia flexuosa	3					x			x		x
Carex nigra	2			x							x
Polygonum bistorta	2				x						x
Leontodon pyrenaicus	2								x	x	
Anthoxanthum odoratum	2			x					x		
Rhytidiadelphus squarrosus	5					x	x		x	x	x
Polytrichum commune/formosum	1					x					
Luzula sylvatica	1							x			

Tableau 5-25-1: profils de structure et de suivi à l'échelle du taxon réalisés sur le complexe du Morfeld. La localisation des profils est présentée en figure 5-24-2.

cation», éventuellement d'origine pédologique (construction d'un mor à la suite de l'édification du KTH entraînant un enrichissement en particules minérales). Le nard, la canche et le gaillet, en tant qu'espèces favorisées par le piétinement, accompagnent logiquement les plantes de prairie comme la bistorte, le léontodon, la flouve. Le complexe est dans un état probablement stable sur la base d'un pâturage modéré. Relativement à cet état, un excès de pâturage mènerait à la disparition des espèces de la tourbière haute et de la lande au profit de celles des tourbes tassées piétinées et de prairie, encore que ces dernières pourraient également régresser sous l'effet du surpâturage. A l'inverse, l'arrêt du pâturage pourrait favoriser soit les espèces des tourbières hautes, soit celles de la vacciniaie, et peut-être certains arbustes ou arbres.

5.24.C - Etat de conservation

L'Habitat présent est le 7110*, la tourbière haute. Il est possible qu'une cartographie précise mette en évidence l'existence de secteurs tourbeux sans aucune des espèces de tourbière haute. Ils pourront être alors attribués au 7120. L'évaluation pourra donc être améliorée par une cartographie précise d'indicateurs fonctionnels.

L'Habitat 7110* correspond à la dichotomie 10a: soit un Habitat 7110* d'origine anthropique récente à stabilité probable, dans un état favorable.

On peut expliquer ce paradoxe de tourbière haute pâturée par le climat particulier de la crête, correspondant au cœur de la fenêtre d'ombrotrophie, compensant en quelque sorte l'effet néfaste du pâturage sur les sphaignes rouges. Les drains ne jouent probablement aucun rôle, ou dans le cas contraire, c'est un rôle qui est favorable aux espèces de tourbière haute.

5.24.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

Si on compare l'origine de la tourbière et son état actuel, on ne peut que reconnaitre l'importance des usages agropastoraux pour un maintien en l'état. Ceci dit, le problème majeur est notre incapacité à définir les modalités de pâturage les plus appropriées, par manque de référence. Les essais et une adaptation des pratiques sur la base d'un suivi semble une bonne stratégie, en attendant mieux.

La cartographie d'indicateurs fonctionnels et sa réactualisation régulière est probablement l'outil de suivi le plus pertinent, avec celui des profils des structure et de suivi.

5.25 - Neufs-Bois

Le complexe des Neufs-Bois étant relativement isolé, sa visite pour une évaluation de l'état de conservation nécessitait une journée, sans pouvoir visiter un autre site. De ce fait, le temps passé sur le site a été suffisant pour compléter l'évaluation par un diagnostic fonctionnel partiel basé sur la caractérisation de la structure du complexe et de l'analyse diachronique de terrain à travers la réalisation de trois sondages exhaustifs au carottier russe. Pour ce faire, nous avons été aidés par Karine Garès et Alix Badré du Parc naturel régional des Ballons des Vosges.

5.25.A - Structure du site

Le complexe (figure 5-25-1) se situe à une altitude de 1240m [1], en situation de col, entre les 1229m de la tête des Neufs-Bois [2] et les 1188m de la tête du Rouge-Gazon [3].

Les épaisseurs de tourbe mesurées à la perche indiquent une épaisseur maximale supérieure à 7m (valeur précise non mesurée par manque de rallonges)(figure 5-25-2). Vu la petite taille du complexe, une centaine de mètres de diamètre, les pentes minérales doivent être fortes et on peut parler d'une forme de surcreusement glaciaire probable.

La carte géologique (figure 5-25-3) indique que le massif où se situe le complexe est composé d'un complexe faillé de dépôts volcaniques et sédimen-

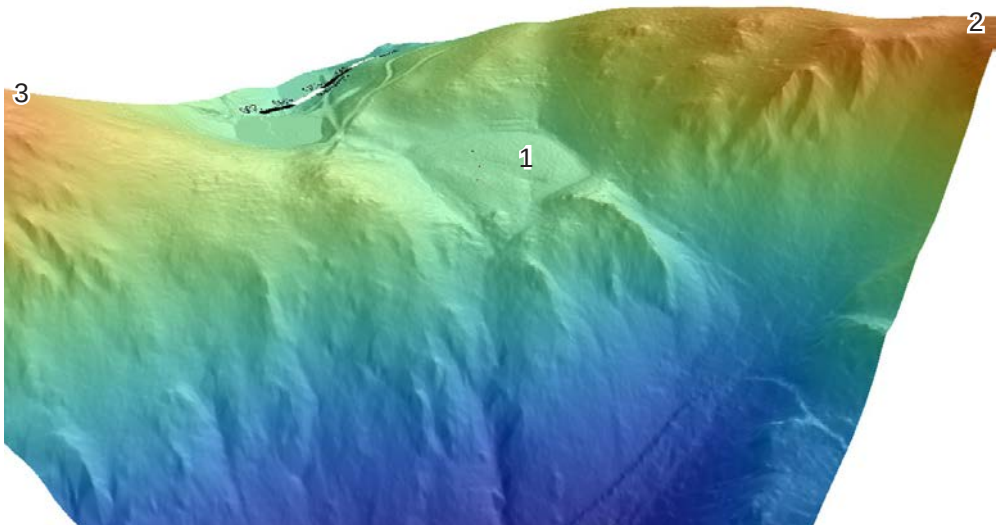


Figure 5-25-1: Situation du complexe dans son cadre topographique issu du RGE Alti© IGN. Les points rouges indiquent l'emplacement des sondages.

Figure 5-25-3: extrait de la carte géologique de Thann. Localisation du complexe par les points de sondage à la perche et le rond blanc (source BRGM).

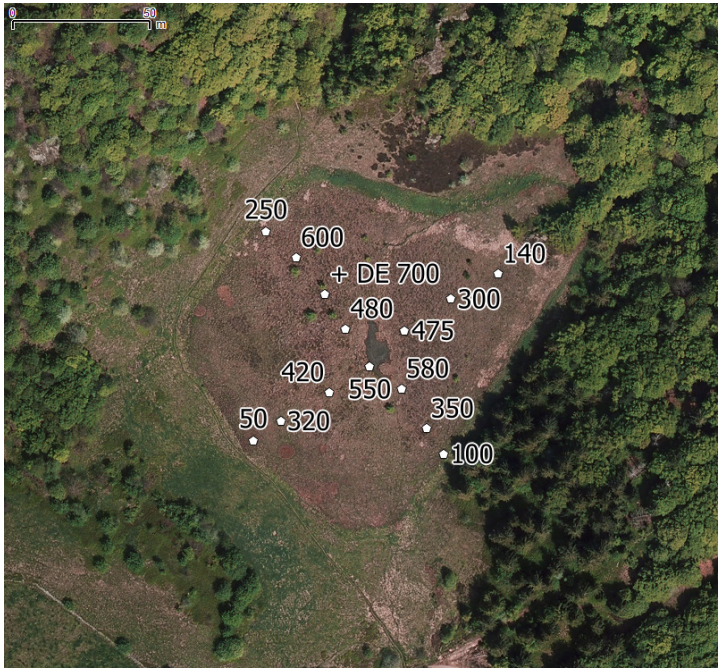


Figure 5-25-2: épaisseurs de tourbe mesurées à la perche en cm (fond Cigalsace-IGN).

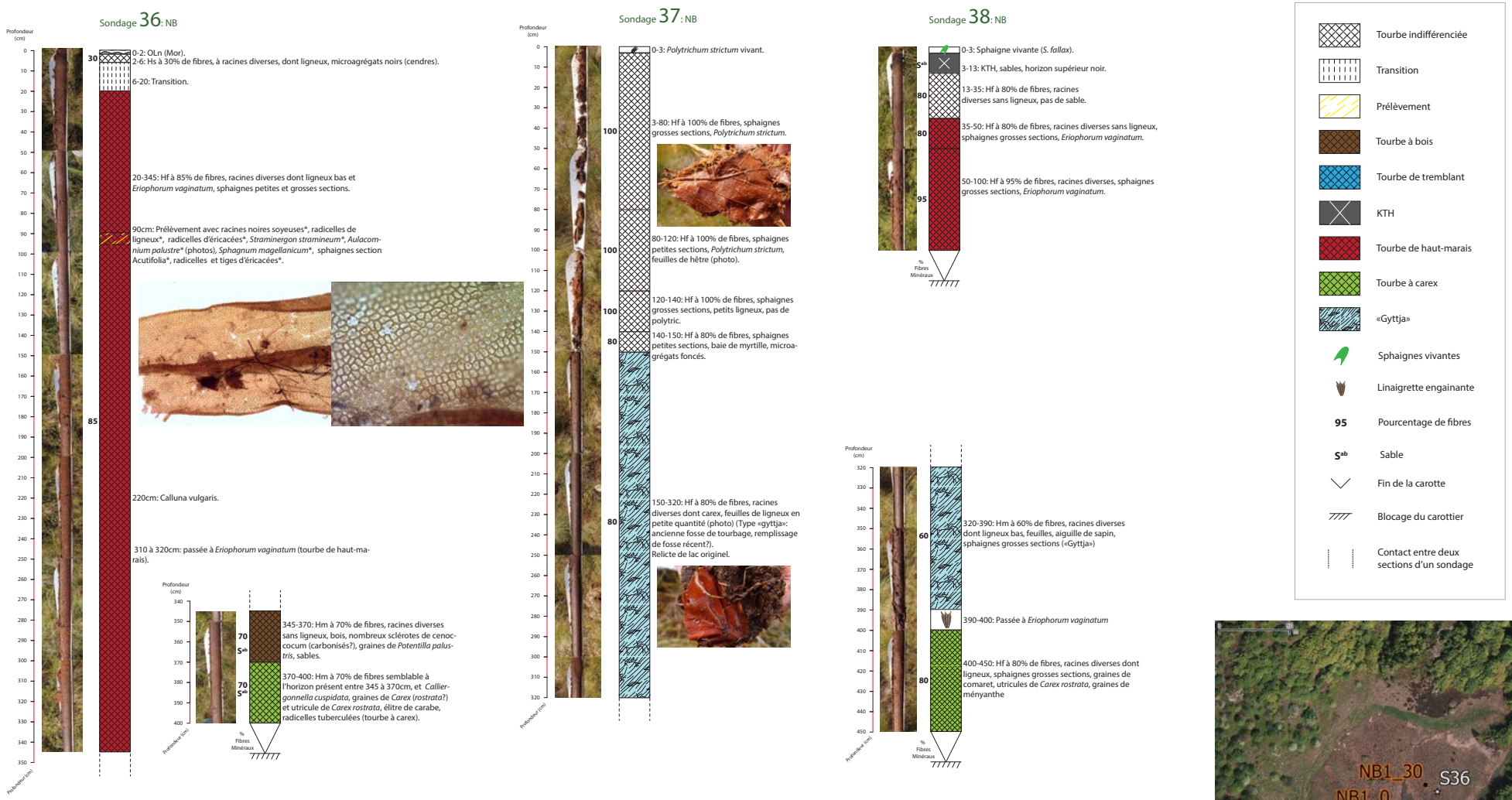


Figure 5-25-5: schéma de restitution des sondages réalisés sur le complexe des Neuf-Bois. Localisation des sondages en figure 5-25-4.

taire du Carbonifère. Ces dépôts de nature variable (schistes, grauwackes, tufs volcaniques, brèches, bancs calcaires) sont intrudés de filons de microgranites. Cette géologie est favorable aux processus d'érosion différenciée et de «surcreusements» locaux. A cela s'ajoute l'existence d'une faille passant par le complexe et donc de possibles processus d'arénisation pré-glaciaires facilitant également les surcreusements.

Trois sondages paléoécologiques exhaustifs (jusqu'au substrat minéral) ont été réalisés suivant un axe amont-aval dans la partie sud-est du complexe (figure 5-25-4). Un des sondages a été réalisé près d'une probable fosse, près du centre de la tourbière.

Les trois sondages montrent des profils différents, malgré leur proximité (26m entre S36 et S37 et 23m entre 37 et 38m). La base des deux sondages

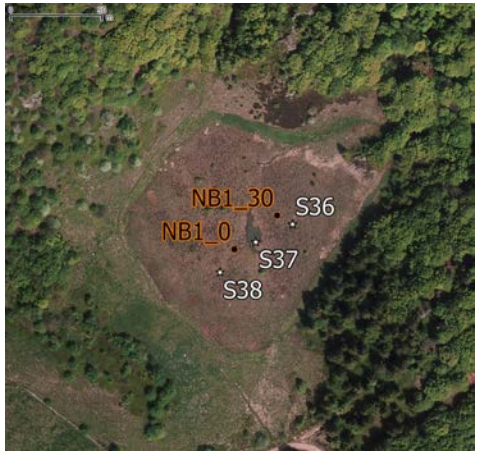


Figure 5-25-4: localisation des sondages paléoécologiques et des bornes de profils sur fond Cigalsace-IGN.

amont (les plus longs), est caractérisée par une tourbe de bas-marais dont l'autochtonie est probable. Il faut donc supposer que la dépression topographique n'est pas lacustre à l'époque du dépôt. Au dessus de cette tourbe se tient soit un dépôt lacustre de type gyttja, soit un dépôt de tourbière haute, suivant le sondage. Ainsi, le profil du sondage S36 se rapproche de celui de S38 avec une colonne dominée par des tourbes de haut-marais. Les tourbes de surface de ces deux sondages sont également très proches, avec une forme de KTH peu épais et mal caractérisé pour le sondage S36. La partie supérieure du sondage S37 est caractérisée par une tourbe à polytric et sphaignes. Cette géométrie des dépôts permettra une proposition d'interprétation de l'origine du complexe et de son état actuel.

La composition et la structure floristique ont été caractérisées par des relevés, un profil de structure et de suivi et une cartographie sur la base de la photographie aérienne du Cigalsace.

Onze unités fonctionnelles élémentaires ont été relevées sur le complexe. On peut classer ces unités en deux groupes, un premier groupe correspondant aux unités de la mosaïque centrale et de sa mare, un second groupe correspondant à toutes les unités périphériques.

La mosaïque centrale est composée d'une ériophoraie à éricoïdes, de replats à sphaignes rouges, de replats à camarine et de moliniaies (tableau 5-25-1). La mare centrale est occupée par un tremblant à scheuchzérie (tableau 5-25-2).

Les unités périphériques sont diversifiées avec des cariçaies à *Carex rostrata*, des cariçaies à *C. nigra*, des canchaies à *Deschampsia cespitosa* et d'autre à *D. flexuosa* (tableaux 5-25-3 et 5-25-4). Quelques tâches de luzulaie à *Luzula sylvatica* sont également présentes dans la partie ouest (tabeau 5-25-6). Une unité originale nommée ériophoraie à canche est également présente (tableau 5-25-5). Le profil de structure et de suivi permet une analyse fine de la partie centrale du complexe, celle occupée par la mare à scheuchzérie et une mosaïque d'unités dont des replats et buttes à sphaignes rouges (tableau 5-25-7). Le profil montre l'existence de 3 unités intermédiaires. De 0 à 10m, il s'agit d'une unité formant un gradient complexe centré sur un cortège de canche flexueuse, de gaillet, de polytric et de laîche noire. De 0 à 3m s'exprime des espèces des vacciniaies, alors qu'à partir de 6m s'expriment celles de tourbières hautes. L'unité suivante, de 12 à 19m, est la mare à scheuzérie. A partir de 20m, les espèces de la tourbière haute caractérisent la troisième unité, mais un gradient vers les vacciniaies s'exprime à partir de 24m.

La structure des unités à l'échelle du complexe est présentée en figure 5-25-6. Autour d'un noyau central occupé à son cœur par la mare à scheuchzérie mais majoritairement représenté par une mosaïque à sphaignes rouges se tiennent divers unités formant suivant l'endroit un ou deux anneaux.

N° relevés	NB 1	NB 2	NB 10	NB 11
Types unités	Eriophoraie à éricoïdes	Moliniaie	Replat à sphaignes rouges	Replats à camarine
Dates	21/08/2014	21/08/2014	21/08/2014	21/08/2014
Surface	4x4	6x2	1x1	3x3
Herbacées				
Recouvrement (%)	90	95	20	100
Hauteur végétative moyenne (cm)				
Agrostis canina		r		
Calluna vulgaris	r			p
Carex pauciflora			p	
Carex rostrata		e	r	
Deschampsia flexuosa	p	d		r
Drosera rotundifolia			p	
Dryopteris carthusiana		e		
Empetrum nigrum				d
Eriophorum vaginatum	d		d	r
Galium saxatile		r		
Molinia caerulea		d		
Potentilla erecta		p		
Vaccinium myrtillus	r			p
Vaccinium oxycoccos	p		r	
Vaccinium vitis-idaea	r		p	p
Bryophytes				
Recouvrement (%)	50	50	100	70
Aulacomnium palustre		x		
Calypogeia sp.	x			x
Cladonia sp.	x			
Hypnum jutlandicum	x			
Lophocolea bidentata				x
Pleurozium schreberi	x			x
Polytrichum commune		x		
Polytrichum strictum	x		x	
Sphagnum capillifolium	x			
Sphagnum fallax		x	x	
Sphagnum magellanicum			x	x
Sphagnum rubellum			x	
Sphagnum russowii	x			x

Tableau 5-25-1: composition floristique de relevés réalisés au Neuf-Bois. Les mousses n'ont pas été vérifiées au microscope.

N° relevés	NB 9
Types unités	Mare à scheuchzérie
Dates	21/08/2014
Surface	2x2
Herbacées	
Recouvrement (%)	20
Hauteur végétative moyenne (cm)	
Carex rostrata	p
Scheuchzeria palustris	d
Bryophytes	
Recouvrement (%)	20
Warnstorfia cf. *fluitans*	x

Tableau 5-25-2: composition floristique d'un relevé réalisé au Neuf-Bois.

N° relevés	NB 6
Types unités	Luzulaie
Dates	21/08/2014
Surface	2x2
Herbacées	
Recouvrement (%)	100
Hauteur végétative moyenne (cm)	
Luzula sylvatica	d

Tableau 5-25-6: composition floristique d'un relevé réalisé au Neuf-Bois. Les mousses n'ont pas été vérifiées au microscope.

N° relevés	NB 3	NB 4
Types unités	Cariçaie à *Carex rostrata*	Canchaie à *Deschampsia cespitosa*
Dates	21/08/2014	21/08/2014
Surface	2x5	2x3
Herbacées		
Recouvrement (%)	90	90
Hauteur végétative moyenne (cm)		
Caltha palustris	p	e
Cardamine amara	p	
Carex nigra		p
Carex rostrata	d	r
Deschampsia flexuosa		d
Epilobium palustre		e
Galium palustre	p	r
Viola palustre	r	
Bryophytes		
Recouvrement (%)	40	5
Calliergon cordifolium	x	x

Tableau 5-25-3: composition floristique de relevés réalisés au Neuf-Bois. Les mousses n'ont pas été vérifiées au microscope.

N° relevés	NB 5	NB 7
Types unités	Canchaie à *Deschampsia flexuosa*	Cariçaie à *Carex nigra*
Dates	21/08/2014	21/08/2014
Surface	3x3	2x2
Herbacées		
Recouvrement (%)	95	100
Hauteur végétative moyenne (cm)		
Carex nigra	r	d
Carex rostrata		e
Deschampsia flexuosa	d	r
Galium saxatile	r	r
Luzula multiflora	(HR)	
Nardus stricta	p	
Polygonum bistorta	(HR)	p
Potentilla erecta	p	
Bryophytes		
Recouvrement (%)	20	
Pleurozium schreberi	x	
Polytrichum commune	x	

Tableau 5-25-4: composition floristique de relevés réalisés au Neuf-Bois. Les mousses n'ont pas été vérifiées au microscope.

N° relevés	NB 8
Types unités	Eriophoraie à canche
Dates	21/08/2014
Surface	2x2
Herbacées	
Recouvrement (%)	100
Hauteur végétative moyenne (cm)	
Carex nigra	e
Deschampsia flexuosa	d
Eriophorum vaginatum	d
Galium saxatile	r
Nardus stricta	(HR)
Potentilla erecta	p
Vaccinium myrtillus	p
Bryophytes	
Recouvrement (%)	30
Aulacomnium palustre	x
Pleurozium schreberi	x
Polytrichum commune	x
Sphagnum russowii	(HR)

Tableau 5-25-5: composition d'un relevé réalisé au Neuf-Bois. Les mousses n'ont pas été vérifiées.

Groupe ACH-VARCLUS		1	1	1	1	9	11	11	11	11	11	11	2	2	2	2	2	2	2	2	11	9	9	9	8	7	8	7	7	7	7
		NB1_1	NB1_2	NB1_3	NB1_4	NB1_5	NB1_6	NB1_7	NB1_8	NB1_9	NB1_10	NB1_11	NB1_12	NB1_13	NB1_14	NB1_15	NB1_16	NB1_17	NB1_18	NB1_19	NB1_20	NB1_21	NB1_22	NB1_23	NB1_24	NB1_25	NB1_26	NB1_27	NB1_28	NB1_29	NB1_30
NB1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Luzula congesta	1	x																													
Potentilla erecta	2	x	x																												
Vaccinium myrtillus	6	x		x																						x		x		x	x
Vaccinium vitis-idaea	8	x	x																						x	x	x	x	x		x
Sphagnum russowii	3																												x	x	x
Pleurozium schreberi	8	x	x		x																					x		x	x	x	x
Hypnum jutlandicum	1																											x			
Nardus stricta	1							x																							
Drosera rotundifolia	3																				x	x	x								
Vaccinium oxycoccos	10																				x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
Polytrichum strictum	7																					x	x	x	x	x	x	x			
Calluna vulgaris	9																						x	x	x	x	x	x	x	x	x
Eriophorum vaginatum	15							x	x	x	x										x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum fallax	14			x	x		x	x		x		x									x	x	x	x	x	x	x	x			
Sphagnum magellanicum	8									x	x	x									x				x		x	x		x	
Carex pauciflora	2																				x	x									
Sphagnum fuscum	1																					x									
Deschampsia flexuosa	12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																		x	
Galium saxatile	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																				
Carex nigra	7	x	x		x	x	x	x		x																					
Polytrichum commune/formosum	12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																		
Eriophorum angustifolium	1										x																				
Carex rostrata	7													x	x	x	x	x	x	x											
Sphagnum cuspidatum	1												x																		
Scheuchzeria palustris	11										x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x										
Warnstorfia fluitans	10											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x										
Calypogeia sp.	1																											x			

Tableau 5-25-7: profil de structure et de suivi à l'échelle du taxon réalisé sur le complexe des Neufs-Bois. La localisation du profil est présentée en figure 5-25-4.

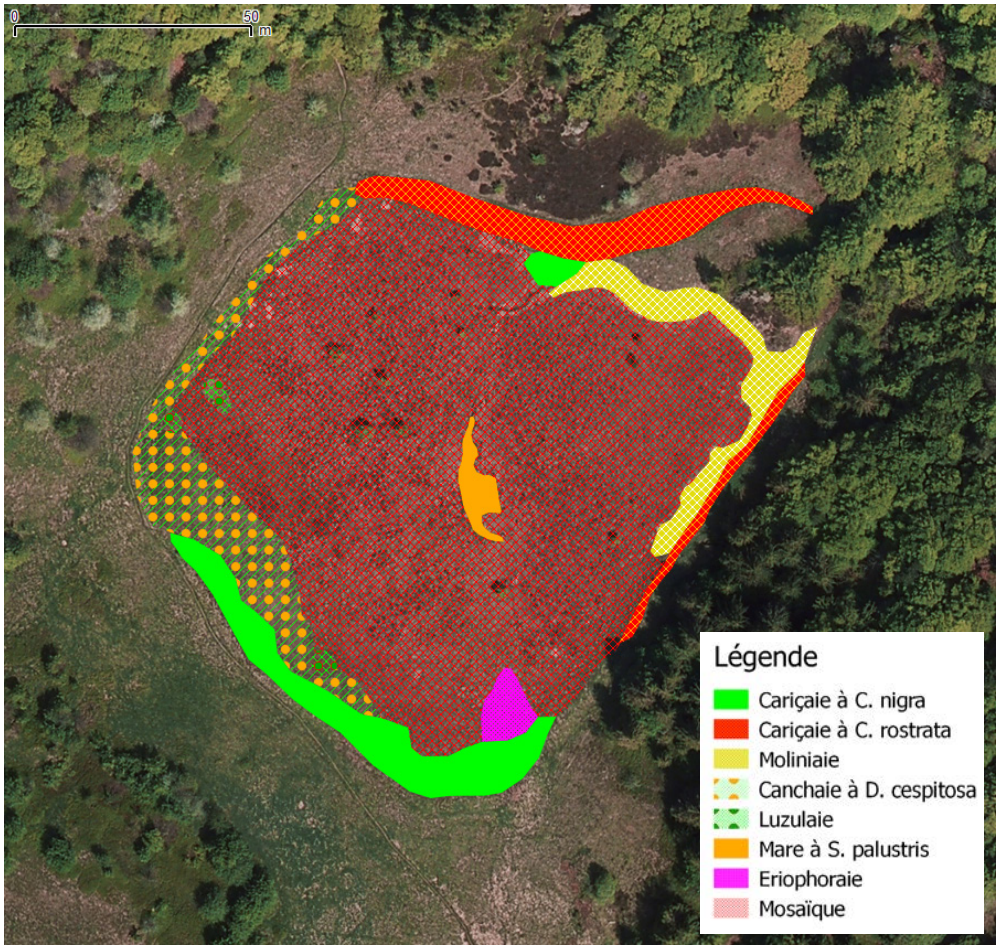


Figure 5-25-6: cartographie des unités fonctionnelles du complexe des Neuf-Bois sur fond Cigalsace-IGN.

A l'ouest, à l'amont, l'anneau est constitué d'une canchaie à *Deschampsia cespitosa* et, ou, d'une cariçaie à *Carex nigra* cespiteux. La canchaie est probablement induite à la fois par une épaisseur de tourbe faible et la présence de limon dans des secteurs anciennement piétinés. La cariçaie est probablement induite par l'existence d'une petite concentration des ruissellements ou d'une décharge d'écoulements hypodermiques.

A l'est, les anneaux sont constitués d'une cariçaie à *Carex rostrata* qui correspond à deux écoulements périphériques en lien avec les ruissellements et les circulations souterraines, et une moliniaie, qui correspond probablement à une forme dégradée de la tourbière haute, sous l'effet de piétinement et à l'endroit d'amincissements de l'édifice.

5.25.B - Analyse fonctionnelle

Le complexe est à l'origine un haut-marais, comme en témoigne la nature des tourbes présentes. Cependant, de manière étonnante si on considère le relief minéral, cette tourbière haute ne se met pas en place dans un contexte lacustre. En effet, la base des sondages paléoécologiques présente une tourbe de bas-marais apparemment non tremblant et non un dépôt lacustre. Il faut émettre l'hypothèse que la dépression topographique n'était pas un lac à l'origine (pas d'étanchéité initiale, seuil topographique bas, mince ou fissuré). Le surcreusement a été comblé par une tourbe de haut-marais. Cette communauté à linaigrette engainante et sphaignes rouges a ensuite «débordé» de l'ancien bas-marais originel pour conquérir les bords minéraux (sondage S38), lors de sa phase d'extension verticale et latérale.

Le sondage central est occupé par une gyttja et une tourbe de surface issue d'un tremblant. Vue la nature des autres sondages, à moins d'une dizaine de mètres, et la présence d'une tourbe de bas-marais non tremblant à la base du sondage, il est probable que cette structure résulte du creusement d'une fosse de tourbage dans une tourbière haute et non de la relique d'un lac originel.

Un KTH bien caractérisé n'est indiqué que sur un des deux sondages où sa présence était possible (S36 et 38), mais il est fort probable qu'il soit présent sur l'ensemble de la tourbe de haut-marais. Le complexe serait ainsi une tourbière haute en phase de restauration à la suite de perturbations majeures telles que l'usage agropastoral et l'extraction de tourbe. Sa dynamique serait donc celle de toutes les tourbières de ce type: un probable processus de résilience qui garanti son maintien à long terme sous réserve d'une gestion adaptée.

5.25.C - Etat de conservation

L'Habitat majoritaire sur le complexe est la Tourbière haute (7110*). Il se tient parmi les 8,5 ha de la mosaïque centrale, accompagné de Tourbières hautes dégradées (7120) en quantité difficile à estimer. Le dernier Habitat présent est un tremblant (7140) d'environ 110m².

L'Habitat 7110* correspond à la dichotomie 9a, un haut-marais fortement perturbé en voie de régénération à stabilité probable et donc dans un état de conservation favorable.

L'Habitat 7120 correspond à la dichotomie 1b, une Tourbière haute dégradée dans un état favorable à son maintien ou à l'émergence des communautés de tourbières hautes et donc dans un état favorable.

L'habitat 7140 correspond à la dichotomie 7a de la clé d'évaluation, soit à un Bas-marais tremblant en situation

secondaire, à niveau trophique bas, couvrant la plus grande partie de sa surface potentielle et ainsi considéré dans un état favorable.

5.25.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

Dans une optique de gestion simple, la connaissance du complexe est relativement complète. Il serait intéressant de compléter l'analyse paléoécologique et pédologique par quelques sondages complémentaires et deux datations du fond. La détermination de l'épaisseur de tourbe maximale serait également une bonne chose. La réalisation de profil de structure et de suivi de bord à bord suivant deux axes perpendiculaire compléterait le diagnostic.

La conservation du complexe sera assurée au mieux à travers une limitation du piétinement et la coupe des épicéas qui pousseront peut-être.

Le suivi pourra s'appuyer sur le profil réalisé lors de cette étude, sur d'éventuels profils complémentaires et sur la cartographie proposée antérieurement

5.26 - Ronde-Tête

5.26.A - Structure du site

Le complexe de Ronde-Tête se situe dans une dépression d'un petit plateau à une altitude de 1103m (figure 5-26-1) [1], au nord du sommet de Ronde-Tête culminant à 1117m [2]. Il se présente comme une entité circulaire environnée d'une topographie relativement chaotique, certainement en lien avec une fracturation du socle.

Le relief fin du complexe (figure 5-26-2) met en évidence une convexité au centre du complexe [3 et 4] qui de toute évidence oriente les ruissellements du centre du complexe vers la périphérie.

Les épaisseurs de tourbe mesurée à la perche métallique indiquent des épaisseurs maximum de 3m. Les trois mesures réalisées montrent un relief prononcé.

L'environnement géologique est celui du granite des Ballons.

Un sondage paléoécologique a été réalisé presque au centre du complexe (figure 5-26-4). Il révèle la typologie des tourbes sur une hauteur de 143cm et a atteint le socle. Cette épaisseur est surprenante comparée aux 210cm d'épaisseur de tourbe mesurée à 5m à l'est et aux 300cm mesurés à 8m au nord-ouest. Cela est soit induit par un dépôt de fond non tourbeux qui est traversé par la perche métallique et non par le carottier, soit par un relief minéral particulièrement chaotique. D'autres carottages au carottier russe seront né-

Figure 5-26-3: à gauche, épaisseurs de tourbe mesurées à la perche en cm (fond Cigalsace-IGN) et, à droite, localisation du sondage paléoécologique et des bornes de profils sur fond Cigalsace-IGN.

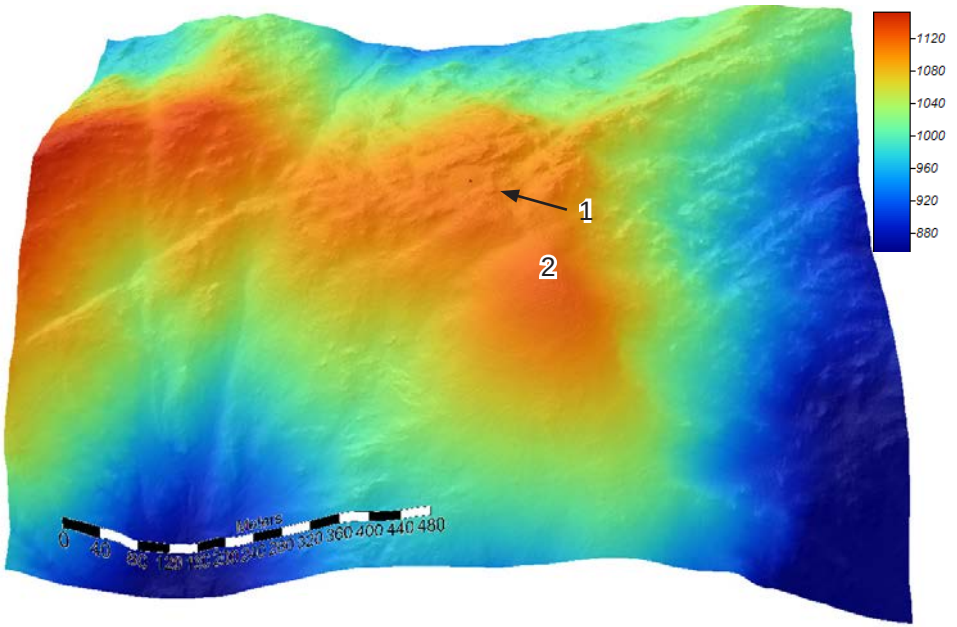


Figure 5-26-1: situation du complexe dans son cadre topographique issu du RGE Alti© IGN. Le point rouge indique l'emplacement du sondage paléoécologique.

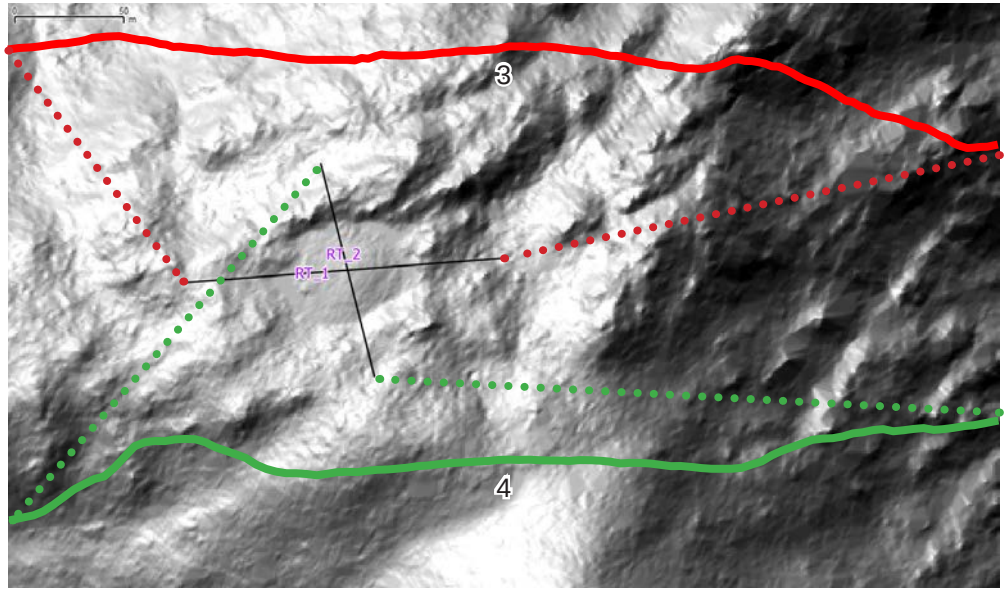


Figure 5-26-2: situation du complexe sur fond de MNT issu du RGE Alti© IGN. Des profils topographiques mettent en évidence la forme bombée du complexe.

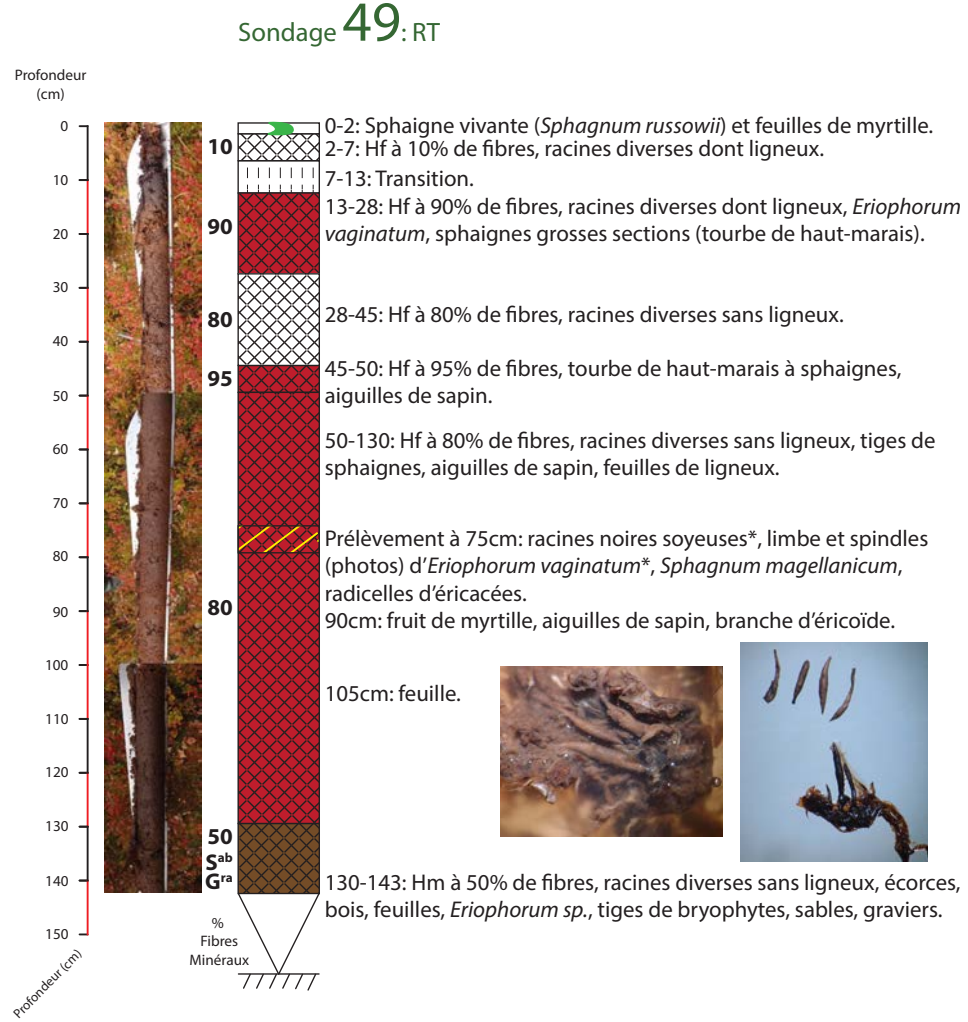


Figure 5-26-4: schéma de restitution du sondage réalisé sur le complexe de Ronde-Tête. Localisation du sondage en figure 5-26-3.

Groupe ACH-VARCLUS		4	4	4	4	4	4	4	13	4	4	8	12	12	13	13	7	7	13	13	13
		RT1_1	RT1_2	RT1_3	RT1_4	RT1_5	RT1_6	RT1_7	RT1_8	RT1_9	RT1_10	RT1_11	RT1_12	RT1_13	RT1_14	RT1_15	RT1_16	RT1_17	RT1_18	RT1_19	RT1_20
RT1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Vaccinium uliginosum	11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x									
Vaccinium myrtillus	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphagnum russowii	12					x	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	
Hypnum jutlandicum	7	x	x	x	x	x	x										x				
Pleurozium schreberi	16	x	x	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x
Hylocomium splendens	1								x												
Calluna vulgaris	8								x	x	x				x		x	x	x	x	
Sphagnum fallax	5											x	x	x	x						x
Eriophorum vaginatum	3													x			x	x			
Sphagnum magellanicum	1											x									
Aulacomnium palustre	2												x								x
Polytrichum strictum	2													x		x					
Polytrichum commune/formosum	4											x	x		x					x	
Molinia caerulea	6									x		x	x	x		x	x				
Galium saxatile	1									x											
Dicranum scoparium	1				x																
Plagiothecium undulatum	1													x							
Rhytidiadelphus loreus	2															x					x
Calypogeia sphagnicola	0																				
Athyrium filix-femina	1												x								
Calypogeia sp.	1				x																

Tableau 5-26-1: profil de structure et de suivi à l'échelle du taxon réalisé sur le complexe de Ronde-Tête. La localisation du profil est présentée en figure 5-26-3.

cessaires pour préciser les épaisseurs de tourbe et l'origine du complexe. Cependant, il est acquis qu'à l'endroit du sondage, la tourbe a été construite majoritairement par une communauté de haut-marais. La base du sondage est constituée d'une tourbe de bas-marais mal caractérisée. La partie supérieure du profil ne montre pas de KTH épais, mais un horizon d'altération charbonneux et peu dense.

La composition et la structure floristique a été décrite sur la base d'un profil de structure et de suivi et d'une cartographie d'unités fonctionnelles. Le profil (tableau 5-26-1) montre l'existence de deux grandes unités: de 1 à 10m, il s'agit d'une vacciniaie à *Sphagnum russowii*; de 11 à 20m, la communauté est rendu complexe par le mélange de deux cortèges, celui de la vacciniaie précédente et celui d'une tourbière haute.

La cartographie du complexe (figure 5-26-5) montre une organisation basée sur un noyau occupé par une vacciniaie à *Vaccinium uliginosum* dont certaines marges sont caractérisées par une occupation prononcée de *Vaccinium myrtillus*. Autour de ce noyau se tient un anneau occupé alternativement par une cariçaie à *Carex rostrata* et une moliniaie paucispécifique. A cette logique s'ajoute quelques secteurs de canchaies à *Deschampsia cespitosa*.

5.26.B - Analyse fonctionnelle

Le complexe de Ronde-Tête tient son origine dans l'existence d'une dépression du socle dans un petit plateau du socle granitique. L'origine de la tourbière reste à préciser de manière fiable, mais les données collectées jusqu'alors convergent vers une tourbière haute émergeant d'un bas-marais de fond de cuvette non fortement humide. L'édi-

fication du massif de tourbe se réalise grâce à l'humidité atmosphérique et la capacité des sphaignes rouges et de la linaigrette engainante à s'en contenter. L'histoire de la tourbière est ensuite probablement celle des autres, avec un arrêt de la turfigenèse induit par les usages agropastoraux peu intenses ou simplement un piétinement accru.

Aujourd'hui, le complexe ne correspond plus à ce qu'il était lors de la construction de la tourbe. L'importance des vacciniaies rend probable un processus classique de création d'un mor stabilisant la dynamique, par exclusion des germinations de linaigrette et de la croissance des propagules de sphaignes. Est-ce que les ingénieurs des tourbières hautes, encore peu présents, pourront remettre en place des communautés turfigènes? La question n'est pas tranchée car les données scientifiques sur le sujet ne sont pas disponibles. Le suivi du complexe permettra de participer à l'amélioration de cette connaissance.

5.26.C - Etat de conservation

Etant donné la présence ponctuelle des espèces de tourbière haute comme *Sphagnum magellanicum* ou *Eriophorum vaginatum* et de l'origine de l'édifice tourbeux, nous pouvons considérer le noyau du complexe occupé par des vacciniaies comme relevant de l'Habitat 7120. Il correspond à la dichotomie 3a de la clé d'évaluation, une Tourbière haute dégradée dans un état favorable à son maintien ou à l'émergence des communautés de tourbières hautes, et donc dans un état favorable.

5.26.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

Les deux principales interrogations sur l'origine et le fonctionnement du complexe sont, d'une part, le manque d'information sur la nature des couches les plus profondes et l'origine lacustre de la tourbière et, d'autre part, le manque de connaissances théoriques sur la stabilité des vacciniaies et la nature des communautés qui peuvent leur succéder. Si la première inconnue peut être aisément explorée par quelques carottages complémentaires, la seconde nécessitera de la recherche plus générale et du suivi à l'échelle des tourbières vosgiennes. Une amélioration de la caractérisation de l'état du complexe serait la réalisation de deux profils de structure et de suivi radiaux (par exemple nord-sud et est-ouest).

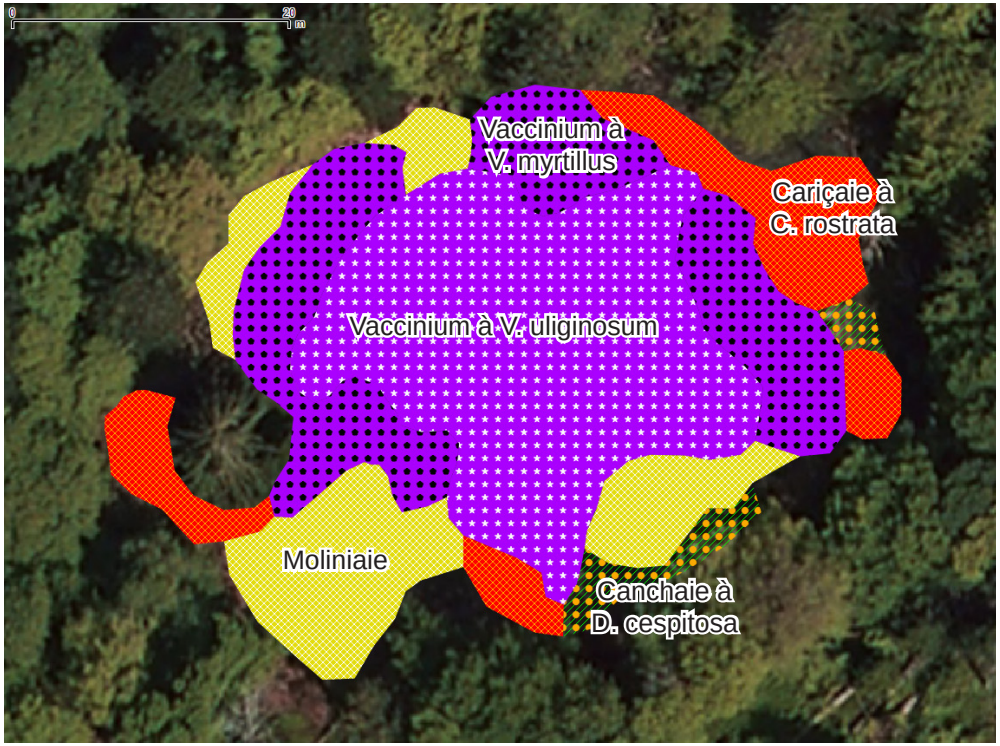


Figure 5-26-5: cartographie des unités fonctionnelles observées, pointées au GPS et délimitée sur photographie aérienne (Cigalsace-IGN).

En attendant d'en savoir plus sur la dynamique des vacciniaies, les deux seules actions de gestion préconisées sont celles, classiques, de la limitation du piétinement et de la coupe des épicéas du complexe.

Le suivi proposé est celui de la réédition tous les 5 ans des profils réalisés ou complémentaires et de la cartographie des unités fonctionnelles.

5.27 - Grand Langenberg

5.27.A - Structure du site

Le complexe du grand Langenberg se situe sur le versant au sud, rive droite, du ruisseau du Wagenstallbach, affluent de la Doller, à une altitude de 920m, la crête culminant à 1100m environ (figure 5-27-1).

Les épaisseurs de tourbe sont au maximum de 90cm mais généralement plus faibles à nulles (figure 5-27-2).

Les deux sondages pédologiques réalisés (figure 5-27-3) montrent des tourbes de bas-marais difficiles à caractériser vu la mauvaise préservation de la tourbe.

La carte géologique indique la présence d'une fracture majeure dans les granitoïdes locaux qui passe au milieu du site. Il est important de noter que les roches sont des monzonites quatzifères, autrement dit, des granitoïdes pauvres en quartz et riches en feldspaths, micas et pyroxènes, ce qui rend probable une meilleure disponibilité en bases des eaux qui sourdent de ces roches.

Les relevés ont été réalisés dans les deux grandes unités observées: un bas-marais de source et une aulnaie à sphaignes (tableau 5-27-1). Le bas-marais de source montre une composition riche en divers carex, espèces des sources (*Caltha palustris, Viola palustris*) et indicateurs d'érosion déterminés par le pâturage (*Eriophorum angustifolium, Juncus bulbosus, Carex echinata, C. panicea, C. nigra*). Les bryophytes de sources bien pourvues en bases sont également présentes, avec même le *Sphagnum contortum*, espèce typique des tourbières alcalines. Le relevé de l'aulnaie n'appelle pas de commentaire.

5.27.B - Analyse fonctionnelle

Le complexe correspond probablement à une tourbière d'émergence diffuse sur bas de versant dont le compartiment capacitif correspond à la zone altérée et micro-fracturée du granitoïde basique, le compartiment transmissif à la fracture majeure d'orientation nord-nord-est indiquée sur la carte et le compartiment diffusif aux colluvions de bas de pente. L'eau qui sourd à cet endroit est relativement riche en nutriments

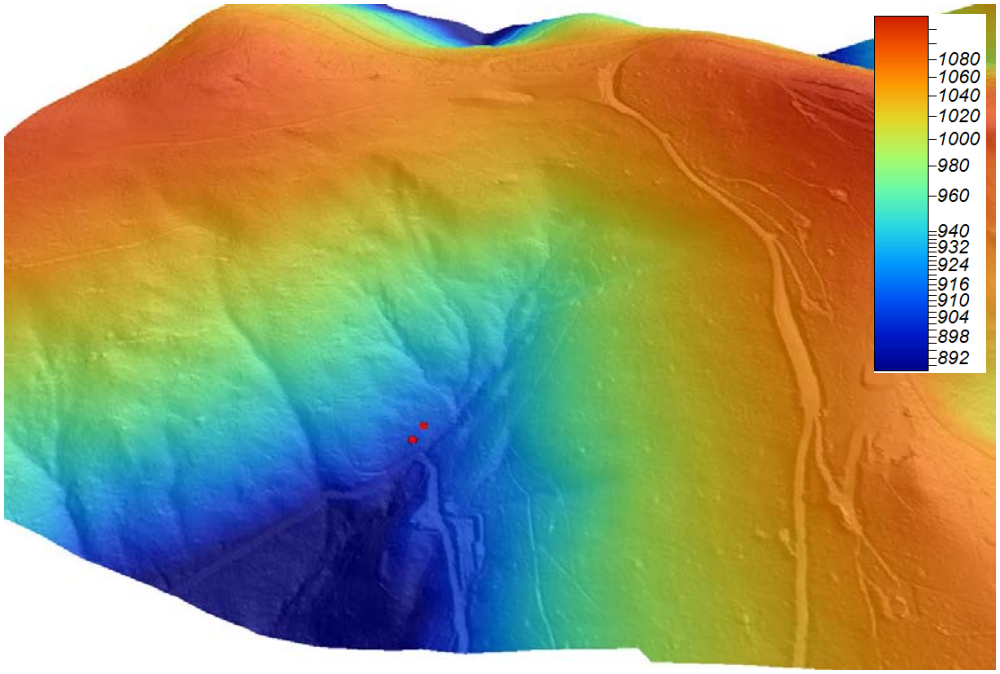
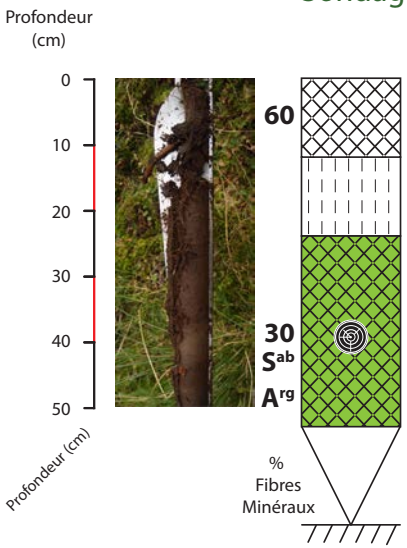


Figure 5-27-1: situation du complexe dans son cadre topographique issu du RGE Alti© IGN. Le point rouge indique l'emplacement des sondages paléoécologiques.

Figure 5-27-2: épaisseurs de tourbe mesurées à la perche en cm, localisation des sondages paléoécologiques et des relevés (en rose) sur fond Cigalsace-IGN.

Sondage 47 : GL

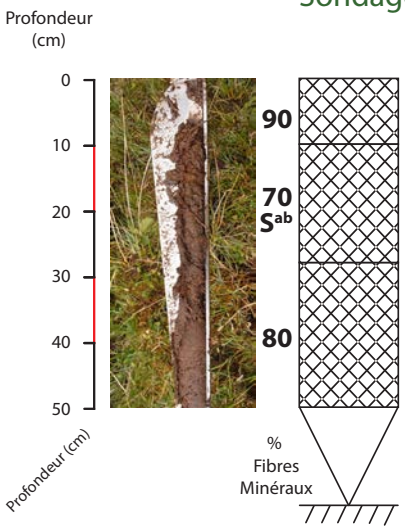


0-12: Hm à 60% de fibres, racines diverses dont *Eriophorum angustifolium* et ligneux, sphaignes petites sections.

12-24: Transition.

24-55: Hs à 30% de fibres, racines diverses dont ligneux (*Alnus glutinosa**), utricule et graine de carex, aiguille et écaille de cône de sapin, charbons de bois, sables et argiles (plus d'argiles entre 45 et 55cm).

Sondage 48 : GL



0-10: Hf à 90% de fibres, racines diverses dont ligneux, sphaignes petites sections.

10-28: Hm à 70% de fibres, racines diverses dont ligneux, sables.

28-50: Hf à 80% de fibres, racines diverses sans ligneux, racines et rhizomes d'*Eriophorum angustifolium*, tiges de sphaignes, graine de *Potentilla erecta,* aiguilles de sapin.

Figure 5-27-3: schéma de restitution des sondages réalisés sur le complexe du grand Langenberg. Localisation des sondages en figure 5-27-2.

N° relevés	GL _1	GL_2
Types unités	Bas-marais de source	Aulnaie à sphaignes
Dates	11/09/2014	11/09/2014
Surface (m)	2x3	10x10
Arbres		
Recouvrement (%)		80
Hauteur végétative moyenne (m)		16
Alnus glutinosa		d
Arbustes		
Recouvrement (%)	5	20
Hauteur végétative moyenne (cm)	160	300
Abies alba		p
Alnus glutinosa	d	p
Picea abies		p
Sorbus aucuparia		e
Herbacées		2x3
Recouvrement (%)	70	20
Hauteur végétative moyenne (cm)	5	
Agrostis canina		r
Alnus glutinosa	p	
Caltha palustris		e
Carex curta	p	r
Carex demissa	p	
Carex echinata	p	p
Carex nigra	r	
Carex panicea	d	
Carex rostrata		p
Cirsium palustre	p	
Drosera rotundifolia	p	
Epikeros pyrenaeus	p	
Eriophorum angustifolium	p	
Galium uliginosum	p	
Juncus bulbosus	r	p
Juncus effusus	p	r
Parnassia palustris	p	
Potentilla erecta	r	
Sorbus aria		p
Valeriana dioica	p	
Viola palustris	p	r
Bryophytes		
Recouvrement (%)	70	80
Tourbe nue (%)	20	10
Aneura pinguis	x	
Aulacomnium palustre	p	
Bryum pseudotriquetrum	p	
Calliergonella cuspidata	p	x
Campyllium stellatum	x	
Climacium dendroides		x
Philonotis cf. *fontana*	x	
Riccardia palmata	x	
Sphagnum angustifolium		x
*Sphagnum contortum**	x	
Sphagnum denticulatum	p	x
Sphagnum palustre ou S. papillosum		x
Sphagnum subnitens	d	
Sphagnum teres	p	
*Warnstorfia exannulata**	x	

Tableau 5-26-1: composition floristique de relevés réalisés au grand Langenberg. Les mousses n'ont pas été vérifiées au microscope sauf *.

(dont des bases), ce qui se traduit au niveau des communautés par la présence d'indicateurs d'alcalinité comme *Sphagnum teres*, *Warnstorfia exannulata*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Campylium stellatum*, *Riccardia palmata* et surtout *Sphagnum contortum*.

La bonne disponibilité en nutriments se traduit également par la présence de l'aulne et d'autres espèces exigeantes en azote, phosphore ou potassium comme *Calliergonella cuspidata* et *Climacium dendroides*.

Les deux unités du complexe correspondent aux deux pôles fonctionnels de ce type de contexte: le pôle pâturé, avec le bas-marais, et le pôle boisé (et donc non pâturé au moins un temps), représenté par l'aulnaie.

La stratégie de conservation est donc simple, le maintien d'un pâturage «adapté» sur le secteur ouvert, avec coupe régulière des bosquets par groupe, devrait garantir le maintien en l'état du complexe.

5.27.C - Etat de conservation

Aucun Habitat de tourbière d'intérêt communautaire n'a été observé sur le site.

5.27.D - Propositions d'action: connaissance, gestion et suivi

Etant donné l'enjeu conservatoire et la taille du site, l'analyse fonctionnelle réalisée pour ce travail semble satisfaisante. On peut noter la richesse particulière du complexe en bryophytes rares, ce qui mériterait un inventaire complémentaire. Une caractérisation hydrologique fine serait également une avancée importante à l'échelle de ce type de tourbière à l'échelle du massif des Vosges.

La gestion la plus appropriée pour conserver le site en l'état est le maintien d'un pâturage adapté (sur la base de l'expérience et du suivi) de la partie ouverte.

Les outils de suivis sont ceux, généraux, des profils de structure et de suivi et de la cartographie des unités fonctionnelles.

5.28 - Cas particuliers du Sée d'Urbès

Les milieux tourbeux des lacs d'Urbès et de Sewen devaient faire partie de l'évaluation de l'état de conservation, en particulier au regard de la présence signalée d'Habitats de Tourbières tremblantes (7140). Cependant, la visite des sites en 2014 n'a pas permis de confirmer la présence importante de tels Habitats.

Le Sée d'Urbès ne semble pas du tout en héberger; bien que des tremblants soient présents, ils ne s'agit pas de communautés attribuables à l'Habitat 7140. Il s'agit en fait de tremblants mésotrophes à eutrophes (grandes herbes, arbustes et arbres) qui s'opposent aux tremblants oligotrophes décrits dans les Cahiers d'Habitats.

6 - Synthèses

La synthèse de ce travail se conçoit au niveau de la méthode, de l'évaluation des sites et de leur fonctionnement. Il ne constitue qu'un travail personnel et il faudra, pour la méthode, améliorer les clés proposées sur la base de l'expérience d'autres spécialistes du fonctionnement des écosystèmes tourbeux et pour les fonctionnements des tourbières des Hautes-Vosges prendre le temps de faire un point détaillé sur les acquis et les questions qui sont encore posées pour réellement progresser dans la prise en charge conservatoire des tourbières.

6.1 - Approche méthodologique

Pour l'élaboration d'une méthode d'évaluation, il nous semble impératif de bien différencier la notion réglementaire figée d'Habitat de la directive de la notion évolutive, scientifique, d'écosystème. Pour correctement identifier les objets réglementaires, il faut que leur définition soit stabilisée et les Cahiers d'Habitats sont en ce sens une référence incontournable, même s'ils s'avèrent désuets, 25 ans après leur réalisation. Bien-sûr, il faudra modifier ces définitions dans le futur et nous espérons que cela sera réalisé en prenant en compte le fonctionnement de l'écosystème dans toute sa complexité et pas seulement sur la base d'une analyse floristique ou phytosociologique, comme c'est le cas dans les définitions actuelles.

Notre approche par clés basée sur des notions de type fonctionnel, d'état et de potentiel, nous semble plus proche du fonctionnement, et de la science, que les approches par somme de «points» suivant des critères généraux à l'échelle de l'ensemble des Habitats de la directive. Si le souhait de pouvoir bénéficier d'une méthode globale est légitime, la prise en compte de la diversité des écosystèmes, de celle de leur fonctionnement, oriente rapidement toute méthode d'évaluation vers des critères spécifiques, adaptés, pertinents. Il est clair, pour les tourbières, que les critères pédologiques et paléoécologiques sont déterminants et devront, dans quelle que méthode que ce soit, figurer parmi les indicateurs prioritaires. L'étude sur une méthode d'évaluation proposée par Epicoco et Viry (2015) devra être complétée par cet aspect. On peut signaler ici, que les propositions faites dans ce rapport de 2015 et la réserve des auteurs sur les capacités d'évaluer correctement les tourbières sur des critères généraux, principalement floristiques, est tout à fait légitime. Toute méthode d'évaluation devra être elle-même évaluée par des écologues spécialisés, dans une démarche scientifique et collaborative. Il serait intéressant que celle que nous proposons ici le soit, par exemple dans le cadre d'un travail universitaire ou d'un groupe de réflexion comme le conseil scientifique du Pôle tourbière qui regroupe de nombreux chercheurs institutionnels sur les tourbières dans différents champs disciplinaires.

La difficulté majeure rencontrée dans l'évaluation de certains Habitat reste la méconnaissance des raisons et des effets de la présence de certains taxons dans toute la diversité des contextes observés. Il est probable que la connaissance scientifique avançant, des éclaircissements seront réalisés, en particulier grâce à la mise en place de suivi sur la base de profils de structure et de suivi.

6.2 - Évaluation de l'état de conservation

Le tableau 6-2-1 présente les résultats de l'évaluation de manière synthétique. La majorité des Habitats et des sites présente des entités en état favorable.

Les bois tourbeux, entrent majoritairement dans des catégories atypiques, difficiles à évaluer (pessières plantées à sphaignes, par exemple). Les Tremblants sont majoritairement classiques et leur évaluation reste simple. On peut noter l'existence de nombreux cas considérés ou potentiellement dans un état optimal. Les Tourbières hautes dégradées sont, sauf au Reisberg, dans un état favorable.

Le cas des Tourbières hautes est différent, avec un tiers des sites dans un état altéré et les deux tiers dans un état favorable. L'état altéré est le plus souvent induit par un faible recouvrement des ingénieurs de la tourbière haute au

Nom des sites	Contexte/Origine	Altitude (m)	7110*	7120	7140	91DO
Étang du Devin	Cirque barré, tremblant récent	922			7a	
Surcenord	Versant, décharge diffuse, communauté de TH à KTH sur tourbe de TB	1096	10b	3a		
Chaume Thiriet	Versant, décharge diffuse, TB en phase de boisement	1110				4a
Lac Sec	Cirque, hydrosère à KTH, TH résiliente	1007	9a			
Reisberg	Crête, communauté de TH sur relique de tourbe à KTH	1295	Hors clé	3b		
Gazon du Faing	Crête, tourbière de couverture? TH résiliente à KTH	1280	9a	3a		
Forlet	Cirque, hydrosère à KTH, TH résiliente	1100	10a		3a	
Altenwasen	Vallée glaciaire, complexe diversifié	1130	10a	3a		
Tanet	Crête, tourbière de couverture et TH bombé résilientes, à KTH	1223	9a	3a	3a ou 7a	
Wissmurloch	Versant, BM de décharge diffuse	1125				
Missheimle	Versant et cirque, hydrosère à KTH, TH peu résiliente	1125	9b			
Cote 1000	Cirque, TB plantée	1003				Hors clé
Trois-Fours	Crête, TB de crête à KTH, converge vers la TH d'origine anthropique	1231	10 b			
Sources de la Vologne	Crête, TB de crête à KTH, converge vers la TH d'origine anthropique	1240	10a			
Étang Noir	Cirque, tourbière originale, hydrosère à KTH, TH résiliente	1025	8a		2a	Hors clé
Rothried	Vallée glaciaire, hydrosère à KTH, TH moyennement résiliente	840	8b			
Dagobert	Versant, TB de décharge diffuse	1110				
Gaschneyried	Cirque, TB à KTH, résiliente	935			2b	
Bramont	Replat de sommet, TB à KTH, converge vers la TH d'origine anthropique	1060		3a		
Pourri-Faing	Dépression glaciaire, hydrosère probable à KTH, TH résiliente	1090	3a		7a	A étudier
Pourri-Faing	Versant, TH à KTH, résiliente	1080	7a (et 8b?)	3a		
Pourri-Faing	Versant, TH à KTH, résiliente	1040		3a		
Rouge-rupt	Crête, TH à KTH, résiliente	1030	8a			
Sources de la Lauch	Versant, TB de décharge diffuse	1115		*		
Wintergès	Vallée glaciaire, versant? Hétérogène, à définir	985	8a et 10a	3a		
Morfeld	Crête, TB de crête à KTH, converge vers la TH d'origine anthropique	1186	10a	A confirmer		
Neuf-Bois	Replat de sommet, TH à KTH résiliente	1039	9a	1b	7a	
Ronde-Tête	Replat de sommet, TH à KTH peu résiliente	1102		3a		
Grand Langenberg	Versant, TB de décharge diffuse	921				

Tableau 6-2-1: synthèse des évaluation par site. Le code couleur renvoie à un état favorable, en vert, et un état altéré, en jaune. Le code indiqué correspond à la dichotomie de la clé qui correspond à l'Habitat. La notion de «hors clé» fait référence à l'évaluation à dire d'expert, le cas ne pouvant être traité par une clé. TB=Tourbière basse, TH=Tourbière haute, KTH=kultureller Trockenhorizont.

* l'Habitat n'est pas présent mis pourrait apparaître si des sphaignes rouges ou la linaigrette engainante s'installait si le site.

sein de secteurs qui leur sont pourtant favorable.

Aucun Habitat sur aucun site ne présente d'état dégradé, ce qui est logique étant donné la prise en charge intégrale des sites par des opérateurs dédiés et, pour certains Habitats, la faible fréquence possible des secteurs dégradés. Il est en particulier peu probable qu'une Tourbière soit considérée dans un état dégradé car le plus souvent cet état «converti» le secteur en Habitat 7120 Tourbière haute dégradée susceptibles de régénération naturelle.

6.3 - Typologie et fonctionnement des tourbières des Hautes-Vosges

Ce travail d'évaluation a permis la définition de nombreuses caractéristiques des tourbières des Hautes-Vosges. Sur les 27 sites étudiés, la plupart ont trouvé les réponses sur leur origine et leur état. Bien-sûr, des questions demeurent sur leur devenir, en particulier parce que la science ne propose pas encore de modèles fiables à ce sujet. La comparaison des tourbes étudiées, des états observés et des contextes permet une première approche typologique résumée dans la colonne contexte/origine du tableau 6-2-1.

Il se différencie ainsi différents types de tourbières.

La crête héberge de possibles tourbières de couverture dans les sites du Tanet et du gazon du Faing. Il s'agit de tourbières hautes en nappe, ayant subi diverses extractions de tourbe et probablement un piétinement induisant un KTH, mais qui, dans l'ensemble, se voient coloniser à nouveau par des communautés de tourbières hautes permettant de proposer une notion de résilience pour ces écosystèmes. Les conditions climatiques locales sont encore favorable à l'installation de communautés de tourbières hautes sur le substrat minéral ou sur des tourbes dégradées d'origine inconnue comme au Reisberg.

La crête héberge également des tourbières de type Trois-Fours, Morfeld, Sources de la Vologne. Il s'agit à l'origine de bas-marais induit par de probables concentrations de circulations hypodermiques ou des ruissellements qui ont été pâturés. Le KTH a par la suite permis la mise en place de communautés de tourbières hautes, de manière plus ou moins étendue suivant les usages actuels. Il s'agit donc de communautés de tourbière haute d'origine anthropique.

En dehors de la crête principale mais sur des sommets aplatis se tiennent des tourbières de nature variée, bas-marais à KTH supportant aujourd'hui des communautés de tourbière haute comme au Bramont, ou des tourbières hautes perturbées, à KTH, plus ou moins résilientes (Neuf-Bois et Ronde-Tête).

Les cirques glaciaires ont permis la mise en place de tourbières à logique hydrosérale, débutant par un lac, se poursuivant par un tremblant de lac, pour permettre la mise en place d'une tourbière haute. C'est le cas au lac Sec, au Forlet, à Missheimle, à l'étang Noir, et probablement sur la partie amont de Pourri-Faing. Dans ces cas, même si le KTH est présent, la tourbière haute se remet en place, le système apparait comme résilient. Le site du Rohtried est proche des sites de cirques à la différence que la dépression lacustre originelle, basse dans la vallée, n'est peut-être pas créée par un surcreusement mais par une moraine.

Ceci dit l'existence d'un lac à l'origine de la tourbière n'est pas systématique, même ici dans les cirques sous la crête. On ne trouve pas de sédiments lacustres et de tremblant de lac dans les cirques de Côte 1000 ou du Gaschney. On n'y trouve d'ailleurs ni tourbe de haut-marais ni de communautés de tourbière haute.

Le cas des tourbières dans les vallons des Wintergès, de Pourri-Faing ou à Rouge-Rupt reste incertain par manque de données et de modèle, même si une part au moins de ces tourbières se rapportent aux tourbières de versant d'origine anthropique de type Machais (Goubet, 2015).

De nombreux sites tiennent leur origine dans des décharges de nappes en bas ou en milieu de versant. Les tourbes ont été créées par des bas-marais; l'état actuel reflète encore ce fait (Chaume-Thiriet, Wissmurloch, Dagobert, sources de la Lauch, grand Langenberg), sauf pour Surcenord où la présence d'un KTH permet la mise en place de communautés de tourbière haute.

L'étang du Devin est l'unique site induit par la (re)mise en place d'une pièce d'eau dans un fond de vallon.

Pour finir, le complexe de l'Altenwasen reste inclassable de manière simple. Il est constitué de multiples entités d'origine et d'état différents.

7 - Conclusion-résumé

Ce travail, réalisé à la demande du Parc naturel régional des Ballons des Vosges, avait pour but d'évaluer l'état de conservation des Habitats de Tourbières et marais (codes 7110*, 7120, 7130, 7140, 7115 et 91DO*) à l'échelle du site dans le cadre de la démarche Natura 2000. Au final, 27 sites de tourbières de Lorraine et d'Alsace ont été évalués à travers une méthode qui a été élaborée spécifiquement pour ce travail (le protocole du Muséum National d'Histoire Naturelle n'était alors pas produit).

Cette méthode s'appuie sur un croisement entre les données scientifiques sur le fonctionnement des écosystèmes tourbeux et la définition de la notion d'évaluation dans la directive. Il s'agissait donc de prendre en compte d'une part la composition, la structure et les processus clés des écosystèmes intégrant les Habitats de la directive tels que définis dans les Cahiers d'Habitats et, d'autre part, «the specific structure and functions which are necessary for its long-term maintenance exist and are likely to continue to exist for the foreseeable future, and - the conservation status of its typical species is favourable». Pour satisfaire à la fois l'exigence scientifique et la simplicité d'application, la méthode d'évaluation proposée se base sur une clé dichotomique par Habitat. Cette clé, basée sur quelques critères floristiques, pédologiques et paléoécologiques prend en compte l'origine de la tourbière dans laquelle se tient l'Habitat considéré, l'origine de l'Habitat lui-même, l'état du sol et l'état de la végétation. La répartition des espèces ingénieures et la présence de taxons considérés comme indiquer des processus de dégradation sont aussi prises en compte. Chaque dichotomie de la clé définit un type d'Habitat et chaque type d'Habitat correspond à un état optimal, favorable, altéré ou dégradé. Les clés d'évaluation prennent en compte les lacunes de données de sites possibles et les incertitudes scientifiques sur le fonctionnement des tourbières. Elles laissent peu de place à la subjectivité, en dehors de seuils clairement identifiés et qui pourront être discutés dans une phase d'amélioration.

Outre la définition de l'état de conservation, la démarche permet de mieux définir l'origine, l'état et le potentiel du site, indispensable à la bonne conservation et à l'élaboration d'un plan d'actions de gestion pertinent.

Les Habitats de tourbières évalués dans le cadre de ce travail apparaissent dans un état favorable pour la quasi totalité des Tourbières boisées (91DO*), des Tremblants (7140) et des Tourbières hautes dégradées susceptibles de régénération naturelle (7120). Certains Tremblants, en situation naturelle (primaire) sont certainement dans un état optimal. Les Habitats de Tourbières hautes (7110*) sont pour les deux tiers dans un état favorable, et le tiers restant dans un état altéré. Il faut préciser que si l'Habitat est dans un état favorable, cela n'indique pas que les écosystèmes qui les hébergent sont fonctionnels comme ils ont pu l'être dans le passé, lors de la construction de l'édifice tourbeux.

La démarche d'évaluation nécessitant de comprendre le fonctionnement des complexes, de grands progrès ont été réalisés dans le cadre de ce travail. L'origine de la plupart des complexes a été décrite, ainsi que le type fonctionnel et l'état général.

Ce travail, complété par des données d'autres tourbières en cours d'étude ou déjà étudiées, pourrait servir de base à la réalisation d'un document de synthèse sur les tourbières du massif des Vosges.

8 - Bibliographie

Alday G. and Marrs R.H. (2014) A Simple Test for Alternative States in Ecological Restoration: The Use of Principal Response Curves. Applied Vegetation Science 17:302–311.

Baize, D., & Girard, M. C. (Eds.). (2009). Référentiel pédologique 2008. Editions Quae. 405 p.

Beisner, B. E., Haydon, D. T., & Cuddington, K. (2003). Alternative stable states in ecology. Frontiers in Ecology and the Environment, 1(7), 376-382.

Bensettiti F., Gaudillat V. & Haury J. (coord.), 2002. « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides. MATE/MAP/ MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 457 p. + cédérom. et Bensettiti F., Rameau J.-C. & Chevallier H. (coord.), 2001. « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 1 - Habitats forestiers. MATE/MAP/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 2 volumes : 339 p. et 423 p. + cédérom.)

Dewandel B., Lachassagne P., Wyns R., Maréchal J. C., & Krishnamurthy N. S. (2006). A generalized 3-D geological and hydrogeological conceptual model of granite aquifers controlled by single or multiphase weathering. Journal of hydrology, 330(1), 260-284.

Epicoco C. et Viry D. (2015). État de conservation des habitats tourbeux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude. Version 1er Mars 2015. Rapport SPN 2015-57 Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle / Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, Paris, 76p.

Evans, D., & Arvela, M. (2011). Assessment and reporting under Article 17 of the Habitats Directive. Explanatory notes & guidelines for the period 2007–2012, final draft prepared for the Habitats Committee in April 2011. European Topic Center on Biological Diversity, Copenhagen, Denmark. European Topic Center on Biological Diversity, Copenhagen, Denmark.

Flageollet, J. C., Hameurt, J., & Voirin, G. (1971). Les accumulations glaciaires de la vallée de la Cleurie (Vosges). Revue Géographique de l'Est, 11(2), 119-181.

Goepp, S. (2007). Origine, histoire et dynamique des Hautes-Chaumes du massif vosgien. Déterminismes environnementaux et actions de l'homme (Doctoral dissertation, Université Louis Pasteur-Strasbourg I). 287 p.

Goubet P. (2007) - Diagnostic préliminaire de sites tourbeux. Réserve Naturelle du Tanet Gazon-du-Faing (Le Valtain et Plainfaing), Réserve Naturelle de Machais (La Bresse), Tourbière de Jeamnaufaing (Rochesson), Réserve Naturelle Régionale des Charmes (Rupt-sur-Moselle & Thiéfosse), Tourbière de Ténine (La Bresse), Tourbière de la Bouyère (Jussarupt), Tourbière de la Grande Charme (Le Tholy), Tourbière de la Demoiselle (Saint-Nabord), tourbière de Lispach (La Bresse), tourbière de Pierrache (Bellefontaine). Rapport d'expertise. Cabinet Pierre Goubet, 82 p. Commande Conservatoire des Sites Lorrains.

Goubet P. (2009) - Compte rendu d'expertise commandée par le Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges. Diagnostic fonctionnel du complexe tourbeux de l'étang Noir, Réserve Naturelle de Frankenthal-Missheimle (Stosswihr, Haut-Rhin). Cabinet Pierre Goubet, Jenzat. Volume 1 (texte), 25 p., volume 2 (Figures et Fiches), 32 p.

Goubet P. (2009b) - Compte rendu d'expertise commandée par le Conservatoire des Sites Lorrains. Diagnostic fonctionnel du complexe tourbeux de Tanet (Le Valtin, Vosges). Cabinet Pierre Goubet, Jenzat. Volume 1 (texte), 27 p., volume 2 (figures et fiches), 36 p.

Goubet P. (2011a). Compte rendu d'expertise commandée par le Conservatoire Régionale d'Espaces Naturels Rhône-Alpes. Caractérisation paléoécologique du complexe tourbeux de La Béroude (Les Neyrolles, Ain, France). Cabinet Pierre GOUBET, Jenzat, 12 p.

Goubet P. (2011b). Compte rendu d'expertise commandée par le Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Bassin Versant de l'Albarine. Diagnostic fonctionnel du complexe tourbeux du Montoux (Brénod, Ain, France). Cabinet Pierre GOUBET, Jenzat Volume 1 (texte), 25 p. Volume 2 (figures), 35 p.

Goubet P. (2011c) - Compte rendu d'expertise commandée par le Parc Naturel des Ballons des Vosges. Diagnostic fonctionnel du complexe tourbeux du Gashney (Stosswhir, Haut-Rhin, France) Cabinet Pierre Goubet, Jenzat. Volume 1 (texte), 14 p. Volume 2 (figures), 13 p.

Goubet P. (2011d) - Compte rendu d'expertise commandée par le Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges. Diagnostic fonctionnel du complexe tourbeux de Surcenord amont (Orbey, Haut-Rhin, France). Cabinet Pierre Goubet, Jenzat. Volume 1 (texte), 16 p. Volume 2 (figures), 15 p.

Goubet P. (2011e). Compte rendu d'expertise commandée par le Conservatoire des Sites Lorrains. Diagnostic fonctionnel de la tourbière Charlemagne, Haut-Chitelet (Xonrupt-Longemer, Vosges, France). Cabinet Pierre GOUBET, Jenzat Volume 1 (texte), 15 p. Volume 2 (figures), 13 p.

Goubet P. (2012) - Compte rendu d'expertise commandée par le Parc National des Pyrénées. Diagnostic fonctionnel de la zone à Sphagnum fuscum du plateau du Cayan (Cauterets, Hautes-Pyrénées). Cabinet Pierre Goubet, Jenzat. Volume 1 (texte), 19 p. Volume 2 (figure), 18 p.

Goubet P. (2012) - Compte rendu d'expertise commandée par le Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne. Diagnostic fonctionnel de la tourbière du puy de Paillaret (Réserve Naturelle Nationale de Chastreix-Sancy). Cabinet Pierre Goubet, Jenzat, 38 p.

Goubet P. (2015). Compte rendu d'étude commandée par le Parc naturel régional des Ballons des Vosges. Caractérisation fonctionnelle des tourbières des pentes de la réserve naturelle de l'étang de Machais (La Bresse, Vosges). Cabinet Pierre GOUBET, Ardes-sur-Couze, 33 p.

Goubet P., Thebaud G. & Petel G. 2005 Les modèles théoriques de développement des haut-marais : un outil pour la gestion des tourbières. Géocarrefour, 80 : 303-315.

Goubet P., Thébaud G. & Pétel G. 2006 La Dynamique des hauts-marais et les paramètres écologiques qui la contrôlent : proposition d'un schéma fonctionnel et applications à la conservation. Revue d'Écologie, Terre et Vie, 61 : 101-116.

Guerold, F. (1992). L'acidification des cours d'eau: impact sur les peuplements de macro invertébrés benthiques. Doctoral dissertation, Université de Metz. 262 p.

Hingray T., 2015. Étude fonctionnelle du complexe tourbeux du Gazon du Faing, RNN du Tanet Gazon du Faing. Suivi écologique de la RNN du Tanet Gazon du Faing. CEN Lorraine. 42 p.

Janssen C.R. & Janssen-Kettlitz E.L., 1972. A post-atlantic sequence from the tourbière du Tanet (Vosges, France). Pollen et spores 14, 65-77.

Joosten, H., & Clarke, D. (2002). Wise use of mires and peatlands. International mire conservation group. 304 p.

Lachassagne P., Wyns R., Bérard P., Bruel T., Chéry L., Coutand T., Desprats J.-F. & Le Strat P. (2001). Exploitation of high-yields in hard-rock aquifers: downscaling methodology combining GIS and multicriteria analysis to delineate field prospecting zones. Groundwater, 39(4), 568-581.

Łajczak A. (2013). Changes in Raised Bog Relief During the Holocene Case Study: Polish Carpathian Mountains, Soil Processes and Current Trends in Quality Assessment, Dr. Maria C. Hernandez Soriano (Ed.), ISBN: 978-953-51-1029-3, InTech, DOI: 10.5772/54988. Available from: http://www.intechopen.com/books/soil-processes-and-current-trends-in-quality-assessment/changes-in-raised-bog-relief-during-the-holocene-case-study-polish-carpathian-mountains

Lévêque C. (2009). Bon état écologique. Espaces Naturels,27: 11.

Maciejewski L., Seytre L., Van Es J., Dupont P., Ben-Mimoun K., 2013. Etat de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Guide d'application. Version 2. Mai 2013. Rapport SPN 2013-16, Service du patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 179 p.

Mansuy D. (1992). Les granites et la couverture pédologique dans le bassin du Rouge Rupt. Leurs participations au contrôle de l'acidification des eaux (Cornimont-Vosges méridionales). Thèse de doctorat de l'université de Nancy. 214 p.

Merot P., Hubert-Moy L., Gascuel-Odoux C., Clement B., Durand P., Baudry J., & Thenail C. (2006). A method for improving the management of controversial wetland. Environmental management, 37(2), 258-270.

Miles J. (1981). Effect of birch on moorlands. Institute of Terrestrial Ecology. 18 p.

Mousain, D., Matumoto-Pintro, P., & Quiquampoix, H. (1997). Le rôle des mycorhizes dans la nutrition phosphatée des arbres forestiers. Revue forestière française, 49, 67-81.

Mücher, C. A., Kooistra, L., Vermeulen, M., Borre, J. V., Haest, B., & Haveman, R. (2013). Quantifying structure of Natura 2000 heathland habitats using spectral mixture analysis and segmentation techniques on hyperspectral imagery. Ecological Indicators, 33, 71-81.

Rode M. W., Leuschner C., Runge M., Clauss C., Lübbe K., & Margraf S. (1992). Heathland-Forest-Succession in North-West Germany: Morphological and Chemical Properties of the Soil under Different Successional Stages. In Responses of forest ecosystems to environmental changes (pp. 780-781). Springer Netherlands.

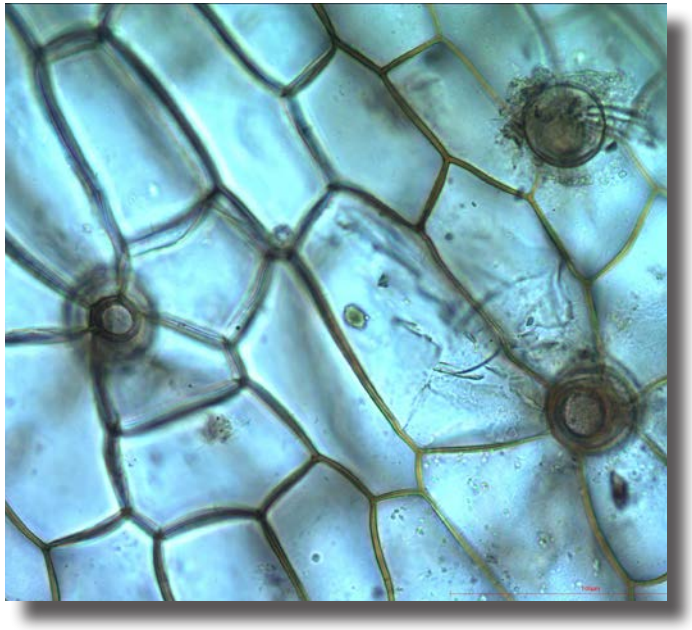
Saccone, P., Pyykkonen, T., Eskelinen, A., & Virtanen, R. (2014). Environmental perturbation, grazing pressure and soil wetness jointly drive mountain tundra toward divergent alternative states. Journal of Ecology, 102(6), 1661-1672.

Scheffer, M., & Carpenter, S. R. (2003). Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. Trends in ecology & evolution, 18(12), 648-656.

Scheffer, M., & van Nes, E. H. (2007). Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. Hydrobiologia, 584(1), 455-466.

Sjögren, P., Van der Knaap, W. O., Van Leeuwen, J. F. N., Andrič, M., & Grünig, A. (2007). The occurrence of an upper decomposed peat layer, or “kultureller Trockenhorizont”, in the Alps and Jura Mountains. Mires and Peat, 2(Article 5), 1-14.

Thébaud G., & Lemée G. (1995). Groupements forestiers mûrs à Abies alba dans les Monts du Forez. Acta botanica gallica, 142(3), 253-266.



GOUBET P. (2016). Compte rendu d'étude commandée par le Parc naturel régional des Ballons des Vosges. Évaluation de l'état de conservation de tourbières et marais du Parc naturel régional des Ballons de Vosges. Cabinet Pierre GOUBET, Ardes-sur-Couze, 157 p.

Expertise des Écosystèmes – Cabinet Pierre GOUBET

9, rue de la petite côte - 63 420 Ardes-sur-Couze

Téléphone : 09 67 45 69 53 – Mobile : 06 09 84 96 11

pierre.goubet@sphagnum.fr - http://www.sphagnum.fr

Siret : 49539019700020

N° TVA intracommunautaire : FR41495390197