Réserve Naturelle
TOURBIERE DE MACHAIS

Plan de gestion 2022 – 2032

Tome 1
Etat des lieux

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer

Parc naturel régional des Ballons des Vosges

Rédaction :

Alix BADRE – GREUZAT

(Conservatrice)

Avec la participation de :

Agathe GERARD

(Technicienne)

Crédits photographiques :

Alix BADRE – GREUZAT

Anaëlle BERNARD

Romain COLIN

Serge DUMONT

Agathe GERARD

Philippe MASSIT

Francis MULLER

Jean-Christophe RAGUE

Plan de gestion financé avec l'aide du
Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES)

Document à référencer comme suit :

Parc naturel régional des Ballons des Vosges, 2021, *Plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale de la Tourbière de Machais – TOME 1 Etat des lieux de la Réserve Naturelle*, 218p.

Novembre 2021

PREAMBULE

L'objectif prioritaire des Réserves Naturelles est de contribuer, à l'échelle nationale et internationale, à la protection du patrimoine naturel et en particulier de la diversité biologique. La réalisation d'un plan de gestion est une obligation légale (décret n°2005-491 du 18/05/2005) qui incombe au gestionnaire. Ce document de planification répond à plusieurs objectifs :

- définir, programmer et contrôler la gestion de manière objective et transparente ;
- assurer une continuité à long terme de la gestion ;
- organiser le travail du personnel de l'organisme gestionnaire ;
- transmettre et expliciter les choix de gestion aux membres du comité consultatif, aux élus, aux propriétaires, aux exploitants et aux usagers.

Après l'édition du « Guide méthodologique des plans de gestion de Réserves Naturelles » par l'Atelier Technique des Espaces Naturels (CHIFFAUT, 2006), une nouvelle édition a été validée par l'AFB (ATEN) et RNF (AFB, 2018). Toujours avec l'objectif d'aider les gestionnaires dans la rédaction du plan de gestion et d'étendre la méthodologie à l'ensemble des réserves naturelles de France, cette nouvelle version méthodologique s'articule autour de 5 éléments principaux :

- l'**état des lieux** ou **diagnostic** de la réserve : où en sommes-nous aujourd'hui ?
- les **enjeux** : quels sont les enjeux de la réserve qui ont justifié son classement ?
- la **stratégie** : que doit-on faire pour protéger, préserver ou restaurer ce qui a justifié le classement en réserve à long, court ou moyen terme ?
- les **actions concrètes** : que va-t-on faire pour y parvenir et comment ?
- l'**évaluation** : quels sont les résultats de la gestion au regard des objectifs fixés ?

Cette version permet de recentrer la gestion sur le patrimoine naturel et non plus sur l'administratif qui est à considérer comme un facteur clef de la réussite (FCR). Elle amène la notion d'« indicateurs » qui garantissent une évaluation objective de la gestion. Enfin, l'arborescence nouvelle permet d'englober la vision stratégique à court/moyen terme dans une stratégie à plus long terme.

Comme de nombreuses autres réserves naturelles de France, la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais a bénéficié de l'aide de Réserves Naturelles de France (RNF) pour la mise en place de cette nouvelle méthodologie. Si un important travail a été réalisé pour définir clairement les enjeux et les indicateurs qui permettront une évaluation précise de la gestion, une simplification de l'arborescence s'est imposée naturellement. En effet, il s'est avéré indispensable pour le gestionnaire d'aboutir à un plan de gestion facile de prise en main qui réponde aux cinq questions fondamentales précisées ci-dessus.

Le plan de gestion, qui permet de répondre à l'ensemble de ces questions fondamentales, est composé de 4 parties constituant les 4 Tomes suivants :

- **Le Tome 1 : Diagnostic de la Réserve Naturelle** est une synthèse des différentes données acquises sur le patrimoine naturel, le contexte socio-économique et l'intérêt pédagogique de la Réserve Naturelle. Il décrit le cadre spatio-temporel de la Réserve Naturelle et tient compte des études récentes et passées. Cette synthèse met en évidence les facteurs qui influent sur le fonctionnement des éléments naturels présentés dans ce diagnostic. Sa finalité est une évaluation de l'intérêt de la Réserve Naturelle et une définition des différents enjeux de conservation.

- **Le Tome 2 : Gestion de la Réserve Naturelle** constitue le plan de gestion proprement dit. Cette section explique comment le nouveau plan de gestion est construit en se basant sur la gestion passée et une méthodologie commune à l'ensemble des réserves naturelles de France. Il reprend l'évaluation des précédents plans de gestion et définit la stratégie de gestion.

Sur la base du diagnostic, le programme d'actions pour la période 2022 - 2032 y est présenté. Les objectifs et les opérations sont définis et s'inscrivent dans une arborescence logique :

Ce Tome 2 présente également le planning prévisionnel des actions et le budget prévisionnel **pour les cinq premières années de mise en œuvre**. Ce programme d'actions quinquennal sert de base aux plans de travail annuels établis par le gestionnaire.

- **Le Tome 3 : Annexes** rassemble l'intégralité des annexes mentionnées dans les 2 Tomes précédents. Il s'agit des documents réglementaires et de la liste d'espèces ;

- **Le Tome 4 : Atlas cartographique** présente l'ensemble des cartes mentionnées dans les Tomes 1 et 2.

Le présent plan de gestion a été rédigé par Alix Greuzat - Badré, conservatrice de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais au Parc naturel régional des Ballons des Vosges, et Agathe Gérard, technicienne Réserves naturelles, sous la responsabilité de Claude MICHEL, responsable du pôle environnement du Parc naturel régional des Ballons des Vosges.

Ont également contribué à la construction de ce plan de gestion :

- l'Office National des Forêts , représenté par Didier BRUNO aménagiste, Guillaume ANTOINE responsable de l'Unité Territoriale de la Haute Moselotte et Dominique HOLVECK Agent patrimonial ;
- les rapporteurs du CSRPN : Jean-Christophe RAGUE, Louis-Michel NAGELEISEN, Vincent ROBIN
- le Groupe d'Etudes des Tourbières : Alexandre POIROT, Arnaud DUHANEL, Pierre GOUBET
- le CEN Lorraine : Thibault HINGRAY

Différentes réunions de concertation ont eu lieu en 2020 et 2021 afin de mener l'animation territoriale de la révision de ce document, que les participants soient ici remerciés pour leur implication.

Sommaire

Tome 1 1
Préambule 4
Sommaire 7
Table des figures 11
Table des tableaux 12
Glossaire et liste des abréviations 13
1. Description générale 17
1.1. Création 17
1.1.1. Acte de classement 17
1.1.2. Historique de la protection du site 17
1.1.3. Objectifs du classement 21
1.2. Localisation, limites administratives et superficie 21
1.3. Régime foncier 22
1.4. Gouvernance et gestion 24
1.1.4. Le gestionnaire 24
1.1.5. Le comité consultatif 25
1.1.6. Le conseil scientifique 25
1.1.7. Partenariat 25
1.5. Résumé synoptique de la réglementation 26
1.6. Cadre socio-économique général 27
1.7. Zonages et classements en faveur du patrimoine naturel 28
1.8. Inventaires 28
1.9. Protections contractuelles 29
1.10. Protections réglementaires 31
1.11. Evolution historique 32
2. Environnement physique de la réserve 35
2.1. Contexte biogéographique 35
2.1.1. Région biogéographique 35
2.1.2. Climat 35
2.1.3. Topographie 42
2.2. Géologie, géomorphologie, pédologie 43
2.2.1 Etat des connaissances et des études disponibles sur la Réserve 44
2.2.2 Les formations géologiques de la Réserve naturelle 45
2.2.3 Description des objets géomorphologiques : formes glaciaires observées 47

2.2.4 Description des processus géomorphologiques anciens et actuels 49
2.2.5 Tourbière centrale organisée en trois zonages amont - aval 52
2.2.6 Etude paléo-écologique du complexe tourbeux central 55
2.2.7 La géomorphologie des tourbières de pente 60
2.2.8 Trajectoire paléo-écologique des tourbières de pente 62
2.2.9 Pédologie 64
2.2.8 Conclusion : les enjeux de conservation associés au géopatrimoine 65
2.3. Hydrogéologie et hydrologie 65
2.3.1. Etat des connaissances et des études disponibles 65
2.3.2. Définition du bassin versant fonctionnel de la Réserve naturelle 67
2.3.3. Hydrogéologie 67
2.3.4. Le réseau hydrographique de la Réserve naturelle 68
2.3.5. Régime hydrologique au sein de la Réserve naturelle 75
2.3.6. Qualité physico-chimique et biologique des cours d'eau 75
2.3.7. Nappe phréatique et échange nappe/cours d'eau 78
2.3.8. Le plan d'eau de machais 78
2.3.9. Conclusion : les enjeux de conservation associés à l'eau 88
3. Patrimoine naturel de la Réserve Naturelle 89
3.1. Etat des connaissances et des inventaires disponibles 89
3.2. Habitats et milieux naturels 91
3.2.1. Description des habitats 92
3.2.2. Valeur patrimoniale des habitats 116
3.2.3. Fonctionnalité des habitats tourbeux et aquatiques 119
3.2.4. Etat de conservation des habitats 124
3.3. Flore et faune 139
3.3.1 Etat des connaissances 139
3.3.2 Espèces protégées et patrimoniales 140
3.3.1. « Algues » : chromistes et porifères 148
3.3.2. Cryptoflore 149
3.3.3. Flore 151
3.3.4. Vertébrés 153
3.3.5 Invertébrés 158
3.4. Etat de conservation des populations d'espèces 164
3.4.1 Flore 164
3.4.2 Faune 164
3.5. Espèces exotiques envahissantes, allochtones et futures arrivantes 165

4. Cadre culturel et socio-économique de la Réserve Naturelle 167
4.1. Représentation culturelle 167
4.2. Patrimoine historique, culturel et paysager 167
4.3. Usages actuels dans et à proximité de la Réserve Naturelle 167
4.3.1. Exploitation de la ressource en eau et la maîtrise de l'eau 167
4.3.2. Agriculture 168
4.3.3. Sylviculture 168
4.3.4. Chasse 169
4.3.5. Infrastructures et équipements 169
4.3.6. Fréquentation routière 171
4.3.7 Activités touristiques et de loisirs 174
4.3.8 Tendances évolutives de la fréquentation pédestre depuis 10 ans 176
4.3.9 Profil des visiteurs de la Réserve naturelle 179
4.3.10 Tableau de synthèse des activités et de leurs impacts actuels et potentiels 182
5. Vocation à accueillir du public et intérêt pédagogique 187
5.1. Capacité de charge et d'accueil 187
5.1.1 Le dérangement des espèces animales 187
5.1.2 Des tourbières subissant une pression liée à la fréquentation 188
5.1.3 Ligne de conduite 188
5.2. Intérêt pédagogique 189
5.2.1 Machais 189
5.2.2 Lispach 189
5.3. Aménagements pour l'accueil du public 190
5.3.1 Circulation et stationnement des véhicules et des personnes 190
5.3.2 Les équipements d'accueil 193
5.4. Ancrage territorial 194
5.4.1 Les outils pédagogiques 194
5.4.2 Les actions d'animation et de sensibilisation 197
5.5. Police de la nature et actes contrevenants 201
5.5.1 Bilan 2015-2020 202
5.5.2 Focus sur la surveillance hivernale 2013-2020 (hors – sentier et route fermée) 204
6 Conclusion 207
6.1 Enjeux 207
6.1.1 Le complexe tourbeux limnogène et son bassin versant 207
6.1.2 Des hêtraies-sapinières abritant une mosaïque d'habitats prioritaires 207

6.1.3 La géologie et la géomorphologie 208
6.2 Facteurs clés de la réussite 209
6.2.1 Les connaissances de la Réserve Naturelle 209
6.2.2 L'ancrage territorial 209
6.2.3 La gouvernance et le fonctionnement de la Réserve Naturelle 210
6.3 Schéma de synthèse des enjeux de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais 211
Bibliographie 212

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Régions biogéographiques en France 35
Figure 2 : Précipitations enregistrées de 1964 à 2020 au lac de Kruth-Wildenstein (68) 36
Figure 3 : Chroniques pluviométriques de La Bresse comparées au lac de Kruth-Wildenstein (68) 37
Figure 4 : Données de températures enregistrées sur la Réserve naturelle de 204 à 2020 38
Figure 5 : Modèle âge – profondeur de la tourbière de Machais (partie aval) 56
Figure 6 : Présentation des différents profils topographiques réalisés dans l'APPB 53
Figure 7 : Localisation générale des 3 entités identifiées composant la zone centrale tourbeuse de Machais (APPB) 53
Figure 8 : évolution de la tourbière centrale avant et après cône de déjections du Valsche 54
Figure 9 : Description hydrogéologique de la Réserve Naturelle et de son environnement immédiat 68
Figure 10 : Matérialisation de la faille F1 de part et d'autre du chemin du Tour de l'Etang 71
Figure 11 : Mesures mensuelles de débits des affluents de la tourbière centrale, 2011 et 2012 72
Figure 12 : Mise en évidence du stockage et de la restitution de volumes d'eau par la tourbière centrale 74
Figure 13 : Carte de la bathymétrie du lac de Machais (répartition des profondeurs) 79
Figure 14 : Cartographie de la densité relative du fond à Machais 80
Figure 15 : Régime piézométrique du lac de Machais 83
Figure 16 : Mise en évidence d'un blocage de vidange du lac à un « seuil critique » 84
Figure 17 : Variations du niveau du lac au cours du printemps 85
Figure 18 : Influence de la végétation sur le niveau d'eau du lac en période estivale 85
Figure 19 : Influence d'un épisode orageux sur le niveau d'eau du lac 86
Figure 20 : Carte de localisation des arbres morts de plus de 30 cm de diamètre inventoriés sur la Réserve en 2016 132
Figure 21 : Eléments bilans concernant la présence de la myrtille 135
Figure 22 : Eléments bilans concernant le sapin de classe 1(hauteur < 50cm) 136
Figure 23 : Typicité floristique globale en pourcentage (superficie) 124
Figure 24 : Typicité floristique en pourcentage (superficie) par types de sites 125
Figure 25 : Dynamique observée en pourcentages (superficie) 126
Figure 26 : Etat de conservation global des deux grands types de sites tourbeux 127
Figure 27 : Phases de la sylvigenèse ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 28 : Représentation de la mosaïque d'habitats en forêt générée par la dynamique spontanée. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 29 : Bilan des pratiques de chasse sur la Réserve naturelle de 2015 à 2020 169
Figure 30 : Synthèse des données de fréquentation routière transmises par le CD88 à la Réserve naturelle 172
Figure 31 : histogramme et graphique obtenu (GAM : IC 95% en gris) pour les comparaisons inter-mensuelles de la fréquentation du sentier du tour de l'étang 177
Figure 32 : histogramme et graphique obtenu (GAM : IC 95% en gris) pour les comparaisons inter-mensuelles de la fréquentation du sentier de l'éboulis 178
Figure 33 : profil des visiteurs de la Réserve naturelle (2019) 180
Figure 34 : objectif de sortie des visiteurs de la Réserve naturelle (étude 2019) 180
Figure 35 : Relevé qualitatif de la fréquentation des chalets autour de la Réserve 192
Figure 36 : Publics touchés chaque année par les animations (co)portées par la Réserve naturelle 197

Figure 37 : Infractions constatées sur la Réserve naturelle de 1999 à 2020 203
Figure 38 : Bilan des tournées de surveillance hivernale effectuées sur la Réserve naturelle de la tourbière de Machais entre le 1er décembre et le 30 avril 2013 à 2020. 204
Figure 39 : Enjeux et facteurs clés de la réussite de la gestion de la Réserve Naturelle 211

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Principales dates de l'histoire de la Réserve Naturelle 18
Tableau 2 : Parcelles cadastrales incluses dans de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais 23
Tableau 3 : Parcelles forestières incluses dans la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais 23
Tableau 4 : Présentation des sphaignes étudiées pour leur teneur en éléments atmosphériques 41
Tableau 5 : Principaux inventaires et suivis effectués dans la Réserve Naturelle 90
Tableau 6 : Habitats présents et potentiellement présents dans la Réserve Naturelle 92
Tableau 7 : habitats des peuplements forestiers tourbeux 95
Tableau 8 : Habitats des eaux stagnantes et courantes 98
Tableau 9 : Végétations tourbeuses ouvertes 101
Tableau 10 : Végétations herbacées non tourbeuses mais humides 103
Tableau 11 : Habitats des landes et stades préforestiers 104
Tableau 12 : Types d'évolutions constatées en superficies 125
Tableau 13 : Catégorie et ampleur des atteintes relevées sur les habitats tourbeux 126
Tableau 14 : Statuts de protection et de patrimonialité nationaux des espères répertoriées sur la Réserve naturelle – inventaires fin 2021 141
Tableau 19 : Bilan du fonctionnement de l'éco-compteur du tour de l'étang depuis son installation en 2012 176
Tableau 20 : Bilan du fonctionnement de l'éco-compteur du sentier de l'éboulis depuis son installation en 2012 178
Tableau 21 : Synthèse des activités socio-économiques et de leurs impacts 186
Tableau 22 : Tournées de surveillance effectuées dans la Réserve Naturelle et infractions constatées (PNRBV, 2015-2020). 202

GLOSSAIRE ET LISTE DES ABREVIATIONS

APPB : Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope
BLAM : Bryologisch-lichenologische Arbeitsgemeinschaft für Mitteleuropa e. V. Association de lichénologie d'europe centrale
CEFE : Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (basé à Montpellier)
CEN : Conservatoire d'Espaces Naturels
CNPN : Conseil National pour la Protection de la Nature
CSRPN : Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel
DOCOB : DOCument d'OBjectifs
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
FCR : Facteur Clé de la Réussite
IBGN : Indice Biologique Global Normalisé
IPA : Indice Ponctuel d'Abondance
LIFE : L'Instrument Financier pour l'Environnement
MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle
OFB : Office Français pour la Biodiversité
ONF : Office National des Forêts
PSDRF : Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestière
RNF : Réserves Naturelles de France
RNN : Réserve Naturelle Nationale
STOC – EPS : Suivi Temporel des Oiseaux par Echantillonnages Simples
SRCE : Schéma Régional de Cohérence Ecologique
ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
ZPS : Zone de Protection Spéciale (Directive Oiseaux)
ZSC : Zone Spéciale de Conservation (Directive Habitats)

Capacité de charge d'un site : seuil au-delà duquel il est constaté des dérangements significatifs de faune, des modifications de l'état de conservation des habitats, une augmentation des risques pour le public…

Espèces patrimoniales : espèces considérées comme « quasi-menacées » (NT), vulnérables » (VU) et « en danger d'extinction » (EN) sur la liste rouge de France métropolitaine et les listes rouges régionales de Lorraine ou à défaut d'Alsace.

Réserve Naturelle
TOURBIERE DE MACHAIS

Région : Grand Est
Département : Vosges
Commune : La Bresse

Principaux milieux naturels :
Tourbières acides limnogènes
Tourbières de pente
Hêtraie-sapinière
Eboulis

Superficie de la réserve : 145 hectares

Création : Décret ministériel n°96-302 paru au Journal Officiel du 11 avril 1996.

Réglementation :
Chasse interdite, sauf actions de régulation autorisées par le Préfet.
Activités sylvicoles interdites, sauf interventions ponctuelles autorisées par le Préfet.
Activités sportives et touristiques interdites.
Chasse et exploitation forestière s'exerçant conformément à la réglementation en vigueur

Propriétaire :
Commune de La Bresse

Gestionnaire :
Parc naturel régional des Ballons des Vosges
1 rue du couvent
68140 MUNSTER
Tel : 03.89.82.22.10
Courriel : secretariat@parc-ballons-vosges.fr

Contact :
Parc naturel régional des Ballons des Vosges
Bureau des Espaces Naturels
Tel : 03.89.82.22.10
Courriel : reserves.naturelles@parc-ballons-vosges.fr

1. DESCRIPTION GENERALE

1.1. CREATION

1.1.1. Acte de classement

La création de la Réserve Naturelle est officialisée par le décret n° 96-302 du 3 avril 1996, au titre de la loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, et en application du décret n° 77-1298 du 25 novembre 1977. Le décret ministériel est paru au Journal Officiel le 11 avril 1996 (cf. Tome 3 - Annexe 1).

1.1.2. Historique de la protection du site

Dès le début du XXe siècle, le site de Machais a fait l'objet de diverses études ou expertises de la part de botanistes ou phytosociologues (BALDENSPERGER, 1925 ; ISSLER, 1937). Mais, ce n'est qu'à partir des années 1970 que des sociétés de botanistes, d'universitaires français ou étrangers venus analyser les richesses géomorphologiques ou biologiques du massif vosgien (OCHSENBEIN, 1969 ; KALIS, 1974 ; MULLER, 1984) et des associations de protection de la nature ont commencé à promouvoir une préservation des milieux tourbeux des Hautes-Vosges.
De 1979 à 1981 est réalisé l'inventaire national des tourbières de France. Sur 900 sites inventoriés en France, 53 tourbières (ou complexes de tourbières) sont répertoriées en Lorraine. Sur ces 900 sites tourbeux, 81 sont désignés d'intérêt primordial, dont 8 en Lorraine, comprenant la tourbière du Machais ou du Machey. Les experts scientifiques attribuent alors une valeur internationale à l'intérêt floristique, une valeur nationale à l'intérêt faunistique et aux autres intérêts de Machais (palynologique, archéologique, pédagogique…). Ils notent également que le site et son environnement sont exceptionnellement intacts.
Les 81 tourbières d'intérêt primordial figurent sur la liste prioritaire des sites à protéger. Le classement en Réserve naturelle est ici recommandé comme mode conservatoire le plus efficace et le plus approprié pour la préservation des milieux tourbeux.
La mise à l'étude d'une Réserve naturelle nationale sur la vallée perchée du vallon de Machais fut engagée en 1985 par la commune de La Bresse, propriétaire du site, en mesure compensatoire à l'immersion de la tourbière des Faignes de La Lande par la construction d'un barrage hydro-électrique sur la commune précitée. Dans ce même contexte, la mise en place de mesures réglementaires de protection sur d'autres tourbières (lac de Retournemer, complexes tourbeux du Massif du Grand Ventron, de Tanet-Gazon du Faing) fut envisagée de manière complémentaire. Elles aboutirent à la création de 2 Réserves naturelles nationales, celles du Tanet-Gazon du Faing (1988) et du Massif du Grand Ventron (1989), et de la Réserve biologique domaniale de la Tourbière de la Morte-Femme (1989).
La procédure de classement aboutit à la création de la Réserve Naturelle Nationale de la Tourbière de Machais par décret ministériel, **le 28 janvier 1988** (décret n°88-111).
Le 19 mai 1994, le Conseil d'État a annulé le décret portant création de la Réserve naturelle pour vice de forme sur demande de la commune de La Bresse : le décret de 1988 ne prenait pas en compte la possibilité d'aménagement d'une prise d'eau en aval de la tourbière centrale.
En juillet 1994, parallèlement à la relance d'une nouvelle procédure de classement en Réserve naturelle du site de Machais, un Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope assurant la protection de la tourbière centrale a été pris pour garantir la continuité dans la protection du site (décret n° 1674 - 94, cf. Tome 3 - Annexe n°2). Cet APPB a remplacé l'Arrêté Préfectoral du

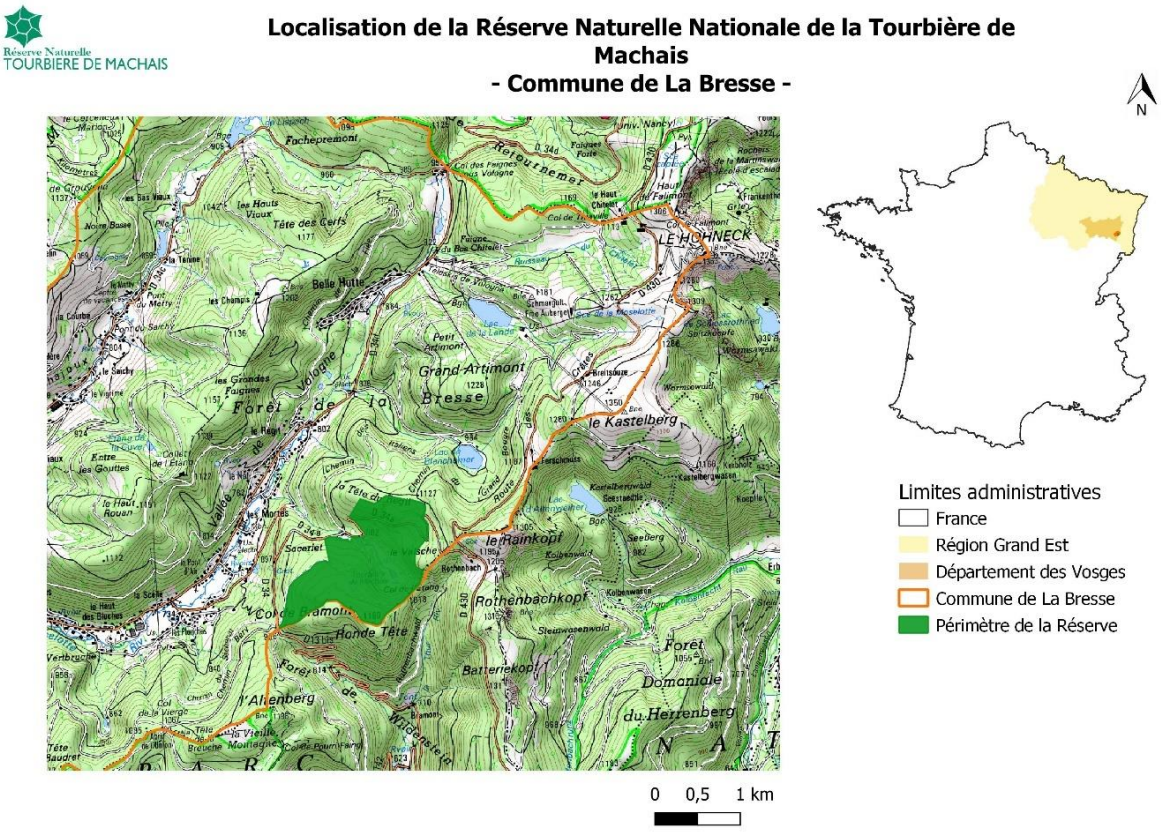
16 janvier 1992, créé à partir du premier décret de création de la Réserve et mettant en place une zone de protection renforcée interdisant l'accès à la tourbière principale sur 21 ha.
La nouvelle procédure de classement, qui proposait une modification du périmètre de la Réserve excluant la zone de la prise d'eau, a abouti à la création de la Réserve Naturelle Nationale de la Tourbière de Machais par décret ministériel, le **3 avril 1996**.

Tableau 1 : Principales dates de l'histoire de la Réserve Naturelle

Année	Évènements	Observations
1925	Première mention bibliographique de Machais dans une étude sur la faune et la flore planctonique des lacs des Hautes-Vosges par A. BALDENSPERGER	
1937	Première étude pollinique des tourbières du Nord-Est de la France par P. HATT	
1937	Travaux d'ISSLER sur les associations végétales des tourbières des Vosges méridionales	Mention de plusieurs espèces végétales aujourd'hui protégées (Lycopode inondé, Laîche bourbeuse, Andromède, etc.) à l'Étang de Machais
1949	Atlas des tourbières françaises	Mention du site de Machais
1975	Étude palynologique des tourbières par G.WOILLARD	Analyses palynologiques sur la tourbière de l'Étang du Machey
1970-1975	Études des tourbières	
1979	Inventaire de la flore de l'étang de Machais par H. BICK (communication personnelle)	Argumentaire pour une protection du site
1981	Inventaire des tourbières de France	Site reconnu d'intérêt floristique international et d'intérêt faunistique national Site et environnement exceptionnellement intacts
1984	La Tourbière de Machais inventoriée en ZNIEFF	Site reconnu d'intérêt international et préconisation d'un classement en Réserve naturelle
1982-1984	Aménagement du barrage des Faignes de la Lande	Mise à l'étude de la création de plusieurs Réserves naturelles au titre des mesures compensatoires
1987	Enquête publique sur le projet de création d'une Réserve naturelle nationale sur le site de Machais	Avis favorable du commissaire enquêteur
1988	Création le 28 janvier 1988 de la Réserve naturelle sur une superficie de 145,60 ha	Pourvoit de la commune de La Bresse en Conseil d'État pour non-respect des clauses négociées pendant l'enquête publique
1988 - 1989	Mise en place du comité consultatif de gestion le 28 octobre 1988 et nomination du gestionnaire de la Réserve	Le Parc naturel régional des Ballons des Vosges est nommé gestionnaire.

Année	Évènements	Observations
1988	1er avril : recours de la commune de la bresse pour non respect de l'avis du propriétaire	Le débat porte sur un droit d'eau situé au pont sur la goutte de machais
1994	Validation du plan de gestion, le 6 mai	
1994	Annulation par le Conseil d'État du décret de la Réserve	Annulation pour vice de forme
1994	Prise d'un Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope pour interdire l'accès à la tourbière centrale (19,48 ha) le 18 juillet 1994 ; relance de la procédure de classement en Réserve	Les crédits destinés à la gestion de Machais ont été maintenus pour partie par le Ministère de l'Environnement durant la deuxième procédure de classement.
1995	Le territoire de la Réserve est identifié comme « Espace Naturel Sensible » par le Conseil Général des Vosges.	Intérêt national pour ce territoire. Inventaire réalisé avec le CEN Lorraine.
1996	Nouvelle création de la Réserve le 8 avril sur une superficie de 144,73 ha	
1997	Nouvelle nomination du gestionnaire de la Réserve (convention de gestion du 25 août 1997)	Le Parc naturel régional des Ballons des Vosges est de nouveau nommé gestionnaire.
1998	Validation par le comité consultatif de la réactualisation du plan de travail du plan de gestion 1998 - 2002	Réactualisation du plan de travail du plan de gestion suite à la période d'absence de classement.
2005	Évaluation du plan de gestion 1998 - 2002	Entre la fin « officielle » du plan de gestion et la démarche d'évaluation, la gestion quotidienne de la Réserve (suivis, surveillance, etc.) s'est normalement poursuivie.
2006	Élaboration du plan de gestion 2007 - 2011	
2008-2011	Cycle d'expertises visant à caractériser le fonctionnement historique et actuel du complexe tourbeux central - cabinet d'expertises Pierre Goubet	Les conclusions amenées par ces études amènent une refonte de la partie « A » diagnostic du nouveau plan de gestion.
2011-2013	Évaluation du plan de gestion 2007-2011, évaluation de l'état de conservation des habitats et élaboration du plan de gestion 2013 - 2017	Entre la fin « officielle » du plan de gestion et la démarche d'évaluation, la gestion quotidienne de la Réserve (suivis, surveillance, etc.) s'est normalement poursuivie.
1995	Le territoire de la Réserve est identifié comme « Espace Naturel Sensible » par le Conseil Général des Vosges.	Intérêt national pour ce territoire. Inventaire réalisé avec le CEN Lorraine.
1996	Nouvelle création de la Réserve le 8 avril sur une superficie de 144,73 ha	
1997	Nouvelle nomination du gestionnaire de la Réserve (convention de gestion du 25 août 1997)	Le Parc naturel régional des Ballons des Vosges est de nouveau nommé gestionnaire.

Année	Évènements	Observations
1998	Validation par le comité consultatif de la réactualisation du plan de travail du plan de gestion 1998 - 2002	Réactualisation du plan de travail du plan de gestion suite à la période d'absence de classement.
2005	Évaluation du plan de gestion 1998 – 2002 (1er)	Entre la fin « officielle » du plan de gestion et la démarche d'évaluation, la gestion quotidienne de la Réserve (suivis, surveillance, etc.) s'est normalement poursuivie.
2006	Élaboration du plan de gestion 2007 – 2011 (2e)	
2011	Evaluation du plan de gestion 2007-2011 (2e)	
2012	Rédaction du plan de gestion 2013 – 2017 (3e)	
2013	Décembre - présentation du plan de gestion au CSRPN Lorraine qui émet un avis défavorable en mai 2014	
2015	Septembre - approbation de la 2e version du plan de gestion 2015 - 2020 par le comité consultatif	
2019	Révision de la convention de gestion	Mise à jour administrative
2020	Evaluation du plan de gestion 2015 – 2020 Mise en place de la nouvelle méthodologie plan de gestion pour le plan de gestion 2021-2031 (4e)	
2021	Histoire paléo-écologique de la tourbière centrale de machais	Rapport réalisé par Vincent ROBIN, du LIEC, à l'issue de plusieurs années d'études



Carte n°1a : Localisation de la Réserve Naturelle Nationale de la Tourbière de Machais

Depuis la loi n°2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité, les Réserves Naturelles sont devenues Réserves Naturelles Nationales, par distinction des Réserves Naturelles Régionales, instaurées par les Conseils Régionaux.

1.1.3. Objectifs du classement

Un paysage et une tourbière flottante uniques

Recouvrant un petit cirque glaciaire aux caractéristiques géomorphologiques bien marquées, la Réserve abrite la dernière et la plus importante tourbière flottante intacte de tout le massif vosgien, tourbière d'évolution postglaciaire sur un cirque lacustre de tête de bassin versant. Dans ce cirque glaciaire, les climax climatiques s'organisent en fonction de l'altitude (étagement de la végétation). Les climax édaphiques, quant à eux, s'ordonnent essentiellement en fonction de la nature des sols et de manière quasiment concentrique à « l'Étang de Machais », lac relictuel glaciaire.

Des tourbières et des forêts

Les tourbières (25 ha), milieux originaux « au caractère bien trempé », ont des profils variés : flottante (limnogène), bombée (ombro-soligène) ou de pente (soligènes). Elles présentent de multiples intérêts : botanique, faunistique, hydrologique, palé-écologique, et sont menacées de disparition à l'échelle nationale et au-delà.
Empreintes d'une longue histoire humaine, les forêts (120 ha) sont pour leur part dominées par la Hêtraie-sapinière.

Une diversité de milieux et des espèces rares ou menacées

Hêtraie d'altitude, Bétulaies et Saulaies sur tourbe, et Érablaie sont localisées au sein du maillage forestier. L' éboulis (0,5 ha) et ruisseaux contribuent également à la diversité des milieux. La Réserve naturelle abrite donc une mosaïque d'habitats, en assez voire bon état de conservation.
Les espèces rares ou menacées, animales ou végétales sont majoritairement inféodées aux complexes tourbeux. Citons par exemple pour la flore le Lycopode inondé (*Lycopodiella inundata*), la Laîche des bourbiers (*Carex limosa*), l'Andromède à feuilles de polium (*Andromeda polifolia*), 20 espèces de Sphaignes, etc.
Pour la faune : le Nacré de la Canneberge (*Boloria aquilonaris*) ou l'Aeschne subarctique (*Aeshna subarctica*)… Milieu le plus riche pour l'avifaune, la forêt abrite le Grand tétras (*Tetrao urogallus*), espèce menacée de disparition à l'échelle du massif vosgien. La Réserve de Machais est une zone régulière d'hivernage et un site d'élevage des nichées pour l'oiseau. La Gélinotte des bois (*Bonasia bonasia*) est également présente.

1.2. LOCALISATION, LIMITES ADMINISTRATIVES ET SUPERFICIE

La Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais est située dans l'Est de la France, plus précisément en Lorraine, en limite orientale du département des Vosges, sur le ban communal de La Bresse (Cf. Tome 4 - Cartes n°1a, b). Localisée au sud du massif vosgien, au cœur des Hautes-Vosges, elle couvre une partie de la zone d'intersection entre les deux chaînes montagneuses du massif : la chaîne principale Hohneck – Grand Ballon (la plus élevée) et la chaîne secondaire du Grand Ventron – Ballon d'Alsace. Ces deux chaînes sont séparées à l'Est, versant alsacien (Haut-Rhin), par la vallée glaciaire de la Thur. À l'Ouest, versant lorrain, la

Réserve naturelle domine la vallée glaciaire de la Moselotte, affluent de la Moselle. Le territoire de la Réserve naturelle s'étend précisément sur le bassin versant septentrional et bressaud du sommet de Ronde tête (1160 m) et concerne les parties hautes du sous-bassin versant (également bressaud) de la Moselotte.
La route départementale 34a ou route des Américains, qui relie la départementale 34 (La Bresse – Wildenstein) à la route des Crêtes sillonnant la haute chaîne des Vosges, traverse la Réserve naturelle dans sa partie nord. Deux villes de moyenne importance, La Bresse et Gérardmer, se situent respectivement à 2,5 km et 20 km du site de Machais. Une distance de 60 km sépare la Réserve naturelle d'Épinal, chef-lieu du département des Vosges.
Les limites de la Réserve correspondent également à une triple limite administrative : limite interrégionale entre l'Alsace et la Lorraine, limite interdépartementale entre le Haut-Rhin et les Vosges, limite intercommunale entre La Bresse (88) et Wildenstein (68) (Cf. Tome 4 - Carte n°1a)

1.3. REGIME FONCIER

Les 144,73 ha de la Réserve Naturelle sont entièrement situés sur le seul ban communal de La Bresse. La commune de La Bresse en est l'unique propriétaire foncier.

La Réserve naturelle est constituée de 23 parcelles dont les surfaces sont détaillées dans le tableau ci-dessous, et auxquelles s'ajoute le réseau hydrographique non cadastré (Cf. Tome 4 - Carte n° 2).

Références cadastrales	Surfaces cadastrales			Surfaces arrondies en hectares
	hectares	ares	centiares	
B1 61			64	0,01
B1 62	10	53	11	10,53
B1 74	16	55	63	16,56
B1 75	19			19
B1 77		84	30	0,84
B1 78		8	58	0,09
B1 79	10	28	12	10,28
B1 80		11	25	0,11
B1 81		68	75	0,69
B1 82		64	38	0,64
B1 83		22	50	0,23
B1 84		18	12	0,18
B1 85	2	56	25	2,56
B1 86	9	80	63	9,81
B1 88	4	78	75	4,79
B1 89	18	55		18,55
B1 95	2	75		2,75
B1 96	4	38	12	4,38
B1 97	1	41	25	1,41
B2 304	5	87	50	5,88
B2 306	9	32	50	9,33
B2 307	9	86	25	9,86
B2 308	16	25	37	16,25
Total				*144,73*

Tableau 2 : Parcelles cadastrales incluses dans de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais

Afin de simplifier le suivi, **le parcellaire forestier a été adapté au parcellaire cadastral**. Une parcelle cadastrale B1 61 (surface de 64 ca) non citée par le décret ministériel et soumise au régime forestier a été incluse dans un souci de cohérence à une parcelle forestière de la Réserve naturelle. Le territoire de la Réserve (Cf. Tome 4 - Carte n°3) comprend donc les parcelles forestières de la forêt communale de La Bresse suivantes :

N° de parcelle forestière	Surfaces arrondies en hectares
144	10,54
145	16,56
146	19,93
168	16,25
169	12,73
170	23,34
171	12,37
173	21,68
Tourbière de Machais	11,33
Total	*144,73*

Tableau 3 : Parcelles forestières incluses dans la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais

Les limites de la Réserve naturelle correspondent donc à celles des parcelles forestières. Elles sont matérialisées sur le terrain par des lignes de parcelles numérotées et symbolisées par le logo hexagonal vert des Réserves naturelles.

1.4. GOUVERNANCE ET GESTION

1.1.4. Le gestionnaire

Après consultation du comité consultatif de gestion et avis de la commune de La Bresse, le Parc naturel régional des Ballons des Vosges (PNRBV) s'est vu confier la gestion de cet espace naturel protégé, une première fois en 1989 et une seconde fois en 1997, suite au déclassement puis au reclassement du site en Réserve.
Une première convention a été mise en place en 1997, révisée en 2019. (Cf. Tome 3 - Annexe n°3).

Précisément, le PNRBV est chargé d'assurer, sous l'autorité du Préfet, la gestion globale de la Réserve conformément au plan de gestion en vigueur et en cohérence, notamment sur le plan financier, administratif, pédagogique et scientifique, avec la gestion des autres Réserves naturelles du massif vosgien qu'il gère. Le Président du Parc, représenté par son Directeur, assure la continuité et la responsabilité des actions à engager sur la totalité de ce territoire.

Le PNRBV peut confier à des tiers, avec l'accord du Préfet, des études ou des expertises particulières permettant d'améliorer la connaissance de la Réserve. Certaines de ces études peuvent être confiées au CEN Lorraine.

L'ONF est seul responsable, sous le contrôle du Préfet, de l'application du plan d'aménagement forestier conformément au décret et au plan de gestion de la Réserve, notamment en ce qui concerne la mise en place d'une sylviculture compatible avec le maintien du grand tétras. Autrement dit, l'ONF est responsable de la gestion sylvicole. Par ailleurs, peuvent lui être confiés la mise en œuvre de travaux (signalétique…), l'entretien courant des équipements d'accueil du public, la réalisation de travaux de génie écologique, ou la surveillance à caractère renforcé.

Le « personnel Réserve », salariés du PNRBV, comprend un conservateur et un technicien à temps partiel. Ceux-ci sont basés au Bureau des Espaces Naturels du PNRBV, à Wildenstein. Ce Bureau est une antenne thématique du Parc, consacrée aux Réserves naturelles et à Natura 2000. Il offre l'équipement informatique et administratif nécessaire aux besoins du personnel, qui dispose de tenues uniformes communes aux Réserves naturelles de France, et de matériel de terrain. Des véhicules de service leur sont par ailleurs mis à disposition.
D'autres salariés du PNRBV interviennent également de manière ponctuelle dans la gestion de la Réserve naturelle :

- coordination et suivi administratif (2 personnes)
- service comptable et financier (2 personnes) : contribution à la gestion financière ;
- secrétariat (1 personne) : contribution à la gestion administrative ;

* Siège social et administratif du PNRBV :
Maison du Parc
1 rue du couvent
68140 MUNSTER
Tél : 03 89 77 90 20 – Fax : 03 89 77 90 30
E-mail : secretariat@parc-ballons-vosges.fr

* Siège local des Réserves naturelles gérées par le PNRBV :
PNR des Ballons des Vosges
Bureau des Espaces Naturels
1 place des Verriers
68820 WILDENSTEIN
Tél : 03 89 82 22 10 – Fax : 03 89 82 22 19

1.1.5. Le comité consultatif

Le comité consultatif de la Réserve naturelle est actuellement composé de 15 membres répartis en trois collèges selon l'arrêté préfectoral n° 2643/96 (cf. Tome 3 – Annexe 4a). Ceux-ci sont élus pour 5 ans, avec un mandat renouvelable. Le dernier renouvellement du comité consultatif de gestion a eu lieu en 2020 (cf. Tome 3 – Annexe4b).

1.1.6. Le conseil scientifique

Le décret de création de la Réserve naturelle prévoit la désignation d'un conseil scientifique. Pour les Réserves Naturelles Nationales gérées par le Parc naturel régional des Ballons des Vosges, c'est le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN) qui en tient lieu.

1.1.7. Partenariat

La convention de gestion de la Réserve naturelle du 29 novembre 2019 établie entre le PNRV et le Préfet des Vosges fixent les règles de gestion de la Réserve naturelle, en particulier en matière de gestion forestière et de police de l'environnement.
L'ONF est identifié comme un partenaire privilégié de la Réserve naturelle, et à ce titre le Plan d'Aménagement Forestier et le Plan de Gestion se doivent d'être cohérents.

1.5. RESUME SYNOPTIQUE DE LA REGLEMENTATION

Deux textes se complètent sur la Réserve naturelle, le décret de création de celle-ci et la réglementation de l'APPB couvrant la tourbière centrale.

Activités interdites	RN	APPB
L'abandon, ou le dépôt de tout produit, quel qu'il soit, de nature à nuire à la qualité de l'eau, de l'air, du sol ou du site ou à l'intégrité de la faune et de la flore ; les dépôts de détritus quels qu'ils soient	X	X
La modification, par quelque moyen que ce soit, de la température, du niveau et du débit des eaux	X	X
Toute activité de recherche, d'extraction de tourbe ou d'exploitation minière	X	
Toute activité industrielle	X	
Tous travaux publics ou privés (sauf exceptions)	X	X
Les activités forestières sur l'APPB (sauf autorisation préfectorale)		X
La circulation des véhicules à moteur en dehors des voies ouvertes à la circulation (sauf exceptions)	X	X
L'introduction des chiens (sauf exceptions) : Les chiens, bien qu'interdits, bénéficient dans les faits d'une tolérance, à condition d'être attachés en laisse.	X	
La pénétration et la circulation des personnes sur l'APPB (sauf dérogations préfectorales nominatives)		X
Le campement sous une tente, dans un véhicule ou dans tout autre abri	X	X
Le bivouac sur l'APPB		X
Toute manifestation sportive sur l'APPB		X
L'atteinte, de quelque manière que ce soit, aux végétaux non cultivés de la Réserve ou de les emporter en dehors de la Réserve	X	
L'introduction, à l'intérieur de la Réserve, de végétaux (sauf exceptions), quel que soit leur stade de développement.	X	
L'atteinte, de quelque manière que ce soit, aux animaux non domestiques de la Réserve ou de les emporter en dehors de la Réserve	X	
L'introduction, à l'intérieur de la Réserve, d'animaux non domestiques (sauf exceptions), quel que soit leur stade de développement.	X	
Le dérangement des animaux par quelque moyen que ce soit	X	
L'utilisation d'un instrument qui, par son bruit, est de nature à troubler le calme et la tranquillité des lieux.	X	
L'atteinte au milieu naturel en faisant des inscriptions ou en utilisant du feu	X	
Les activités pastorales	X	
La chasse sur l'APPB	X	
L'utilisation à des fins publicitaires de toute expression évoquant directement ou indirectement la Réserve	X	
Activités réglementées	RN	APPB
Les activités forestières	X	
La chasse	X	
Les activités sportives ou touristiques organisées	X	
La cueillette **familiale** des fruits sauvages et des champignons (autorisée)	X	

Activités interdites	RN	APPB
Toute mesure pour la conservation d'espèces animales ou végétales ou la limitation d'animaux ou de végétaux surabondants dans la Réserve	X	
La capture, le marquage et le prélèvement d'animaux ou de végétaux à des fins scientifiques	X	

* RN : activités réglementées par le décret de création de la Réserve sur l'ensemble du territoire de la Réserve, APPB inclus.
* APPB : activités réglementées par l'Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope de la Tourbière de Machais sur la superficie de la tourbière centrale (19,48 ha).

1.6. CADRE SOCIO-ECONOMIQUE GENERAL

source : wikipedia

La commune de la Bresse compte, selon les chiffres de 2018, 4 146 habitants pour une surface du ban communal d'environ 57,94 $km^{2,}$ soit une densité de population l'ordre de 72 habitants/km^2. Le nombre d'habitants a diminué de 2,72 % par rapport à 2013, et cette baisse est continue depuis la fin des années 80.
Elle est réputée pour ses activités de montagne et ses stations de sports d'hiver, en particulier celle de La Bresse-Hohneck, la plus grande et plus haute station de ski du Nord-Est de la France, son point le plus élevé se trouvant à 1 350 m d'altitude.

Bref récit historique

Elle est issue d'un hameau fondé autour du XXe siècle par une communauté alsacienne (ancienne étymologie : Walle puis Wolle puis Wohl, plus tard francisé en Vologne). Deux autres hameaux sont créés au Moyen Âge : la Bresse, située à l'emplacement de l'actuel centre-ville, et la petite Bresse, située au confluent des deux vallées Chajoux et Vologne, les deux en position surélevée par rapport à la zone des rivières marécageuses sauvages. Au fil des siècles, le peuplement de plus en plus intense et la construction de maisons ont fait que Vologne, la Bresse et la Petite Bresse ont fusionné en un seul village étiré le long de la vallée. Les zones les plus en altitude, situées dans des terrains très pentus et de travail agricole pénible colonisent peu à peu les deux versants de la vallée jusqu'aux limites de la forêt d'altitude, formant un habitat dispersé de grosses fermes isolées entourées de vastes pâturages.

Le peuplement progressif de la vallée de la Moselotte, depuis Vagney jusqu'à la Bresse, et des vallées adjacentes (Gerbamont, Sapois, Rochesson, Basse-sur-le-Rupt, Ventron), s'est effectué au gré des aléas climatiques, épidémiques et guerriers, avec des campagnes successives de défrichement, jusqu'au déboisement presque complet des vallées au XIX^{e} siècle, pour la conversion des forêts en terrains agricoles. Peu à peu, le commerce interrégional entre l'Alsace et la Lorraine s'est installé, rendu compliqué par le passage des convois de chevaux chargés de marchandises dans des chemins montagneux escarpés et dangereux, notamment au passage d'altitude des crêtes (sommets) à proximité du Rothenbachkopf, à une époque où les voies facilitées des cols n'existaient pas encore, c'est-à-dire avant 1842 qui vit l'ouverture d'une voie carrossable au col de la Schlucht.

La Bresse est restée une communauté à petite justice de ban forestier indépendante jusqu'au 4 août 1789 où l'Assemblée vota l'abolition de tous les privilèges. Or, les Bressauds

étaient bénéficiaires de privilèges. La proclamation de l'égalité de tous et pour toutes les institutions devant la loi a mis un terme à l'administration indépendante du ban.

Durant l'occupation allemande pendant la Seconde Guerre mondiale, la région est un foyer de résistance. Lors de la Libération, La Bresse connait un sort particulièrement malheureux. Le 3 octobre 1944, elle reçoit les premiers obus de l'artillerie alliée, destinés à chasser les Allemands. Pendant six semaines, le pilonnage d'artillerie est incessant. Chaque jour, une dizaine de maisons brûlent. Au total, ce sont 146 000 obus qui vont être déversés sur la localité, si bien que la ville est détruite à 80 %.

Longtemps vouée à l'agriculture vivrière, à **l'industrie du bois, du granit** et du coton, La Bresse est aujourd'hui l'une des principales stations de sports d'hiver des Vosges, la première en nombre de pistes.

1.7. ZONAGES ET CLASSEMENTS EN FAVEUR DU PATRIMOINE NATUREL

La Réserve Naturelle est répertoriée dans plusieurs inventaires en faveur du patrimoine naturel et classée dans de nombreux zonages de protection, contractuels ou réglementaires. Les cartes correspondant à ces zonages se trouvent au Tome 4 - Atlas cartographique.

1.8. INVENTAIRES

Inventaire National du Patrimoine Naturel (ZNIEFF), (cf. Tome 3 - Annexe n°5 et Tome 4 - Carte n°4)

La Tourbière de Machais a fait l'objet de diverses études scientifiques depuis un siècle (Issler, 1937 ; Hatt, 1937, Ochsenbein, 1969 ; Kaule, 1974 ; etc.). L'inventaire des Tourbières de France de 1981 a confirmé l'intérêt biologique du site. En 1984, dans le cadre de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel, lancé par le Ministère de l'Environnement dès 1982, la grande tourbière centrale a ainsi été classée en zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) de type 1, c'est-à-dire d'intérêt biologique remarquable. Ces fiches ont été révisées et validées par le CSRPN Lorraine à la fin de l'année 2012.

Zone d'importance communautaire pour les oiseaux (ZICO) (cf. Tome 3 - Annexe n°6)

Les ZICO sont issues d'un inventaire des milieux les plus intéressants pour les oiseaux au niveau européen. Une partie importante des Hautes-Vosges a été inscrite à cet inventaire **au vu de son intérêt pour le grand tétras**. Il s'agit de la ZICO AC 09 qui s'étend sur 88 200 ha en tout. Elle concerne uniquement le département des Vosges en Lorraine, pour une surface de 37 863 ha. À l'intérieur de cette superficie, la ZPS « massif vosgien » (site Natura 2000) s'étend sur 8 959 ha (soit sur 23,6 %). La Réserve naturelle de la Tourbière de Machais, qui est un site d'hivernage et de reproduction pour le grand tétras, fait partie intégralement de la ZICO AC 09.

Stratégies nationales concernant la protection du grand tétras

La protection du grand tétras est prise en compte dans les orientations et les directives d'aménagements forestiers (Directives et schémas d'aménagement de 2007) des régions Alsace, Franche-Comté et Lorraine.

Les directives du 23 janvier 1991 (Zones d'Actions Prioritaires / Zones d'Actions Non Prioritaires) visent à protéger l'ensemble du biotope vosgien de l'espèce. Elles s'appuient sur une cartographie fine des zones d'occupation actuelles et potentielles de l'oiseau et proposent une **série de mesures de gestion en faveur de l'habitat Tétras**. Ces dernières, issues de la Mission Tétras Vosges ONF – ONC, et approuvées le 2 janvier 1980 par la Direction Générale de l'ONF, sont en cours de ré-écriture. **Elles s'imposent en forêts domaniales tandis que pour les autres forêts relevant du régime forestier, ces propositions ont valeur de recommandations et ne s'appliquent qu'après accord des propriétaires.**

Le site de Machais est de fait classé par son statut de Réserve naturelle en Zone d'Action Prioritaire. La commune de La Bresse, propriétaire, a accepté d'appliquer la Directive Tétras, à l'exception de la mise en place de parquets d'attente. L'ONF a la charge de mettre en œuvre les mesures de gestion concernées.

En 2005, un **additif** à ces deux directives, regroupées communément sous la dénomination de « Directive Tétras », a été rédigé. Cet additif est directement lié à la démarche Natura 2000. Rappelons en effet que 6 sites Natura 2000 sur les trois régions du massif ont été désignés en Zones de Protection Spéciales (ZPS) dans le cadre de la Directive Européenne n°2009-149/CE concernant la conservation des oiseaux sauvages. Le grand tétras constitue l'espèce phare de ces sites. La commune de La Bresse n'a à l'époque pas adhéré à cet additif.

La Réserve naturelle de la Tourbière de Machais est concernée plus particulièrement par la ZPS « massif vosgien », dont le DOCOB a été validé en 2011, et qui est présenté plus en détails dans la partie suivante.

D'autre part, dans l'objectif global de stopper la perte de biodiversité, une stratégie nationale en faveur du grand tétras a été rédigée au niveau national pour la période 2013 – 2021. Celle-ci a pour but de concilier les diverses activités humaines exercées dans les milieux occupés par le grand tétras, et la restauration et/ou le maintien des populations de cet oiseau dans un état de conservation favorable. À court terme, l'application des mesures proposées par les plans d'actions par massif, déclinaisons locales de la stratégie nationale, devra conduire à une stabilisation des effectifs. Ces mesures auront par ailleurs l'avantage de participer plus largement à la sauvegarde d'un milieu naturel agro-forestier abritant une biodiversité remarquable.

1.9. PROTECTIONS CONTRACTUELLES

Le Parc naturel régional des Ballons des Vosges

Le Parc naturel régional des Ballons des Vosges a été créé le 5 juin 1989 par arrêté ministériel. La nouvelle charte du Parc 2012-2024, approuvée par décret du premier ministre le 2 mai 2012, confère au Parc le statut de Syndicat Intercommunal à Vocation Mixte Élargi. La commune de **La Bresse a adhéré à ce syndicat**. Il en découle que la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais est comprise dans le territoire du PNRBV, précisément au sein de sa zone centrale des Hautes-Vosges. **L'objectif premier de la charte du Parc est de « conserver la richesse biologique et la diversité des paysages sur l'ensemble du territoire »**, Il comprend notamment la protection et la gestion exemplaire des espaces naturels sensibles d'intérêt écologique et paysager majeur, qui incluent la gestion des espaces protégés réglementairement (Mesure 6.5) : Réserves Naturelles, Arrêtés de Protection de Biotope, Réserves Biologiques, créés sur le territoire du Parc (Cf. Tome 4 - Carte n°4). De plus, le Massif du

Rainkopf/Rothenbachkopf/Hohneck auquel est rattaché Machais, est répertorié comme **site remarquable d'intérêt exceptionnel** dans l'inventaire des patrimoines du Parc**.**

Après accord des communes concernées, le Parc se porte candidat à la gestion des espaces protégés réglementairement existants et à créer sur son territoire. La mission du Parc consiste ensuite sous l'autorité de l'État, comme tout gestionnaire d'espace naturel protégé, à coordonner toutes les actions liées à la gestion, à élaborer le plan de gestion en concertation avec les partenaires locaux, à suivre et à organiser sa mise en œuvre, à réaliser certaines actions dans le domaine des études scientifiques, de l'animation et de l'information des publics. Pour la gestion des espaces forestiers et agricoles compris dans les sites protégés réglementairement, le Parc veille à l'application du plan de gestion par les gestionnaires concernés, auxquels il ne peut se substituer.

Cinq Réserves naturelles nationales, couvrant une superficie totale de **5 301 ha**, ont été créées entre 1998 et 2002, **au sein de la zone centrale du PNRBV, les Hautes-Vosges.** Le Parc est gestionnaire de trois d'entre elles (Frankenthal-Missheimle, Tourbière de Machais, Massif du Grand Ventron) et co-gestionnaire avec l'ONF d'une quatrième (Ballons Comtois), la cinquième (Tanet-Gazon du Faing) étant gérée par le CEN Lorraine.

La charte du Parc relève l'intérêt d'une démarche coordonnée et cohérente dans la gestion des espaces protégés à l'échelle de son territoire. Dans cette logique, la gestion des Réserves naturelles gérées par le Parc s'effectue en collaboration avec différents partenaires : les conservatoires régionaux des espaces naturels, dont le CEN Lorraine pour les études et suivis scientifiques, l'ONF pour la surveillance et la réalisation de travaux, des associations d'éducation à l'environnement (CPIE, …) pour les actions d'animation et de pédagogie, les universités, etc.
Ce fonctionnement en réseau des espaces protégés intègre également les autres sites naturels faisant l'objet de mesures de conservation et de gestion non réglementaires.

Les deux sites Natura 2000 ci-dessous englobent la totalité de la Réserve naturelle, et s'étendent largement au-delà de ses limites.

La Zone Spéciale de Conservation (Natura 2000 - Directive Habitats) - (cf.Tome 3 - Annexe n°7 et Carte n°5)

Le document d'objectifs de la Zone Spéciale de Conservation « Tourbière de Machais et cirque de Blanchemer - FR 4100206 » (Directive Habitats) a été validé le 27 novembre 2006. Son contenu reprend pour le territoire de Machais une partie des opérations ou actions, qui sont présentées dans la section B « Gestion de la Réserve naturelle ».

La Zone de Protection Spéciale « massif vosgien » (Natura 2000 - Directive Oiseaux) - (cf.Tome 3 - Annexe n°8 et Tome 4 - Carte n°5)

Le site Natura 2000 « Massif vosgien » a été sélectionné pour intégrer le Réseau Natura 2000 par la préfecture des Vosges le 21 octobre 2002. Après les consultations réglementaires, il a été officiellement désigné comme Zone de Protection Spéciale par arrêté ministériel le 30 juillet 2004 (JO du 18 août 2004). Ce site a pour ambition de permettre une approche plus globale et durable dans le temps. Dans un contexte d'urgence, un programme Life+ « Des forêts pour le grand tétras » a également été approuvé par l'UE pour la période 2010-2013.

L'espèce phare de ce site Natura 2000 est le grand tétras, espèce menacée de disparition à l'échelle du massif vosgien. La Réserve naturelle de la Tourbière de Machais abrite quelques individus de cet oiseau et figure parmi les Zones d'Actions Prioritaires, établies par la Directive Tétras, pour la sauvegarde de l'espèce et de son habitat.

1.10. PROTECTIONS REGLEMENTAIRES

La loi du 2 mai 1930 relative à la protection des sites (cf. Tome 3 - Annexe n°9)

Le site de Machais fait partie intégrante du Site Inscrit à l'inventaire des sites pittoresques « Schlucht-Hohneck », fixé par l'arrêté ministériel du 24 novembre 1972.

L'APPB « Tourbière de Machais » (cf. Tome 3 - Annexe n°2)

On retiendra que cet Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope complète la réglementation de la Réserve naturelle en interdisant notamment la pénétration et la circulation des personnes au sein du complexe tourbeux principal, qui protège ainsi la dernière tourbière flottante intacte du Massif vosgien, cœur de l'espace naturel protégé. Il contribue donc aux objectifs de préservation des milieux tourbeux de la Réserve.

PLU

La totalité de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais est classée en zone Nf au Plan Local d'Urbanisme de 2017 de la commune. La zone N est une zone naturelle ou forestière, non ou partiellement desservie par des équipements collectifs. Elle est à protéger en raison soit :

- de la qualité des sites, des milieux naturels, des paysages et de leur intérêt, notamment du point de vue du pastoralisme, esthétique, historique ou écologique,
- de l'existence d'une exploitation forestière,
- de leur caractère d'espaces naturels.

SRCE Lorraine

Depuis 2015, la Lorraine a adopté un Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) (DREAL, 2015). Ce schéma d'aménagement du territoire a pour objectif la protection de certaines ressources naturelles. Cet outil sert de support à la mise en œuvre de la Trame verte et bleue (TVB) à l'échelle régionale.

La trame verte et bleue consiste à identifier les corridors biologiques, les réservoirs de biodiversité et les zones tampons sur un territoire donné. Ces éléments sont extrêmement importants puisqu'ils garantissent le déplacement de la faune et de la flore et ainsi, le brassage génétique des espèces. Assurer une continuité des trames vertes et bleues – ou continuité écologique – dans un territoire toujours plus sujet à la fragmentation, c'est permettre le maintien des espèces.

La Réserve naturelle de la Tourbière de Machais a été intégrée dans le SRCE Lorraine comme réservoir de biodiversité et comme milieu humide. Elle est considérée comme faisant partie d'un bloc continu de forêts de haute qualité environnementale, et assure la continuité entre la Réserve naturelle du Massif du Grand Ventron au sud et la Réserve naturelle de Tanet Gazon du Faing au Nord. Elle a donc un rôle important à jouer dans la continuité écologique des habitats en Lorraine.

1.11. EVOLUTION HISTORIQUE

Evolution de la dynamique des habitats et de l'occupation des sols – partie non explorée

Evolution des usages

Source : « Guide pédagogique de l'enseignant : La forêt – Découverte des milieux forestiers », PNRBV.

Vide d'hommes jusqu'au déclin de l'empire romain (Ve siècle), le vaste domaine forestier du massif vosgien, la ***Sylva Vosagus***, s'ouvrit progressivement, tout d'abord à quelques ermites enquête de spiritualité puis à des moines durant le Haut Moyen Âge, qui furent à l'origine de l'édification d'abbayes entre les Ve et Xe siècles. Bien vite, ils furent rejoints par une population colonisatrice, composée de paysans défricheurs, venus de divers horizons, à la recherche d'un « Eldorado ». Ces nouveaux arrivants constitueront le point de départ d'un formidable essor démographique. Celui-ci perdurera jusqu'au début du XVIIIe siècle en dépit des effets de la guerre de Trente ans (1618-1648), et influencera largement l'évolution des différents milieux du massif vosgien.

L'arrivée de l'homme et le mouvement de colonisation du cœur du massif vosgien

Milieu perçu comme inhospitalier, l'espace forestier vosgien a longtemps été inexploité et laissé de côté par les hommes. Même Jules César craignait, dit-on, de faire passer ses légions par le massif vosgien. Dans un premier temps, la forêt vosgienne a été le terrain de chasse (ours, loups, élans, aurochs, etc.) des empereurs et rois mérovingiens puis carolingiens.
Les abbayes furent le commencement et le moteur d'un front de colonisation du massif vosgien dont le corollaire fut un défrichement des espaces forestiers au profit des espaces agricoles sous la pression démographique grandissante, surtout à partir du XVIe siècle.

La forêt, menacée par l'essor de la proto-industrie dès le XVe siècle

Très tôt, la forêt soutint l'essor industriel des deux côtés du massif. Mines, forges, « scyes » itinérantes puis scieries (hauts-fers), ou verreries, autant d'industries naissantes qui n'ont cessé de « consommer » la forêt. Le bois avait déjà de multiples utilités dont la principale était de chauffer (minerais, sables…). Seule source d'énergie durant le Moyen-Âge et l'Ancien Régime, le bois ne fut remplacé par le charbon que tardivement (fin du XVIIIe siècle mais surtout au XIXe siècle). Cette proto-industrie se localisait à la fois à proximité immédiate des vastes domaines forestiers pourvoyeurs en matière première et à proximité de l'eau, fournisseuse l'énergie hydraulique complémentaire. Sous l'Ancien Régime, le transport du bois se faisait quasi exclusivement par flottage. Les troncs étaient conduits par les courants d'une rivière vers les industries en aval.

Exemple de proto-industries qui ont eu des influences sur la forêt de La Bresse, notamment les peuplements forestiers de la Réserve

La verrerie de Wildenstein

Les verreries utilisent les cendres du hêtre et du sapin pour obtenir la potasse qui est l'une des composantes du verre avec la soude et le sable fin. Le bois est aussi utilisé en grande quantité pour chauffer les fours.
Une colonie de maîtres verriers s'installa sur le territoire de la mairie seigneuriale d'Oderen en 1699 : ce fut la création de la verrerie de Wildenstein. La verrerie se révéla rapidement

dévastatrice pour les forêts locales. Lors d'une visite en 1738, un commissaire constata les dégradations engendrées. Les arbres présentaient de nombreuses marques de coups de haches qui les faisaient « tomber en pourriture ». De nombreux troncs et corps d'arbres étaient visibles en contrebas car les bûcherons les faisaient « couler » pour les façonner de manière à alimenter les fourneaux. La montagne était en fait complètement dégradée jusqu'aux chaumes. Les pentes les plus douces, comme celles du côté lorrain sont les plus touchées. **À la fin du XVIIIe siècle, la consommation annuelle en bois de la verrerie est estimée à 2 800 stères.**

Les hauts - fers vosgiens

Le haut-fer apparut dès le XIVe siècle, localisé le long des cours d'eau comme la Moselotte : il utilisait la force hydraulique pour la découpe des troncs et le façonnage en planches, poutres… Avant le XVIIIe siècle, au vu des difficultés et contraintes pour le transport du bois, des « scyes » mobiles se déplaçaient lorsque le bois s'épuisait.

XVIe – XVIIe siècle, une forêt menacée par l'extension de l'agriculture pastorale : la politique des acensements

Durant cette période, par la multiplication des défrichements et sous la pression démographique, les paysages connurent de profondes mutations. Les ducs et les abbesses de Remiremont ont favorisé l'installation de paysans, les censitaires. Ces derniers, en paraphant un contrat d'acensement, s'engageaient à payer une redevance annuelle et perpétuelle (le cens) et à mettre en valeur des territoires jusque-là dépourvus d'intérêt économique, en les défrichant et en construisant une habitation en dur. Au même moment, sur les chaumes, les marcaires étendirent également leurs pâturages au détriment des répandises (les forêts jouxtant les chaumes). La guerre de Trente ans interrompit brutalement cette dynamique pendant près d'un siècle.

XIXe – XXe siècle, la fin des défrichements et la reconquête de la forêt

À partir des années 1930, l'essor industriel (surtout textile) dans le fond des vallées engendra un phénomène de déprise agricole et d'abandon des terrains les plus pauvres.

Dans le domaine de la sylviculture, les forestiers ont disposé d'une réglementation à partir de 1827, par la création du « code forestier ». L'idée majeure à cette époque était la conversion du taillis-sous-futaie en futaie, qui nécessitait au préalable la reconnaissance des délimitations forestières et la réduction des usages communautaires. Sous le Second Empire, la conversion des bois se confirma. Le traitement en futaie plein des sapinières vosgiennes fut entrepris dès la Monarchie de Juillet (1830/1848). **La forêt tendit alors à devenir de plus en plus équienne. Dans ce contexte, la descente du sapin en altitude et le développement de l'épicéa (plantations pour combler les vides ou les feignes) découlent directement de ces transformations sylvicoles.**

Le XXe siècle fut la continuité de la fermeture des paysages : la forêt avance.

Zoom sur la forêt communale de La Bresse

La forêt communale de La Bresse, d'une surface de 2 995,59 ha, est affectée principalement à la production de bois d'œuvre feuillu et résineux et à la protection du milieu. La forêt de La Bresse a toujours été considérée comme appartenant à la commune, malgré les prétentions de l'État sur le massif boisé au XIXe siècle (Arrêt de la cour de cassation du 26/12/1883). Les

péripéties de l'Histoire ont renforcé ce sentiment d'appartenance à et de propriété d'un territoire particulier et d'un massif forestier riche.

Le premier aménagement de cette forêt communale remonte à 1899. Depuis cette époque, il a été procédé à plusieurs révisions : 1900, 1925, 1948, 1970, 1990, 2006, et 2022 conjointement avec le plan de gestion.

2. ENVIRONNEMENT PHYSIQUE DE LA RESERVE

2.1. CONTEXTE BIOGEOGRAPHIQUE

2.1.1. Région biogéographique

Située dans le quart Nord-Est de la France, la réserve appartient à la région biogéographique dite continentale. Cette notion de région biogéographique présente un intérêt particulier dans la mesure où c'est à cette échelle que les évaluations de l'état de conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaire ont été réalisées.

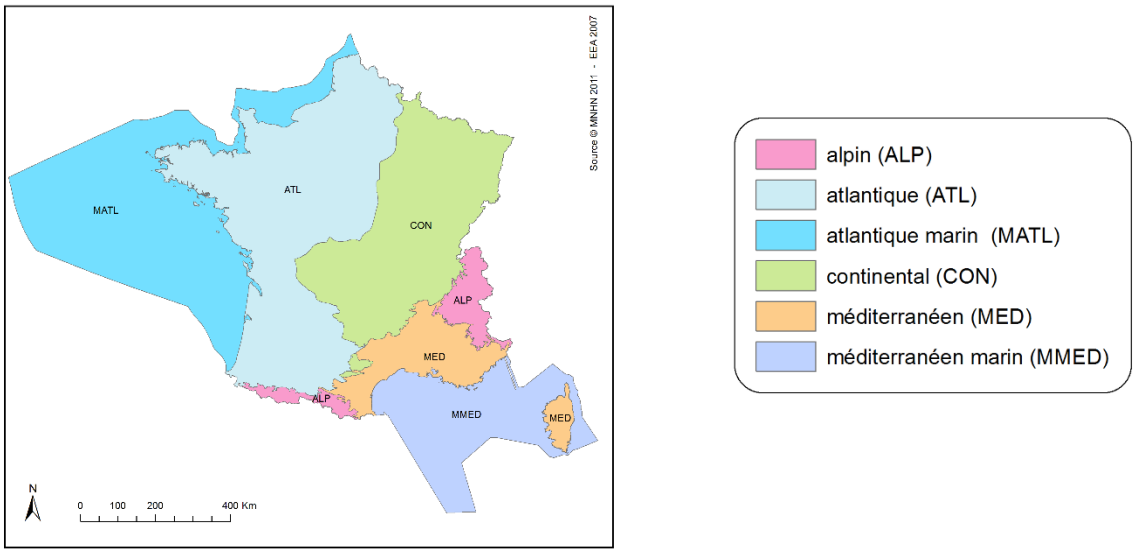


Figure 1 : Régions biogéographiques en France

2.1.2. Climat

NB : cette partie sera complétée ultérieurement par l'analyse des données issues de la poste d'une station automatisée en 2020, et par un diagnostic de vulnérabilité climatique à réaliser selon la méthodologie nationale RNF en cours d'élaboration en 2021.

Etat des lieux climatologique

Généralités

Le massif vosgien constitue le premier obstacle auquel se heurtent les dépressions chargées d'humidité venues de l'ouest. Les précipitations sont importantes sur le site. Situé au cœur des Hautes-Vosges, le climat régnant sur Machais peut être considéré comme une **transition entre un climat océanique et un climat continental dégradé**.

De manière générale, ce climat se caractérise par les éléments suivants :

- des précipitations abondantes de l'ordre de 2 mètres d'eau par an sous forme de neige principalement et de pluie. La couverture neigeuse est habituellement épaisse (1,5 à 2 mètres) et durable (4 à 6 mois de décembre à mai) ;
- une température moyenne annuelle de l'ordre de 5°C.

Pluviométrie

La station météorologique du lac de Kruth-Wildenstein (68) est la plus proche de la Réserve naturelle disposant de chroniques d'enregistrements sur 30 années et plus, durée minimale pour obtenir des tendances climatiques. La donnée enregistrée concerne les précipitations.
Le graphique ci-dessous présente les synthèses des données journalières pour plusieurs pas de temps permettant de chercher s'il y a des évolutions climatiques ou non.

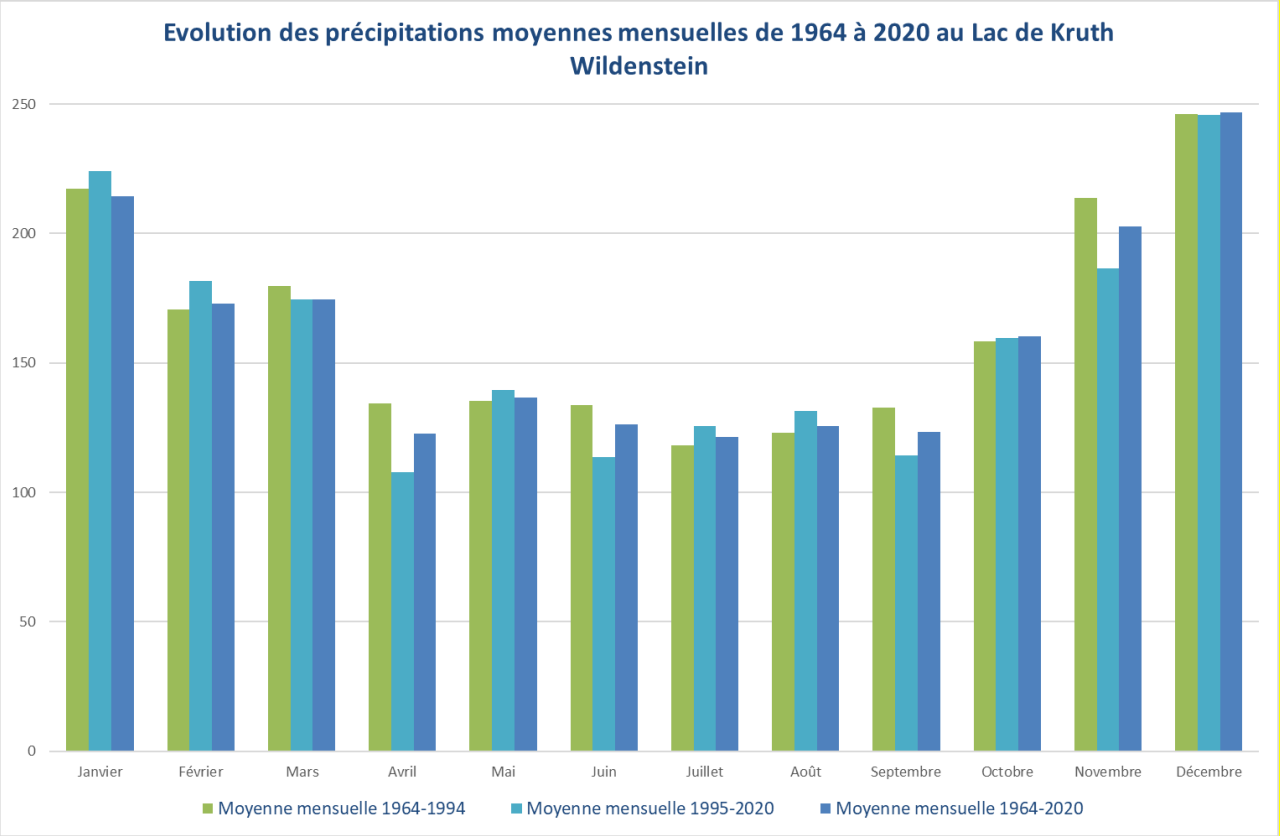


Figure 2 : Précipitations enregistrées de 1964 à 2020 au lac de Kruth-Wildenstein (68)

Ce graphique permet de constater qu'il ne semble pas y avoir de modification importante du régime de pluviométrie sur le lac au cours des 56 années d'enregistrement, ce qui est une bonne nouvelle pour le secteur, notamment au vu des évolutions futures annoncées.
Sans surprise, l'hiver est une période bien arrosée (novembre décembre et janvier).
Une deuxième période moins humide, couvrant une partie du printemps, l'été et l'automne, se dégage. Contrairement à la plaine d'alsace, la saisonnalité semble peu marquée, ce qui peut s'expliquer par l'influence immédiate de la montagne et de son fort dénivelé.
On peut supposer que les précipitations annuelles moyennes sur la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais sont de l'ordre de grandeur de celles relevées ici, à savoir 1 927 mm. Cela correspond aux 2 000 mm indiqués dans la littérature.

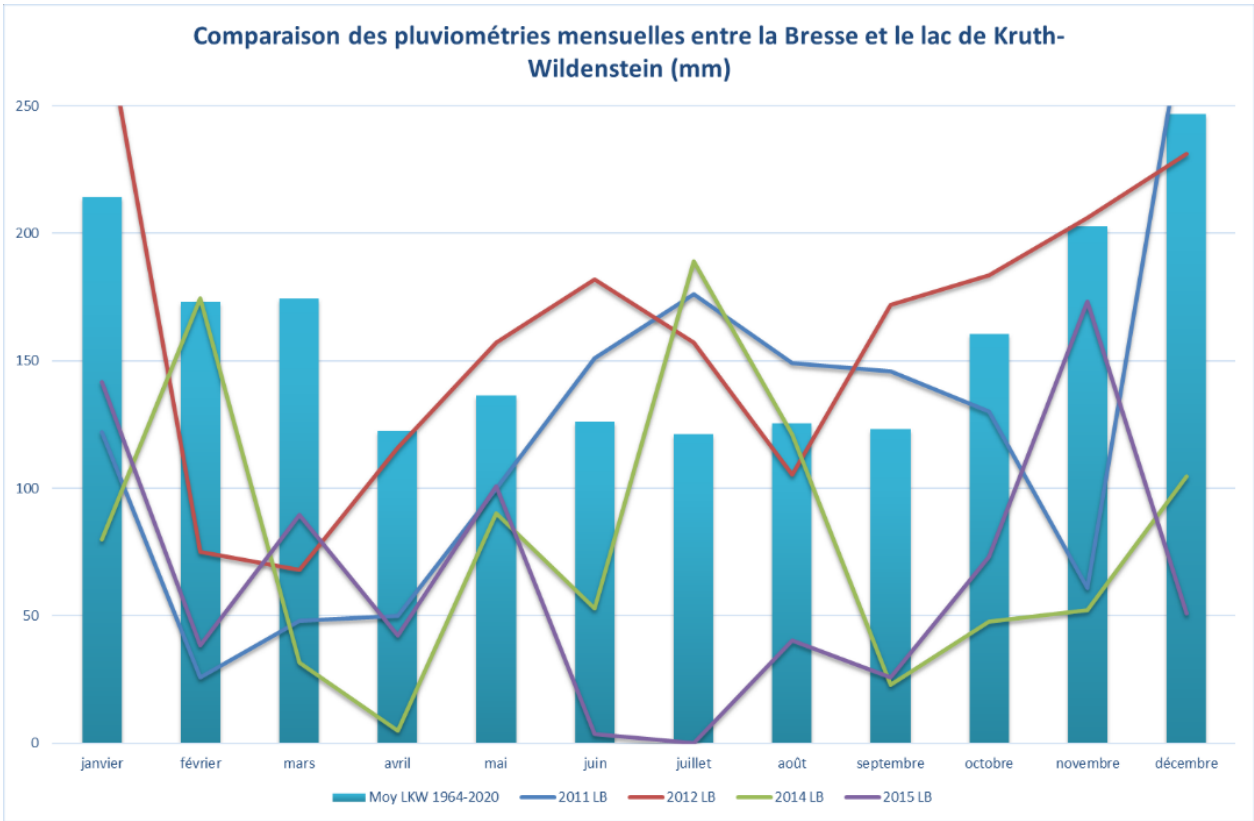


Figure 3 : Chroniques pluviométriques de La Bresse comparées au lac de Kruth-Wildenstein (68)

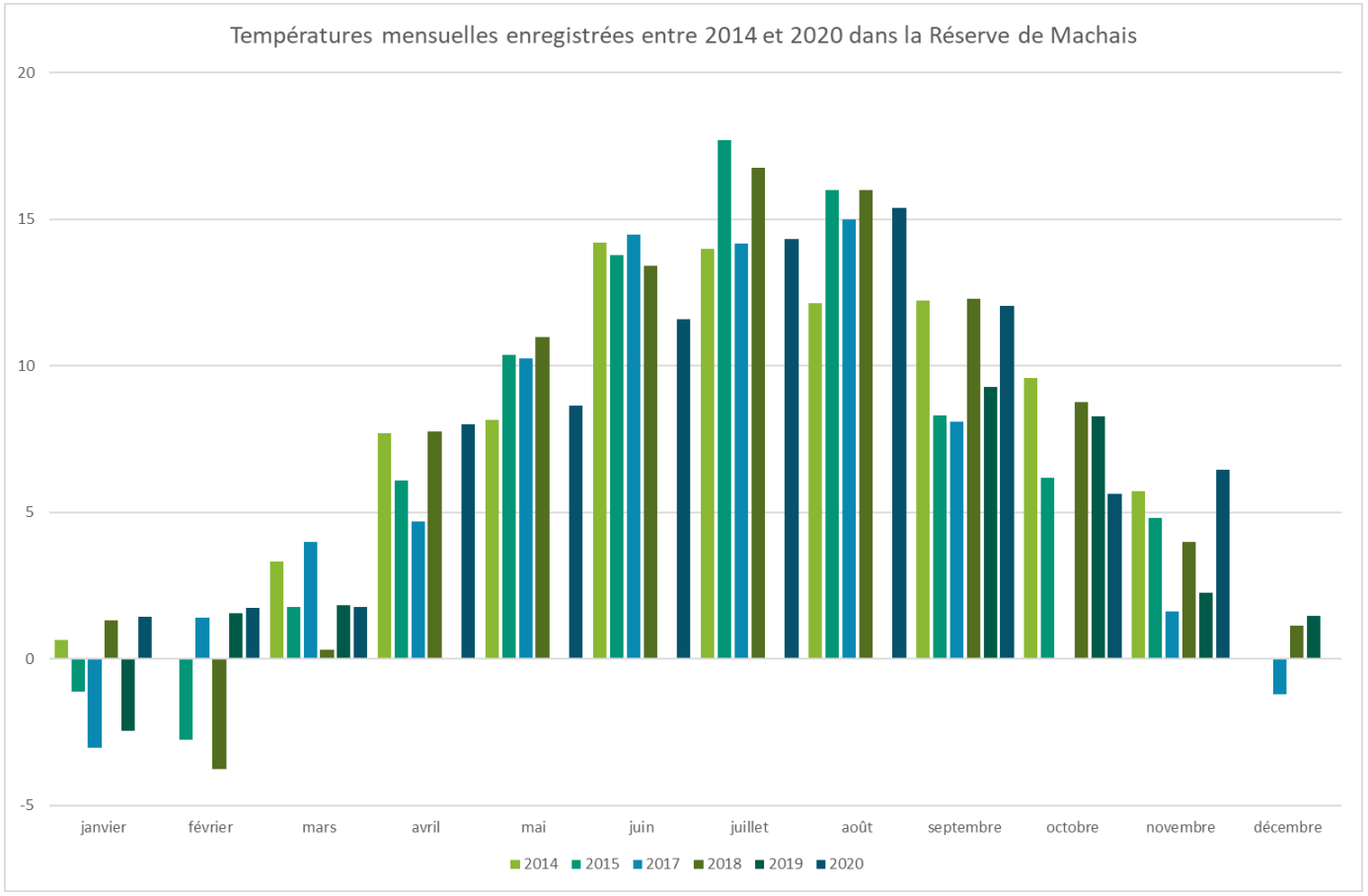
Les quelques années de fonctionnement de la station météorologique de la RME montrent des années d'enregistrements très hétérogènes en termes de précipitations mensuelles, ce qui reflète la météo perçue sur la Réserve naturelle par le personnel durant ces quatre années.
De plus, placées sur la tendance de fond enregistrée au lac de Kruth-Wildenstein juste de l'autre côté du la montagne, ces courbes montrent de grandes variations dans les pluviométries mensuelles enregistrées, renforçant le besoin de données enregistrées localement, car on ne peut rien conclure de celles-ci. De plus, pour information, la station météo a été abandonnée par la RME à cause des problèmes récurrents d'entretien.

Températures

La température de l'air est un troisième élément contribuant au climat, particulièrement important au niveau d'une tourbière : il existe en effet un phénomène de régulation thermique lié à l'évapotranspiration importante de ces milieux.
De plus, la température de l'air reste étroitement liée à la nébulosité et la vitesse de circulation de l'air. Aussi, il est fort probable de constater des variations importantes et de température de l'air sur un site comme Machais compte tenu de son contexte orographique et écologique.

Depuis 2014, un capteur de pression et de température est installé sur la Réserve naturelle dans le cadre du suivi des niveaux d'eau dans les tourbières. Celui-ci étant placé dans le tronc d'un arbre, la valeur des températures est tamponnée, toutefois les tendances restent observables et sont présentées dans les graphiques ci-après.

Les **basses températures** qui règnent sur le site de Machais et les gelées tardives au printemps se traduisent par un arrêt précoce de la végétation dès l'automne. Par ailleurs, l'altitude porte la Réserve naturelle au-dessus des inversions de températures (automne) et la protège de ce fait des brouillards automnaux.



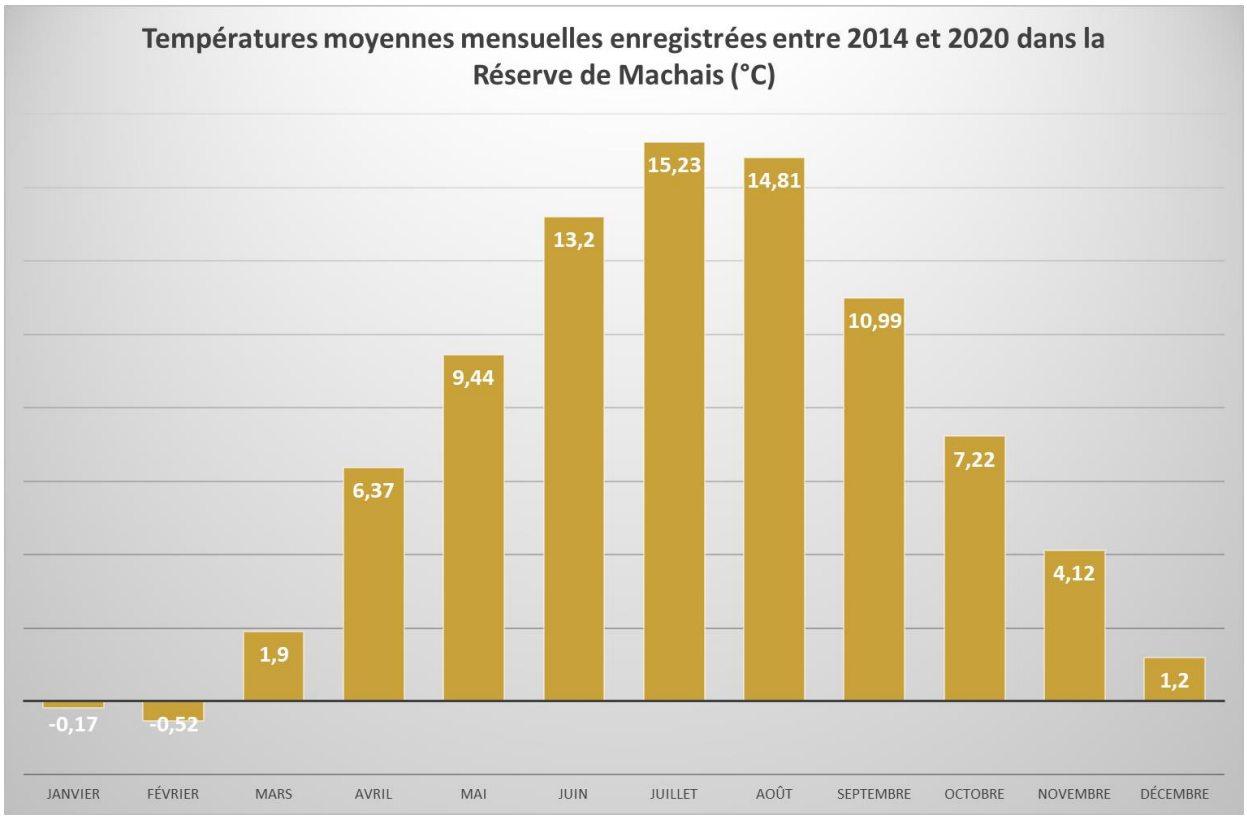


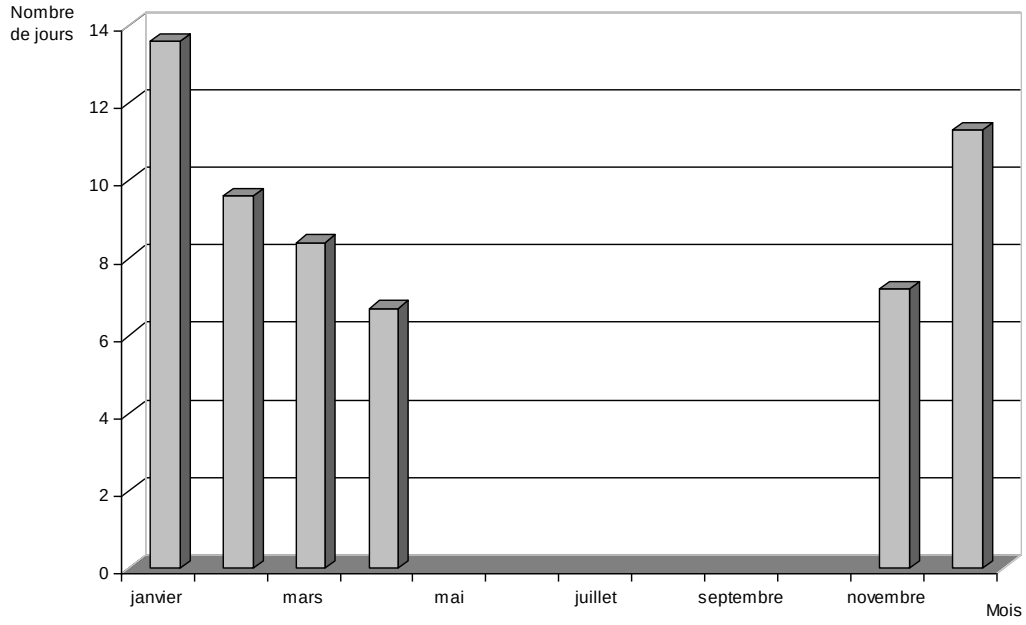
Figure 4 : Données de températures enregistrées sur la Réserve naturelle de 2004 à 2020

L'enneigement

La neige joue un rôle bioclimatologique important sur le Massif vosgien. Elle protège les strates végétales basses (notamment les chamaephytes* ligneux comme les éricacées) et provoque des déplacements altitudinaux de la faune, notamment des ongulés. Enfin, elle régule et constitue une part essentielle des précipitations qui alimentent le système hydrographique. De manière générale sur le massif, **l'enneigement se caractérise par son irrégularité dans la durée et la répartition des périodes d'enneigement**. Cette variabilité est la résultante des variations de température et des précipitations. Ce régime d'enneigement trouve son origine dans les variations altitudinales de l'isotherme zéro, fortement liées à l'arrivée des perturbations océaniques en début et en fin d'hiver.

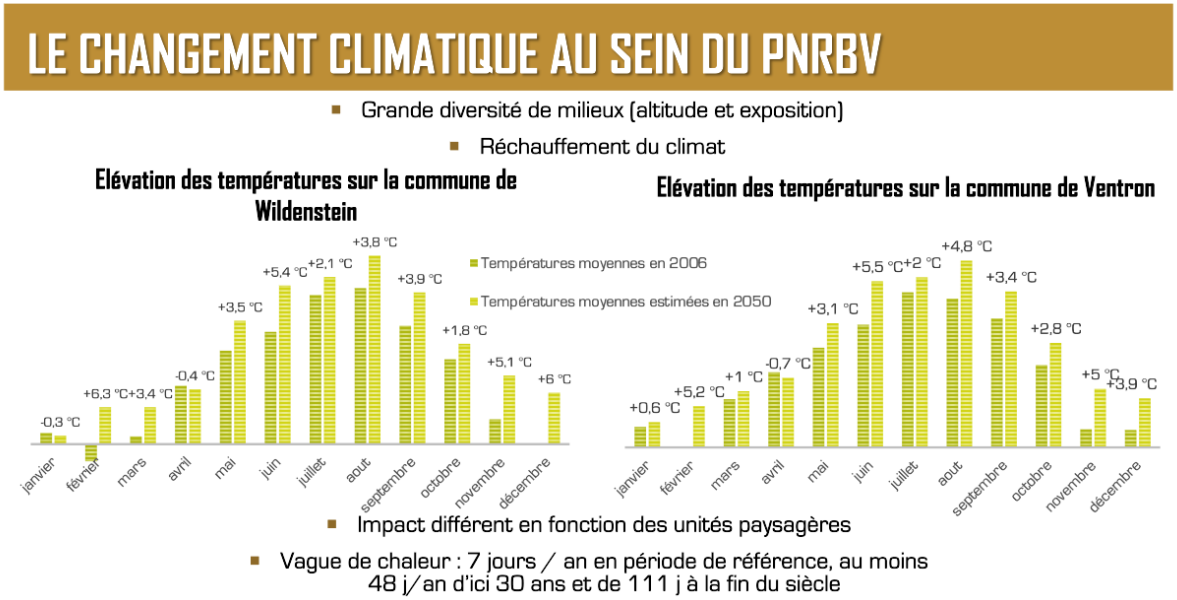
On constate depuis plusieurs années sur l'ensemble du massif une réelle diminution de la durée d'enneigement, notamment à l'automne et au printemps. Sur le vallon de Machais, ce phénomène semble être similaire, avec peut-être quelques variantes liées principalement au contexte micro-climatique froid des tourbières.

Nombre moyen de jours de neige entre 1995-2005 sur le Markstein (Crête)

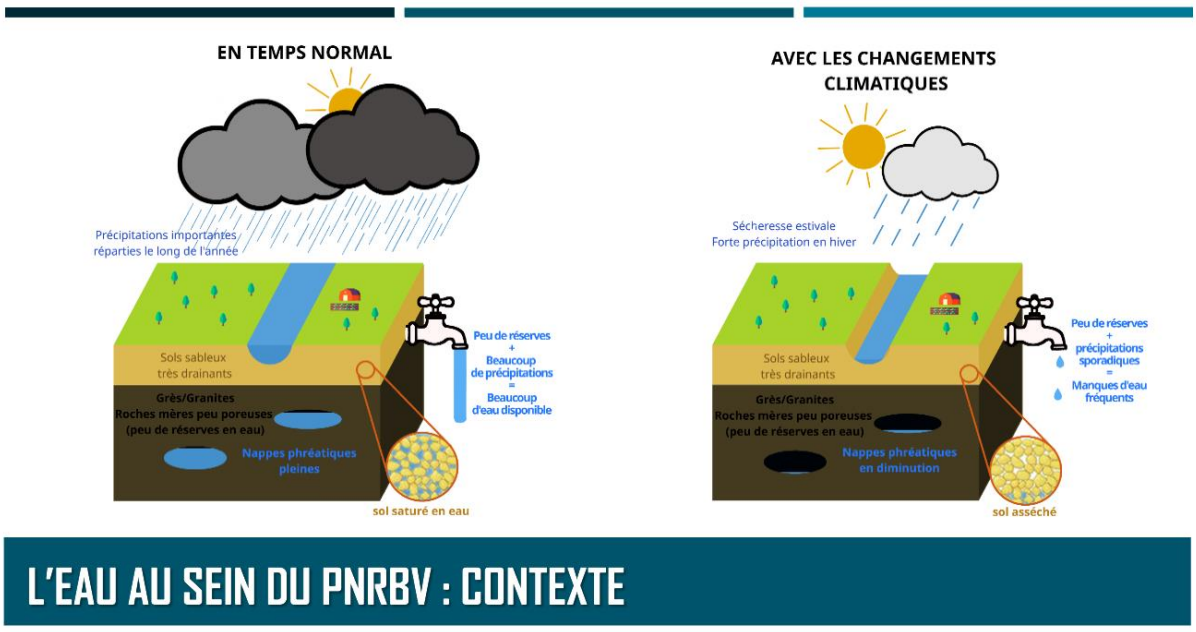


Focus sur les changements climatiques à venir sur le territoire : évolution des températures et précipitations

Eléments extraits du travail d'étudiants d'AgroParisTech pour le conseil scientifique du Parc, présentés en février 2021



Ce graphique présente des éléments concernant l'élévation moyenne des températures d'ici 2050 dans deux communes situées à proximité immédiate de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais, simulations réalisées par MétéoFrance.



Ce diagramme présente les évolutions pressenties du cycle de l'eau sur le territoire du PNR d'ici 2050 selon les données actuelles connues.

On constate plusieurs modifications majeures qui auront des répercussions sur un écosystème tel qu'une tourbière :

- **moins de neige en hiver**
- **plus de précipitations (pluie) sur la même période**
- **des sécheresses répétées l'été : fréquence et durée.**

Pollution atmosphérique à Machais : étude du contenu des sphaignes

Les apports du bassin versant et des précipitations influencent directement les quantités en éléments chimiques disponibles pour les plantes ainsi que les rapports N/P et N/K, car les éléments N, P et K sont apportés par la pluie et la neige dans le système.
Au-dessus d'un certain seuil, les sphaignes ne sont plus compétitives par rapport aux plantes vasculaires : cela signifie qu'elles sont caractéristiques d'eaux très pauvres, mais que quand le milieu s'enrichit en éléments nutritifs, d'autres plantes prennent la place. C'est généralement à ce moment que ce produit un « changement d'habitat ».
L'avenir des communautés végétales propres aux tourbières acides comme celles de Machais est donc directement lié à la teneur des eaux les alimentant, qui pourrait un jour être remis en cause dans le contexte d'évolution climatique actuel (acidifications des pluies, eutrophisation des apports…). Ce constat a donnée lieu en 2009 à une expertise de ces végétaux.

Trois espèces de sphaignes ont été choisies afin de représenter différentes UFE et différentes alimentations en eau, ce qui donne une vision globale à l'échelle de l'APPB. Le tableau ci-dessous présente ces choix. Rappelons que les espèces alimentées par ombrotrophie sont particulièrement sensibles à la composition des apports atmosphériques.

Espèce	Unité Fonctionnelle Ecologique (UFE)	Alimentation en eau de l'UFE
Spagnum magellanicum	Replats (îlots de tourbe détachés du substrat) = hauts-marais = tremblants	Ombrotrophe
Sphagnum fallax	Tremblants au droit des apports du bassin versant (i.e. à l'aval immédiat des ruisseaux se jetant dans le complexe central) = bas-marais	Minérotrophe
Sphagnum rubellum	Buttes	Ombrotrophe

Tableau 4 : Présentation des sphaignes étudiées pour leur teneur en éléments atmosphériques

De plus, cinq éléments chimiques ont été dosés dans ces sphaignes :
N, P et K : assimilés activement par les sphaignes, ces éléments « trophiques » sont également appelées nutriments ; ils reflètent principalement la teneur des précipitations atmosphériques, et sont utilisés par les plantes pour leur croissance ;
Ca et Mg : assimilés de manière passive par les plantes, ils ne sont pas nécessaires à leur croissance, mais les tissus cellulaires étant très peu sélectifs, ils traversent les membranes et s'accumulent dans les cellules. Ils reflètent principalement la composition du granite traversé par les écoulements, et permettent d'évaluer si les apports en eau sont en majorité telluriques ou atmosphériques.

Les analyses montrent que les teneurs en azote sont faibles, ainsi que les rapports N/P et K/P (< 1g/m²/an) donc inférieurs aux seuils critiques pour le maintien des communautés ombrotrophiques turfigènes (1 - 1.5g/m²/an).
De plus, concernant les éléments P et K, là aussi les taux sont faibles, ce qui est conforme à des sites éloignés de toute pollution atmosphérique au niveau européen.

Enfin, a contrario, les teneurs en Ca et Mg atteignent de fortes valeurs à Machais, sans que cela pose de problème particulier de conservation de ces milieux. Ces éléments sont assimilés par les sphaignes s'ils sont disponibles en grand quantité dans le milieu ou si aucun autre élément chimique n'est présent dans l'eau.

2.1.3. Topographie

L'altitude de la Réserve naturelle varie entre 120 et 130 m, la Réserve Naturelle se présente donc sous la forme d'une cuvette, héritage du modelé glaciaire. A ces fortes pentes se superpose, dans les parties tourbeuses notamment, une micro-topographie qui n'est pas à négliger. En effet, elle induit des gradients hydriques au cours de l'année qui ont une influence directe sur la répartition des communautés végétales, notamment les sphaignes. Elle conditionne ainsi la présence d'habitats extrêmement différents et rares.

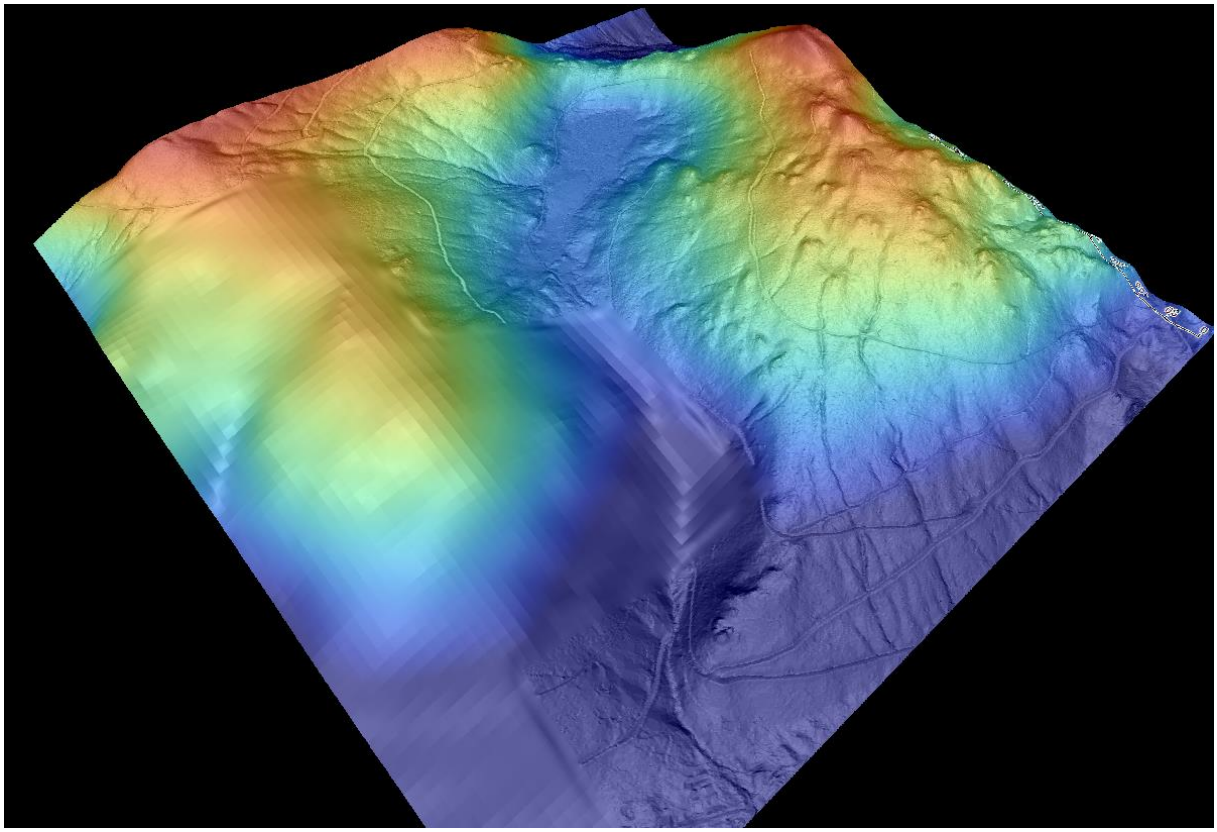


Figure 5 : Représentation topographique de la Réserve naturelle issue du LIDAR 68 – © Pierre GOUBET

2.2. GEOLOGIE, GEOMORPHOLOGIE, PEDOLOGIE

Différentes disciplines sont amenées à s'exercer pour défricher ce domaine de connaissances sur la Réserve naturelle.

Où	Quoi	**Définition**	**Et à machais ?**
Au dessus de la surface du sol	Ecologie	**Etude des communautés d'êtres vivants (plantes, cryoptoflore, animaux, bactéries…)**	partout
Entre la surface de sol nu et l'horizon C	Pédologie	**Etude des sols** (horizons) **et de leurs processus de création (pédogénèse)** S'arrête à l'horizon C = matériau parental, qui peut être très très varié : roche ou formation superficielle selon le contexte. Sols = supports essentiels des communautés végétales qui se développent dessus	Partout
ce qui se situe entre l'horizon C et le substrat	Géomorphologie	**Etude des formations superficielles et de leurs processus de création (identification, cartographie)**	formations superficielles : - tourbe - cône de déjection Processus d'érosion : - torrentiel - gel / dégel
Sous-sol **substrat : granite altéré**	Géologie	**Etude des cailloux et de la structuration des masses de cailloux entre elles**	Assez uniforme à machais : deux types de granite. L'élément le plus important : la fracturation de ce granite (cartographie du réseau de failles)

2.2.1 Etat des connaissances et des études disponibles sur la Réserve

Intitulé	Date et auteur	Objets inventoriés ou étudiés	Structuration et forme des données
Contribution à l'analyse pollinique des tourbières du Nord-est de la France	1937 HATTE P.	- Palynologie	Article du Bulletin du Service cartographique et Géologie d'Alsace-Lorraine, n°4, pp.1-79.
Carte géologique 1/50 000e	1987 BRGM	Formations géologiques	Format papier
Étude géologique, géomorphologique et hydro-géomorphologique du bassin versant de Machais - 1ère et 2ième tranches	2000-2002 MESSOUSSI Lakhdar	- Formations granitiques - Failles et diaclases - Pédologie - Granulométrie - Hydrogéologie	- Word - SIG
Étude géologique, géomorphologique et hydro-géomorphologique du bassin versant de Machais – 3ième tranche	2005 MERCIER Jean-Luc	- Géomorphologie - Tourbières de pente - Laves torrentielles et autres processus catastrophiques	- PDF -Présentations PowerPoint - SIG
Caractérisation au radar géologique de surface de la tourbière centrale de Machais	2012 GOUBET et PETIT	- tourbière centrale dont Cône du Valsche et Lac	- PDF - JPEG : profils GPR
Etude des tourbières de pente : caractérisation et fonctionnement hydrologique	2016 – 2017 GOUBET	Tourbières intra-forestières de la Réserve naturelle	- PDF - photographies
Eléments descriptifs des tourbières de Machais	2027 – 2021 ROBIN Vincent Work in progress	Carotte de tourbes et de sédiments prélevée dans la partie avale de la tourbière centrale	- Rapports de stage - Photographies - Diagramme pollinique - Courbe de profil âge/ profondeur

NB : ce thème a été identifié comme prioritaire dans la stratégie de connaissances du plan de gestion 2022-2032, il fera donc l'objet de mises à jour importantes au cours des années à venir.

2.2.2 Les formations géologiques de la Réserve naturelle

Cf. Tome 4 - Cartes n°6 a et b.

Les roches du socle

La Réserve naturelle est située au cœur de la chaîne des Hautes-Vosges. Le bassin versant de Machais est donc ancré uniquement sur les granites des Vosges centrales qui garnissent le Massif du Hohneck. Ce sont de jeunes granites des crêtes grossiers, dits « **granites du Bramont** ». Précisément, **le substrat de la Réserve est formé de deux types de granite** monzonitique leucocrate à lamelles de biotite, de quartz, de muscovite et de quelques amphiboles. Les plagioclases apparaissent en petits cristaux.

NB : Selon les auteurs, le terme de « granite de Bramont » s'étend sur les terrains situés entre Bussang et le col de la Schlucht, sur la longue bande arquée entre Ranspach dans la vallée de la Thur et Lautenbach dans la vallée de la Lauch et sur le massif allongé au Nord de Lautenbach, où il est limité à l'aire allongée s'étendant du massif du Ventron au Sud à la chaume du Chitelet (épaule nord-ouest du Hohneck).

Granite porphyrique à 2 micas

Ce type de granite couvre la partie Nord et Nord-Est de Machais. Il est caractérisé par une roche dure et résistante à l'érosion. Son analyse pétrographique révèle l'existence d'un quartz laiteux, d'un feldspath potassique blanc, de plagioclases roses qui présentent parfois un aspect maclé, de biotite en lamelles ou en amas, de muscovite en faible quantité et d'amphiboles.

Granite peu porphyrique à deux micas

Ce type de granite couvre le secteur Ouest et Sud-Ouest de la Réserve. Il est caractérisé par une texture moins prononcée que celle du granite nord. Malgré leur proche homogénéité, sur le terrain, on constate des différences remarquables qui s'expliquent par une texture très friable, altérée et décolorée.

Sur le versant Sud-Ouest, on observe également une arène granitique à structure conservée, avec parfois des boules de granite résiduelles. Ces granites sont en effet favorables à une météorolisation ou arénisation en boule car ils sont moyennement altérables et le réseau de diaclases orthogonales est peu dense. Dans la partie centrale du secteur Ouest, on observe aussi des arènes granitiques remaniées par le processus périglaciaire, la solifluxion et la gélifraction.

Microgranite

Malgré une certaine homogénéité géologique sur la Réserve, la présence de filons de microgranite se traduit dans la morphologie du bassin versant. Ils ont une texture massive, grenue et une teinte rose. Les feldspaths se présentent parfois en phénocristaux et les quartz sont saccharoïdes. Les microgranites sont plus résistants que les granites, ce qui explique la présence parfois de blocs moutonnés là où ils se localisent en filons. Les filons de microgranite sont discontinus sur le terrain, et parfois affectés par des failles qui sillonnent le bassin.

La couverture géologique

Arène granitique

Les arènes granitiques sont intégralement réparties dans le site et soulèvent des questions quant à leur origine.

Ceci peut s'expliquer, selon Tricart (géomorphologue français ayant étudié le massif), par un soulèvement du horst vosgien durant le Tertiaire, qui a provoqué une érosion sous des

conditions climatiques tropicales à saisons contrastées. Les altérations profondes constatées sont certainement dues à un système morphodynamique à dominante chimique. Les arènes granitiques ont une texture parfois conservée, surtout sur le chemin de l'Etang, en allant vers la route qui mène au col de Bramont. À l'Ouest du ruisseau de la Goutte de Machais, on observe également des arènes granitiques remaniées par les processus périglaciaires.

Dépôts fluvio-glaciaires et glaciaires

Ces dépôts englobent les limons, les sables et les dépôts morainiques. Les limons et les sables occupent une place prédominante sur le plan de la répétition de la dynamique du bassin versant. Ils se sont formés principalement soit sous un climat périglaciaire, soit sous l'action des ruisseaux latéraux qui couvrent les flancs du bassin, en constituant des cônes évasés. Ces accumulations atteignent parfois les 8 mètres de profondeur. L'examen de ce matériel sédimentaire a permis de constater que ces accumulations sont essentiellement constituées d'éléments bréchifiés* et granitiques (quartz, feldspaths, biotite, quelques muscovites et éléments ferromagnésiens).

De leur côté, les dépôts morainiques de la tourbière de Machais sont caractérisés d'une part, par une absence de structure, d'hétérométrie et de compacité relative, d'autre part, par la présence de blocs granitiques. La majorité des blocs est orientée vers le sens de l'écoulement. De plus, le façonnement des blocs qui composent les dépôts morainiques est typique du passage d'un glacier.

Dépôts tourbeux

Le fonctionnement des différents types de tourbières pendant l'Holocène a accumulé des couches localement considérables de tourbe (plus de 8 mètres au niveau de l'Etang de Machais). À ce titre, l'existence d'une tourbière tremblante sur l'Etang de Machais est un élément original qui a été conservé intact sur ce site à la différence de ceux de Blanchemer, de Lispach ou de La Lande.

Eboulis

Localisé dans la partie Est de la Réserve, l'éboulis est constitué de blocs granitiques qui forment un cône très important. On observe sur ce versant des blocs anguleux et peu émoussés répartis de manière éparse et qui peuvent être de grande taille. D'après l'étude de 2002, la formation de l'éboulis s'explique soit par un phénomène de gélifraction, soit par des mouvements tectoniques liés à la grande faille N15 proche de ce secteur.

L'absence de matrice fine permet d'affirmer qu'il s'agit d'un **éboulis libre**, ce qui signifie que le milieu est relativement poreux. Le « mauvais » granoclassement de ces éléments hétérométriques et anguleux confirme que la **zone a été sujette à un mouvement d'ensemble** et non à la chute maintes fois répétée d'un bloc individuel. Les phénomènes périglaciaires sont donc étrangers à l'origine de cette forme. L'affouillement ou le sapement des roches sus-jacentes (roche moutonnée ayant évolué en nunatak) peut provoquer leur mise en surplomb puis leur cisaillement selon le plan des diaclases. Des secousses sismiques peuvent aussi entraîner des dislocations et des déséquilibres générateurs d'écoulements. Cet écroulement a ensuite localement fonctionné comme éboulis assisté par la végétation.

Nature des principales structures tectoniques

Le paysage du bassin de Machais est découpé par un **ensemble de failles** qui affectent ce complexe granitique. Leurs directions varient de N 15 à N 330 et leur continuité n'est pas souvent nette. Ces failles sont parfois marquées par des zones bréchifiées. Elles sont souvent accompagnées par un ensemble de champs de fractures (diaclases) parallèles à la direction générale de ces failles. Les failles de la partie Ouest du site sont marquées sur le terrain par un changement dans la topographie et des passages bréchifiés. Ces diaclases affectent surtout le granite de la partie Nord et Nord-Est de la Réserve. La direction générale de ce champ est N240 (Cf. Tome 4 - Carte n°6b).

2.2.3 Description des objets géomorphologiques : formes glaciaires observées

Contexte géomorphologique général de la Réserve naturelle

Il y a quelques millions d'années, l'atmosphère du globe a subi un refroidissement général et des glaciers ont pris notamment place dans les Vosges du Sud, couvrant amplement un relief favorable à leur installation. Les **glaciations du quaternaire** ont essentiellement affecté **un quadrilatère « Bonhomme-Xertigny-Lure-Thann ».**

Le long versant lorrain a permis une alimentation en neige importante à cette époque. L'encaissement des rivières, alors moins profond, préservait davantage les surfaces réceptrices sur lesquelles la neige s'accumulait, avant d'aller nourrir les langues de glace qui occupaient les couloirs. Parmi les glaciers les plus longs de la dernière glaciation appelée Würm (- 115 000 à - 10 000 ans), le glacier de la Moselle mesurait 40 km de long, et s'étendait du Ballon d'Alsace, jusqu'à la Ferme de Noirgueux, où une puissante moraine terminale limitait la dernière avancée du glacier.

À l'opposé, **les glaciers du versant alsacien ont été moins développés, mais l'érosion glaciaire y a été plus forte**, du fait d'un relief plus escarpé et une suralimentation neigeuse due aux vents d'Ouest et aux tempêtes qui balayaient les crêtes et accumulaient la neige sous forme de névés dans les têtes de vallons. Le glacier de la vallée de la Thur, épais de 400 mètres de glace, et celui de la Fecht qui atteignait près de 300 m de profondeur, n'occupaient qu'une surface restreinte en comparaison des glaciers lorrains, mais constituaient de puissants rabots, cisaillant la crête granitique.

Une vallée suspendue

La première évidence glaciaire de la Réserve de Machais est la position même **de ce cirque glaciaire au-dessus des vallées de la Moselotte et de la Thur** (vallée suspendue). Ce type de forme est caractéristique des régions glaciaires, dans lesquelles la continuité « topographique » des sommets est assurée par le toit de la couverture neigeuse et le remplissage de glace qui régularise les topographies sous-jacentes. Ce type de forme est en opposition aux reliefs d'origine fluviatile qui sont régularisés par les points bas du réseau hydrographique. Cette situation a conduit à la création d'une gorge de raccordement le long de la Goutte de Machais au moment de la décrue glaciaire, qui relie la vallée suspendue de Machais à la vallée de la Moselotte.

Un cirque glaciaire

La seconde évidence glaciaire de la Réserve de Machais est la forme du cirque glaciaire. Cette forme est limitée par l'altitude du Col de l'Étang. Toutes les traces glaciaires situées en amont

de ce col de diffluence sont donc plus anciennes et attribuées à des calottes glaciaires ou glaciers régionaux. Au sein du cirque, sur les versants, des niches de nivation sont également présentes.

« Écroulement – Éboulis » du versant est

L'absence de matrice fine permet d'affirmer qu'il s'agit d'un **éboulis libre**, ce qui signifie que le milieu est relativement poreux. Le « mauvais » granoclassement de ces éléments hétérométriques et anguleux confirme que la **zone a été sujette à un mouvement d'ensemble** et non à la chute maintes fois répétée d'un bloc individuel. Les phénomènes périglaciaires sont donc étrangers à l'origine de cette forme. L'affouillement ou le sapement des roches sus-jacentes (roche moutonnée ayant évolué en nunatak) peut provoquer leur mise en surplomb puis leur cisaillement selon le plan des diaclases. Des secousses sismiques peuvent aussi entraîner des dislocations et des déséquilibres générateurs d'écoulements. Cet écroulement a ensuite localement fonctionné comme éboulis assisté par la végétation.

Les roches moutonnées

Elles sont formées sur la roche en place et dénotent le passage de la glace. **L'action de polissage de la roche par un glacier constitue ici une usure** et non un simple lissage, ce qui explique la présence de saillies arrondies. Ce phénomène est plus doux que le raclage. Il y a parfois une dissymétrie quand il y a un délogement à l'aval.
Ces roches moutonnées ne sont le plus souvent recouvertes que d'une faible épaisseur de végétation. Elles se retrouvent aisément sur l'ensemble du site, tout comme les blocs striés par l'action glaciaire et les traces de délogement glaciaire.

Diffluence au Col de l'Etang

On appelle diffluence le flot de glace qui, empruntant un point bas de l'une des rives d'un glacier, ici un col, se déverse dans une vallée voisine. Une diffluence affecte principalement les couches supérieures du glacier ; son action s'est donc exprimée lors des maxima glaciaires, lorsque la surface de glace dépassait sensiblement le niveau du col. De plus, le débit de glace était limité, moins important que celui de l'appareil principal.
On observe à 1 039 m d'altitude sur la Réserve une accumulation de blocs morainiques. Cette altitude étant supérieure à celle du Col de l'Étang (1 009 m), on peut en déduire que lors du maximum glaciaire, la hauteur de la glace dépassait largement l'altitude du Col, d'où la présence de nombreux blocs erratiques et émoussés témoignant de cette diffluence. Le glacier, au niveau du Col de l'Étang, diffluait de la vallée de la Thur vers la vallée de la Moselotte. Par ailleurs, la présence de deux types de granites (blocs de granite porphyrique allochtones, blanchis par l'altération, sur un granite en place rosé), conforte cette hypothèse. **Le granite allochtone a donc certainement été apporté par cette diffluence passant par le col,** dont le débit s'est tari dès le début de la décrue glaciaire, ne laissant subsister que les appareils locaux.

Les nunataks

Ce sont des reliefs qui surmontaient la nappe de glace, ils étaient soumis aux processus périglaciaires et en particulier à la gélifraction. Ce processus s'est étendu peu à peu à tous les sommets au cours de la déglaciation.
Sur la Réserve, on note au sud-ouest la présence de petites buttes qui auraient pu former des nunataks. Sur le versant est, le système hydrographique incise directement la roche en place à

certains endroits, ce qui suggère que des éperons rocheux étaient susceptibles de former également des nunataks.

Les dépôts morainiques et moraines

Les dépôts morainiques tapissent tous les versants de la Réserve de plusieurs mètres de matériel, à l'exception de l'éboulis de l'est (parcelle 173) qui les recouvre, ce qui signifie qu'il est plus récent qu'eux. **Ces dépôts sont hétérométriques et relativement compacts.** Ils sont composés de blocs granitiques décimétriques à métriques emballés dans une matrice de sables et graviers fins. Les blocs qui composent le matériel morainique ont un façonnement glaciaire typique en boules émoussées ou en forme de parallélépipède à arêtes émoussées. Les matériaux appartenant à la moraine de fond sont plus triturés (présence de limon). L'hétérométrie est donc très marquée.

Les cônes de déjection

Les contraintes directes ou indirectes exercées sur le site de Machais sont dictées par une altération et une désagrégation de la roche qui provoquent la libération des minéraux. Ces éléments libérés ont des conséquences directes et indirectes sur la tourbière centrale en formant un ensablement ou une édification de cônes de déjection. Trois secteurs principaux sont identifiés : le Valsche à l'Est, le complexe de la Faigne à l'Ouest, et un troisième en cours de formation dans la partie Sud (le Pierrier). Les analyses pédologiques et granulométriques ont pu également mettre en évidence le caractère dynamique de ces trois cônes de déjections, en particulier celui situé au sud-ouest de la tourbière, alimenté récemment (en 2002) par le glissement de terrain sous le chemin Vaxelaire, évènement de type « lave torrentielle ». Ce phénomène est récurrent dans l'histoire du site et permet d'avancer des hypothèses de mise en place de la tourbière flottante.

2.2.4 Description des processus géomorphologiques anciens et actuels

Les processus historiques sur le massif vosgien sont des processus froids. Toutefois le massif des Vosges est aujourd'hui en limite latitudinale entre des processus de contexte tempéré de plaine et des processus ayant encore une connotation périglaciaire, liés au cycle gel / dégel annuel et à la neige.

Ici existent encore :

- Processus nivaux (liés à la neige)
- Périodes de gels pendant plusieurs semaines
- Oscillations nuit / jour : cycles gel/dégel

La Réserve naturelle se situe donc en limite latitudinale basse d'expression de ces processus périglaciaires encore un peu actifs.

Ces processus sont fortement impliqués dans la dynamique du site (types d'habitats et évolutions), peu décrits aujourd'hui à machais, et leur avenir incertain dans le contexte de changement climatique actuel. Leur connaissance et leur suivi est donc indispensable.

Il est aujourd'hui acquis que si le changement climatique engendre une remontée des isothermes du 0°C, les processus suivants vont s'arrêter :

- combes à neige ;
- solifluxion : Ré-aménagement du micro relief du bassin versant donnant naissance à la mosaïque d'habitats de tourbières de pente ;

Si ce processus s'arrête :

1) Il n'y aura pas d'autre création de ces habitats
2) Ce qui existe pourra être menacé en fonction de l'ampleur des autres modifications climatiques globales

La cryoreptation

La reptation affecte la quasi-totalité des versants de la Réserve. Elle consiste en **un déplacement et une redistribution des particules au sein d'une formation relativement meuble sous l'action de la pesanteur**. En surface, elle s'exprime encore de nos jours le long des versants en pente marquée, par la courbure de la base des troncs des arbres. La reptation a une origine hydrique et thermique. Les changements de température peuvent causer des variations de volumes susceptibles d'entretenir le processus. De plus, quand une masse est imbibée d'eau, l'alternance gel – dégel joue un rôle efficace.

Les structures de congélation dans les formations superficielles

La présence de structures lamellaires localement compactées par des coiffes limono-sableuses s'observe en de nombreux sites de la Réserve. Par exemple, la tourbière perchée (parcelle 170) montre à sa base la structure feuilletée caractéristique de l'action du gel dans les matériaux meubles.

La congélation des formations superficielles entraîne en effet la création d'un feuilletage, qui produit une augmentation locale de la densité apparente, une diminution de la rétention hydrique et une diminution de la conductivité hydrique. Ainsi, le niveau feuilleté - du fait de sa faible conductivité - joue le rôle de roche à faible perméabilité susceptible de ralentir les transferts hydriques verticaux. Cela induit des déplacements obliques à l'intérieur des formations superficielles, d'où l'importance de la prise en compte de ce phénomène dans un bilan hydrologique stationnel.

Les replats de cryoplanation

Localement, l'association entre la lithologie, le façonnement glaciaire et les actions périglaciaires donnent des formes particulières. Des filons de microganites apparaissent et occasionnent des ruptures de pente. Ces zones, plus résistantes à l'abrasion glaciaire, ont été mises en relief par la glace et sont devenues des roches moutonnées. Lors de la déglaciation, la gélifraction a débité ces roches pour en faire des amas de blocs. La solifluxion, active à l'amont sur le versant, s'est bloquée sur ces arêtes, ce qui donne des formes de replat.

La solifluxion

Il s'agit d'un déplacement qui affecte une masse boueuse décollée d'un sous-bassement stable et touche plutôt les matériaux meubles. L'intervention de l'eau est décisive du fait de l'imbibition qui rend le matériel plus lourd et qui remplit les vides jusqu'à saturation, d'où une diminution des frottements et un accroissement de la mobilité de l'ensemble. Lorsque la teneur en eau atteint la limite de liquidité, un écoulement a lieu.

Une solifluxion sous-cutanée crée des boursouflures que l'on observe sur toutes les tourbières de pente. Parfois, le tapis végétal peut se déchirer, ce qui donne une cicatrice d'arrachement qui est lavée par les écoulements d'eau. Sous pelouse et quand les pentes sont raides, on parle de solifluxion en terrassettes. **Dans la Réserve, la solifluxion se distingue par des cicatrices en coup de cuillère et par des niches de décollement délimitées par un talus semi-circulaire.**

Le décollement de la tourbe vers l'aval

L'une des particularités de la Réserve concerne le déplacement des tourbières vers l'aval. Si des horizons de sols ou des dépôts superposés sont en mouvement le long d'un versant, il existe entre les éléments stables et ceux mobiles une ou des discontinuités cinématiques que l'on appelle surface de glissement. On observe l'existence de telles surfaces dans tous les mouvements lorsque le matériel encaissant est suffisamment fin pour donner des structures lisibles. En d'autres termes, l'existence d'une surface de glissement est l'illustration d'une discontinuité de vitesses à ce niveau (Mercier, 1984). C'est ce que l'on observe au niveau des **tourbières de pente de Machais**.

Le gel

Sur les faces des anciennes roches moutonnées, les feldspaths de grande taille apparaissent en relief. Ceci est l'effet du gel de la fin de la dernière période froide et du gel actuel. Celui-ci engendre également les éboulis assistés sur « l'écroulement » (le pierrier) de la parcelle 170.

Les formes alluviales

D'amont en aval, plusieurs types de lits, de formes d'érosion et de formes d'accumulation se succèdent.

La première partie d'un torrent est le bassin de réception, qui procède à un rassemblement des eaux et forme le lit du torrent. La deuxième est une vallée linéaire de profil transversal en V (canal d'écoulement). La troisième est le cône de déjection lorsqu'il existe. Le torrent est un organisme court à pente forte, dont le débit est saccadé et qui connaît des crues soudaines. Les blocs dont la masse est supérieure à la compétence s'y accumulent et jouent le rôle de wagons puisqu'ils partent à la prochaine crue. Un cône de déjection est un éventail alluvial qui s'installe par rupture de charge sur une surface à faible pente. Sur le cône de déjection, la pente est faible à nulle. La vitesse de l'eau est donc freinée. L'eau n'a plus l'énergie nécessaire pour le transport des matériaux qui se déposent.

À l'aval du torrent « le Valsche », qui se jette dans la tourbière principale, une lave torrentielle (cf. partie suivante), visible du chemin, a laissé sa trace reconnaissable aux dépôts latéraux. Arrivé au niveau de la tourbière, le matériel s'est étalé et créé un cône de déjection visible an amont du chemin et séparé du versant morainique par un arc de cercle. Un second cône s'étend en aval vers le centre de la tourbière.

Cette dynamique est encore active sporadiquement comme dans les années 1990 où plusieurs dizaines de mètres cubes de matériaux alluviaux ont été amenés par ce torrent au contact de la tourbe (com. Pers. J. C. Ragué). **Cette progression longitudinale et verticale du cône de déjection du torrent de la Valsche a jadis joué un rôle hydrographique et hydraulique important** dans l'évolution de la zone centrale de la tourbière, notamment le lac relictuel. (cf. partie 3.4).

Conclusion : Reconstitution partielle de l'évolution chronologique des processus géomorphologiques

Lors du maximum glaciaire (« Maximum Glacial Extend »), une grande partie des Vosges était totalement recouverte par la glace, la topographie sous-jacente invisible. Puis, lorsque le niveau de glace s'est progressivement abaissé, des nunataks sont apparus : ce sont les formes

sommitales du sud-ouest de la Réserve, alors exposées à la gélifraction. Progressivement, les nunataks sont devenus de plus en plus imposants et les gélifracts abondants.

Un niveau de stabilité de la glace s'est formé vers 1 070 m, et des écoulements pro-glaciaires ont alors laissé des dépôts de matériel allochtone sur la partie haute des versants (granite).

À un stade de déglaciation plus avancé, le Col de l'Étang a été libéré de la glace : des blocs allochtones ont ainsi été déposés sur ce col, et le cirque glaciaire de Machais s'est individualisé.

Dans un quatrième temps, un second niveau de stabilité, local celui-là, s'est formé. Puis, des dépôts glaciaires locaux se sont mis en place dans la partie basse. Il s'est ensuite installé un gel saisonnier sur les versants avec création de structures de congélation. Des blocs ont été mobilisés à courte distance et une solifluxion discontinue a créé des replats. Le phénomène de cryoreptation a été généralisé sur les versants.

2.2.5 Tourbière centrale organisée en trois zonages amont - aval

Les études menées sur la période 2010-2015 avaient proposé un premier modèle fonctionnel de la tourbière centrale qui est ainsi validé par les données présentées au paragraphe précédent.
Ces études ont permis de mettre en évidence quelques premiers éléments structurants d'une phase particulière de l'histoire de la tourbière, à savoir sa déconnexion partielle amont/aval et le décollement de la tourbière autour du lac.
Un modèle numérique de terrain (MNT*) établi en 2011, bien qu'ayant des imperfections, identifie ainsi formellement :

- un cône de déjections barrant la vallée (au centre) ;
- Une zone amont en forme de cuvette centrée sur le lac relictuel ;
- Une zone avale faiblement pentue orientée SE - NO : partie basse de fond de vallon

Plus en détails, des profils de profondeur ont également été réalisés au moyen d'une perche télescopique afin d'étudier la topographie de sub-surface. Le résultat est présenté sur la figure suivante. Il est à noter que cette technique a atteint deux limites : l'épaisseur du tremblant n'a pu être déterminée (mise en vrille de la perche, frottements), ni la profondeur de tourbe sous le lac, qui est toutefois supérieure à 15 m, profondeur maximale atteinte avec le matériel. (5m d'eau et 15m de matière en suspension plus ou moins dense).

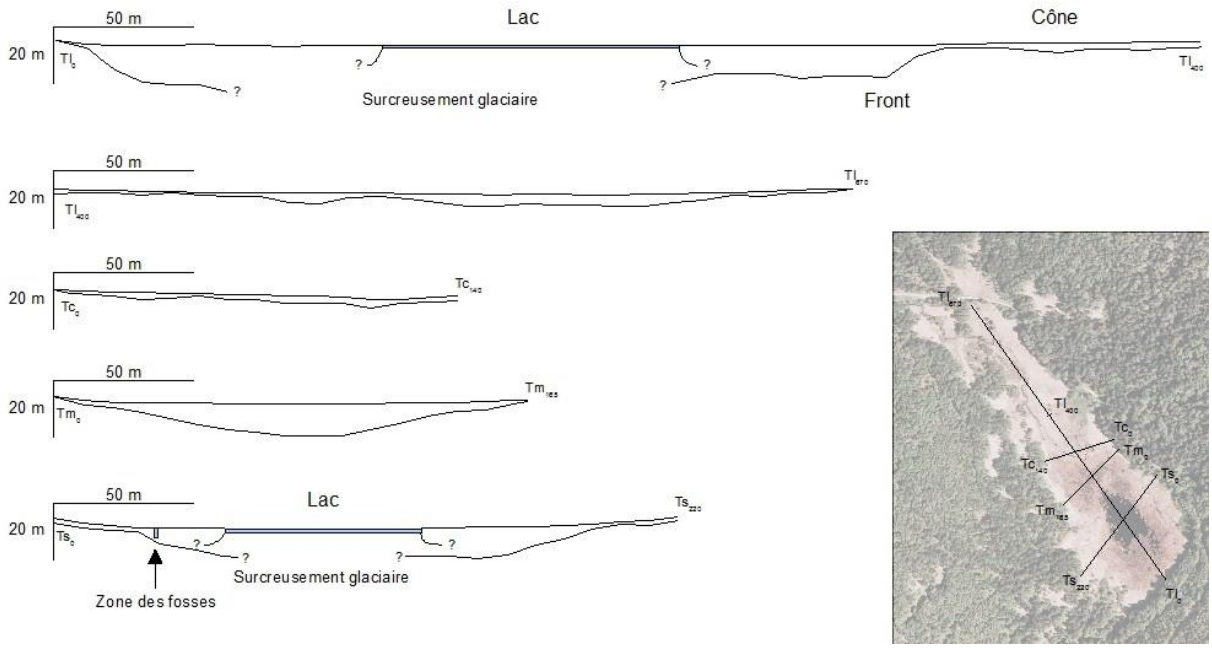


Figure 6 : Présentation des différents profils topographiques réalisés dans l'APPB

Le complexe tourbeux de l'APPB est donc organisé en trois parties, définies par des éléments topographiques séparés par des **ruptures de pente et des épaisseurs de tourbes différentes.** Ces parties se succèdent dans un axe SE-NO, de pente globale faible : 0.5% (ce qui contraste avec l'impression terrain, notamment à l'aval, d'une pente un peu plus marquée). Le schéma ci-dessous présente l'ensemble des compartiments identifiés.

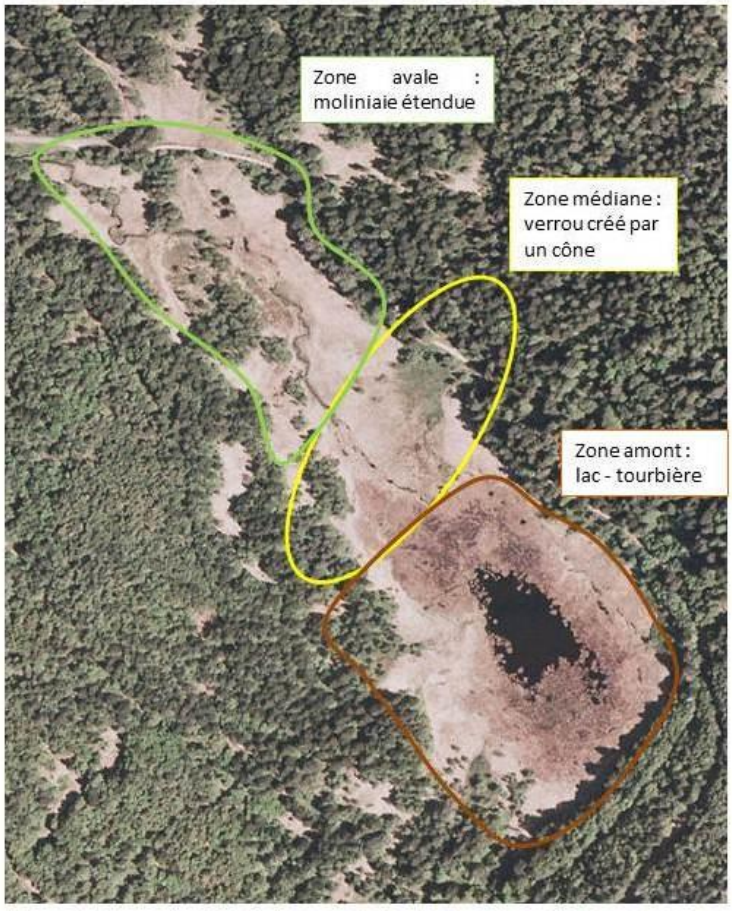


Figure 7 : Localisation générale des 3 entités identifiées composant la zone centrale tourbeuse de Machais (APPB)

La mise en place du cône du Valsche : un évènement ponctuel original

Toujours selon l'étude topographique réalisée, une deuxième zone, médiane, a été identifiée au sein de l'APPB, présentant les caractéristiques suivantes :
Transition abrupte avec l'amont : pente de 70%
Zone surélevée par rapport à la zone aval de 7 m
Epaisseur de tourbe moyenne : 2 à 3,5 m
Les sondages à la perche donnent une épaisseur moyenne de 8m. Il est constitué de lits superposés de matière organique (tourbe) et d'éléments minéraux (épisode de lave torrentielle).

Il s'agit là d'un « cône de déjections » ou « cône de colluvions », situé à l'exutoire du Valsche. Lors de sa mise en place, celui-ci a barré la vallée, se superposant au verrou glaciaire pré-existant. La tourbière du haut-marais est alors devenue flottante par décollement lors de la rehausse du niveau d'eau dans le lac.

La figure ci-dessous illustre cette mise en place :

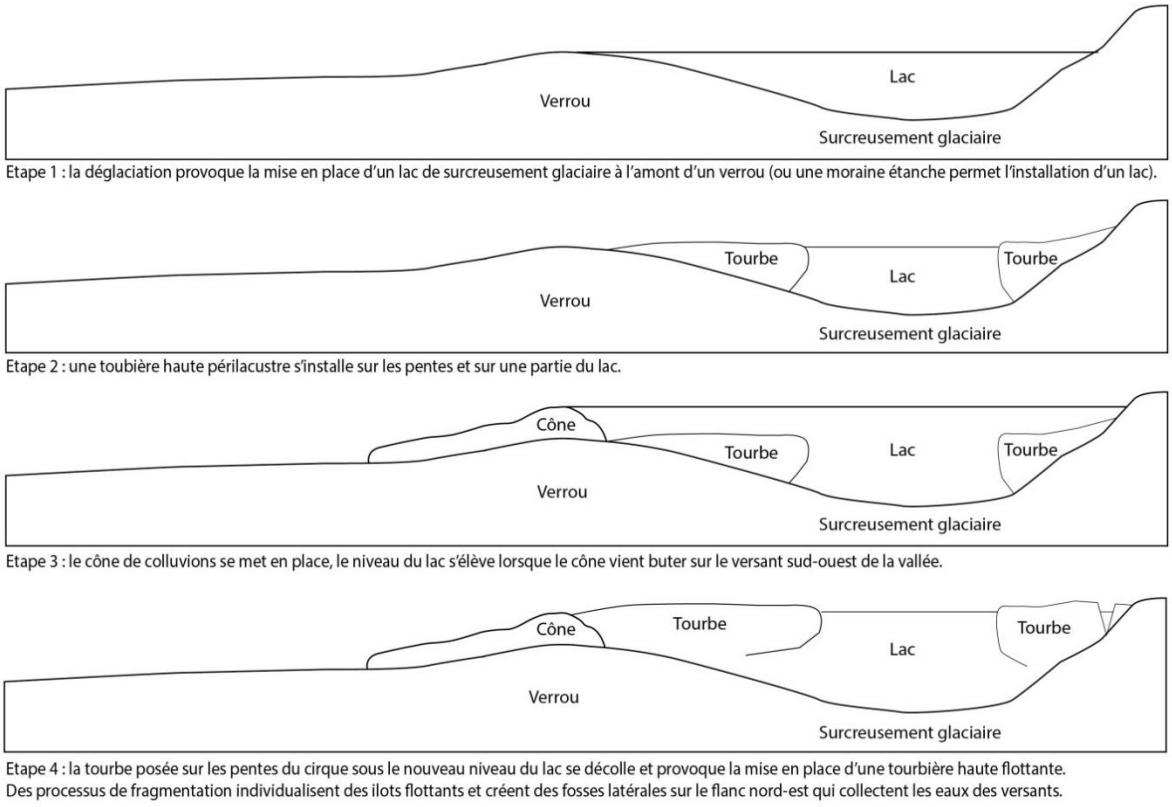


Figure 8 : évolution de la tourbière centrale avant et après cône de déjections du Valsche

Si la vitesse de mise en place de ce cône n'est pas connue, plusieurs constatations ont été faites lors de ces études :

Tout d'abord, ce cône est postérieur à la mise en place du verrou sous-jacent, car s'il datait de la dernière déglaciation (10 000 ans av. JC), aucune tourbière n'aurait pu se mettre en place ;

Ensuite, on constate que les angles d'apports de matériaux ne sont pas fixes (sondages à la perche), ce qui renforce l'idée d'une mise en place faite d'apports ponctuels étalés dans le temps (confirmé par la mise en évidence d'alternance de lits de matière organique tourbeuse et de lits minéraux) ;

On constate également des traces de ce marnage ancien, influencé par les différentes de pentes entre les versants ouest et est. Le long du versant ouest, les formations un peu en surplomb, ressemblant à des « îlots », peuvent être considérées comme des fragments provenant de la déstructuration de cette zone au moment de l'apport de matériaux de manière subite, qui confirme l'hypothèse de phénomène de type « lave torrentielle ».

CONCLUSION

La valeur patrimoniale du site est donc renforcée par sa nature originale de tourbière haute de décollement, flottante, par processus naturels de rehaussement du niveau de lac. Cette histoire particulière du complexe est certainement rare en Europe, voire unique, pour ce qui concerne les tourbières hautes. De plus, ce fonctionnement naturel est à mettre en parallèle avec le fonctionnement du site de Lispach, qui a « subi » le même type d'évolution, mais cette fois-ci du fait de l'action humaine, et sur des pas de temps beaucoup plus courts.

2.2.6 Etude paléo-écologique du complexe tourbeux central

Origine et grandes étapes de fonctionnement du site

1 – Origine de la tourbière et développement de la végétation dans le bassin versant

La tourbière de Machais est bien d'origine naturelle, glaciaire, comme les connaissances régionales le laissaient supposer (Flageollet 2003, De Klerk 2014). Ce lac post glaciaire s'est mis en place entre 11600 et 7900 cal. BP et cette accumulation lacustre a duré jusqu'à approximativement 4 200 ans BP.

Au cours de cette phase, on observer une augmentation progressive de la biomasse avec le développement de la végétation au cours de l'Holocène moyen Entre c. 7900 et c. 4225 ans cal. BP, cohérence avec l'histoire des Hautes Vosges à cette période.

2 – Modification du fonctionnement hydrologique du site par création d'un cône de déjection dans le secteur du Valsche

Si la mise en place du cône du Valsche a induit un changement hydrologique du site (comme supposé par P. GOUBET, 2012), alors il pourrait être facteur de déclenchement, ou d'accélération de l'atterrissement de la zone. Il serait dans tous les cas un verrou sédimentaire (formé par le cône de déjections) et non un verrou glaciaire. Cette hypothèse n'est pas contradictoire avec la succession stratigraphique qui montre que ce cône mais semble bien plus récent que la mise en place initiale d'un lac glaciaire.

Ainsi, la succession sédimentaire, combinée au modèle âge- profondeur (Figs 5 et 7) indique que **le cône de déjection pourrait dater de 4 200 à 4 500 ans BP soit – 2 500 à – 2 200 ans**. Cela semble assez cohérent avec les changements environnementaux, possiblement liés au changement de fonctionnement hydrologique du site.

3 – Atterrissement du lac en aval : mise en place d'une tourbière

A partir de c. 4200 ans cal. BP, jusqu'à aujourd'hui, le sédiment devient tourbeux. Sur cette période de l'holocène récent, l'accumulation sédimentaire n'est donc plus due au dépôt de sédiments lacustres, mais à la **croissance en épaisseur de la tourbe**. **Ce changement stratigraphique traduit un changement environnemental dû au processus d'atterrissement du lac.**

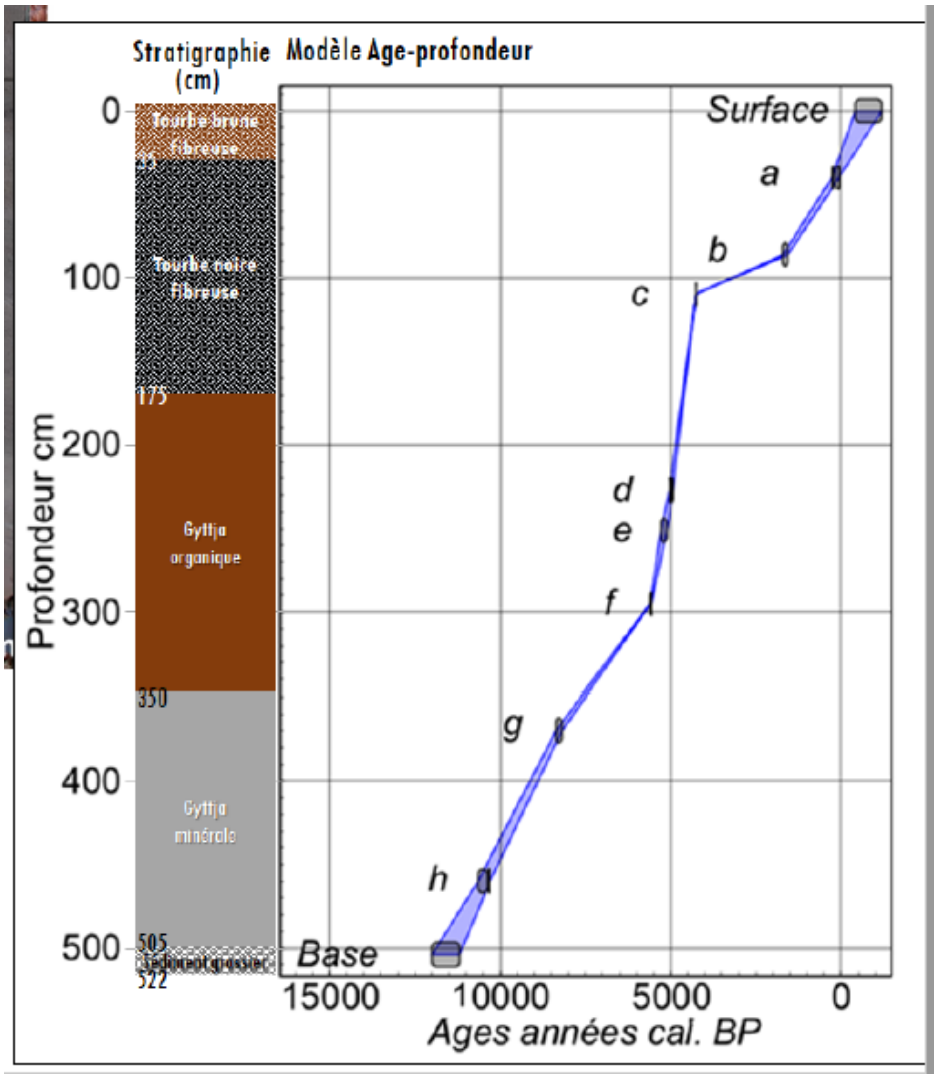
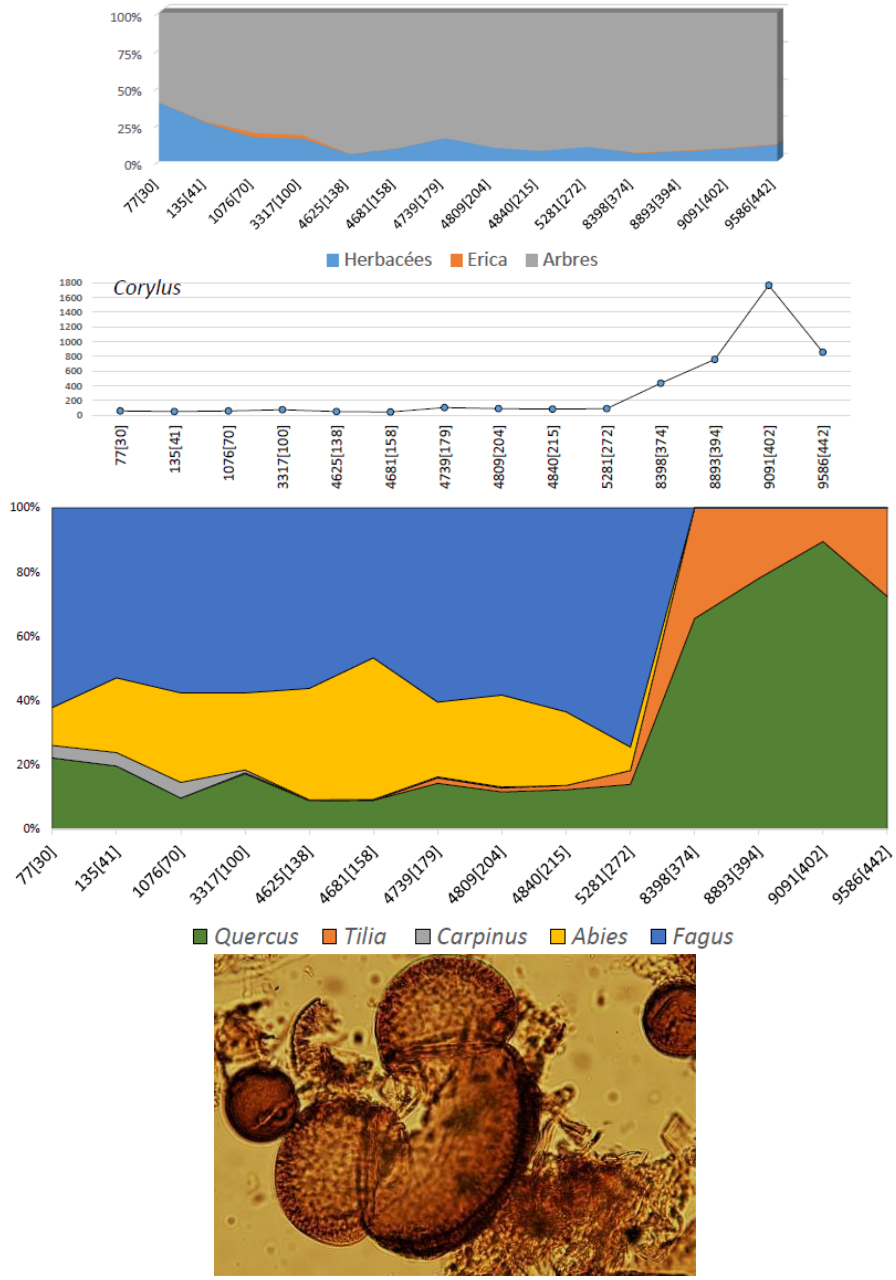


Figure 9 : Modèle âge – profondeur de la tourbière de Machais (partie aval)

Vitesse d'évolution au cours de la séquence : l'accumulation sédimentaire est plutôt régulière dans le temps, ce qui traduit une succession de changements environnementaux du site et non des perturbations cahotiques.

Le modèle âge-profondeur obtenu indique un début d'accumulation sédimentaire en période post-glacière vers - 9 500 ans, donc un lac ouvert en milieu minéral, suite à la fin de la glaciation.
Puis de - 9 000 ans à environ - 2 500 ans se déroule l'accumulation de sédiments par flottaison dans des conditions lacustres. Au sein de cette chronique, on observe un changement des sédiments, de minéral vers organique, autour de - 5 500 ans. Ce changement s'explique certainement par un développement de la végétation aux abords de la zone lacustre. Le bassin versant devient très probablement plus végétalisé, et donc retient les sédiments organiques tout en produisant de la végétation morte qui peut se déposer dans le lac.
On observe ensuite une transition assez abrupte vers du matériel beaucoup plus tourbeux, à partir de - 2 500 ans qui correspond au développement de la tourbière jusqu'à son état actuel. Cette dernière phase n'est donc plus lacustre.

Succession des paysages dans la tourbière et son bassin versant au cours du temps



1) **végétation type des phases de recolonisation forestière post-glaciaire du début de l'Holocène, typique des Hautes-Vosges / forte présence d'herbacées** à la mise en place du lac et pendant 1 600 ans
2) **transition environnementale rapide (500 ans) de milieux pré-forestiers vers des milieux forestiers**, marquée par une forte augmentation des pourcentages d'arbustes, notamment le noisetier ;
   on observe égalemetn durant cette période un **changement de dynamique hydrologique du bassin versant dont la zone lacustre vit les premières** phases d'atterrissement (augmentation des spores, indiquant un changement hydrologique du site)

3) **établissement de la chênaie mixte (optimum climatique) et premières phases d'anthropisation des milieux : pastoralisme néolithique** nouvelles installations comme la fougère aigle (Pteridium), augmentation des poacées (Poaceae), qui relèvent

des perturbations, certainement intra-forestières, donc de petites échelles. Il pourrait par exemple s'agir de perturbations dites "intermédiaires" qui pourraient donc être dues à l'activité humaine locale de pastoralisme.
Appartition des espèces telles que le hêtre (Fagus) et le sapin (Abies) qui préfigurent les prochains états forestiers.

4) LAPZ4a - avant 3 700 ans BP : Développement assez net de l'aulne (Alnus) ; De par son caractère hydrophile, il pourrait **profiter, et contribuer, au mécanisme en cours sur le long terme d'atterrissement de la zone lacustre.**

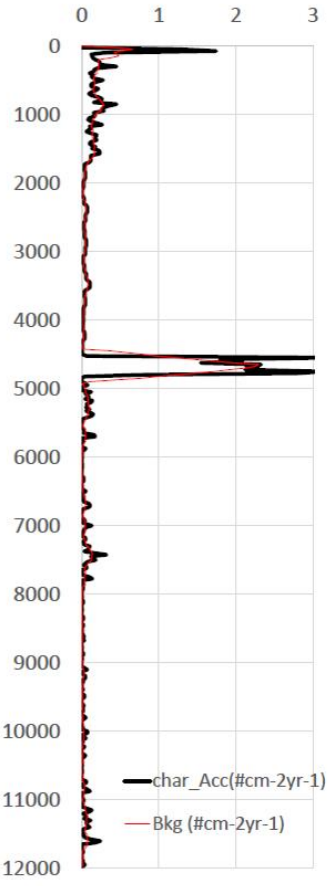
5) LAPZ4b - après 3 700 ans BP : accélération importante de l'atterrissement du site (activité turfigène) et ré-ouverture forestière locale par l'Homme

6) LAPZ5 (2024 ans BP à l'actuel) : accélération de l'anthropisation des paysages
émergence des cultures agricoles à l'échelle du massif des Hautes-Vosges et pastoralisme actif localement également.
Parallèlement,on observer **la mise en place de forêts moins denses et plus ouvertes qu'en LAPZ4**, **probablement toujours liée au pastoralisme à l'échelle du bassin versant. Au sein de ces forêts, peut se développer un sous-bois arbustif. La strate herbacée quant à elle recule.**

Histoire des incendies et de leur influence sur la tourbière

Il est à noter que des activités de type incendies sont observées sur toute la gamme d'âge étudiée, soit 5 000 ans environ. 4 pics sont toutefois identifiés, dont certains correspondent à des changements des types sédimentaires observés, et donc des modifications importantes à l'échelle du bassin versant.
On identifie donc les périodes suivantes :
- 10 000 à - 9 000 ans : pins et bouleaux sont présents autour des lacs, de même que l'orme et le chêne. Des signaux nombreux d'incendies sont enregistrés, antérieurs au néolithique, donc d'origine naturelle ;
- Vers - 9 000 ans : pic d'activité incendie. Ce signal correspond également à un changement des types de sédiments retrouvés, pouvant mettre en évidence le passage d'un lac à un marais envasé ;

- Autour de - 5 500 ans : l'aulne colonise le paysage, les pins diminuent. Le sol devient plus humide, le chêne et le hêtre apparaissent, brulant moins facilement. Quelques signaux d'incendies sont enregistrés, considérés comme d'origine anthropique, afin de favoriser le développement du pastoralisme.
- - 4 800 ans : signal d'incendie, origine identique au précédent.
- - 3 800 ans : les sédiments organiques évoluent aussi : les végétaux ne peuvent pas se décomposer dans les conditions de cette époque.



On observe une forte synchronisation des signaux incendies régionaux et locaux, ce qui indique que l'histoire à long terme des incendies se traduit par des évènements locaux, bien observés à Machais.

Phase 1 :
Il existe une histoire ancienne des incendies à l'échelle régionale, comprenant une période de forte activité d'incendies déjà montrée à l'échelle continentale, et qui pourrait être liée à l'événement de changement climatique abrupt dit de 9.4 soit le "Bond event" de 9400±500 ans. Celui s'est traduit par une péjoration climatique froide et sèche dont on retourne dans les traces en Europe du Nord ou en altitude. Ce contexte est enregistré sur la Réserve naturelle.
A l'échelle du site, les évènements d'incendies locaux concernent uniquement les pentes du bassin versant, puisque le fond du site est encore en eau sur cette période.

Phase 2 :
On note ensuite une **activité incendie locale** vers 7200 ans cal. BP. **Celle-ci pourrait correspondre aux premiers défrichements anthropiques.**
Ces changements ont aussi induit des changements de végétation qui correspondent à la LAPZ3, qui voit se dérouler le Néolithique, c'est-à-dire la **période à partir de laquelle, progressivement, le principal moteur des changements environnementaux devient l'Homme. Le site de Machais n'échappe pas à cette observation générale, surtout au cours de l'Age du Bronze.** En effet, à partir d'environ 4000 ans cal. BP. la fréquence incendie augmente fortement, pour rester importante, durablement. **Il s'agit probablement de feux de surface de la tourbière puisque celle-ci est maintenant en place et que le signal en macro-charbons** (qui ne se déplacent quasiment pas, latéralement, dans une archive tourbeuse) **est net**. On voit que cette activité incendie locale perdure jusqu'à une histoire assez récente, de l'ordre des 100 dernières années.

Histoire érosive / sédimentaire du bassin versant

L'histoire reconstituée des incendies correspond très bien aux variations en taux de matière organique et minérale au sein du bassin versant, avec des pics d'accumulation organique synchrones avec les principaux évènements (ou phases) d'incendies locaux. En effet, un incendie va provoquer beaucoup de cendres et ainsi booster la reprise de la croissance de la végétation.
De façon générale, on observe que les apports sédimentaires sont d'abord minéraux, puis deviennent progressivement plus organiques, à partir de 7500 ans cal. BP, avant de devenir très majoritairement organiques à partir de 4200 ans cal. BP.
On a ainsi mis en évidence l'augmentation à long terme de la biomasse végétale dans le bassin versant et sur le site de la tourbière de Machais.

Synthèse

Le développement de la tourbière centrale de Machais a débuté il y a un peu plus de 11 500 ans, en sortie du dernier Tardiglaciaire, avec l'établissement d'une large zone lacustre au fond du bassin versant.
Suite à un atterrissement progressif à long terme (comblement du lac) démarrant à – 8 000 ans, une tourbière se met en place au centre de la cuvette de Machais il y a environ 4 000 ans. La mise en place de la tourbière à proprement parler sur cette partie avale semble liée à l'établissement d'un cône de déjection sédimentaire dont l'origine pourrait être liée à l'émergence d'activités humaines (pastoralisme, défrichement par le feu) et qui ont eu lieu

autour de ce – 4 000 ans dans le bassin versant. Le développement de cette tourbière semble continu jusqu'à aujourd'hui, avec une croissance assez régulière des sphaignes.
L'état de référence le plus pertinent pour la Réserve naturelle est donc bien un « état tourbeux », qui succède à un « état lacustre », tant pour la partie avale que pour la partie amont de cette tourbière centrale.
Il est à noter que dans la partie amont, le devenir est sans doute le même que celui de la partie avale, à savoir un comblement / atterissement.
La bascule entre état lacustre et état tourbeux est certainement à mettre en lien avec les activités humaines dans le bassin versant (pastoralisme et incendies), mais il apparait aussi fortement dû aux changements à long terme des conditions climatiques et à l'augmentation de la biomasse à proximité, puis sur le site.

En parallèle, dans le bassin versant, suite à la mise en place des systèmes pré-forestiers de type toundra du début de l'Holocène, il a été identifié le développement d'une chênaie Atlantique mixte, assez rapidement remplacée par une hêtraie-sapinière mature, probablement dense et avec un couvert fermé.
Puis, se (re-)développe, il y a 2 000-1 500 ans cal. BP, une forêt plus ouverte, qui permet le (re-) développement d'espèces héliophiles, comme les érables, le bouleau, mais aussi l'épicéa, les éricacées, et, dans les zones les plus humides, les saules et les frênes.
Ces forêts relativement ouvertes sont l'héritage dans lequel se sont développés les usages anthropiques historiques des forêts, qui contribuent certainement encore plus à les ouvrir et à donner, directement ou indirectement, plus de place aux arbres héliophiles, post-pionniers, jusqu'à l'époque de la sylviculture moderne.

Perspectives

- approfondir la géomorphologie du bassin versant de Machais et notamment via données LIDAR
- étude plus poussée des macro-restes végétaux nécessaire dans cette partie aval tourbeuse pour tracer d'éventuels changements dans la turfigenèse. Cela permettrait d'établir plus précisément l'état de référence du site.

2.2.7 La géomorphologie des tourbières de pente

Ces éléments sont issus de l'étude réalisée par P. GOUBET en 2015.

La structure générale entre roches, fractures et tourbière est une des clés de l'étude du fonctionnement des tourbières, en particulier du point de vue hydrologique.

Pour travailler sur le relief, la géologie et la géomorphologie, nous disposons des données du MNT RGE Alti de l'IGN, des études de Messoussi (2001) et de Mercier (2005). Aucune donnée propre n'a été générée pour ce travail,
Le MNT issu des données du RGE permet une nouvelle interprétation des observations de Messoussi et de Mercier, en particulier l'importance de la fracturation dans la structure du Bramont et des formes glaciaires dans le secteur de Machais.
Le MNT met en évidence un relief fin du versant sud du Bramont indéniablement contrôlé par la tectonique suivant une série de blocs quadrangulaires d'allongement est-ouest.

Les complexes tourbeux sont situés soit sur les failles, soit sur des blocs affaissés (Bramont est). Leur allongement correspond le plus souvent à l'axe de la fracture sur laquelle ils se tiennent.

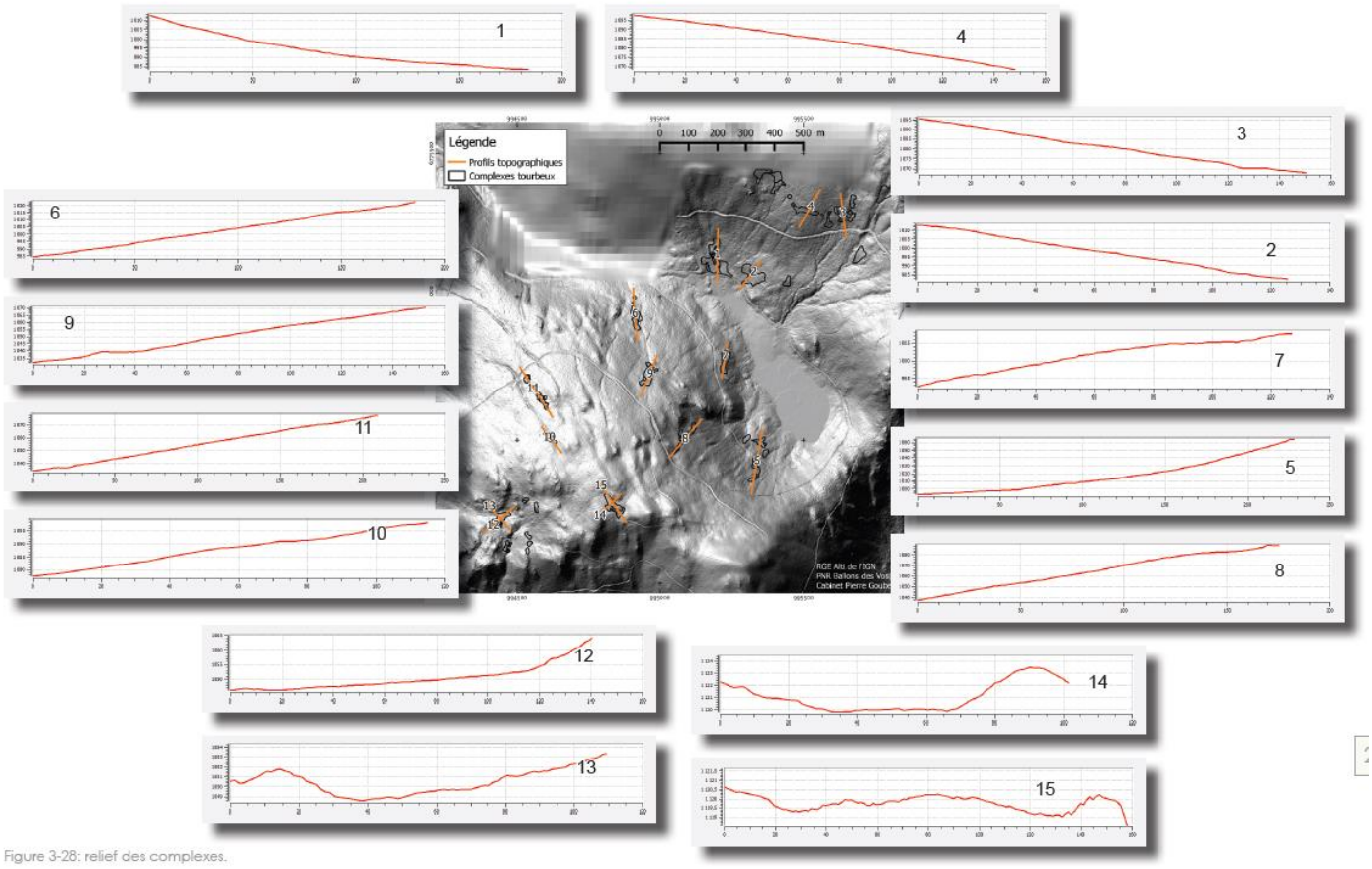


Figure 3-28: relief des complexes.

Les complexes occupent des pentes de 15 à 30% et l'épaisseur de tourbe n'a pas l'importance suffisante pour modifier la forme générale du profil topographique ou minéral. Autrement dit les profils ne montrent pas de bombement, et le socle minéral n'est pas surcreusé à l'endroit des complexe : la tourbe nappe la roche de manière pelliculaire.
Les complexes de replats du Bramont montrent, au contraire, une topographie convexe (profils 14 et 15 et dans une moindre mesure le profil 13).
L'ensemble de ces observations rend caduque les propositions d'état et de fonctionnement des tourbières de pente proposées par Mercier (2005). La topographie induite par l'érosion glaciaire, les lignes d'équilibres, n'est pas corrélée à la présence des complexes tourbeux.

Pour conclure, **pour les tourbières de pente, on doit admettre qu'il est impossible de définir une relation entre le relief, la géomorphologie, et la présence de tourbe**. La diversité des situations est grande, il faut travailler à l'échelle des complexes pour espérer avancer sur le déterminisme des tourbières, avec probablement une multitude de situations favorables, et non une logique unique.
Pour les tourbières de replats, exclusives à la partie sud du Bramont, la corrélation des complexes et de systèmes de fractures est par contre clairement exprimée sur le MNT.

)

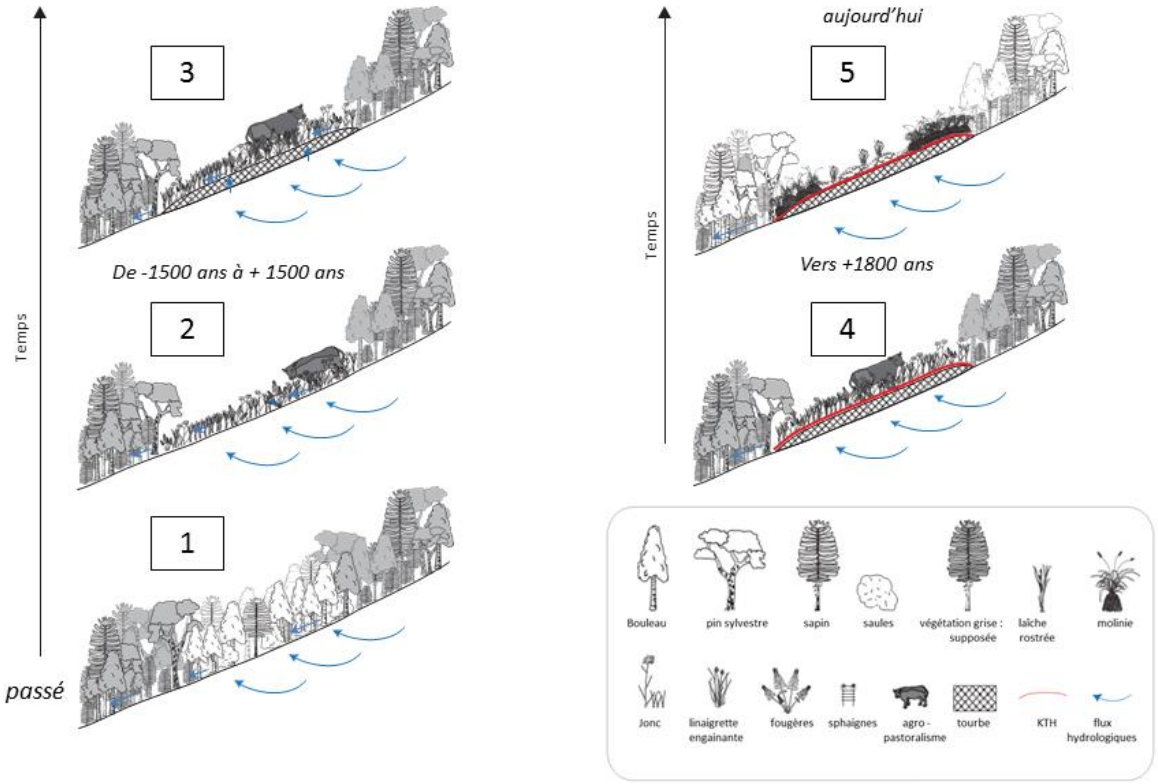
2.2.8 Trajectoire paléo-écologique des tourbières de pente

Les observations et données collectées convergent vers une origine minérotrophe de la tourbe des complexes, en lien avec une décharge hydrogéologique diffuse, en surface, dans des secteurs privilégiés de concentration d'écoulements souterrains, en particulier des failles, mais aussi, dans certains cas, des formations superficielles. La décharge, rendue diffuse à travers des formations superficielles clairement mises en évidence par Mercier (2005), est probablement «contrôlée» par le compartiment diffusif, ce qui la rend constante dans le temps, facteur essentiel à la mise en place de tourbières sur les pentes fortes de la réserve, notamment dans le secteur du Bramont.
Il y a une bonne adéquation entre le système hydrologique, type de roches compris, et le type de communautés turfigènes observées actuellement. Carex, joncs et fougères sont largement présents dans les sondages effectués, et en effet fréquemment observés dans ces contextes.

L'originalité des analyses effectuées est que la mise en place des tourbières originelles a été induite par la mise en place de pratiques agropastorales. **Ainsi un défrichement, ou du moins l'émergence d'usages spécifiques, a favorisé la mise en place de bas-marais tourbeux en lieu et place de systèmes forestiers, probablement humides, mais non turfigènes.** Ces milieux devaient correspondre à des sapinières claires riches en saules et bouleaux, au sol engorgé mais non tourbeux, telles qu'on en rencontre souvent dans les montagnes granitiques du Massif central.
Les usages, probablement agropastoraux, sont d'un type à permettre la turfigénèse, avec des épaisseurs de quelques décimètres à 1 voire 1,5m de tourbe présente dans les sondages. Cela semble à priori inattendu, car les modèles actuellement proposés indiquent qu'il est difficile de produire de la tourbe en contexte agro- pastoral. Cela peut toutefois être le cas pour des tourbières de bas-marais, telles que les tourbières du Morvan (Goubet, 2014a), les tourbières des Vosges du Nord (Goubet, 2014b) et des tourbières d'Artense (Goubet, 2015).
Puis les modalités fonctionnelles **changent à partir du début du XIXème siècle**, si on ne tient pas compte des incertitudes du 14C, plus difficile à utiliser à cette période du fait des importantes modifications au niveau mondial de ces taux (début de l'ère industrielle). On observe dans les parties hautes des sondages, et les édifices actuels la **mise en place à cette époque de communautés oligotrophes, ombrotrophes,** à sphaignes rouges et la linaigrette. Elles colonisent en particulier le centre des complexes, là où les apports par ruissellement sont improbables.
Ce changement de communautés n'a pu s'effectuer que sous deux conditions : le piétinement a cessé, et la surface ne doit plus être alimentée par l'eau de nappe. La première condition est réalisée par l'abandon des usages agropastoraux. La seconde condition résulte du croisement de l'imperméabilisation de la surface rendue possible par un KTH et de la baisse de la charge hydraulique à l'émergence (baisse du niveau potentiel de l'eau transmis par la nappe mère). Ce deuxième changement de processus peut être induit, par exemple, par des modifications d'infiltration des précipitations dans le bassin versant, modifications elles-mêmes induites par des modifications de la structure des peuplements forestiers et des usages (ordonnance de Colbert effective en 1761, succès du procès des chaumes pour la commune de la Bresse en 1832 ?). Nous ne développerons pas plus cet aspect, autant attendre les données du suivi piézométrique actuellement en cours pour en discuter.
Enfin concernant les communautés actuelles en place, la tenue fréquente de moliniaie en surface n'est pas en lien avec un processus intrinsèque d'évolution des complexes mais résulte probablement d'un processus d'abandon agropastoral sur tourbe, comme c'est souvent le cas,

ce qui va dans le sens de l'hypothèse précédemment émise. La présence fréquente de la linaigrette à feuilles étroites, en surface et en sub-surface est diagnostique d'un processus érosif actuel et passé. Ce processus est cohérent, vu les pentes et le substrat. Il pourrait être une forme de paramètre d'équilibre de la croissance de l'édifice tourbeux (boucle de rétroaction négative), entre turfigenèse et érosion, érosion induite par les fortes pentes.

Trajectoire historique et écologique des édifices tourbeux des pentes de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais



1: structure probable des secteurs d'émergence avant les modifications anthropiques : forêts humides

2: coupe et mise en place d'une activité agropastorale permettant l'installation de communautés de bas-marais et prairies humides, entre 1 500 avant J.-C. et 1 500 après J.-C.

3: les pratiques agropastorales ne sont pas incompatibles avec la turfigenèse, un tertre de tourbe de 1 à 1,5m est ainsi créé, de type minérotrophe. L'eau des nappes percole à travers ce tertre, puis ruisselle en surface.

4: un changement dans les pratiques (de type intensification) induit l'initiation d'un Kultureller TrockenHorizont ou KTH. L'eau ne percole plus le tertre.

5: vers 1800, les pratiques agropastorales n'impriment plus leur marque (sans doute abandon), les communautés de tourbières hautes se mettent en place et produisent quelques décimètres de tourbe.

Figure 10 : trajectoire historiques des tourbières intra-forestières de la Réserve naturelle – GOUBET, 2017

2.2.9 Pédologie

NB : ce thème a été identifié comme lacunaire dans la stratégie de connaissances du plan de gestion 2022-2032. Cette partie nécessitera une mise à jour ultérieure.

Les analyses menées dans le cadre de l'étude Messoussi 2002 ont permis d'identifier les différents horizons qui composent le paléosol situé sous la tourbe, sur une profondeur maximale de 4,70 m. Le profil géologique nord-sud de la tourbière principale a pu être également reconstitué. D'après la longueur, la largeur de la tourbière principale, et la profondeur des sondages, on peut estimer la quantité de sédiments présents sous la tourbe comprise entre 590 000 m^3 et 800 200 m^3.

Sols bruns acides et ocreux : sols forestiers

Les sols forestiers bruns acides et ocreux, formés ici sur roche-mère granitique, sont les sols les plus répandus sur la Réserve. Rappelons que les granites contenant 2 à 4 % de fer total donnent naissance à de sols ocreux ; au-dessus de 4 %, des sols bruns acides. Pour les sols bruns acides, l'horizon A1 est un mull, peu épais, à structure grumeleuse, à limite inférieure peu distincte. L'horizon (B) brun, à structure plyédrique (parfois émoussée) est au contraire bien développé (25 cm à 1,5 m). Le turn-over de la matière organique y est assez rapide. Pour les sols bruns ocreux, l'humus est un moder (ou mull-moder) très acide et mal structuré. L'horizon (B), de teinte vive, ocreuse, à structure floconneuse, très meublée et aérée, est caractérisé par l'abondance des complexes Aluminium-Fer, immobilisés sur place.

Sols hydromorphes

Sols hydromorphes permanents organiques : Les tourbes (histosols)

Disséminées au sein de la Réserve naturelle, les tourbières couvrent environ 25 ha. Elles résultent d'une hydromorphie permanente provoquant l'installation d'une végétation particulière et d'une forte accumulation de matière organique peu décomposée qui peut atteindre plusieurs mètres de profondeur.

Les sols à hydromorphie temporaire : stagnogley

On observe au voisinage des tourbières et des ruisseaux des sols analogues à ceux décrits précédemment, mais marqués par des caractères d'hydromorphie.
Dans le cas des sols forestiers, on observe une décoloration à des degrés variables de l'horizon B qui devient gris ou rosâtre du fait d'une hydromorphie temporaire, et une augmentation de l'horizon humifère. Ces sols hydromorphes sont surtout localisés à l'aval des tourbières.

2.2.8 Conclusion : les enjeux de conservation associés au géopatrimoine

Le site de Machais est l'un des exemples les plus remarquables du modelé glaciaire et tardiglaciaire sur le massif vosgien. Les différentes études réalisées sur la Réserve montrent qu'elle présente un ensemble d'indices et d'objets - géologiques et morphologiques - témoignant des évènements glaciaires passés. Sur l'ensemble de la Réserve, on note l'importance des matériaux poreux en tant que réservoirs aquifères : arène granitique et tourbières de pente, dépôts tourbeux de fond de vallée.
De plus, le cône de déjections du Valsche a joué un rôle majeur dans le façonnage actuel du site, ce qui en fait un élément de patrimoine de premier ordre.
Par ailleurs, les dépôts tourbeux, en particulier ceux de fond de vallée, constituent l'intérêt majeur de la Réserve.
Enfin, l'éboulis est un habitat rare et patrimonial.
Ces éléments n'ont pas l'objet actuellement d'évaluation de leur état de conservation ni de diagnostic de pressions éventuelles, ce nouveau plan de gestion s'attachera à combler ces lacunes.

2.3. HYDROGEOLOGIE ET HYDROLOGIE

2.3.1. Etat des connaissances et des études disponibles

Intitulé	Date et auteur	Objets inventoriés ou étudiés	Structuration et forme des données
Investigation de la faune des macro invertébrés des ruisseaux affluents du plan d'eau de Machais	N. MORGAN et CEN Lorraine (1997)	3 ruisseaux principaux : la Valsche, le pierrier et la Faigne	Rapport papier et informatique
Suivi « hydrosystèmes », protocole national mis en place par Réserves Naturelles de France	Suivi annuel 1993-2013, assuré par le CEN Lorraine	Biocénoses aquatiques : odonates, macrophytes	Rapports papier et informatique, données et analyse sous Excel
Étude géologique, géomorphologique et hydro-géomorphologique du bassin versant de Machais - 1ère et 2ième tranches	MESSOUSSI Lakhdar (2000-2002)	- Formations granitiques - Failles et diaclases - Pédologie - Granulométrie - Hydrogéologie	Rapport papier et informatique ; SIG
Étude géologique, géomorphologique et hydro-géomorphologique du bassin versant de Machais – 3ième tranche	MERCIER Jean-Luc (2005)	- Géomorphologie - Tourbières de pente - Laves torrentielles et autres processus catastrophiques	Rapport papier et informatique Présentations PowerPoint SIG
Analyse de la qualité physico-chimique et des apports solides des eaux de surface du bassin versant de la tourbière de Machais (La Bresse, Vosges), 16p.	Goubet P. (2008)	Ensemble des affluents répertoriés sur e bassin versant de la Réserve et tourbière centrale (amont du Valsche)	Rapport papier et informatique, ensemble des données brutes et traitées disponibles au forma

Intitulé	Date et auteur	Objets inventoriés ou étudiés	Structuration et forme des données
			informatique (BDD excel et SIG)
Suivi limnimétrique du lac de Machais, 10p.	Goubet P. (2011)	Lac relictuel de l'APPB	Rapport papier et informatique, ensemble des données brutes et traitées disponibles au forma informatique (BDD excel et SIG)
Evaluation de l'état de conservation des habitats forestiers et tourbeux de la Réserve, 50p.	PNRBV (2012)	Révision de la cartographie du réseau hydrographique de la Réserve	Rapports papier et informatique, tables SIG
Etude des débits et de la qualité physico-chimique des affluents de la tourbière centrale, RA 2012 de la Réserve, 40p.	PNRBV (2013)	Affluents busés autour du chemin de l'étang et tourbière centrale (amont du Valsche)	Rapport papier et informatique, ensemble des données brutes et traitées disponibles au forma informatique (BDD excel et SIG)
Etude de la qualité des trois ruisseaux principaux de la Réserve naturelle via la méthodologie IBGN	Fédération départementale de pêche des Vosges (88), Anicet HURIOT (2014)	3 cours d'eau principaux de la Réserve naturelle : Valsche, ruisseau de la Faigne (versant ouest), et goutte de machais à l'exutoire	Rapport informatique
Etude du lac et de ses biocénoses	TINCA ENVIRONNEMENT et Serge Dumont (2017)	Plan d'eau de l'APPB	Rapport informatique
Etude du zooplancton du lac	Association des amis de la Réserve naturelle de Remoray (2018)	Plan d'eau de la tourbière centrale	Rapport informatique et BDD SERENA compatible
Etude des invertébrés aquatiques	Gilles JACQUEMIN, bureau d'études Philopotamus (2019-2020)	tourbière centrale amont et aval et affluents, ruisseau du Valsche. cortège des EPT : éphémères, plécoptères, trichoptères	Rapport informatique Liste d'espèces complète au format serena compatible

2.3.2. Définition du bassin versant fonctionnel de la Réserve naturelle

Une étude réalisée en 2014 lors d'un stage PNRBV apporte de premiers éléments de réponse sur ce point à partir de la modélisation des ruissellements de surface. Le résultat est obtenu grâce à l'analyse du MNT sous QGIS.

Cf. Tome 4 - Carte n°7

Cette étude a permis de constater que le bassin versant de la tourbière centrale n'est que partiellement intégré dans le périmètre administratif de la Réserve naturelle. **En effet, les parcelles cadastrales B2 296 et B2 305, au nord-est, n'ont pas été incluses dans le décret portant création de la Réserve alors qu'elles sont en tête du bassin versant de la tourbière de Machais. En matière de gestion forestière, ces deux parcelles correspondent aux parcelles forestières 172 et 174 de la commune de La Bresse.**

Ces éléments seront à préciser ultérieurement via une étude complémentaire, notamment concernant les écoulements souterrains, mais qui sont beaucoup plus difficiles à étudier sur le terrain. (Les traceurs isotopiques semblent être la meilleure piste actuelle).

2.3.3. Hydrogéologie

La Réserve naturelle englobe un bassin versant incomplet occupé notamment par l'Étang de Machais et la Goutte de Machais, ruisseau émissaire. Comme décrit précédemment, elle occupe une vallée glaciaire suspendue entre un ancien col de diffluence glaciaire avec la vallée de la Thur (*"Col de l'Étang" ou "Seesattel"*) et une gorge de raccordement.

Le lac relictuel (*"Étang de Machais"*) est installé dans un surcreusement glaciaire.

Le ruisseau effluent (*"Goutte de Machais"*) rejoint la vallée de la Moselotte en incisant le verrou glaciaire situé au niveau du pont sur la RD34A, qui constitue un seuil.

Trois ruisseaux principaux, dont « Le Valsche » alimentent directement ou indirectement la Goutte de Machais via le complexe tourbeux central**. Ces affluents fonctionnent sur un mode torrentiel dans leur partie supérieure et alimentent chacun un cône de déjection en amont de la tourbière principale**. L'essentiel du débit percole ensuite à travers ces matériaux d'origine fluviatile puis traverse des conduits souterrains naturels dans la tourbe. De nombreux autres ruisseaux au lit peu profond sont présents sur la Réserve.

Concernant plus précisément le torrent « Le Valsche », deux dynamiques coexistent. Un lent transfert de sédiments fins (graviers et sables), qui proviennent du lit du ruisseau ou de ses berges se produit d'amont en aval, et un deuxième processus, de nature rare et extrême, charriant de grosses quantités de sédiments. Celui-ci fait actuellement débat sur sa caractérisation, une étude est en cours (2021-2022).

Ce qui est certain, c'est que ce cours d'aeu charrie des matériaux qui se déposent de manière alternée avec des lits de tourbe, et que cet ensemble a une profondeur de 7 à 8m. l'ensemble de ces couches est lui-même posé sur un verrou glaciaire intermédiaire.

Le schéma suivant résume ces éléments de fonctionnement fondamentaux de la Réserve naturelle.

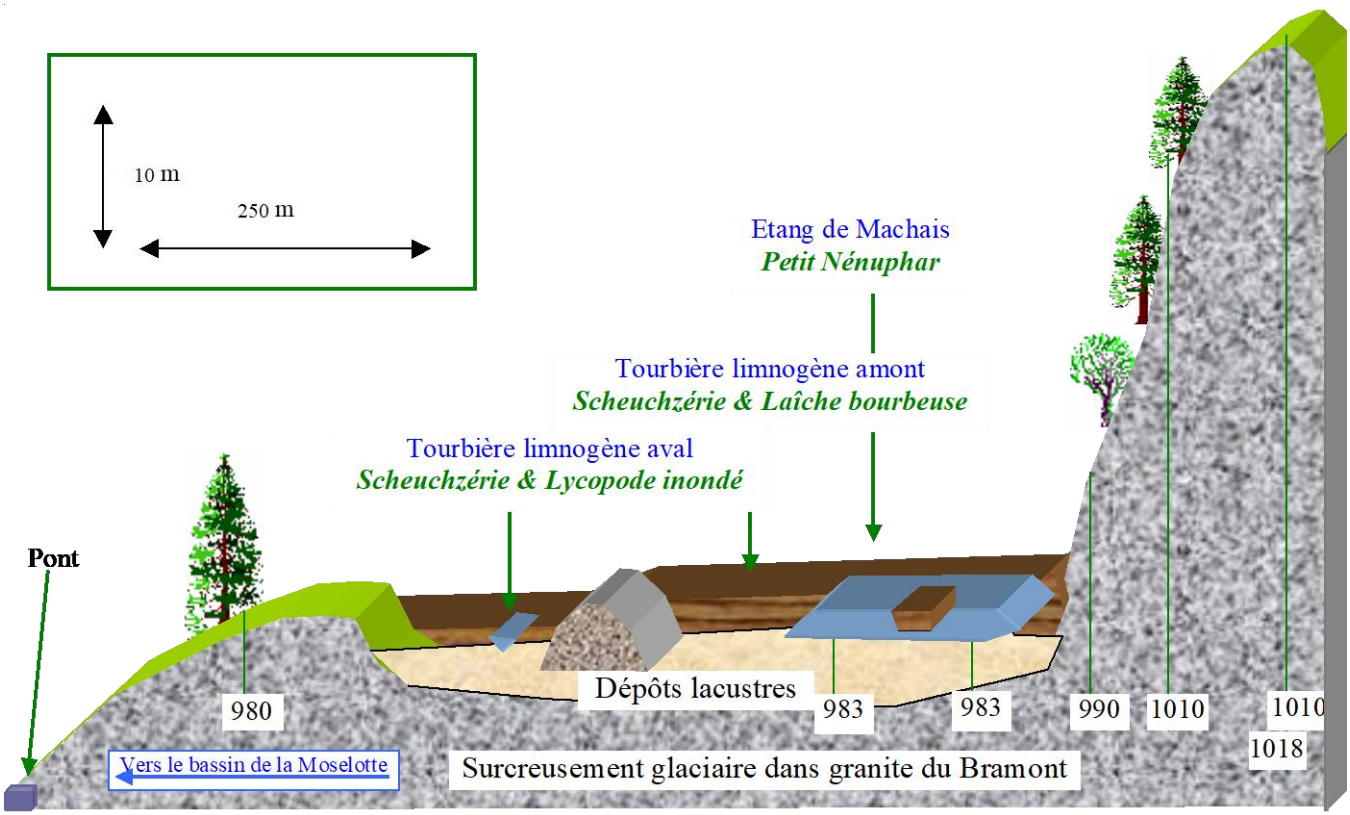


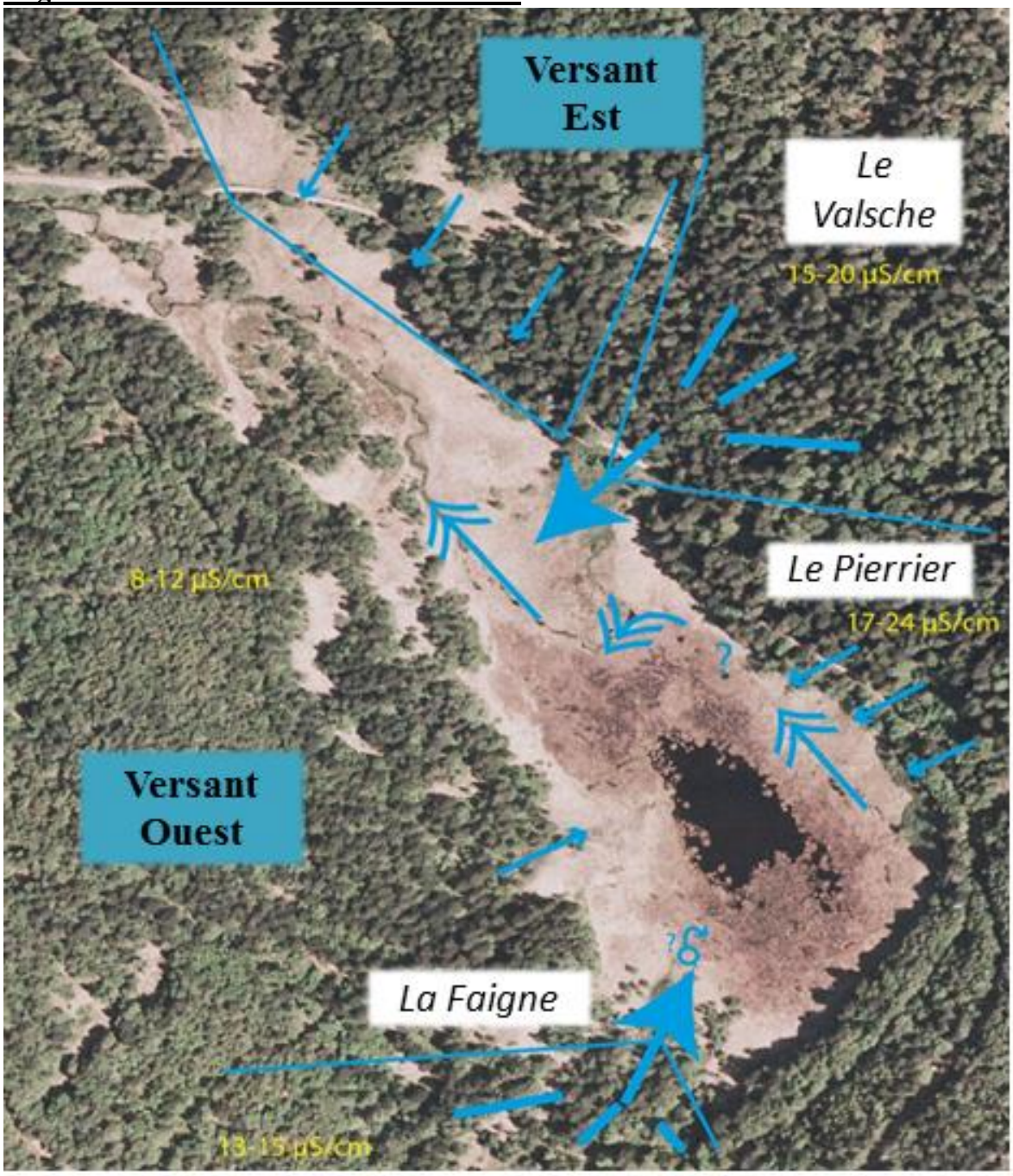
Figure 11 : Description hydrogéologique de la Réserve Naturelle et de son environnement immédiat

2.3.4. Le réseau hydrographique de la Réserve naturelle

Cf. Tome 4 - Carte n°8

Caractérisation des flux d'eau et de matières

Organisation des flux dans le bassin versant



Schématisation de la répartition des flux d'eau dans le bassin versant du complexe central

Dans la partie aval du complexe, on observe une multitude de ruisselets sur les deux versants, mais les apports majeurs proviennent du Valsche et repartent par l'émissaire (goutte de Machais), en partie souterrain.

Dans la partie amont, la cartographie réactualisée met en évidence une répartition inégale des flux d'eau, donc des apports en éléments. De plus, des différences non négligeables en termes de conductivité entre le versant ouest et le versant est apparaissent.

Circulation d'eau dans les fosses : elles captent et drainent la majeure partie des apports en eaux « telluriques », dont est alors privé le lac, notamment sur le versant ouest. On suppose qu'une petite partie de cette eau seulement doit pénétrer dans la zone centrale par diffusion à travers le massif de tourbe (remarque : on retrouve le même type de fonctionnement à Lispach, comme l'illustre l'étude réalisée par L'ÉGLISE en 2006).
Ces fosses captent également une grande partie des précipitations, qui sont alors exportées « rapidement » vers la Goutte de Machais, et donc ne transitent pas dans le massif tourbeux.
Il est à noter qu'elles sont situées au bas du versant où les pentes sont les plus fortes, et qui est également le versant qui comporte le plus de ruisseaux.
Ce fonctionnement global participe donc à l'extrême pauvreté des eaux du lac et du complexe central, et donc la mise en place de communautés végétales adaptées à ces conditions.

Absence de fermeture du lac : les lacs-tourbières sont généralement colonisés par des groupements végétaux spécifiques, sorte de « radeau flottant » constitué de plantes à rhizome (trèfle d'eau, comaret des marais, etc.) qui à terme recouvre entièrement la surface d'eau libre, faisant évoluer l'écosystème vers une tourbière bombée ombrotrophe. Or, on constate à Machais l'absence de ces communautés végétales, les bords du lac étant uniquement constitués d'îlots de type haut-marais, flottants ou rattachés au bord. On note toutefois que ces communautés sont présentes dans les fosses périphériques, qui comme on l'a évoqué concentrent les apports en éléments nutritifs du bassin versant.

L'étude du réseau hydrographique incite à penser que le blocage des minéraux dans les fosses périphériques, et donc une eau trop pauvre, bloque la croissance des végétaux. Les analyses physico-chimiques des eaux montrent que les eaux du lac sont très acides (5 à 6), et les valeurs de conductivité relevées oscillent entre 13 et 20 µS/cm. A titre de comparaison, les tourbières acides des Vosges du Nord ont des valeurs comprises entre 30 et 50 µS/cm.
L'oligotrophie extrême des eaux du lac empêche donc l'installation des plantes qui pourraient créer un radeau de fermeture.

Apports solides et dissous : Quatre zones majeures d'entrée des eaux

Les flux d'eaux sont également vecteurs de matières solides et dissoutes dans les milieux tourbeux de l'APPB. La répartition de ces apports autour du complexe central permet de compléter la vision d'ensemble de son fonctionnement.

Concernant les apports solides, ceux-ci peuvent être à l'origine de colmatages importants des ruisseaux, et également de dysfonctionnement des communautés végétales. Toutefois, la majorité des buses et fossés présents sur le bassin versant ne témoignent pas d'apports majeurs en sables et graviers, sauf certains secteurs du tour du chemin de l'étang. Des pièges à sédiments sont installés dans ces zones et régulièrement curés afin de préserver la dynamique naturelle de la tourbière.

Quatre zones majeures d'apport en eau et donc en éléments ont été identifiées et caractérisées par des mesures physico-chimiques :

- La route des Américains présentent de nombreuses buses, qui dirigent les écoulements ;

- Le fond de vallée, en réalité identifié à la partie aval du complexe tourbeux. Il draine plusieurs petits ruisseaux, qui se jettent dans l'exutoire de la tourbière ;

- Le versant Est (Valsche, ruisseau du pierrier) :

Les apports sédimentaires solides sont importants en valeur absolue mais perturbent peu le fonctionnement à l'aval dans l'APPB : ils sont en effet rapidement exportés vers l'aval par les fosses périphériques. La conductivité mesurée sur ce versant est faible ;

- Le versant Ouest, notamment sa partie sud (ruisseau de la faigne) :

On constate sur ce versant une forte conductivité, de faibles températures et un faible taux en O2. Ces paramètres indiquent une circulation souterraine longue de l'eau, sûrement dans la faille F1 (Messoussi 2001) qui draine Ronde-Tête. De plus, ce versant ne présentant pas de rupture de pente forte, il n'y a pas de fosses périphériques. L'entrée de l'eau du bassin versant se fait donc directement dans le massif tourbeux et dans le lac, rendant cette zone très sensible aux apports polluants éventuels.

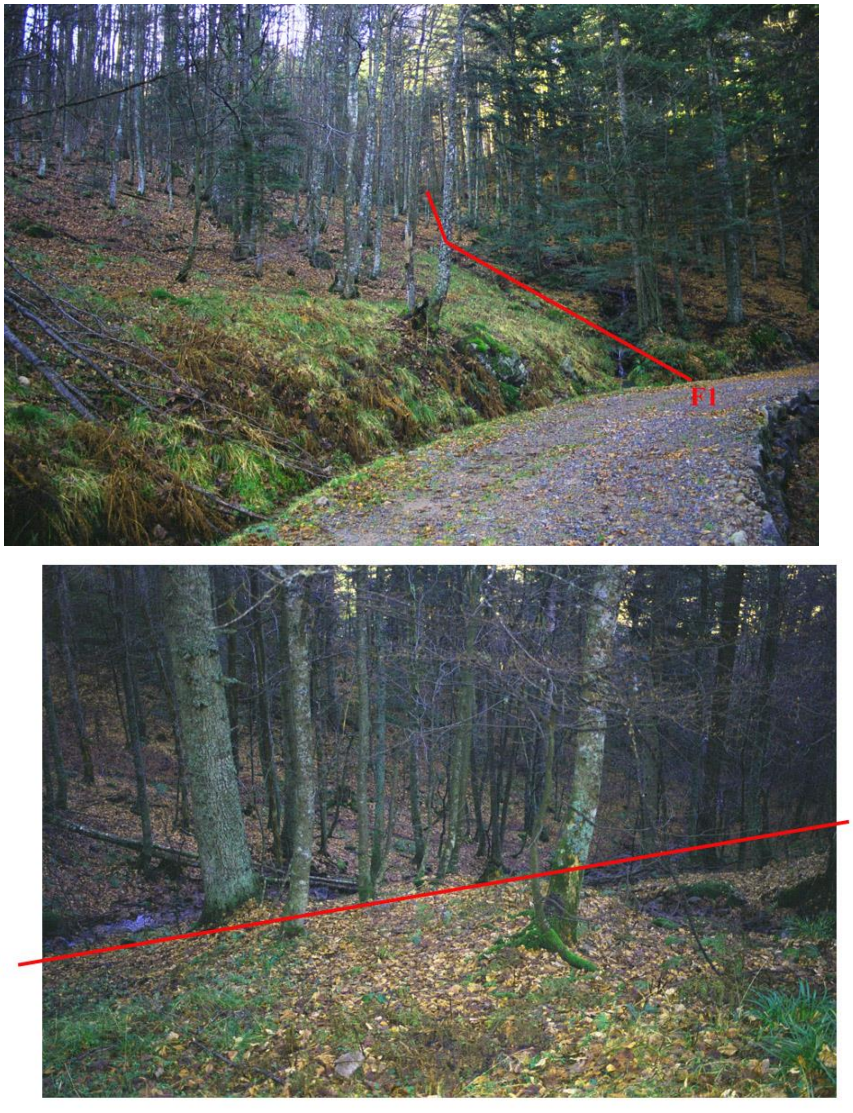
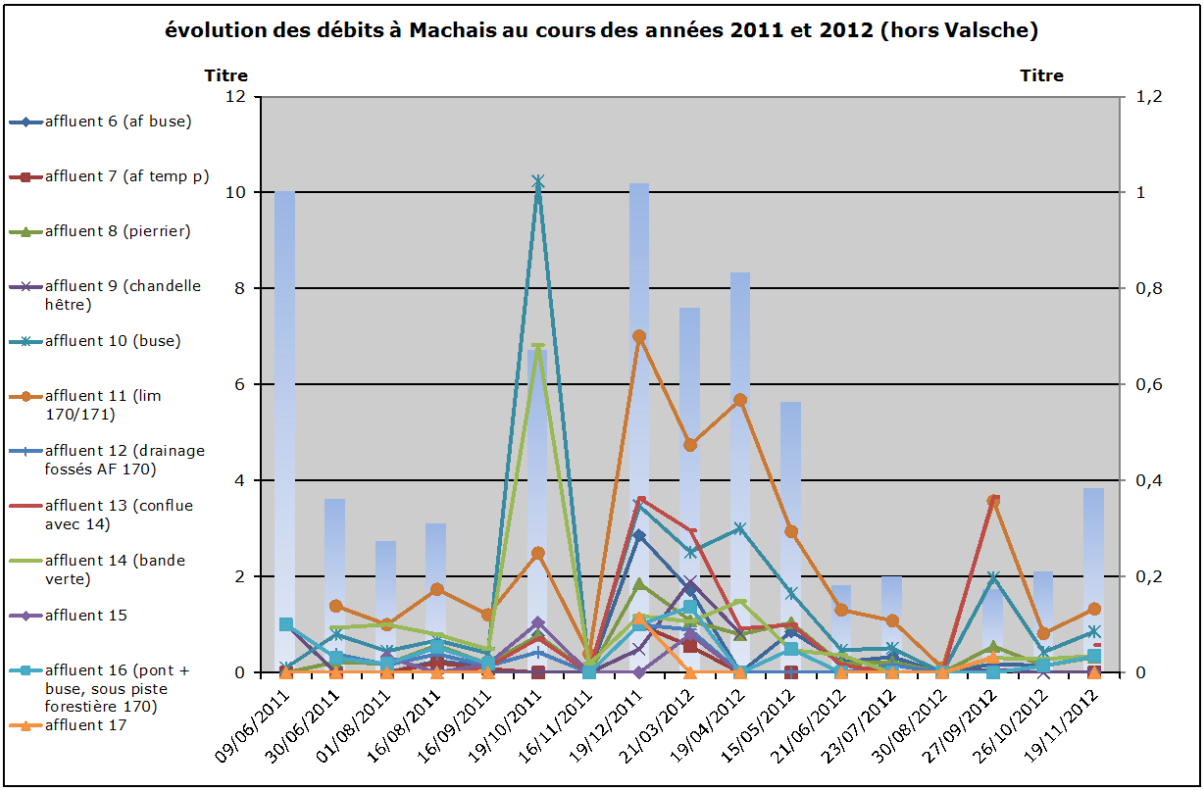


Figure 12 : Matérialisation de la faille F1 de part et d'autre du chemin du Tour de l'Etang

Le suivi des débits

2012 a permis la réactualisation complète de la carte du réseau hydrographique. **Dix-sept ruisseaux ont été identifiés comme se jetant dans le complexe tourbeux central**, dont trois rejoignant directement la goutte de Machais. Quinze de ces affluents ont fait l'objet d'un cycle de mesures mensuelles sur 2011 et 2012, hors période de fort enneigement. Les graphiques suivants ont été obtenus à partir de ces mesures.



affluent	débit moyen annuel (L/s)
affluent 4 (valsche)	39,40
affluent 11 (lim 170/171)	2,30
affluent 10 (buse)	1,63
affluent 14 (bande verte)	0,99
affluent 13 (conflue avec 14)	0,86
affluent 8 (pierrier)	0,48
affluent 6 (af buse)	0,46
affluent 5 (pierre tombale)	0,43
affluent 16 (pont + buse, sous piste forestière 170)	0,37
affluent 12 (drainage fossés AF 170)	0,27
affluent 9 (chandelle hêtre)	0,27
affluent 15	0,20
affluent 17	0,12
affluent 7 (af temp p)	0,11

Figure 13 : Mesures mensuelles de débits des affluents de la tourbière centrale, 2011 et 2012

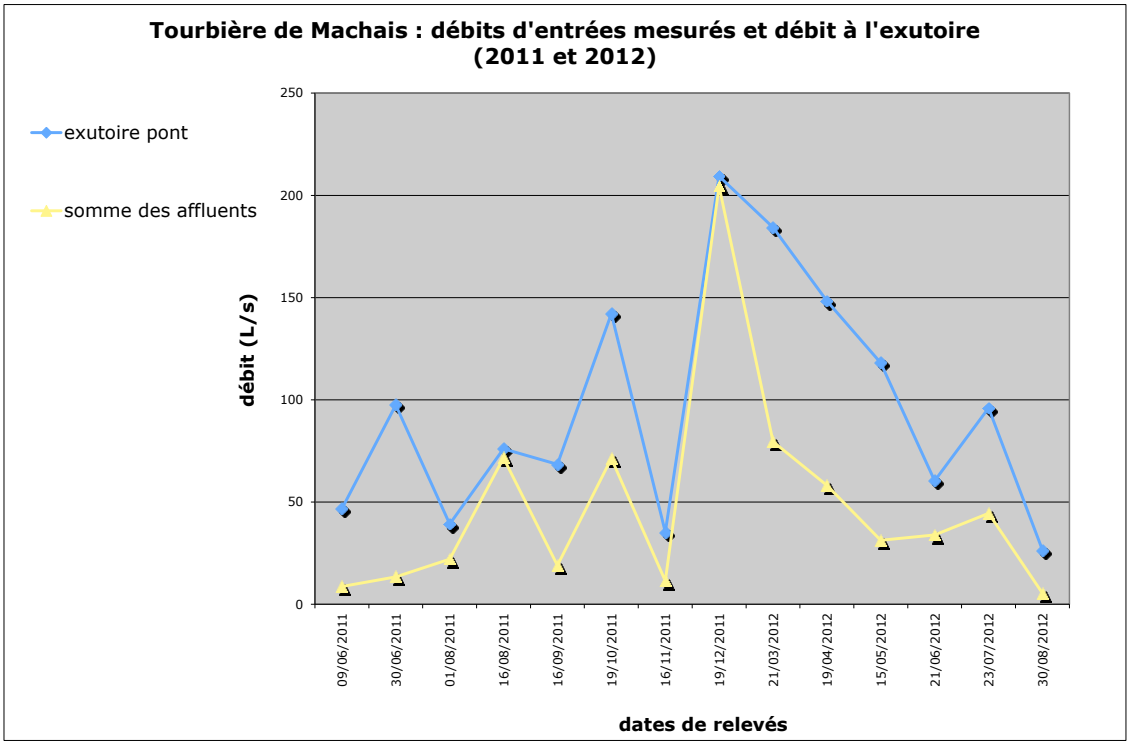
Le ruisseau du Valsche présente un débit moyen annuel de 40 L/s, il n'est donc pas représenté sur ce graphique afin de ne pas « écraser » les autres mesures. Son cycle annuel suit toutefois les mêmes variations.

Remarque : Des mesures de débits avaient été effectuées entre le 15/10/2000 et le 30/11/2000 pour le ruisseau du Valsche et celui de la Faigne. Le débit moyen du Valsche était alors estimé à

2,10 L/s (L'estimation du débit mensuel moyen avait été obtenue par une intégration des débits sur le temps afin d'obtenir le volume d'eau écoulé pendant le mois, puis par une division de ce volume par le nombre de jours du mois). Celui de la Faigne était estimé à 1,15 L/s.

En dehors de cet affluent majeur, deux autres flux d'eaux importants sont mis en avant :
L'affluent n°10, situé au début du versant ouest, qui est matérialisé sur le terrain par un piège à sédiments à gauche du chemin et une buse cylindrique à droite ;
Le ruisseau de la faigne, affluent n°11 en continuant sur le chemin du tour de l'étang.
Pour ces deux ruisseaux, les débits sont de l'ordre de 1 à 2 L/s, alors que les autres sont inférieurs à 1 L/s.
La carte illustre également la répartition de ces flux d'eau, qui sont localisés en certains points du bassin versant.

Stockage et restitution d'eau : services rendus par l'écosystème tourbeux



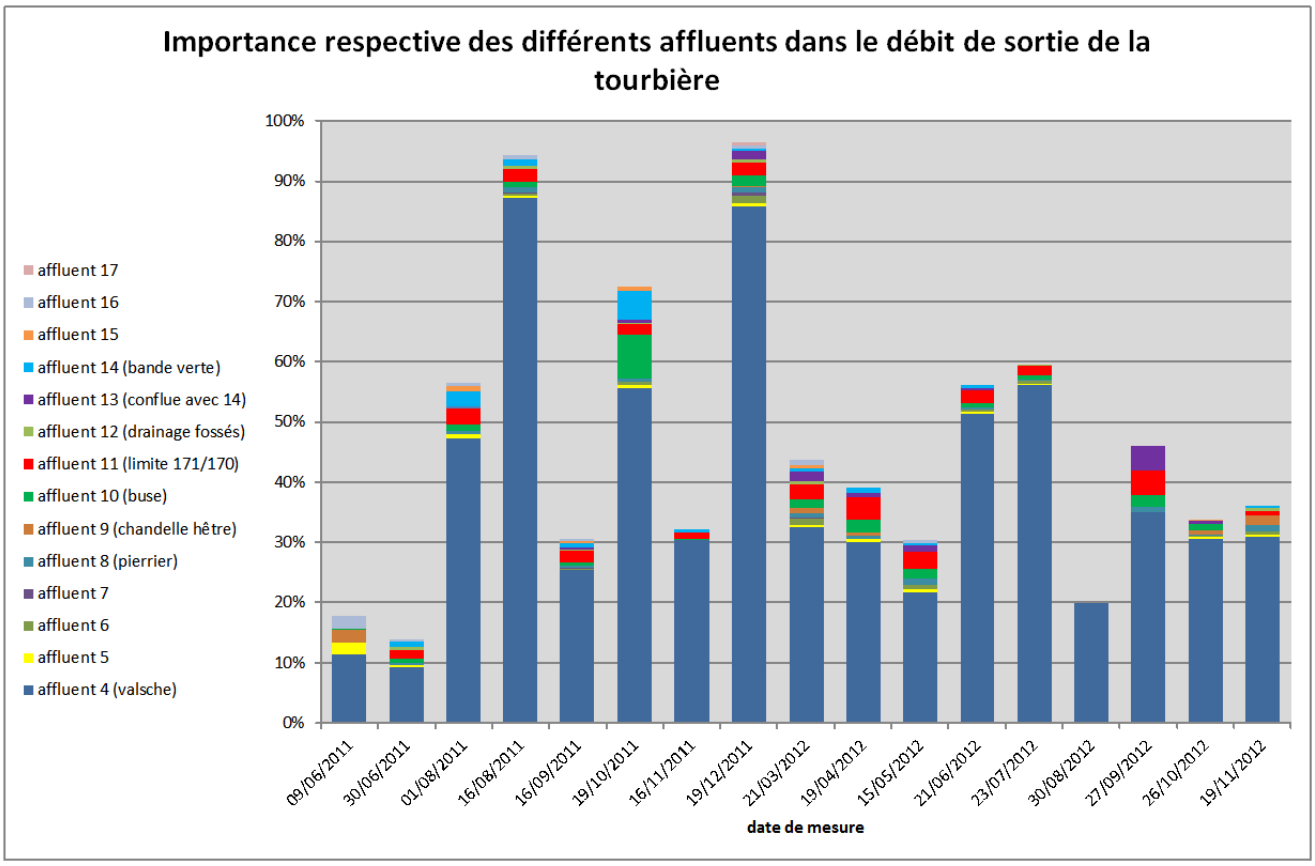


Figure 14 : Mise en évidence du stockage et de la restitution de volumes d'eau par la tourbière centrale

Ces graphiques permettent de comparer à un instant t l'eau entrant dans la tourbière centrale par l'ensemble des écoulements l'alimentant, et de comparer ces entrées aux flux en sortie (goutte de Machais). Tout en ayant conscience de la part d'erreur existante (écoulements en partie souterrain, biais des mesures), ces données permettent d'avoir **une représentation qualitative du rôle « d'éponge » joué par le complexe tourbeux, et par là de ses fonctions de stockage et d'épuration de l'eau.**
En effet, on observe que dans la majeure partie des jours de mesures, la somme des débits mesurés à l'entrée du système est inférieure au débit mesuré en sortie, et n'en représente que 50%. L'eau présente dans le débit en sortie provient donc en majeure partie de la restitution assurée par la tourbière centrale, assurant ainsi un débit minimal toute l'année dans la goutte de Machais.

D'autre part, deux mesures réalisées lors d'évènements ponctuels de violentes pluies continues (août 2011 et décembre 2011) montrent a contrario que les débits en entrée sont quasiment égaux aux débits en sortie. Cela illustre une saturation de l'ensemble du système et donc un départ rapide de l'eau. **La tourbière joue alors son rôle de stockage d'un certain volume d'eau en cas de période de précipitations intenses.** Ce volume pourrait être approché par calculs grâce aux mesures de variations de la hauteur d'eau dans le lac.

On peut noter que ce volume stocké et les alternances de stockage / restitution d'un volume d'eau sont également directement liées à **l'existence d'un seuil situé sous le cône du Valsche**, mis en évidence dans l'étude tridimensionnelle réalisée par le cabinet P. Goubet en 2011 (cf. partie 3.2).

2.3.5. Régime hydrologique au sein de la Réserve naturelle

Hydrologie générale

Non étudiée jusqu'à présent, elle fera l'objet d'une description plus précise via la stratégie de connaissances de ce plan de gestion et notamment la mise en œuvre de l'observatoire des zones humides du massif vosgien (programme co-porté avec le CEN Lorraine).

Le régime des précipitations

Est inconnu actuellement et sera étudié à partir de 2020 via l'installation d'une station météorologique.
Des éléments de contexte globaux ont été donnés dans la partie 2.1.2.

2.3.6. Qualité physico-chimique et biologique des cours d'eau

Différentes études ont été menées sur le site de la Réserve naturelle afin d'évaluer la qualité de l'eau entrant dans le réseau de tourbières et alimentant le bassin versant. Suite aux études menées, les caractéristiques du bassin versant sont telles qu'on pouvait les attendre dans un contexte de moyenne montagne granitique : eaux pauvres, froides et acides.

Etude du contenu atmosphérique des sphaignes (2009)

La végétation spécifique des tourbières est très sensible à la richesse trophique environnante (N, P, et K) et minérale (Ca et Mg) car elle est formée de plantes pionnières, adaptées pour survivre dans des milieux très pauvres (sphaignes, drosera, etc.).

Evaluation de la qualité des eaux par suivi physico-chimique (2013)

Les données récoltées au cours du plan de gestion 2007-2011 montrent que les apports dissous peuvent être scindés en 4 zones majeures : le versant ouest, la tourbière (le fond de vallée), la route des Américains, en amont du site et le versant sud-est. Dans l'étude menée en 2008 par le cabinet P. Goubet, la fourche entre ces deux chemins a été identifiée comme **le point majeur de risque de dysfonctionnement des apports solides**, notamment du fait de l'absence de cône de déjections à cet endroit, et d'apports réguliers récents constatés depuis quelques années.
Depuis 2009, le **curage des fossés** est réalisé tous les deux ans. Le volume de sédiments exportés sur les trois sites curés (dont deux situés à l'amont direct de cette fourche) représente en 2011 un volume de **8 m^3 de matériaux** (graviers et sables principalement), mais aussi matière organique). Ce premier chiffrage servira d'état des lieux pour suivre ces mesures de gestion, et permettront un suivi dans le temps des matériaux érodés au sein du bassin versant. Le redimensionnement éventuel de certaines fosses de sédimentation pourra être envisagé suite à ces résultats.

Température

La première observation d'ensemble est que la zone centrale subit des variations de température d'amplitudes beaucoup plus importantes que les ruisseaux alentour. Cela s'explique par le fait que les flux sont beaucoup plus lents dans cette zone centrale, qui est de plus à découvert, donc soumise à des variations microclimatiques importantes. **Ces mesures décrivent également les contraintes auxquelles est soumise la végétation dans ce secteur.**
Concernant les affluents, on observe un versant est un peu plus « chaud » que le versant ouest, ce qui pourrait être le reflet de l'orientation générale de ces versants par rapport à

l'ensoleillement. On constate également qu'en période pré-hivernale, les températures de ces ruisseaux sont très faibles, car comprises entre 1 et 4°C.
Dans le lac, le suivi de ce facteur couplé au suivi du pH permettra de savoir si les tanches présentes dans l'étang peuvent se reproduire ou non. En effet, la reproduction puis l'éclosion des œufs ne peuvent pas se faire si la température et le pH ne sont pas dans des valeurs seuils particulières à l'époque de l'année correspondante.

Conductivité

L'étude géologique réalisée en 2002 et les premières mesures de conductivité réalisées en 2008 mettaient en avant l'existence de deux versants granitiques dans le bassin, l'un à l'est et l'un à l'ouest. Les mesures réalisées confirment ce diagnostic, et **renforcent l'idée d'un versant ouest granitique beaucoup plus altéré, car la conductivité globale est beaucoup plus faible dans les affluents traversant ce granite**. En effet, ils sont moins chargés en ions que les autres ruisseaux, du fait que la roche n'en contient quasiment plus.
Du point de vue de la richesse minérale des apports, on observe la pauvreté des eaux de surface avec des conductivités comprises entre 8 et 28 µS/cm, classiques pour ce genre de contexte.

pH

Selon une étude sur l'acidification des ruisseaux du Massif vosgien et de son impact sur les macro invertébrés (GUÉROLD, 1992), les ruisseaux présents sur Machais présentaient un pH compris entre 5,65 et 6,25, ainsi qu'une concentration en cation aluminium inférieure à 160 µg/l.
Les cycles de mesures réalisées en 2008, 2011 et 2012 permettent d'affiner ces résultats et de les corréler avec le temps.
Sur un an de campagne, on observe que **les valeurs mesurées oscillent autour de 5.5,** qui représente la valeur de pH « fonctionnel » de l'écosystème tourbeux. Les variations mesurées sont de l'ordre de -1 à +1.5 unité de pH (4 à 7.5), **ce qui s'inscrit dans le fonctionnement normal d'une tourbière**.
Les valeurs observées sur le versant ouest sont généralement légèrement plus basses que celles du versant est. **Cela confirme les données obtenues par la conductivité sur l'existence de deux granites différents**. En effet, le granite étant très pauvre en ions, ce sont les H+ qui sont alors lessivés, faisant baisser le pH.
On note enfin que les variations de pH sont beaucoup moins importantes dans le lac, car « tamponnées » par la quasi absence de flux dans l'eau stagnante.
On observe également que le pH ne varie presque pas sur tout le complexe. On peut interpréter ce dernier fait par l'existence d'un équilibre lié à l'effet tampon des acides organiques du sol lessivé par les pluies. Ce processus est connu des eaux de tourbières.

Evaluation de la qualité des cours d'eau par IBGN (2014)

D'une manière générale, la Goutte de Machais, le ruisseau du Valsche et le ruisseau de la Faigne présentent au niveau des stations étudiées des conditions d'habitats très favorables à la macrofaune benthique, avec des substrats et des vitesses de courant variés. Cependant, la classe de qualité obtenue est mauvaise pour la Goutte de Machais ainsi que le ruisseau de la Faigne et bonne pour le ruisseau du Valsche. La note IBGN obtenue sur les différentes stations ne tient pas compte de la spécificité de ces milieux (faible variété taxonomique provoquée par la mise en place d'un peuplement composé de taxons sténoèces) ce qui tend à sous-estimer la qualité réelle des stations.

L'analyse générale des traits de vie des principaux taxons récoltés sur l'ensemble des stations témoigne de **petits ruisseaux d'altitude présentant des eaux oligotrophes, fraîches et naturellement acides** ;
Le nombre de taxons récoltés est plus élevé sur le ruisseau du Valsche. Cette différence, bien que probablement due aux aléas de l'échantillonnage, est peut-être également à mettre en relation avec une diversité d'habitats légèrement plus forte sur ce ruisseau ;
Les stations étudiées présentent dans l'ensemble des taxons de rangs élevés (GI= 9 ou 7) révélateur d'une **bonne qualité de l'eau**. La typicité des milieux échantillonnés (faible débit en période estivale, proximité des sources, très faible largeur du lit mineur, acidité naturelle) engendre une sortie de la gamme typologique appliquée aux eaux courantes et par conséquent un **écart au domaine d'application de l'IBGN** ;
L'indice habitat donne un résultat très proche entre la goutte de Machais et le ruisseau du Valsche. L'hospitalité de chacune de ces stations est « très bonne ». Le ruisseau de la Faigne présente un peu moins de diversité (substrats et classes de vitesse) que sur les deux premières stations avec tout de même une classe d'hospitalité jugée « bonne ».

La réalisation du protocole IBGN sur les 3 stations étudiées a permis de mettre en évidence une qualité biologique moyenne sur la Goutte de Machais et le ruisseau de la Faigne. Le ruisseau du Valsche présente quant à lui une classe de qualité jugée bonne. **Aucune dérive écotoxicologique n'est donc mise en évidence par comparaison de ces résultats avec ceux obtenus en 1994-1996.**
Cependant, les ruisseaux tributaires et émissaires de la tourbière de Machais présentent des caractéristiques physiques qui sortent du domaine d'application de l'IBGN (faible distance à la source, petit gabarit des cours d'eau, acidité naturelle). Ces caractéristiques physiques tendent à sous-estimer la qualité réelle des cours d'eau étudiés en s'abstenant de la typicité de ces milieux.

Evaluation de la qualité de l'eau par étude du cortège d'invertébrés Ephémères, Plécoptères et Trichoptères (2020)

Les EPT sont considérés comme d'excellents indicateurs généraux de la qualité des milieux aquatiques, et des éléments clés de leur richesse faunistique (cf protocole IBGN, et TACHET et al., 2000). Une étude a donc été réalisée sur la Réserve naturelle sur la période 2019 et 2020.
Les habitats propres à héberger des EPT au sein de la Réserve naturelle sont :
- la tourbière proprement dite et ses gouilles, mardelles et schlenken (eaux principalement stagnantes)
- le lac relictuel (eaux stagnantes)
- l'exutoire de ce lac et de la tourbière donnant naissance à la Goutte de Machais (eaux courantes)
- un réseau de ruisseaux affluents de la tourbière, de développement assez limité (eaux courantes)

Ce sont essentiellement ces habitats qui ont été explorés au cours de la présente étude. Les tourbières de pente n'ont été concernées que marginalement par certains piégeages lumineux.

Le peuplement EPT mis en évidence couvre une large gamme de préférendums écologiques en termes de cours d'eau, où les espèces des eaux vives dominent largement. On peut également constater que **ces espèces sont soit très spécialisées (sources et eaux stagnantes) soit généralistes** (eaux courantes ; 1/3 des espèces recensées). Les espèces liées aux sources et

ruisseaux de sources constituent près de 60% des espèces identifiées. On y trouve une vingtaine d'espèces **garantes de la qualité de ces milieux.**
On suspecte un **état très acide des ruisseaux de la Réserve naturelle, dû à leur substrat. Cette suspicion est confirmée par l'absence d'un certain nombre d'autres espèces** plus ou moins acido-sensibles, comme le sont une majorité d'Éphémères ;
. L'étude détaillée du peuplement de plécoptères renforce cette hypothèse d'un problème d'acidification des ruisseaux afférents à la tourbière : ceux-ci sont bien présents sur la Réserve naturelle, car globalement bien plus acido-tolérants que les Éphémères. Il s'agit en effet d'insectes montagnards, particulièrement bien représentés dans le massif vosgien, très caractéristiques des petits ruisseaux froids et bien oxygénés, où ils montrent leur maximum de diversité.
Enfin, l'étude de l'écologie du peuplement des trichoptères indique une acidification marquée des ruisseaux tributaires de la tourbière.
En résumé, si les habitats tourbeux sont en très bon état fonctionnel et abrite les espèces attendues, le chevelu de ruisseaux relativement réduit et surtout son acidification entraînent une diversité en Éphémères anormalement faible, et un peuplement en Plécoptères assez banalisé.

Par ailleurs, il est à noter que les changements globaux actuellement en cours, et notamment climatiques, en modifiant les caractéristiques des biotopes, vont à coup sûr impacter les biocénoses montagnardes dans un avenir proche. La "Conservation de la Nature" doit par conséquent être appréhendée dans un cadre dynamique. Dans cette optique la gestion intégrée d'une RNN comme la Tourbière de Machais, qui vise notamment le respect de la diversité et de la dynamique naturelle des biocénoses, devra impérativement s'attacher à **analyser cette dynamique par un suivi aussi régulier que possible.** Les EPT constituent un bon outil de suivi de l'évolution des milieux aquatiques, qui sont évidemment des constituants essentiels de la réserve. **Il serait donc intéressant de faire un état des lieux régulier sur un pas de temps de l'ordre de 10 ans.**
L'autre point intéressant est de maintenir voire compléter les sites **de comparaison** : Haute-Meurthe, Vallon de Belbriette, mais aussi RNN du Gazon du Faing ou le haut-bassin de la Moselle par exemple.

2.3.7. Nappe phréatique et échange nappe/cours d'eau

Aucune information n'est actuellement connue sur ce sujet. Cette thématique sera à développer au sein de la stratégie de connaissances de ce plan de gestion.

2.3.8. Le plan d'eau de machais

Caractérisation générale

L'étude du plan d'eau et de ses biocénoses a été souligné par le CSRPN lors de la révision du précédent plan de gestion en 2014comme un axe de travail prioritaire dans le contexte du changement climatique global. En effet, les premières données d'inventaires d'espèces sur le lac Machais remontaient à 1925 et 1980, mais n'avaient pas été mises à jour depuis.
Par ailleurs, les seules données de description de cet écosystème particulier (données dites « abiotiques » car se rapportant à la description du non vivant) étaient très partielles. Il s'agit des données de profondeur obtenues en 2010 par dispositif GPR (système d'écholocation) et de la description des battements du niveau du lac étudiés depuis 2011.

Une étude pluridisciplinaire a donc été commanditée en 2017, réalisée par le bureau d'études TINCA ENVIRONNEMENT en la personne de Romain COLIN, et l'association RiedBleu en la personne de son président, Serge DUMONT. Ces deux structures sont allées beaucoup plus loin lors du projet que le cadre de la commande initiale, sans aucune subvention supplémentaire, avec rigueur et professionnalisme, pour faire avancer la connaissance de la Réserve naturelle. Qu'ils en soient ici chaleureusement remerciés.

Bathymétrie et volume de stockage

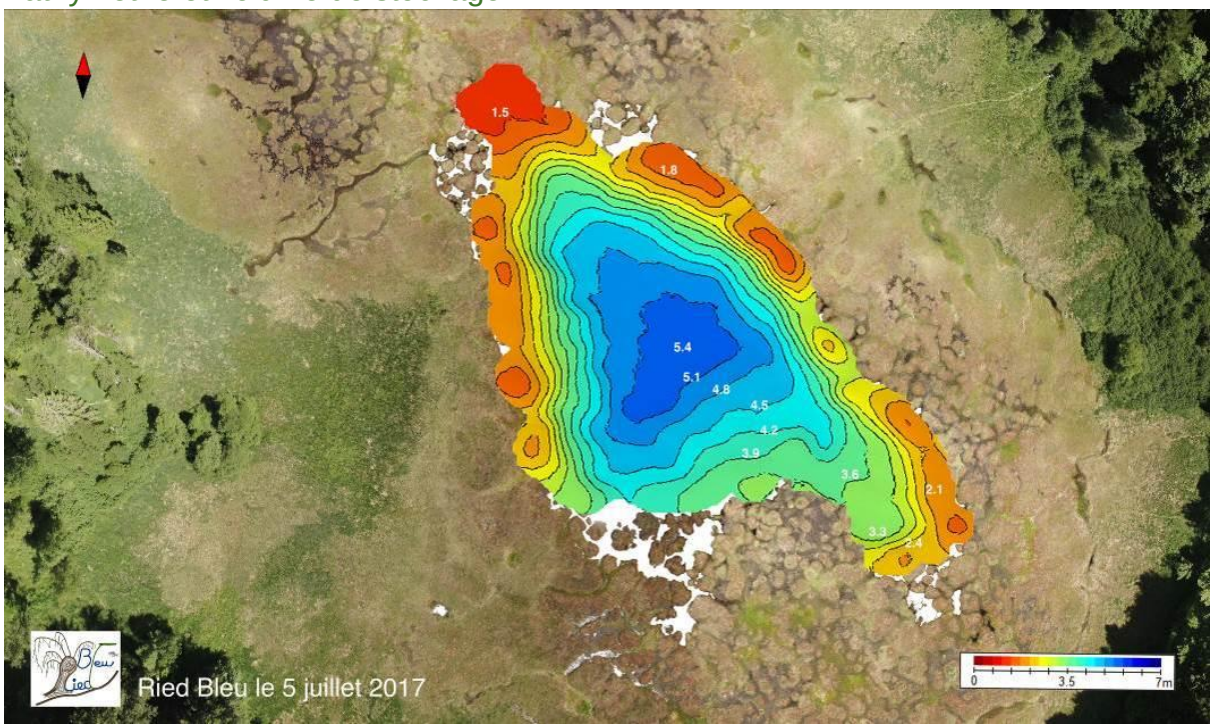


Figure 15 : Bathymétrie du lac de Machais (répartition des profondeurs)

La profondeur maximale du plan d'eau est de -5,4 m en zone centrale, la profondeur minimale est de -1,1 m au nord-ouest. La profondeur moyenne est de -3,5 m. La surface de la zone en eau est de 7 243 m^2**. Le volume d'eau libre stockée dans l'étang de Machais s'élève ainsi à 25 000 m^3,** sans compter l'eau qui circule de manière diffuse dans la tourbe entourant le plan d'eau.

Le débit moyen de l'exutoire de La goutte de Machais avoisinant 100 L/s, **le taux de renouvellement théorique du plan d'eau est de 70 heures**. (temps nécessaire à un échange total de masse d'eau entre amont et aval). Ce chiffre ne prend toutefois pas en compte le volume d'eau présent sous les radeaux de tourbe, ainsi que l'hydraulique complexe du système plan d'eau/tourbe/fosses périphériques(collecteurs)/ruisseaux.

Ces premiers éléments de connaissance sont toutefois précieux et mériteront d'être développés dans ce plan de gestion sous l'axe « stratégie de connaissances ».

Densitométrie du fond

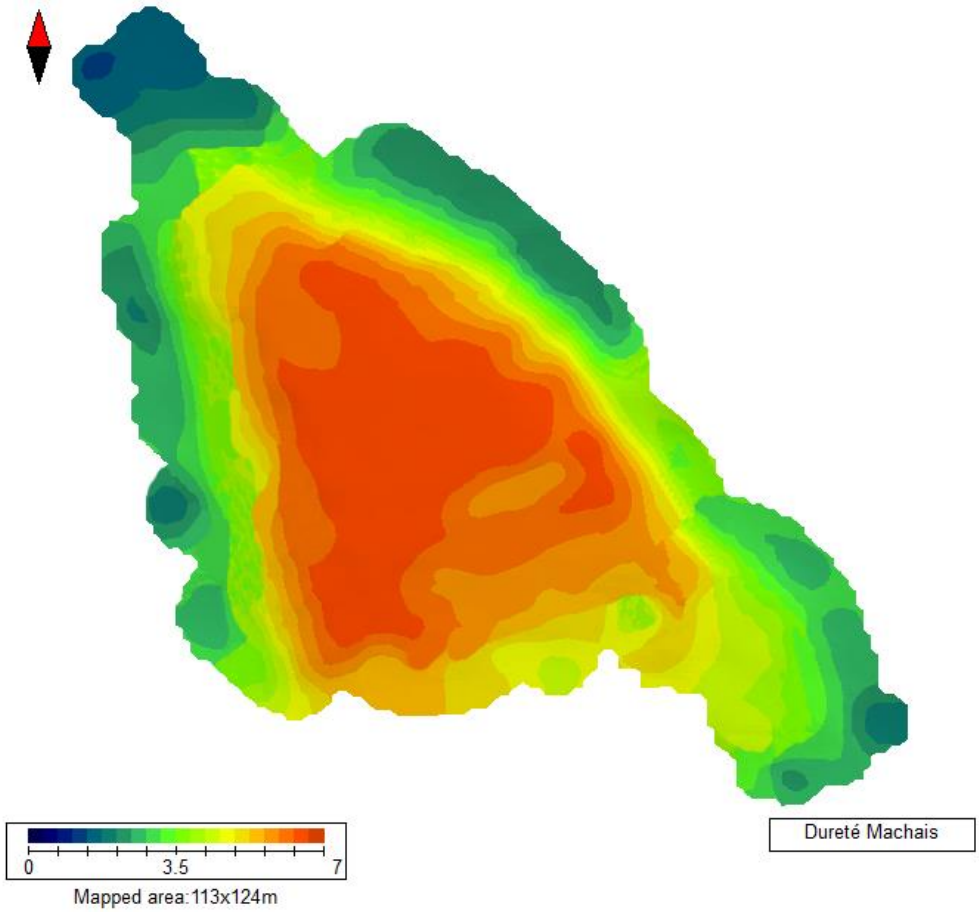


Figure 16 : Cartographie de la densité relative du fond à Machais

Le substrat du fond est essentiellement formé de matière organique. **Le benthos est constitué de sphaignes peu décomposées en périphérie et de sphaignes très décomposées, assimilable à une litière fine et compacte, dans la région centrale du plan d'eau. La dureté du substrat est donc corrélée au niveau de décomposition de la tourbe** et donc à sa capacité de rétention de l'eau (plus la tourbe est dégradée, moins elle stocke).

Description physico-chimique de la colonne d'eau – mesure ponctuelle juillet 2017

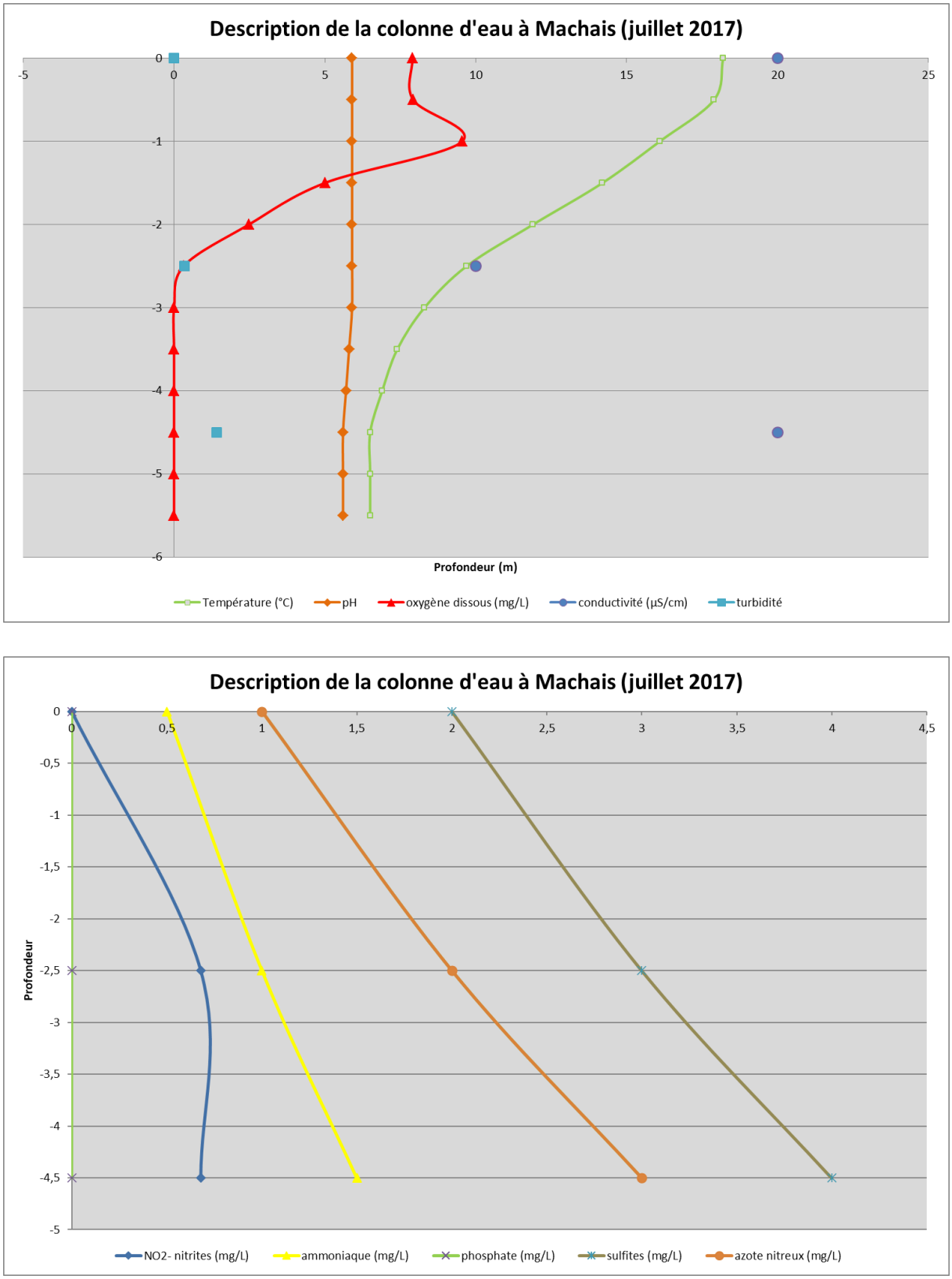


Figure 3 : *Mesures physico-chimiques de la colonne d'eau du 05/07/2017*

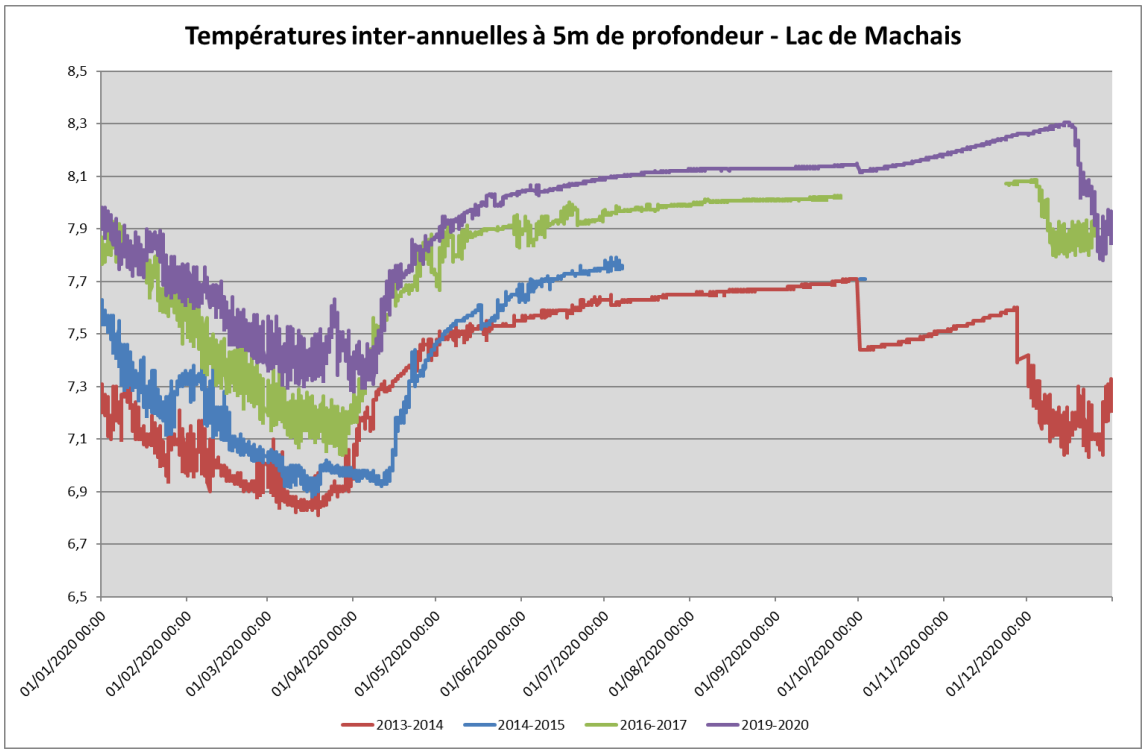
Une mesure multiparamètres de la colonne d'eau a été réalisée sur une journée, afin d'avoir un premier aperçu de la physico-chimie du plan d'eau. Ces graphiques en sont issus, et donnent un

premier aperçu. Ces éléments de connaissances seront à compléter durant ce plan de gestion, sous l'axe « stratégie de connaissances ».

La température décroit sans thermocline de 18°C à 0m à 6°C à - 5m soit un **gradient de -2.5°C /m.**
Concernant l'oxygène, celui-ci démarre à 8 mg/l et présente un pic à 9.5 mg/l à la profondeur de -1m. **Ce phénomène semble montrer l'alimentation en eau à cette profondeur du plan d'eau par un affluent dont la température des eaux avoisine 16°C (ce jour-là).** Puis la concentration en oxygène décroit et le milieu est anaérobie entre -2,5m et -5,4m.
La turbidité augmente en allant vers le fond, ce qui est logique car la concentration de tourbe liquide augmente.
La conductivité est comprise dans les valeurs enregistrées précédemment pour bassin versant (8 à 28 µS/cm), valeur faible de tête de bassin versant granitique altéré.
Les réactions chimiques s'opèrent en milieu aérobie jusque -2,5 m puis anaérobie jusque -5,4m.
La concentration des sulfites et de l'ammoniaque croit de façon linéaire de 0m à -5,4m contrairement à la concentration des nitrates/nitrites/phosphate qui reste constante.

Le pH, résultante de l'interaction des substances chimiques, est de 5,9 en surface et de 5,4 au fond de l'étang. Le pH enregistré en différents points du bassin versant au cours des deux années de mesures compris entre 4 et 7.5 les variations annuelles dans le lac sont de plus faible amplitude à l'année car « tamponnées » par la quasi absence de flux dans l'eau stagnante.
Toutefois c'est la 1e fois que des mesures de pH sont réalisées à plus d'1m de profondeur, nous ne pouvons donc pas conclure sur leur évolution temporelle. Il faudrait pour cela installer un/des enregistreur(s) automatique(s).

En parallèle, un capteur de température est présent à 5m de fond, associé au suivi des niveaux d'eau du lac. Le graphique ci-dessous présente ces évolutions pluri-annuelles.



Cycle annuel du lac

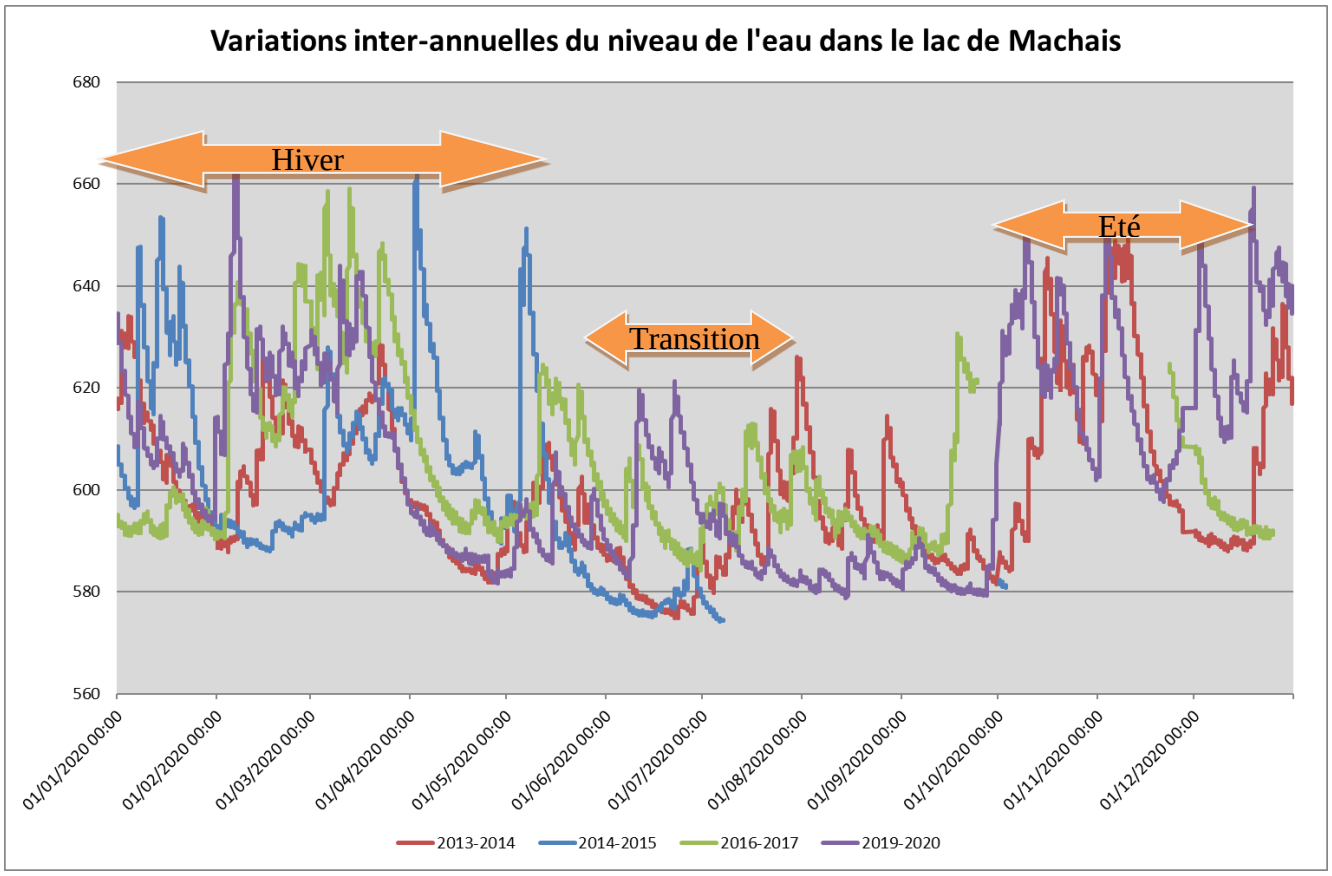


Figure 17 : Régime piézométrique du lac de Machais

Au préalable, il faut avoir à l'esprit que le « zéro » est pris par rapport au point d'ancrage le plus profond du piézomètre dans la tourbe, et n'est donc qu'une valeur arbitraire et relative, ne correspondant en aucun cas au fond du lac. Ce sont les variations relatives autour de ce zéro qui apportent des éléments d'interprétation du fonctionnement du lac et de la tourbière qui l'entoure.

Le suivi pluri-annuel des niveaux d'eau dans le lac confirme les observations réalisées lors de l'étude de 2009-2010 :

Les courbes piézométriques montrent distinctement des phases types de différents régimes hydrologiques, liés au(x) mode(s) d'arrivées et de sorties d'eau. Les niveaux d'eau s'échelonnent sur une amplitude maximale de 80 cm. De plus, on constate des variations moyennes de l'ordre de 20 à 30cm, qui se produisent plusieurs fois par mois. Ces valeurs sont certainement suffisantes pour induire des tensions importantes au sein de l'édifice tourbeux, d'autant que les variations moyennes peuvent être répétées plusieurs fois par mois. L'adaptation à la variation du niveau du lac est sans doute différente suivant la nature de la tourbe : un îlot flottant s'adapte probablement rapidement alors que la tourbe en partie ancrée sur le sol doit s'élever de manière plus lente. Ce différentiel est peut-être suffisant pour entrainer une fracturation de la tourbe, en particulier en hiver, lorsque le sol est gelé. **Ceci peut expliquer l'existence de grandes zones de tourbe érodée sur un axe au centre du complexe.**

Les courbes permettent de déduire d'autres éléments importants de fonctionnement du système.

- L'existence d'une valeur plancher sous laquelle la descente du niveau ne se réalise que sous l'influence de l'évapotranspiration semble indiquer le passage entre un régime de décharge gravitaire classique et un régime de lac clos. La valeur de 20 cm pourrait ainsi correspondre à la hauteur relative du seuil minéral qui bloque les eaux du lac ;
- Les capacités de stockage de la zone humide (écrêtage de crue) ainsi que son potentiel en termes de soutien d'étiage.

Régime hivernal : entre novembre et mars, le niveau de base se situe vers 20 cm

On observe sur ces cinq mois une courbe de vidange classique d'un système clos : la sortie d'eau du système se fait uniquement par des écoulements gravitaires (pas d'influence de la végétation, aucune évaporation car le lac est gelé et recouvert de neige).

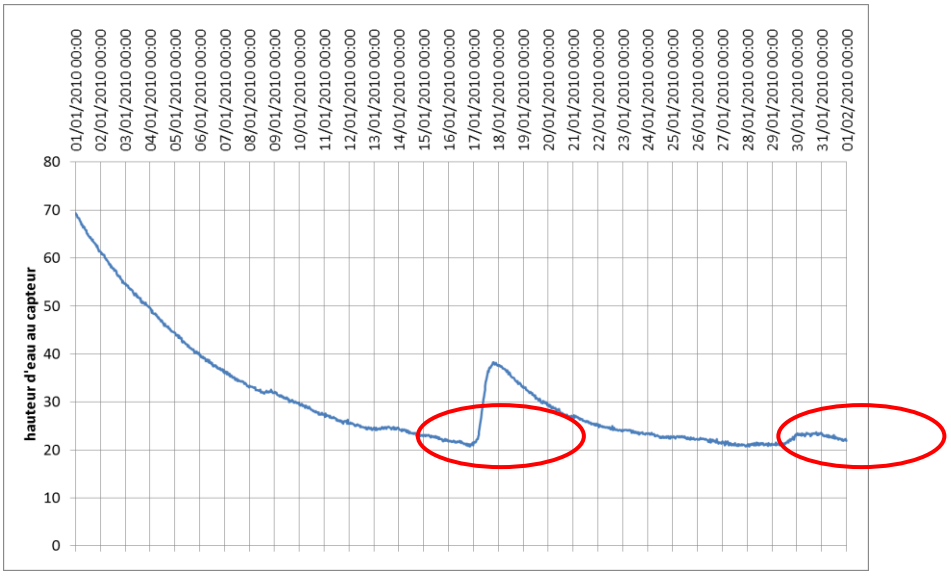


Figure 18 : Mise en évidence d'un blocage de vidange du lac à un « seuil critique »

Il existe un seuil de contrainte en-dessous duquel il n'y aurait plus de vidange du lac : ce seuil se situe autour de 20 cm relatifs par rapport au capteur. Il correspondrait au verrou glaciaire / cône de déjection du Valsche, qui font obstacle à la sortie de l'eau. La partie souterraine de la goutte de Machais dans ce secteur serait située entre ces 20 cm et le dessus du cône.

Régime de transition : observé seulement au printemps (mars - avril)

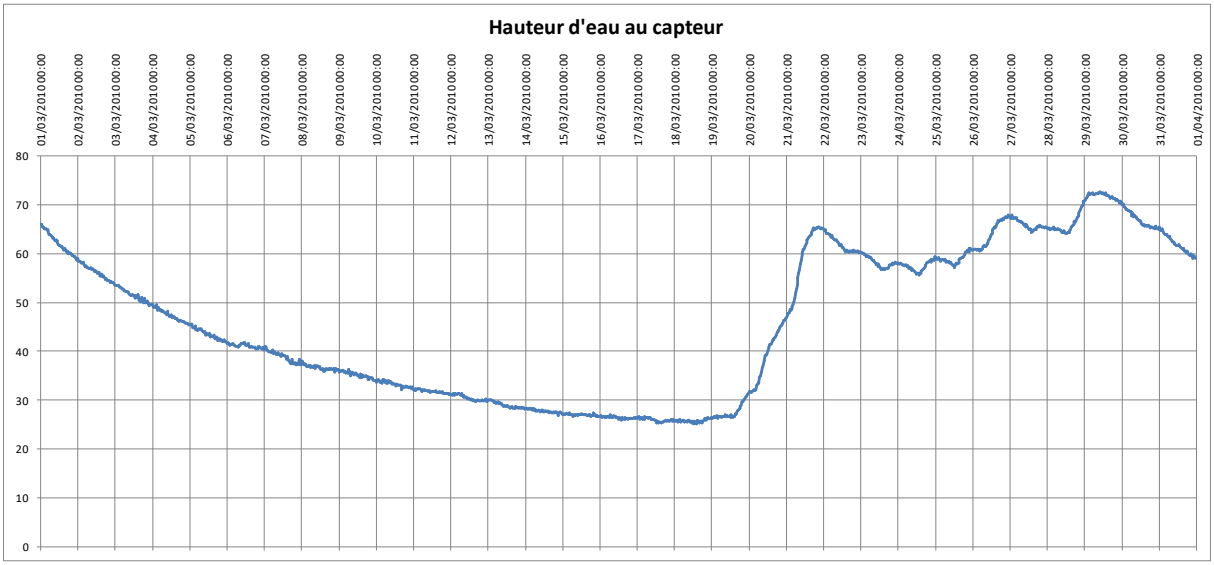


Figure 19 : Variations du niveau du lac au cours du printemps

La courbe de mars 2010 est présentée pour illustrer les premiers effets mesurables de l'évaporation (dégel de la surface du lac). Dans le même temps, la recharge du lac par ses affluents est forte, ce qui correspond à la période de fonte des neiges. Les variations de hauteur d'eau dans le lac à cette période sont nombreuses.

Régime estival où le régime de base est proche de 5 cm (entre mi-juin et mi-octobre)

Sur la période estivale, on observe une baisse du niveau d'eau dans le lac de 0,5cm/jour, en prenant en compte la compensation du niveau par les apports latéraux. Cette baisse est causée par l'évapotranspiration des communautés végétales entourant le plan d'eau : les plantes pompent l'eau dans le lac et en évaporent une partie. Les courbes « en dent de scie » illustrent nettement la mise en œuvre de ce mécanisme, différent de ceux intervenants lors de l'hiver hydrologique.

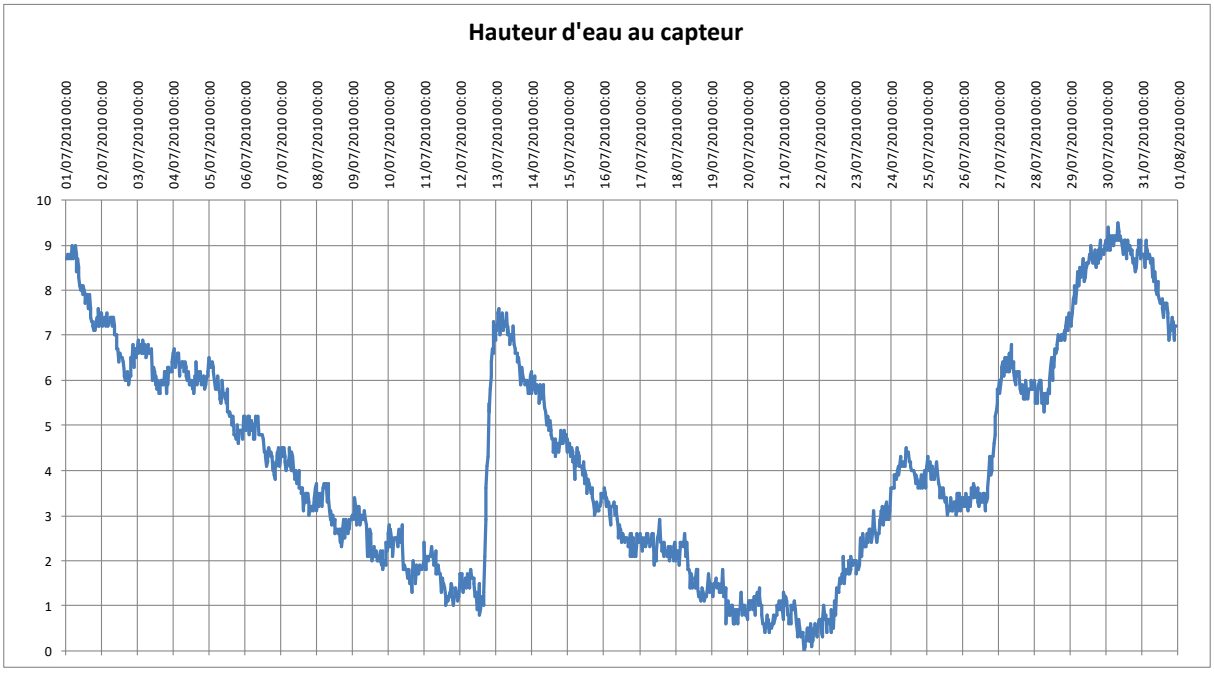


Figure 20 : Influence de la végétation sur le niveau d'eau du lac en période estivale

Episodes ponctuels : capacité de stockage du lac et de la tourbière

On a pu mesurer au cours de l'année 2010-2011 (quelques épisodes) des montées du niveau de l'eau de l'ordre de 50cm en 48h, liées à un épisode orageux. Rapportée à la superficie du lac (6 260 m²), cette mesure illustre la capacité de la tourbière à stocker un important volume d'eau, qui n'impactera donc pas l'aval et sera de plus épuré et restitué en période d'étiage. L'ensemble du complexe tourbeux formant une « énorme éponge », il participe à ces services écologiques rendus.

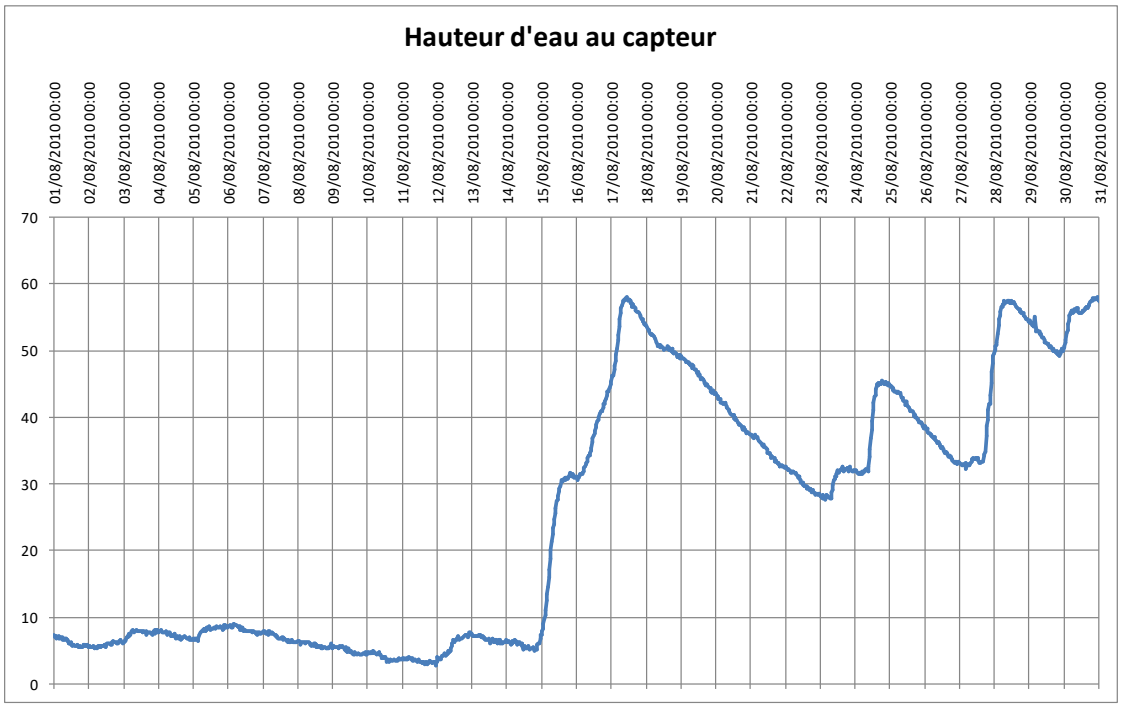


Figure 21 : Influence d'un épisode orageux sur le niveau d'eau du lac

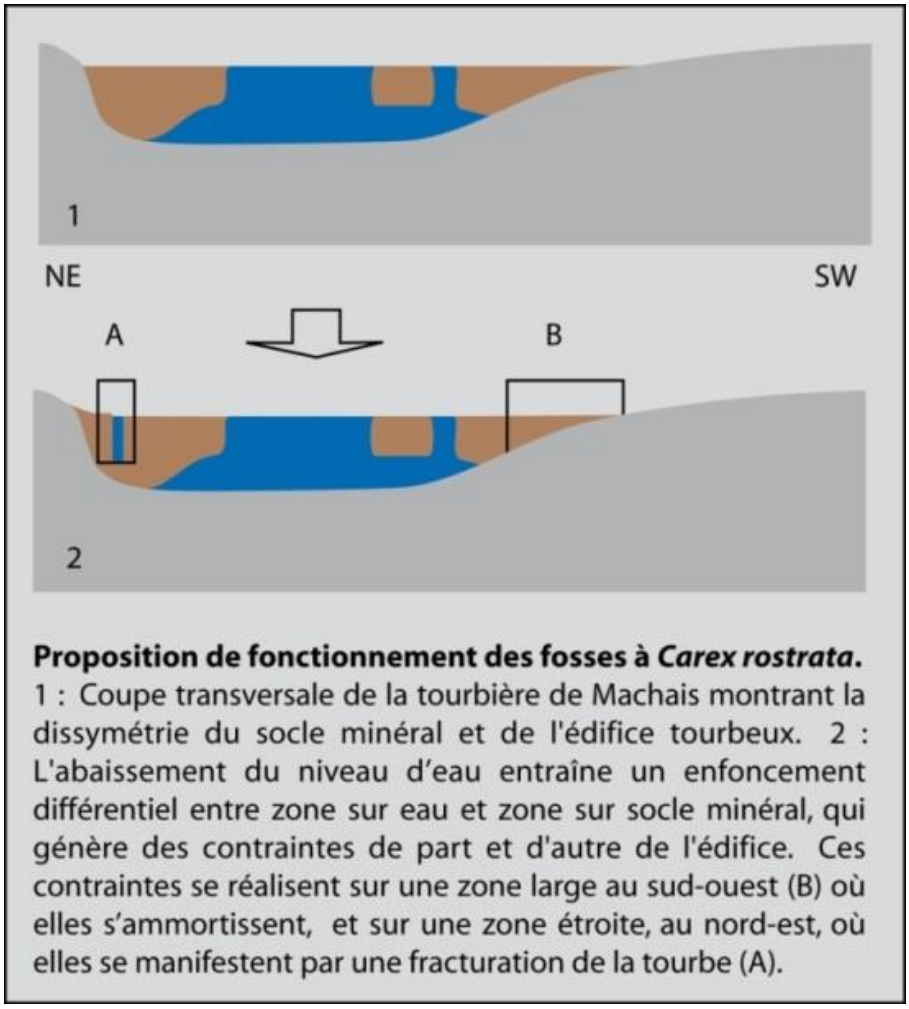
Remarque : sur ce graphique, on note que le remplissage du lac dure un à deux jours, et que la vidange est encore plus lente. Cela illustre la notion de « temps de réaction du bassin versant » : une fois l'orage terminé, le remplissage continue via les différents affluents. De même, la vidange du lac ne s'effectue que bien plus tard.

Un suivi des mouvements du lac est en place depuis 2013, ces données sont encore à analyser et mettre en perspective dans le cadre de l'élaboration du bilan hydrologique du site, action prévue dans les 10 ans de ce nouveau plan de gestion.

Interprétation fonctionnelle : liens entre mouvements de l'eau et végétation

Au cours de l'année 2010, des variations relatives du niveau de l'eau du lac de l'ordre de 80cm ont été mesurées, ce qui induit de fortes contraintes sur les bordures tourbeuses. Ces variations de niveau causent des tensions en périphérie du grand replat central, et les fosses observées résultent de ces « craquements », accumulant l'eau ruisselant du bassin versant, et permettant ainsi le développement de communautés végétales spécifiques.

Les îlots flottants réagissent vite aux évolutions du niveau d'eau alors que les éléments de tourbe ancrés au fond ont un temps d'adaptation plus long. Cela entraîne la création de zones de tourbe nue là où s'épanchent les eaux à la montée (axe au centre du complexe), décrite dans le 1er anneau des communautés végétales.



Proposition de fonctionnement des fosses à *Carex rostrata*.
1 : Coupe transversale de la tourbière de Machais montrant la dissymétrie du socle minéral et de l'édifice tourbeux. 2 : L'abaissement du niveau d'eau entraîne un enfoncement différentiel entre zone sur eau et zone sur socle minéral, qui génère des contraintes de part et d'autre de l'édifice. Ces contraintes se réalisent sur une zone large au sud-ouest (B) où elles s'ammortissent, et sur une zone étroite, au nord-est, où elles se manifestent par une fracturation de la tourbe (A).

Mouvements hydrostatiques du lac et influences sur le complexe tourbeux

Afin de compléter les éléments obtenus par l'étude du contenu des sphaignes et les mesures de la qualité physico-chimique des affluents de la tourbière centrale, une sonde a été installée durant un an (2010 - 2011) afin de suivre les variations de hauteur d'eau dans le lac. L'objectif était de tester certaines hypothèses fonctionnelles émises concernant la structure de l'édifice tourbeux (fosses, tremblants). Il existe en effet deux types d'unités végétales tourbeuses au sein du complexe amont : des éléments encore en contact avec le socle minéral, et d'autres libres (tremblants). Tous recouvrent une épaisseur de tourbe, variable selon les endroits. Tous les radeaux n'ayant pas la même épaisseur, ils n'auraient donc pas la même flottabilité, et les fosses périphériques serviraient de zones d'ajustement à ces mouvements au cours de l'année (poids de la neige, fonte, étiage, etc.)

2.3.9. Conclusion : les enjeux de conservation associés à l'eau

Le complexe tourbeux limnogène, situé dans la cuvette glaciaire et protégé par l'APPB, est la zone cœur de la Réserve naturelle, le "hotspot" d'habitats et d'espèces ayant conduit à sa création. Les grands ensembles identifiés sont les suivants : Lac relictuel, tremblants, hauts-marais et bas-marais acides, molinie. Cette zone centrale a un fonctionnement très peu perturbé jusqu'ici par les activités humaines, ce qui est remarquable à l'échelle nationale. De plus, son histoire géologique et géomorphologique en fait un site original au niveau européen. (cf. enjeu géologie). La préservation de ces processus le plus longtemps possible, dans un contexte climatique incertain, est la priorité 1 du plan de gestion de la RN. **La responsabilité de la Réserve naturelle vis-à-vis de ce patrimoine est très forte, nationale et au-delà.**
La préservation de cette tourbière centrale passe par la définition et la mise en place d'une gestion intégrée du bassin d'alimentation (**incluant bassin versant topographique et bassin versant hydrogéologique**), et des usages historiques et actuels dans et autour de la Réserve naturelle (exploitation forestière, chasse, pêche, activités de nature, déplacements routiers…). En effet, la fonctionnalité des habitats est directement liée aux arrivées d'eau et à leur qualité. Des suivis de débits et de qualité physico-chimiques sont indispensables à mettre en place.

Un suivi inter-Réserves naturelles a démarré en 2020 sur l'ensemble des Réserves naturelles des Hautes Vosges, intitulé « Observatoire des zones humides », auquel la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais participe. Ce suivi s'intéresse aux questions d'évolution des températures dans les différentes masses d'eau de la Réserve naturelle et aux niveaux d'eau dans les massifs de tourbe. Différents suivis d'espèces y sont associés.

Cf. Tome 4 – Carte n°9 présentant le dispositif.

3. PATRIMOINE NATUREL DE LA RESERVE NATURELLE

3.1. ETAT DES CONNAISSANCES ET DES INVENTAIRES DISPONIBLES

Les données et descriptions présentées ci-après sont issues de ces différentes études.

Objets inventoriés	Type d'études	Auteurs	Date	Méthodologie	Données	Etat de conservation	Proposition de gestion
Habitats	Cartographie des habitats	CEN Lorraine	2008	non	oui	oui	oui
	Cartographie des habitats tourbeux	CLIMAX	2018	oui	oui	oui	non
	cartographie des arbres morts de 30cm de diamètre et plus	PNRBV	2016	oui	oui	oui	oui
	PSDRF (Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestières)	PNRBV	2008 et 2018	oui	oui	non	non
	inventaire des îlots Natura 2000	PNRBV	2019	oui	oui	non	non
Flore	relevés phytosociologiques tous milieux confondus	CEN Lorraine	1996 - 2008	partielle	partielle	oui	oui
	suivi d'espèces remarquables	CEN Lorraine	1996 - 2013	oui	oui	oui	oui
	cartographie du lycopode inondé	PNRBV	2014	oui	oui	oui	non
	relevés phytosociologiques forestiers	PNRBV	2019	oui	oui	non	non
Bryoflore	cartographie	ROYAUD Alain	2005	oui	oui	non	non
	atlas	CARTIER Denis	2012	oui	oui	oui	non
	suivi d'espèces remarquables	CEN Lorraine	1996 - 2013	oui	oui	non	non
	inventaire	HÖLZER A. et al	2017, 2018	oui	oui	oui	oui
Champignons	Inventaire (incomplet)	Société Mycologique des hautes vosges	2003, 2006	non	oui	non	non
Amphibiens	inventaire	COLIN et al.	2017	oui	oui	non	non
Faune et flore aquatique	étude IBGN des trois principaux coursd 'eau	Fédération de pêche 88, Anicet HURIOT	2014	oui	oui	oui	non
	Inventaire du plan d'eau mutli-taxonomique	TINCA ENVIRONNEMENT, DUMONT S.	2017	oui	oui	non	non
	inventaire du zooplancton du plan d'eau	REMORAY	2018	oui	oui	non	oui
Insectes (hors odonates)	inventaire EPT	Phylopotamus - Gilles Jacquemin	2019 - 2020	oui	oui	oui	oui
	inventaire araignées	PASQUET A.	2002	oui	oui	non	non
	Inventaire orthoptères	J DABRY	2021	oui	oui	non	non
	Inventaires mutlitaxonomiques par tentes malaise	VALLET et al.	2009	oui	oui	non	non
	Inventaires mutlitaxonomiques par tentes malaise	CLAUDE et al.	2020-2021	oui	oui (en cours)	non	non
Mammifères	Inventaire des chiroptères	CPEPESC	2002	non	oui	non	non
	inventaire des micromammifères (partiel)	ONCFS	2006	non	oui	non	non
	Contribution au suivi des grands prédateurs	ONCFS - AFB	2011 - en cours	oui	oui	non	non
	Inventaire des chiroptères	SILVA ENVIRONNEMENT	2016	oui	oui	non	non
	inventaire des micromammifères (partiel)	TINCA ENVIRONNEMENT	2017	oui	oui	non	non
Odonates	suivi hydrosystèmes RNF	CEN Lorraine	1996 - 2013	oui	oui	oui	oui
	suivi STELI	PNRBV	2014 - en cours	oui	oui	oui	oui
	inventaires opportunistes, recherche C. bidentata	PNRBV	2013 - en cours	oui	oui	non	non
	étude pilote	CEFE et CEN L	2021	oui	oui	non	non
Oiseaux	STOC EPS	PNRBV	1996 - 2009	oui	oui	oui	non
	IPA	PNRBV	1996 - 2009	oui	oui	oui	oui
	Contribution au suivi du grand tétras	PNRBV	1996 - en cours	oui	oui	oui	oui
	suivi des petites chouettes de montagne	PNRBV	2017 - en cours	oui	oui	oui	non
Poissons	Inventaire	TINCA environnement et al.	2017	oui	oui	oui	oui

Tableau 5 : Principaux inventaires et suivis effectués dans la Réserve Naturelle

3.2. HABITATS ET MILIEUX NATURELS

Selon Ramade (1993), le terme « Habitat » correspond au lieu de vie d'une espèce. La Directive Européenne « Faune, Flore, Habitats » donne à ce terme une définition plus large : « zones terrestres ou aquatiques qui se distinguent par leurs caractéristiques géographiques, abiotiques et biotiques, qu'elles soient entièrement naturelles ou semi naturelles » (Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992). Sauf référence à une espèce particulière, c'est au sens de cette Directive que nous utiliserons ce terme.
La notion d'« habitat d'espèce » correspond au domaine vital d'une espèce (zone de reproduction, zone d'alimentation…) pouvant comprendre plusieurs habitats naturels.

La description et la classification des habitats reposent sur deux typologies distinctes, mais complémentaires :

Le thésaurus **EUNIS** permet d'identifier et de classer par types d'habitats les différents écosystèmes présents en Europe. Il remplace la classification CORINE Biotope. La nomenclature et la codification retenues décrivent à la fois le biotope de l'habitat et les biocénoses qui y sont associées. La typologie se fonde sur une classification phytosociologique, les communautés végétales en place constituant des descripteurs pertinents de ces écosystèmes.

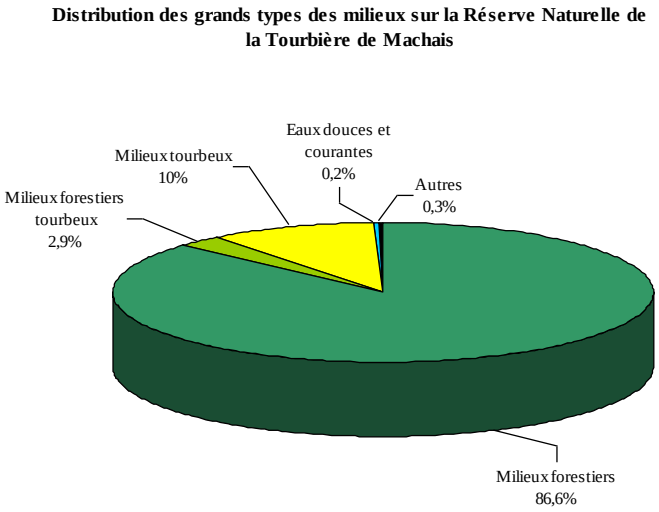
Le thésaurus **Natura 2000** permet d'identifier et de classer en habitats d'intérêt communautaire, tels que définis à l'annexe I de la Directive « Habitats », les différents écosystèmes présents dans les sept régions biogéographiques européennes. Les habitats d'intérêt communautaire conduisent à désigner des Zones Spéciales de Conservation (ZSC).

La présence d'un habitat est directement liée aux facteurs écologiques du site considéré. De nombreux paramètres abiotiques induisent la présence d'un habitat donné. Ces facteurs sont à l'origine de la richesse des milieux de Machais, caractérisée par :

- Une spécificité forte des habitats liée au contexte montagnard ;
- une complexité structurale s'exprimant sous la forme d'une mosaïque d'habitats ;
- une richesse floristique et faunistique exceptionnelle avec plus de 1 400 espèces enregistrées fin 2021 ;

Selon la terminologie CORINE-Biotopes, 24 habitats différents ont été inventoriés, dont 10 d'intérêt communautaire et 3 d'intérêt communautaire prioritaire.

- 13 habitats tourbeux ou paratourbeux, dont 5 d'intérêt communautaire et 2 d'intérêt communautaire prioritaire
- 5 habitats forestiers, dont 3 d'intérêt communautaire et 1 d'intérêt communautaire prioritaire
- 4 habitats d'eaux courantes, dont 1 d'intérêt communautaire
- 2 autres habitats, dont 1 d'intérêt communautaire.



La Réserve naturelle de la Tourbière de Machais comprend donc majoritairement des habitats forestiers, mais les joyaux de ce site sont les tourbières qu'elle abrite. Les milieux aquatiques et minéral viennent s'insérer dans cette mosaïque, et sont également de grand intérêt pour la biodiversité animale et végétale.

3.2.1. Description des habitats

Pour l'ensemble de cette partie, veuillez vous reporter en parallèle au Tome 4 - Cartes 10 a,b,c,d : Cartographies des principaux habitats de la Réserve Naturelle selon les codifications CORINE Biotopes, EUNIS, Natura 2000.

Les tableaux pages suivantes présentent les Habitats présents et potentiellement présents dans la Réserve Naturelle.

Tableau 6 : Habitats présents et potentiellement présents dans la Réserve Naturelle

Syntaxon ou autre nom	Code Corine	Intitulé Corine	Code EUNIS	Intitulé EUNIS	Code natura 2000	Intitulé Natura 2000	Superficies [m²]		surface Réserve naturelle (ha)	% de la Réserve naturelle
							Tourb. centrale	Tourb. Intraforest.		
Habitats forestiers										
Luzulo luzuloidis - Fagetum sylvaticae Meusel 1937	41.112	Hêtraies montagnardes à Luzule	G1.612	Hêtraies montagnardes médio-européennes à Luzule	Hêtraies à Luzule montagnardes médio-européennes	9110	920154,36		92,02	63,5%
Betulo pendulae - Quercetum petraeae molinietosum Schwickerath 1933 nom. invers. Pallas 1996	41.B11	Bois de bouleaux humides	G1.9111	Boulaies humides	Non Natura 2000	Non Natura 2000	923,10		0,09	0,1%
a disparu	41.15	Hêtraies subalpines	G1.65	Hêtraies subalpines médio-européennes	Hêtraies subalpines à *Acer* et *Rumex arifolius*	9140	*a disparu*		1,66	1,1%
à rechercher	41.13	Hêtraies neutrophiles	G 1.63	Hêtraies neutrophiles médio-européennes	Hêtraies de l'*Asperulo-Fagetum*	9130	173159,16		17,32	11,9%
Lunario redivivae - Aceretum pseudoplatani Grüneberg et Schlüter 1957	41.4	Forêts de ravin du *Tilio-Acerion*	G1.A4	Forêts de ravins et de pentes	Forêts d'éboulis du *Tilio-Acerion*	9180	0,00	3074,47	0,31	0,2%
évolution vers la hêtraie-sapinière	42.26	Plantations de conifères indigènes	G3.1J	Reboisements de *Picea abies*	Non Natura 2000	Non Natura 2000	0,00	30365,52	3,04	2,1%
Tourbières boisées										
Sphagno fallacis - Salicetum auritae Bick es Bœuf & Ritz ass. nov. loco	44.922	Saussaies à sphaignes	F9.22	Saussaies marécageuses à sphaignes	Non Natura 2000	Non Natura 2000	6100,60	1708,80	0,78	0,54%
Sphagno magellanici - Betuletum pubescentis (Noirfalise et al. 1971) Bœuf, Renaux & Thébaud nom. nov.	44.A1	Bois de bouleaux à Sphaignes	G1.51	Boulaies à sphaignes	Tourbières boisées	91D0	5867,50	4056,40	0,99	0,68%
Sphagno magellanici - Piceetum abietis Bick ex. Bœuf ass. nov.	44.A4	Bois d'Epicéas à sphaignes	G3.E5	Pessières à Sphaignes némorales	Tourbières boisées	91D0	111,80	235,20	0,03	0,02%
Landes et stades pré-forestiers										
Calamagrostio villosae - Vaccinietum Schub. 1960	31.213	Landes hercyniennes à Vaccinium	F4.213	Landes hercyniennes à *Vaccinium*	Landes sèches européennes	4030	228,90	2185,90	0,24	0,17%
Genisto pilosae - Callunetum vulgaris (Braun) Oberd. 1938	31.213	Landes hercyniennes à Vaccinium	F4.213	Landes hercyniennes à *Vaccinium*	Landes sèches européennes	4030	0,00	34,20	0,00	0,00%
Recrus mixtes	31.8F	Fourrés mixtes	G5.62	Prébois mixtes	Non Natura 2000	Non Natura 2000	768,40	46,50	0,08	0,06%
Recrus de conifères	31.8G	prébois de résineux	G5.63	Prébois de conifères	Non Natura 2000	Non Natura 2000	248,70	453,90	0,07	0,05%
Carici pilulliferae - Avenelletum flexuosae H.Passarge 1984	35.13	Pelouse à Canche flexueuse	E1.73	Pelouses à *Deschampsia flexuosa*	Non Natura 2000	Non Natura 2000	44,30	0,00	0,00	0,00%
Milieux ouverts										
Molinaie sans ou pauvre en sphaignes	31.13 ; 51.2	Molinaie	F4.13	Landes humides à *Molinia caerulea*	Non Natura 2000	Non Natura 2000	17925,00	17617,10	3,55	2,45%
Groupement a Luzula sylvatica	31.871	Clairières herbacées	G5.84	Clairières herbacées	Non Natura 2000	Non Natura 2000	49,76	1082,80	0,11	0,08%
Groupement a Oreopteris limbosperma	31.871	Clairières herbacées	G5.85	Clairières herbacées	Non Natura 2000	Non Natura 2000	0,00	242,90	0,02	0,02%
Groupement a Deschampsia cespitosa	31.871	Clairières herbacées	G5.86	Clairières herbacées	Non Natura 2000	Non Natura 2000	0,00	11,10	0,00	0,00%
Molinio caeruleae - Epilobietum angustifolii Sougnez et Dethioux 1977	31.871	Clairières herbacées	G5.87	Clairières herbacées	Non Natura 2000	Non Natura 2000	0,00	110,20	0,01	0,01%
Autres habitats										
/	61.114	Eboulis siliceux	H2.314	Éboulis silicatés et froids à gros blocs	Eboulis siliceux	9110	3539,42		0,35	0,24%
/	87.2	Zones rudérales	E5.13	Communautés d'espèces rudérales des constructions rurales récemment abandonnées	Non Natura 2000	Non Natura 2000	400,00		0,04	0,03%
/	/	Chemins forestiers	non répertorié	non répertorié	Non Natura 2000	Non Natura 2000	33600,00		3,36	2,32%
/	/	Route	non répertorié	non répertorié	Non Natura 2000	Non Natura 2000	38000,00		3,80	2,62%

Syntaxon ou autre nom	Code Corine Biotope	Intitulé Corine Biotope	Code EUNIS	Intitulé EUNIS	Code natura 2000	Intitulé Natura 2000	Superficies [m²]		surface Réserve naturelle (ha)	% Réserve naturelle
							Tourbière centrale	Tourbières Intraforestières		
Eaux stagnantes et courantes										
	22.14	Eaux dormantes dystrophes	C1.4	Lacs, étangs et mares dystrophes permanents	Lacs dystrophes naturels	3160	4272,2	0,4	0,4	0,29%
Nupharetum pumilae Oberd. 1957	22.4311	Tapis de nénuphars	C1.43	Végétations enracinées flottantes des plans d'eaux dystrophes	Lacs dystrophes naturels	3160	1228,5	/	0,1	0,08%
Potametum natantis Soó 1927	22.4314	Tapis de Potamot flottant	C1.2414	Tapis de Potamot nageant	Lacs dystrophes naturels	3160	7,7	/	0,0	0,00%
Eau courante	24.1	Lits des rivières	C2.18	Végétations oligotrophes acidiphiles des ruisseaux de source	Rivières oligotrophes acides	3260	693,82	/	0,1	0,05%
Mares de tourbières	51.13	Mares de tourbières	C1.46	Mares des tourbières bombées	Végétation des tourbières hautes actives	7110	4349,4	109,4	0,4	0,31%
Glycerietum fluitantis Eggler 1933	53.14	Roselières basses	C3.24	Communautés non-graminoïdes de moyenne-haute taille bordant l'eau	Non Natura 2000	Non Natura 2000	142,7	/	0,0	0,01%
Equisetetum fluviatilis Steffen 1931	53.147	Communautés de Prêles d'eau	C3.247	Communautés à Prêle des eaux	Non Natura 2000	Non Natura 2000	3,08	/	0,0	0,00%
Cardamino amarae Montion fontanaie Braun-Blanq. 1926	54.11	Sources d'eaux douces pauvres en bases	C2.11	Sources d'eau douce	Non Natura 2000	Non Natura 2000	355,7	/	0,0	0,02%
Pellio epiphyllae - Chrysosplenietum oppositifolii F.M.Maas1959	54.112	Sources à cardamines	D2.2C2	Sources à Cardamine	Non Natura 2000	Non Natura 2000	/	19,1	0,0	0,00%
inconnu / à déterminer	24.41	Végétation des rivières oligotrophes acidiphiles	C2.18	Végétations oligotrophes acidiphiles des ruisseaux de source	Rivières oligotrophes acides	3260	1869,3	0,2	0,2	0,13%
Végétation de tremblants										
Caricetum rostratae Rübel ex Osvald 1923	53.2141	Cariçaies à *Carex rostrata*	D5.2141	Cariçaies à Laîche à bec	Non Natura 2000	Non Natura 2000	7047,9	43,3	0,7	0,49%
Menyanthetum trifoliatae Soó 1938	54.59	Radeaux à *Menyanthes trifoliata et Potentilla palustris*	D2.39	Radeaux de Menyanthes trifoliata et de Potentilla palustris	Non Natura 2000	Non Natura 2000	78,2	1,2	0,0	0,01%
Sphagno fallacis - Caricetum rostratae Fries 1913	54.53	Tourbières tremblantes à Carex rostrata	D2.33	Tourbières tremblantes à Carex rostrata	tourbières de transition et tremblants	7140	3148,9	2018,8	0,5	0,36%
Tourbières érodées										
Sphagno fallacis - Caricetum rostratae Fries 1913	54.53	Tourbières tremblantes à *Carex rostrata*	D2.33	Tourbières tremblantes à *Carex rostrata*	Tourbières de transition et tremblants	7140	3148,9	2018,8	0,5	0,36%
Carici canescentis - Agrostietum caninae Tüxen 1937	54.42	Tourbières basses à *Carex nigra, C. canescens et C. echinata*	D2.22	Bas-marais à Carex nigra, Carex canescens et Carex echinata	Non Natura 2000	Non Natura 2000	70,3	1163,2	0,1	0,09%
Caricetum limosae Paul 1910 em. Osv. 1923	54.6	Communautés à *Rhynchospora alba*	D2.3H	Communautés des tourbes et des sables humides, ouverts et acides, avec *Rhynchospora alba* et *Drosera*	Dépressions sur substrats tourbeux	6410	169,1	/	0,0	0,01%
Drosero rotundifoliae - Lycopodielletum inundatae H.Passarge 1999	54.6	Communautés à *Rhynchospora alba*	D2.3H	Communautés des tourbes et des sables humides, ouverts et acides, avec *Rhynchospora alba* et *Drosera*	Dépressions sur substrats tourbeux	6410	75,6	/	0,0	0,01%
Rhynchosporion albae W.Koch 1926	54.6	Communautés à *Rhynchospora alba*	D2.3H	Communautés des tourbes et des sables humides, ouverts et acides, avec *Rhynchospora alba* et *Drosera*	Dépressions sur substrats tourbeux	6410	4696,4	812	0,6	0,38%
Sphagno cuspidati - Scheuzerietum palustris Osvald 1923	51.12, 54.5	Tourbières basses (Schlenken)	D1.112	Cuvettes des tourbières hautes (schlenken)	Végétation des tourbières hautes actives Dépressions sur substrats tourbeux du *Rhynchosporion*	7110 7150	8985,1	/	0,9	0,62%
Carici nigrae - Sphagnetum magellanici Bick 1985	51.11	Tourbières basses à *Carex nigra, C. canescens* et *C. echinata*	D1.111	Buttes, bourrelets et pelouses des tourbières hautes	Végétation des tourbières hautes actives	7110	138,4	/	0,0	0,01%
Caricetum nigrae Braun-Blanq. 1915	54.42	Tourbières basses à *Carex nigra, C. canescens et C. echinata*	D2.22	Bas-marais à *Carex nigra , Carex canescens* et *Carex echinata*	Non Natura 2000	Non Natura 2000	4368,1	1527,8	0,6	0,41%
Carici canescentis - Agrostietum caninae Tüxen 1937	54.42	Tourbières basses à *Carex nigra, C. canescens et C. echinata*	D2.22	Bas-marais à *Carex nigra , Carex canescens* et *Carex echinata*	Non Natura 2000	Non Natura 2000	70,3	1163,2	0,1	0,09%
Tourbières hautes										
Sphagnetum magellanici M. Kästner & Flössner 1933 nom. mut.	51.1111	Buttes de *Sphagnum magellanicum*	D1.11111	Buttes à *Sphagnum magellanicum*	Végétation des tourbières hautes actives	7110	27806,8	1738	3,0	2,04%
Eriophoro vaginati - Vaccinietum uliginosi B. Foucault 1999	51.1134	Buttes à buissons de *Vaccinium*	D1.11134	Buttes arbustives à *Vaccinium*	Végétation des tourbières hautes actives	7110	3734,9	473,8	0,4	0,29%
Molinaie sur sphaignes	51.2	Tourbières à Molinie bleue	D1.121	Tourbières hautes dégradées, inactives, envahies par Molinia	tourbières hautes dégradées	91D0*	19853,2	14929,1	3,5	2,40%
Zones humides non tourbeuses										
Molinaie	31.13 ; 51.2	Molinaie	F4.13	Landes humides à Molinia caerulea	Non Natura 2000	Non Natura 2000	17925,03	17617,1	3,6	2,45%
Calamagrostio villosae - Vaccinietum Schub. 1960	31.213	Landes hercyniennes à Vaccinium	F4.213	Landes hercyniennes à Vaccinium	landes sèches européennes	4030	228,95	2185,9	0,2	0,17%
Genisto pilosae - Callunetum vulgaris (Braun) Oberd. 1938	31.213	Landes hercyniennes à *Vaccinium*	F4.213	Landes hercyniennes à Vaccinium	landes sèches européennes	4030	/	34,2	0,0	0,00%
Junco effusi - Lysimachienion vulgaris H.Passarge 1988	37.1	Communautés à Reine des prés et communautés associées	E5.421	Communautés à grandes herbacées occidentales némorales des prairies humides	mégaphorbiaies mésotrophes montagnardes	6430	/	57,4	0,0	0,00%
Peucedano palustris - Calamagrostietum canescentis H.E Weber 1978	53.11	Groupement a *Calamagrostis canescens*	D5.1	Roselières sans eau libre	Non Natura 2000	Non Natura 2000	49,9	0	0,0	0,00%
Cardamino amarae Montion fontanae Braun-Blanq. 1926	54.11	Sources d'eaux douces pauvres en bases	C2.11	Sources d'eau douce	Non Natura 2000	Non Natura 2000	/	347,5	0,0	0,02%
Pellio epiphyllae - Chrysosplenietum oppositifolii F.M.Maas1959	54.112	Sources à cardamines	D2.2C2	Sources à Cardamine	Non Natura 2000	Non Natura 2000	/	19,1	0,0	0,00%

Les milieux forestiers tourbeux – CLIMAX 2019

Les peuplements forestiers des sols engorgés font partie des habitats forestiers les plus étendus en superficie. Il s'agit de végétations comportant un tapis de sphaignes généralement développé.

Trois peuplements (associations végétales) y sont regroupés :

- La saulaie buissonnante sur sphaignes ;
- La bétulaie (-aulnaie) sur sphaignes ;
- La sapinière-pessière sur sphaignes (une seule mention)

La saulaie marécageuse à saule à oreillettes prospère sur les sols humides à très engorgés, au contact de la tourbière principale. Cette saulaie buissonnante constitue souvent un manteau, au contact de peuplements forestiers plus évolués (tourbière principale). Elle peut se mêler à la bétulaie sur sphaignes.

La bétulaie sur sphaignes à *Betula pubescens* est l'habitat de ligneux le plus étendu. Elle se développe autour de la tourbière principale et dans les tourbières intraforestières. Cette bétulaie exploite les sols très humides (engorgés) et pauvres en nutriments. L'Aulne glutineux s'y mêle parfois mais il est rare.
La sapinière-pessière sur sphaignes n'a été observée qu'une seule fois au contact d'une tourbière intraforestière avec la forêt.

La bétulaie et la sapinière-pessière à sphaignes sont des peuplements assez rares, d'intérêt communautaire.

SYNTAXON OU NOM	CODE CORINE	INTITULE CORINE	TC (M^2)	TI (M^2)
Sphagno fallacis - Salicetum auritae Bick es Bœuf & Ritz ass. nov. loco	44.922	Saussaies à sphaignes	6100,6	1708,8
Sphagno magellanici - Betuletum pubescentis (Noirfalise et al. 1971) Bœuf, Renaux & Thébaud nom. nov.	44.A1	Bois de Bouleaux à sphaignes	5867,5	4056,4
Sphagno magellanici - Piceetum abietis Bick ex. Bœuf ass. nov.	44.A4	Bois d'Epicéas à sphaignes	111,8	235,4

Légende : TC : tourbière centrale, TI : tourbières intraforestières

Tableau 7 : habitats des peuplements forestiers tourbeux

Saulaie à Salix aurita sur sphaignes (Sphagno fallacis - Salicetum auritae) en situation typique d'interface entre les habitats ouverts (devant, une molinaie) et la hêtraie-sapinière à l'arrière plan. Tourbière intraforestière au contact de la tourbière centrale dans sa partie aval (J-Ch. Dor/CLIMAX).

Les Boulaies à sphaignes (tourbières boisées) : Boulaies pubescentes tourbeuses de montagne (Association Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis)
Code Corine : 44.A1 / Code Natura 2000 : 91D0*. Intérêt communautaire prioritaire.

Description

Ce type d'habitat se rencontre **à l'étage montagnard fréquemment en périphérie de tourbières de pente**. Il s'agit de forêts claires et basses sur substrats tourbeux, dominées par le Bouleau pubescent de la sous-espèce « c*arpatica* » ou **Bouleau des Carpates, spécifique des Vosges**. Presque pur, ce dernier n'est que rarement accompagné d'Aulne et de Sorbier des oiseleurs. La strate arbustive comporte du Saule à oreillettes (*Salix caprea*) et de la Bourdaine (*Frangula alnus*). Le tapis herbacé, très recouvrant, est composé des espèces suivantes : Airelle des marais (*Vaccinium uliginosum*), Linaigrette engainante (*Eriophorum vaginatum*), Canneberge (*Vaccinium oxycoccos*), Laîche à bec (*Carex rostrata*) Molinie (*Molinia caerulea*), Myrtille *(Vaccinium myrtillus),* Dryopteris de la Chartreuse *(Dryopteris carthusiana*). La strate muscinale est très développée et regroupe plusieurs espèces de Sphaignes (*Sphagnum russowii, S. girgensohni, etc*.).

À connotation édaphique affirmée, les Boulaies à Sphaignes, qui se sont **ici installées naturellement**, n'occupent jamais des superficies importantes sur la Réserve, mais sont régulièrement distribuées tant sur la périphérie de la tourbière principale qu'autour des tourbières de pente.

Valeur patrimoniale

Les Boulaies à sphaignes sont un type **d'habitat devenu rare à l'échelle nationale, désigné d'intérêt prioritaire à l'échelle européenne**. Occupant déjà à l'origine une faible surface, il a fortement régressé à cause des activités humaines. C'est aussi un milieu relictuel, vestige hérité du passé glaciaire, qui abrite des plantes rares, et qui joue un rôle de protection de la qualité de l'eau. Dans le Massif vosgien, son originalité est accrue par la présence du Bouleau des Carpates, sous-espèce.du Bouleau pubescent, spécifique aux Vosges. En lisière du complexe

tourbeux de l'APPB et des tourbières de pente, les boulaies à Sphaignes sont aussi des groupements forestiers totalement naturels, ne faisant l'objet d'aucune exploitation (aucune valeur économique). **Leur valeur patrimoniale, à tous égards, est donc particulièrement élevée**.

Facteurs limitants et fonctionnalité

- Facteurs écologiques :
- Sur substrats tourbeux, humides à mouillés.
- Permanence d'une nappe phréatique élevée.
- Eaux le plus souvent très pauvres en éléments nutritifs.

- Dynamique végétale :
Les boulaies sur tourbe peuvent avoir un caractère primaire : elles forment alors la ceinture de forêt euro-boréale des tourbières hautes. Elles peuvent aussi être des forêts secondaires issues de la dégradation par l'homme de tourbières hautes voire de bas-marais. Ces deux cas de figure semblent être représentés sur le territoire de la Réserve.

- Fonctionnalité :
- Réversibilité possible à long terme de la dynamique de la végétation si « l'activité » de la tourbière redémarre.
- Naturalité de cet habitat, qui n'a ici pas été exploité.
- Fonction de protection de la qualité des eaux et de l'hygrométrie des zones tourbeuses (diminution de l'évapotranspiration).
- Rareté de ces habitats.

État de conservation

✓ *État de référence théorique*

Des peuplements clairs, assez jeunes, aux peuplements matures plus ou moins denses en passant par les peuplements intermédiaires.

✓ *État de conservation actuel*

D'après les dire d'expert, sur les 3,47 ha de Boulaies à sphaignes présents sur la Réserve, 69 % ont un état de conservation favorable, 11 % un état jugé optimal et 20 % un état considéré comme réversible.

La dégradation partielle de certaines tourbières semble résulter des modifications de l'hydrologie des zones tourbeuses (notamment celles de faible superficie) par le tracé des chemins forestiers et l'implantation des buses.

✓ *Facteurs influençant l'état de conservation :*

- Cf. Facteurs énoncés pour les tourbières de transition et tremblantes.

Habitats et végétations des eaux stagnantes et courantes – CLIMAX 2019

Les eaux stagnantes sont des mares d'origine naturelle ou anthropique. La majorité correspond à des pièces d'eau naturelles de la tourbière principale : le plan d'eau et les gouilles (souvent en pied de versant). Certaines pièces d'eau semblent aussi résulter de l'activité des grands mammifères. Un très petit nombre des eaux stagnantes est anthropique.

La Cariçaie à *Carex rostrata* et le groupement à Nénuphar nain (*Nuphar pumila*) sont les végétations aquatiques les plus développées en superficie. Les groupements à Potamot nageant (*Potamogeton natans*), à Prêle d'eau (*Equisetum fluviatilis*) et à Glycérie flottante (*Glyceria fluitans*) sont peu étendus.

Les eaux courantes comprennent les suintements, les ruisselets et les ruisseaux les plus importants. Seule la Goutte de Machais (tourbière principale) est transcrite dans les eaux courantes sans végétation. Ces eaux sont peu exploitées par les plantes vasculaires sauf les petits suintements sur versant que l'on trouve dans les tourbières intraforestières.

SYNTAXON OU NOM	CODE CORINE	INTITULE CORINE	TC (M²)	TI (M²)
Eau stagnante	22.14	Eaux dystrophes	74,0	35,1
Nupharetum pumilae Oberd. 1957	22.4311	Tapis de nénuphars	1228,5	
Potametum natantis Soó 1927	22.4314	Tapis de Potamot flottant	7,7	
Eau courante	24.1	Lits des rivières	639,8	
Mares de tourbières	51.13	Mares de tourbières	4349,3	109,4
Glycerietum fluitantis Eggler 1933	53.14	Roselières basses	142,7	
Equisetetum fluviatilis Steffen 1931	53.147	Communautés de Prêles d'eau	3,08	
Caricetum rostratae Rübel ex Osvald 1923	53.2141	Cariçaies à Carex rostrata	7047,9	43,3
Cardamino amaræ Montion fontanae Braun-Blanq. 1926	54.11	Sources d'eau douces pauvres en bases		347,5
Pellio epiphyllae - Chrysosplenietum oppositifolii F.M.Maas1959	54.112	Sources à cardamines		19,1

Légende : TC : tourbière centrale, TI : tourbières intraforestières

Tableau 8 : Habitats des eaux stagnantes et courantes

Le groupement à Nénuphar nain (Nuphar pumila) est le plus remarquable de cette catégorie (J-Charles Dor/CLIMAX, 2018)

Zone à Truites (Lits des rivières)
Code Corine : 24.12

Description

Les zones à Truites correspondent aux zones supérieure et moyenne des cours d'eau ici montagnards, et aux rivières du « groupe D » selon Holmes (1983). L'effluent, **la Goutte de Machais**, peut être classée comme zone à Truites. Des truitelles de l'espèce Truite fario, dont l'origine (naturelle ou issue d'alevinage) est controversée, y sont par ailleurs régulièrement observées dans sa partie aval. Plus en amont, il s'enfonce par endroits sous la tourbière flottante dans un cours souterrain réticulé, avec un diamètre variable apparemment compris entre 0,5 et 1 m.

Facteurs limitants et fonctionnalité

✓ *Facteurs écologiques*

- Cycle hydrologique.

État de conservation

✓ *État de conservation actuel*

-optimal.

✓ *Facteurs influençant l'état de conservation*

- Cf. Facteurs énoncés pour les tourbières de transition et tremblantes.
- Alevinage présumé de truites.

Ruisselets (Lits des rivières)
Code Corine : 24.11

Description

De nombreux ruisselets permanents de montagne, au lit très peu profond et totalisant une longueur de 12 kms, parcourent la Réserve naturelle. À l'exception de quelques Bryophytes et algues vertes, les espèces végétales proprement aquatiques y sont quasi-absentes. La faune de macro-invertébrés aquatique est riche (trichoptères, plécoptères). Ce compartiment trophique est essentiellement alimenté par la litière des arbres.

Facteurs limitants et fonctionnalité

✓ *Facteurs écologiques*

- Cycle hydrologique

✓ *Fonctionnalité*

Malgré un mince tapis algal sur les cailloux des ruisseaux, une grande partie de la chaîne trophique est alimentée par la litière forestière tombée dans l'eau.

État de conservation

✓ *État de référence théorique*

- Lits naturels et eaux non enrichies.

✓ *État de conservation actuel*

Presque optimal malgré un colmatage partiel du fait de l'érosion des chemins forestiers et la crainte de pollution par cations aluminium du fait des précipitations acides.

✓ *Facteurs influençant l'état de conservation*

- Modifications du lit de certains cours d'eau : portions « busées », à la jonction avec la route départementale des Américains ou avec des chemins forestiers.
- Erosion des chemins forestiers et colmatage.
- Alevinage présumé et localisé de truites.
- Pollution atmosphérique et changements climatiques.

Cours d'eau intermittents (Lits des rivières)
Code Corine : 24.16

Description

Comme leur qualification le sous-entend, ces cours d'eau se caractérisent par un **écoulement interrompu une partie de l'année**, laissant le lit à sec ou avec des flaques. Ils sont distribués sur l'ensemble de la Réserve, où ils constituent un réseau de plus de 2 kms de long.

Valeur patrimoniale

À part entière du réseau hydrographique du bassin versant, ces cours d'eau contribuent à leur échelle à l'alimentation en eau des tourbières de la Réserve. De plus, la discontinuité du fonctionnement hydraulique en fait des habitats transitoires remarquables.

Facteurs limitants et fonctionnalité

✓ *Facteurs écologiques*

- Cycle hydrologique.

✓ *Fonctionnalité*

- Discontinuité du fonctionnement hydraulique.

État de conservation

✓ *État de référence théorique*

- Lits naturels et eaux non enrichies.

✓ *État de conservation actuel*

Favorable.

✓ *Facteurs influençant l'état de conservation*

- Colmatage partiel ou potentiel par l'érosion des pistes de débardage.
- « Délocalisation locale » du cours du lit de certains ruisseaux par les pistes de débardage.
- Changements climatiques.

Végétations tourbeuses ouvertes – CLIMAX 2019

Il s'agit de la catégorie la plus importante de la cartographie des sites de Machais : leur superficie totale atteint 9,6 ha, soit plus de la moitié de l'espace cartographié.
Toutes ces végétations comportent une synusie sphagnicole et de la tourbe.

Quatre catégories y figurent :
Les végétations denses des eaux libres (radeaux)
Les végétations des tourbières de transition ;
Les végétations des tourbières hautes ;
Les bas-marais acides.
Les molinaies sur sphaignes qui sont difficiles à classer tendent vers les groupements des bas-marais acides.
Ces végétations sont principalement développées dans la tourbière centrale de Machais ; elles sont beaucoup moins présentes dans les tourbières intraforestières de pente.

SYNTAXON OU NOM	CODE CORINE	INTITULE CORINE	TC (M²)	TI (M²)
Radeaux				
Menyanthetum trifoliatae Soó 1938	54.59	Radeaux à Menyanthes trifoliata et Potentilla palustris	78,2	1,2
Communautés des tourbières de transition et des gouilles (Scheuchzerietalia palustris)				
Sphagno cuspidati - Scheuchzerietum palustris Osvald 1923	51.12, 54.5	Tourbières basses (Schlenken)	8985,1	
Caricetum limosae Paul 1910 em. Osv. 1923	54.6	Communautés à Rhynchospora alba	169,1	
Drosero rotundifoliae - Lycopodielletum inundatae H.Passarge 1999	54.6	Communautés à Rhynchospora alba	75,6	
Rhynchosporion albae W.Koch 1926	54.6	Communautés à Rhynchospora alba	4696,4	812,0
Tourbières hautes (Oxycocco – Sphagnetea)				
Carici nigrae - Sphagnetum magellanici Bick 1985	51.11	Tourbières basses à Carex nigra, C. canescens et C. echinata	138,4	
Sphagnetum magellanici M. Kästner & Flössner 1933 nom. mut.	51.1111	Buttes de Sphagnum magellanicum	27806,8	1738,0
Eriophoro vaginati - Vaccinietum uliginosi B. Foucault 1999	51.1134	Buttes à buissons de Vaccinium	3734,9	473,8
Bas marais acidiclines à acidiphiles (*Caricetalia fuscae)*				
Caricetum nigrae Braun-Blanq. 1915	54.42	Tourbières basses à Carex nigra, C. canescens et C. echinata	4368,1	1527,8
Carici canescentis - Agrostietum caninae Tüxen 1937	54.42	Tourbières basses à Carex nigra, C. canescens et C. echinata	70 ,3	1163,2
Sphagno fallacis - Caricetum rostratae Fries 1913	54.53	Tourbières tremblantes à Carex rostrata	3148,9	2018,8
Molinaie sur sphaignes	**51.2**	**Tourbières à Molinie bleue**	19853,2	14929,1

Légende : TC : tourbière centrale, TI : tourbières intraforestières

Tableau 9 : Végétations tourbeuses ouvertes

Les radeaux développés dans l'eau stagnante sont constitués de Trèfle d'eau (*Menyanthes trifoliata*) et/ou de Comaret (*Comarum palustre*). L'hypothèse de P. Goubet est que les eaux du lac ne leur conviennent pas entravant ainsi la fermeture du plan d'eau par les bordures.

Les végétations des tourbières intermédiaires se rattachent à l'alliance du *Rhynchosporion albae*. Trois associations y ont été observées mais certaines combinaisons, pauvres en phanérophytes (*Eriophorum angustifolium*) ont été rattachées à l'alliance.
Ces végétations correspondent à des situations topographiques basses où les sphaignes baignent souvent dans l'eau. Elles sont presque uniquement distribuées dans la tourbière principale et particulièrement autour du lac à l'amont.
Les buttes de sphaignes rouges son majoritairement à *Sphagnum magellanicum* et *S. rubrum*. Ces sphaignes sont accompagnées de la Canneberge (*Vaccinium oxycoccos*), la Linaigrette vaginée (*Eriophorum vaginatum*) et souvent de l'Andromède (*Andromeda polifolia*). Des buttes davantage exhaussées et plus sèches correspondent à une autre association végétale, dominée par Vaccinium uliginosum accompagné de bryophytes acidiphiles (*Polytrichum strictum, Pleurozium schreberi*).
Une association intermédiaire entre les végétations des tourbières hautes et les bas-marais acides a également été parfois observée (*Carici – Sphagnetum*).
Les groupements de bas-marais acides sont très souvent dominés par *Juncus acutiflorus, Eriophorum angustifolium, Viola palustris* et comportent toujours des sphaignes (*Sphagnum spp.*) et de nombreux Carex (*C. echinata, C. canescens, C. nigra, C. rostrata*). Ces stations sur sol tourbeux sont assez peu étendues. Ces peuplements sont rattachés à l'association du *Carici canescentis - Agrostietum caninae*.
Le groupement tourbeux à *Carex rostrata* du *Sphagno fallacis - Caricetum rostratae* Fries 1913, est à différencier du groupement aquatique de ceinture d'étang structuré par *Carex rostrata*. Seul le premier, souvent au contact de tremblants, est d'intérêt communautaire.
Les molinaies posent un problème syntaxonomique, notamment parce que *Molinia caerulea*, très plastique écologiquement, investit de nombreux milieux et communautés. Les molinaies sur sphaignes, bien que non caractérisées phytosociologiquement, sont rattachées par le code Corine aux tourbières à Molinie bleue.
Tous ces habitats sont d'intérêt communautaire (certains prioritaires), sauf les bas-marais.
Ces végétations comportent aussi de nombreuses plantes rares et/ou menacées parmi les phanérogames et les bryophytes.

Molinaie sans sphaigne, mégaphorbaies et clairières herbacées – CLIMAX 2019

La molinaie sans sphaignes, quasi-monospécifique, occupe les stations les moins humides sur les bordures hautes de la tourbière centrale et au sein des clairières intraforestières. Les molinaies peu humides comportant des plantes typiques des clairières a été distinguée et rattachée à des végétations des clairières forestières.
Les végétations des clairières sont constituées d'espèces (*Luzula sylvatica, Oreopteris limbosperma, Deschampsia cespitosa*) qui figurent aussi en strate herbacée des peuplements forestiers dont elles s'extraient pour constituer souvent des monofaciès.
La mégaphorbiaie, mal individualisée, a été très peu notée dans les sites étudiés.
Le groupement à Calamagrostis n'a été cartographié qu'une seule fois à l'extrémité amont de la tourbière centrale.

SYNTAXON OU NOM	CODE CORINE	INTITULE CORINE	TC (M²)	TI (M²)
Molinaie sans ou pauvre en sphaignes	31.13 ; 51.2	Molinaie	17925,0	17617,1
Groupement a Luzula sylvatica	31.871	Clairières herbacées	49,8	1082,9
Groupement a Oreopteris limbosperma	31.871	Clairières herbacées		242,9
Groupement a Deschampsia cespitosa	31.871	Clairières herbacées		11,1
Molinio caeruleae - Epilobietum angustifolii Sougnez et Dethioux 1977	31.871	Clairières herbacées		110,2
Junco effusi - Lysimachienion vulgaris H.Passarge 1988	37.1	Communautés à Reine des prés et communautés associées		57,4
Peucedano palustris - Calamagrostietum canescentis H.E Weber 1978	53.11	Groupement a *Calamagrostis canescens*	49,9	

Légende : TC : tourbière centrale, TI : tourbières intraforestières

Tableau 10 : Végétations herbacées non tourbeuses mais humides

Les habitats remarquables sont peu nombreux dans cette catégorie. Seul le groupement à Calamagrostis et la mégaphorbiaie peuvent être distingués.

Landes des stades préforestiers, recrus et sols nus

Ces végétations basses à arbustives occupent majoritairement des sols peu humides au contact des peuplements forestiers. Ces groupements sont davantage répandus dans les tourbières intraforestières qui entourent la tourbière principale.

On y distingue les landes à myrtille et callune, les ourlets d'herbacées et les stades arbustifs xde recolonisation forestière (recrus).

Les landes à *Vaccinium* sont les plus répandues parmi ces habitats. Elles peuvent revêtir différents aspects en contexte gorgé d'eau (sur sphaignes) mais le plus souvent elles se développent sur des sols bien drainés (*Calluna vulgaris*).

Les ourlets acidiphiles à Canche flexueuse (avec Galium saxatile) sont rares dans les tourbières intraforestières.

La recolonisation forestière est souvent du fait de l'Epicéa (tourbière haute en voie d'exhaussement) et/ou du Sapin, parfois associés au Bouleau pubescent.

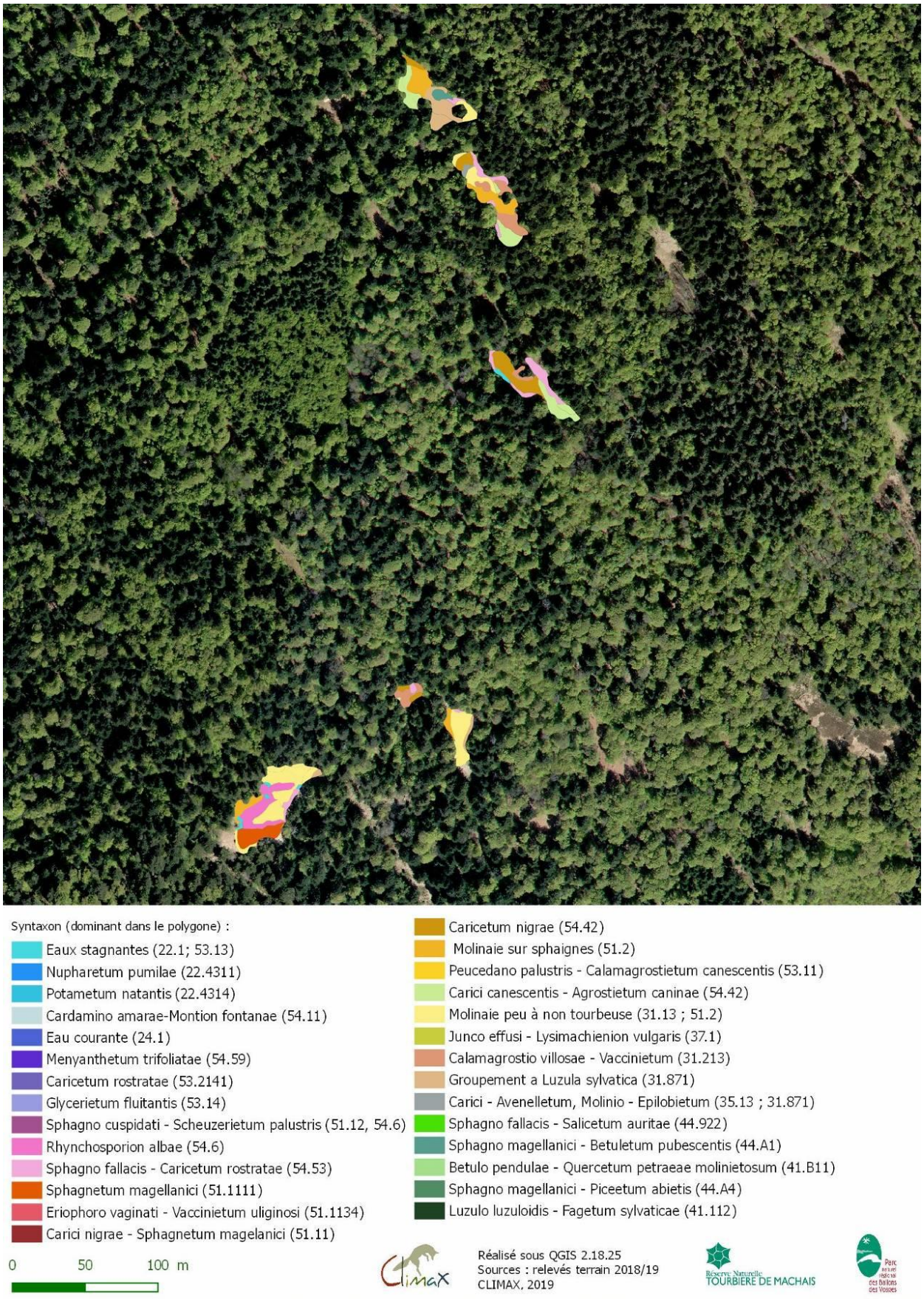
Ces stades arbustifs expriment une certaine dynamique végétale mais évoluent sans doute très lentement.

SYNTAXON OU NOM	CODE CORINE	INTITULE CORINE	TC (M²)	TI (M²)
Calamagrostio villosae - Vaccinietum Schub. 1960	31.213	Landes hercyniennes à Vaccinium	228,9	2185,9
Genisto pilosae - Callunetum vulgaris (Braun) Oberd. 1938	31.213	Landes hercyniennes à Vaccinium		34,2
Recrus mixtes	31.8F	Fourrés mixtes	768,4	46,5
Recrus de conifères	31.8G	Fourrés de conifères	248,7	453,9
Carici piluliferae - Avenelletum flexuosae H.Passarge 1984	35.13	Pelouse à Canche flexueuse	44,1	
Sol nu	87	Terrains en friche et terrains vagues		21,8

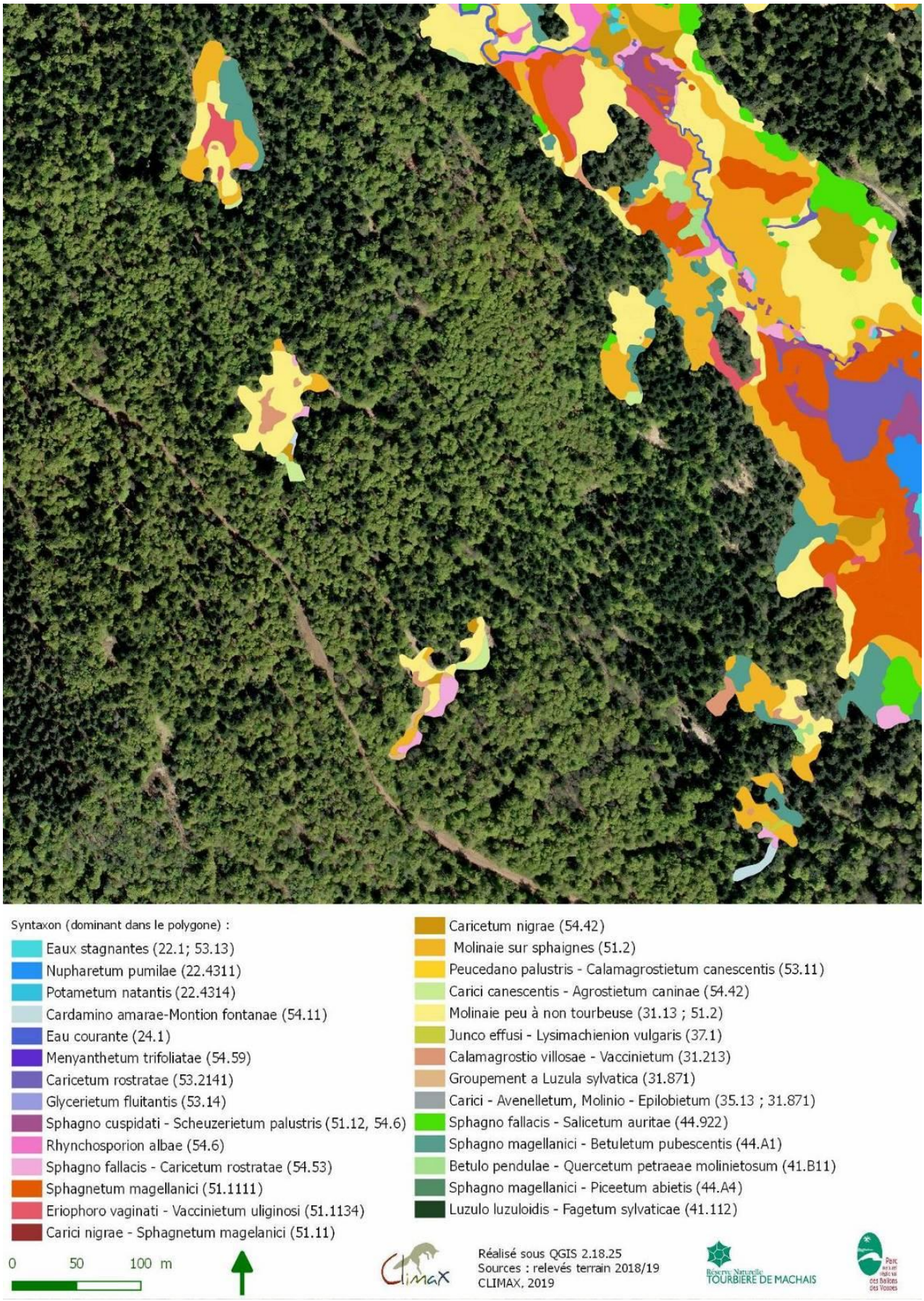
Légende : TC : tourbière centrale, TI : tourbières intraforestières

Tableau 11 : Habitats des landes et stades préforestiers

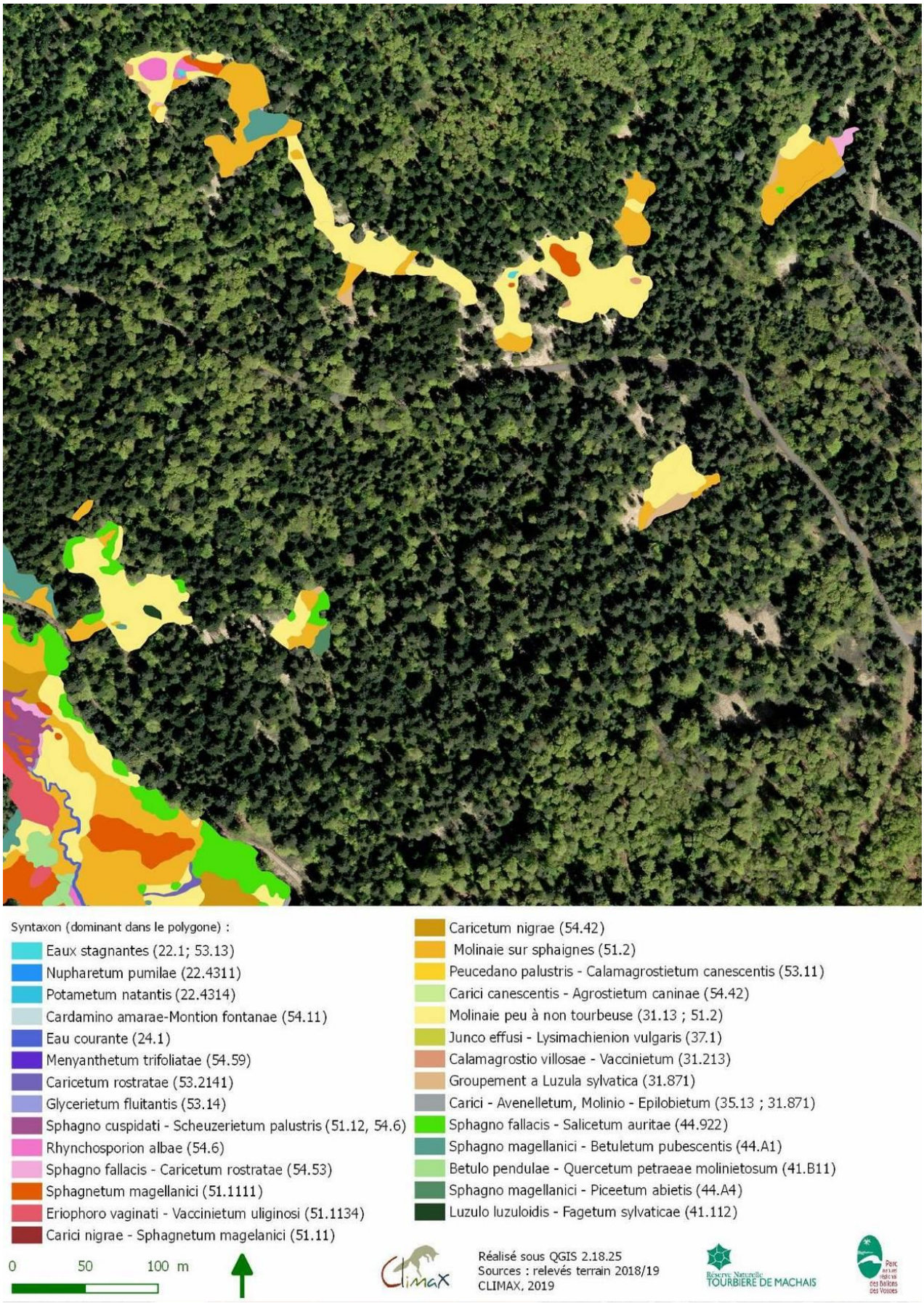
Les végétations constituées d'éricacées sont d'intérêt communautaire et sont les plus remarquables de cette catégorie. Toutefois, ces landes ne sont pas rares dans le massif vosgien et sont peu menacées.



Carte 3 : Végétations des tourbières intraforestières (144, 145, secteur Bramont)



Carte 4 : Végétations des tourbières intraforestières (146, 170)



Carte 5 : Végétations des tourbières intraforestières (168, 169)

Les habitats forestiers – CEN Lorraine 2008 et PNRBV 2019

Les milieux forestiers couvrent environ 120 ha, soit 83 % de la superficie de la Réserve naturelle. Communales, ces forêts ont fait l'objet d'une exploitation très ancienne en affouage, bois d'œuvre et bois de feu pour l'industrie, notamment pour alimenter la verrerie anciennement installée sur la commune voisine de Wildenstein. Des boisements d'épicéas ont également été effectués à au moins deux reprises. **Cette empreinte humaine a surtout joué sur la structure forestière.**

Mesures de gestion : Suite à la mise en place de zones de protection renforcée (tourbières de pente ; quiétude Tétras ; pierrier) entre 1998 et 2002, la surface exploitée des peuplements forestiers a été réduite à 83,91 ha (Cf. Tome 4 – Cartes n°11 a et b).

L'état de conservation des peuplements forestiers de la Réserve a été réalisé en 2020 par le biais d'une méthode nationale standardisée issue de Réserves Naturelles de France (RNF), le « PSDRF » : Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestières. 2 passages à 10 ans d'intervalle ont été réalisés sur la Réserve naturelle (cf. Tome 4 - Carte n°12).

Ces habitats ont fait l'objet en 2019 de 94 relevés phyotosociologiques et de 11 sondages pédologiques afin d'éclaircir plusieurs questions (cf. Tome 4 - Carte n°13). Les résultats obtenus sont les suivants :

- Disparition de la hêtraie d'altitude stricto sensu
- Evolution des plantations d'épicéas vers de la hêtraie – sapinière
- Questionnement sur le réel distinguo entre hêtre neutrophile et hêtraie acidiphile, différences non marquées selon les deux paramètres étudiés

Nous avons toutefois choisi de présenter l'ensemble de ces habitats, historiquement recensés sur la Réserve naturelle.

Les essences qui composent ces milieux sont autochtones sur ce territoire, à l'exception de l'épicéa. En fonction de l'étagement, de l'exposition (facteurs climatiques) et des facteurs édaphiques (sols), il est possible d'individualiser les **quatre groupements forestiers suivants :**

Les Hêtraies à Luzule montagnardes médio-européennes (Hêtraies du Luzulo-Fagetum) : Hêtraies-Sapinières acidiphiles de l'étage montagnard supérieur (Luzulo luzuloidis – Fagetum sylvaticae)
Code Corine : 41.112 / Code Natura 2000 : 9110. Intérêt communautaire

Description

Les Hêtraies ou Hêtraies-sapinières acidiphiles à Luzule blanchâtre, très répandues à l'échelle du Massif vosgien, caractérisent l'étage montagnard, où elles se rencontrent à chaque sous-étage. **Au sein de la Réserve qui se situe à l'étage montagnard supérieur, la Hêtraie-Sapinière acidiphile constitue l'habitat forestier le plus courant** (environ **72 % de la superficie des peuplements forestiers**). Bien qu'occupant essentiellement les versants du site ensoleillés ou non, elle se retrouve également en zone de crête et sur des replats.

Les sols sont acides et pauvres en éléments minéraux ; ce sont en général des sols bruns acides ou des sols ocres podzoliques, parfois lessivés ou engorgés. La fertilité diminue avec l'altitude

en raison de la réduction de la période de végétation. Il existe des variantes plus ou moins acidiphiles : la moins acidiphile étant caractérisée par la Luzule blanchâtre (sous–association *luzuletosum*), la plus acidiphile par la Myrtille (sous-association *vaccinietosum*), avec un intermédiaire à Canche flexueuse (sous-association *deschampsietosum*).

La strate dominante est caractérisée par le Hêtre accompagné de Sapin, qui sera localement plus ou moins représenté en fonction de l'historique des parcelles forestières concernées (tempête du début du XXe siècle, ayant par exemple favorisé le Hêtre pour la parcelle 146 ; et de manière plus générale, influence de la gestion forestière). La strate arbustive est généralement peu fournie (Noisetier, Camérisier noir). La strate herbacée, quant à elle, est plus ou moins recouvrante selon les variantes.

Les espèces indicatrices de ce type d'habitat, outre celles déjà citées, sont les suivantes : Luzule des bois (*Luzula sylvatica*), Prénanthe pourpre (*Prenanthes purpurea*), Seneçon de Fuchs (*Senecio fuchsii*), Sceau de Salomon verticillé *(Polygonatum verticillatum*), Dicrane en balai (*Dicranum scoparium*), Polytric élégant (*Polytrichum formosum*), Hypne courroie (*Rhytidiadelphus loreus*)…

Facteurs limitants et fonctionnalité

- ✓ *Facteurs écologiques*

- Entre 400 et 1110 m sur roche mère siliceuse.
- Sols acides et/ou drainants à faible activité biologique, litière épaisse.
- Développement et pérennité de la régénération, du Sapin essentiellement, pouvant être remis en cause par l'action des cervidés, ce qui n'est pour le moment pas le cas sur Machais.

- ✓ *Facteurs humains (liens directs ou indirects entre les habitats et les activités humaines qui les ont façonnés et les conditionnent)*

- La gestion forestière passée et actuelle.

La pression de la gestion passée n'a pas fondamentalement altérée la composition de la forêt, à l'exception de plantations locales d'Epicéa dont les semis se sont naturalisés dans la hêtraie-sapinière. La structure verticale et la répartition des classes de ces peuplements ont en revanche été assez fortement perturbées : on note une représentation déséquilibrée, avec surreprésentation locale de la strate arborescente par rapport à la strate arbustive, pauvreté en bois mort, gros bois et arbres à cavités.

- Dynamique végétale :

Cet habitat est le stade final de l'évolution suivante : phase pionnière à Bouleau, Sorbier es oiseleurs ou Érable sycomore > phase pionnière à Épicéa > stade de maturité représenté par une sapinière avec Hêtre et Épicéa dispersé.
Ici au stade de maturité, il présente des sylvo-faciès variables selon la gestion passée et les perturbations naturelles : hêtraie-sapinière en futaie plutôt irrégulière ; hêtraie accompagnée de quelques sapins en futaie plutôt régulière et relativement jeune (cf. tempête du début du XXe siècle).

- Fonctionnalité :
- Sensibilité aux épisodes de canicule et potentiellement au réchauffement planétaire.

- Régénération du Hêtre plus dynamique que celle du Sapin : envahissement rapide par le Hêtre de toute trouée forestière disponible.
- Tendance : régression du Sapin en faveur du Hêtre.

✓ *État de référence théorique*

- La Hêtraie-Sapinière à épicéa (dispersé) ou la Hêtraie plus ou moins pure, en futaie.
- Rappelons que les variantes les plus humides sont les plus vulnérables au passage des tracteurs de débardage lors des coupes.

Les Hêtraies neutrophiles montagnardes médio-européennes (Hêtraies de l'Asperulo-Fagetum) : Sapinières-Hêtraies vosgiennes à Fétuque des bois (Association Festuco altissimae-Abietetum albae)
Code Corine : 41.133 / Code Natura 2000 : 9130. Intérêt communautaire.

Description

Largement répandu à l'étage montagnard du Massif vosgien, ce type d'habitat est le plus fréquent sur la Réserve après les Hêtraies-Sapinières acidiphiles à Luzule (environ 24 % de la superficie des peuplements forestiers). Plus localisé, il est ici presque exclusivement sur colluvionnements de bas de versants. On trouve ces hêtraies neutrophiles à acidiclines à Fétuque sur des sols bruns mésotrophes à acides à mulls mésotrophes ou mulls acides.

Par ailleurs, il existe des variantes de ce type d'habitats selon le niveau hydrique et le niveau trophique (l'acidité) :
- les variantes neutroacidiclines sont caractérisées par l'Aspérule odorante (sous-association *galietosum),*
- les variantes acidiclines par la Fétuque des bois et la Fougère dilatée (sous-association *typicum*),
- les variantes mésoacidiphiles par la Luzule blanchâtre et le Dicrane à Balai (sous-association *luzuletosum*).

La strate arborée est dominée par le Sapin, accompagné du Hêtre, de l'Erable sycomore, du Sorbier des oiseleurs... La strate arbustive comprend le Noisetier, le Sureau à grappes, l'Églantier des Alpes, et le Camérisier noir. La strate herbacée est recouvrante avec la Fétuque des bois, la Canche cespiteuse ou le Millet diffus. La strate muscinale est peu développée. Comme espèce indicatrice de ce type d'habitat, autre que celles déjà mentionnées, on peut également citer le Polypode dryoptère (*Gymnocarpium dryopteris*). L'association voisine à Mercuriale pérenne (*Mercurialo perennis-Abietetum albae*), peu répandue à l'étage montagnard, est pour sa part très localisée : elle se situe sur colluvionnements **en aval du pierrier**. De manière générale, cette association est inféodée au bas de versants et affectionne notamment les granites riches en minéraux ferro-magnésiens et les sols colluviaux bruns eutrophes à bruns mésotrophes.

Facteurs limitants et fonctionnalité

✓ *Facteurs écologiques*

- Sur substrat cristallin et sol légèrement désaturé pour la forme à Fétuque.
- Développement et pérennité de la régénération, du Sapin essentiellement, pouvant être remis en cause par l'action des cervidés, ce qui n'est pour le moment pas le cas sur Machais.

✓ *Facteurs humains*

- La gestion forestière passée et actuelle (Cf. Facteurs humains des Hêtraies-Sapinières acidiphiles de l'étage montagnard supérieur).
- Dynamique végétale :
- Phases pionnières à Frêne, Érable, Bouleau et Sorbier > phase de maturité à Sapin et Hêtre.
- Habitat ici au stade de maturité : hêtraie-sapinière en futaie plutôt irrégulière.
- Fonctionnalité :
- Sensibilité aux épisodes de canicule.

État de conservation

✓ *État de référence théorique*

- La Sapinière-Hêtraie avec essences d'accompagnement ou la Sapinière ou la Hêtraie plus ou moins pure, en futaie.

Les Hêtraies subalpines médio-européennes à Acer et Rumex arifolius : Hêtraies subalpines à Érable et à Oseille à feuilles d'Arum des Vosges (Association Aceri pseudoplatani-Fagetum sylvaticae)
Code Corine : 41.15 / Code Natura 2000 : 9140. Intérêt communautaire.

Description

Ces hêtraies se trouvent en **situation sommitale des moyennes montagnes** (Ballons des Vosges, Haute chaîne jurassienne, Préalpes calcaires du nord des Alpes, Massif central, et ponctuellement dans les Pyrénées) sur des sols très divers. Sur les sommets des reliefs vosgiens, on les trouve habituellement au-dessus de 1100 mètres à la fin de l'étage montagnard supérieur, ou à l'étage subalpin inférieur, en diverses situations d'exposition et de topographie.
À cet étage, les précipitations élevées, la neige abondante et un nombre important de jours de gelées sur l'année impliquent une période de végétation très courte et les arbres sont donc généralement particulièrement petits. Par ailleurs, l'importance des vents sur les crêtes, ainsi que le poids de la neige, confèrent aux arbres des formes particulières : ce sont des arbres en «drapeau» ou Krummholz de Hêtre (cépées naturelles courtes). La hêtraie subalpine se présente comme un continuum par rapport à la hêtraie montagnarde et ne s'en distingue que par la présence d'espèces caractéristiques (*Athyrium distentifolium, Rumex arifolius*) et par la faible taille des hêtres. Il n'est donc pas toujours aisé d'en trouver la limite.
Ce type d'habitat connaît une certaine variabilité selon le niveau trophique des sols, le bilan hydrique, la position topographique…
Sur Machais, la hêtraie subalpine, de surface restreinte (1,7 ha) est historiquement observée en situation de crête au-dessus de 1100 m sur la « Ronde Tête ». D'assez nombreux bois morts témoignent d'une certaine naturalité de cet habitat.

Bien que dépourvue de l'apparence typique des hêtraies d'altitude du Massif vosgien (arbres de taille réduite aux allures tourmentées), la strate arborescente est dominée par le Hêtre, l'Érable sycomore et le Sorbier des oiseleurs. Le sous-bois clair se caractérise par la présence d'espèces végétales indicatrices des stations hygrosciaphiles : l'Athyrium des Alpes (*Athyrium distentifolium*), espèce caractéristique de l'association, la Laitue des Alpes (*Cicerbita alpina*), l'Adénostyle à feuilles d'Alliaire (*Adenostyles alliariae*). L'Oseille à feuilles d'Arum ou de Gouet (*Rumex arifolius*) est également bien représentée.

À noter que quelques populations denses de Sorbier posent la question de l'origine d'un sylvofaciès faisant suite à une recolonisation d'anciens essartages ou moins probablement de formations naturelles (ourlets subalpins ou série climacique bloquée).

Valeur patrimoniale

L'habitat « Hêtraies subalpines » est de faible étendue sur le Massif vosgien. Au sein de la Réserve, localisé sur Ronde Tête, riche en sorbiers et érables, il affiche néanmoins un cortège floristique certes pauvre en richesse spécifique (espèces de mégaphorbiaies rares) mais remarquable sur le plan phytosociologique. Par ailleurs, il joue un rôle complémentaire aux tourbières intra-forestières et aux hêtraies-sapinières acidiphiles en termes de trame favorable à la biodiversité**. La Chouette de Tengmalm** peut y être également observée. Il possède donc une **valeur patrimoniale élevée**.

* Il y a plusieurs années, la présence du Tétras y était plus régulière, notamment en hiver. Un manque de quiétude en particulier hivernale (passage de randonneurs en limites communales La Bresse – Wildenstein) est soupçonné d'en être l'une des raisons principales.

Facteurs limitants et fonctionnalité

✓ *Facteurs écologiques*

- L'altitude : à partir de 1000 m, sur ou à proximité des crêtes où les précipitations, le stationnement de la neige et les vents sont importants.
- Sur granite, grès et grauwacke (sols humifères).
- le changement climatique
- La pression d'abroutissement des ongulés

✓ *Facteurs humains*

- La gestion forestière passée.

✓ *Dynamique végétale*

- Phase pionnière à Sorbiers, et Épicéa parfois sur sols assez riches, phase à Érable sycomore et Sorbiers > arrivée lente du Hêtre qui assure peu à peu la maturation ; entrée éventuelle du Sapin.

- **Habitat ici au stade de maturité** : Hêtraie avec quelques érables sycomores et sorbiers des oiseleurs.

✓ *Fonctionnalité*

- Écosystème ayant disparu

Les Forêts de pente, éboulis, ravins du Tilio-Acerion : Érablaies (et Tillaies) acidiphiles du Nord-Est de la France (Association Dicrano scopariae-Aceretum pseudoplatani)

Code Corine : 41.4/ Code Natura 2000 : 9180-15*. Intérêt communautaire prioritaire.

Description

Situées en adret au-dessus du chemin du Tour de l'Étang, les marges supérieures de l'éboulis aux cavités comblées par des éléments fins sont occupées par des **fragments** « d'Erablaies acidiphiles à Dicrane en balais » (0,21 ha). Cette communauté forestière claire, dominé par l'Érable sycomore, accompagné de l'Épicéa, du Hêtre, du Sapin, et de quelques bouleaux en périphérie de l'éboulis non arboré, abrite une strate arbustive réduite à quelques sorbiers des oiseleurs et coudriers ainsi qu'une strate herbacée discontinue interrompue par les blocs de granite : Germandrée scorodoine (*Teucrium scorodonia*), Polypode (*Polypodium vulgare*), Myrtille (*V. myrtillus*)., Fougère femelle *(Athyrium filix-femina*) et une strate muscinale avec *Dicranum scoparium*.

Sa marge inférieure plus fraîche comporte sur une faible superficie une state arbustive sur blocs à Camérisier noir (*Lonicera nigra*) et du Rosier des Alpes (*Rosa pendulina*). À noter l'absence de l'Orme (*Ulmus sp*.) peu adapté à cette station chaude en adret.

Facteurs limitants et fonctionnalité

✓ *Facteurs écologiques*

- Caractéristiques stationnelles très spécifiques : pentes et coulées pierreuses de roches acides.

✓ *Facteurs humains*

- La gestion forestière passée.

✓ *Dynamique végétale*

- Végétation bryolichénique sur blocs > installation de quelques rares plantes herbacées > installation du Noisetier, du Sureau à grappes > Bouleau, Sorbier des oiseleurs, Érable sycomore en exposition nord ; Alisier blanc, Bouleau, Tilleul en exposition sud.
- Habitat ici **au stade de maturité** en exposition nord.

✓ *Fonctionnalité*

- Écosystèmes stables soumis à des perturbations (substrats instables et coulées de neige) n'affectant que de faibles surfaces ne remettant pas en cause l'habitat.

État de conservation

✓ *État de référence théorique*

- Futaies irrégulières mélangées ou taillis ou taillis sous futaie.

✓ *État de conservation actuel*

La présence des pierriers a un peu limité l'intensité de l'exploitation forestière passée. La nécromasse et les bois moyens sont assez bien représentés et l'épicéa allochtone rare du fait des sols superficiels et mouvants. **Etat de conservation satisfaisant**.

Les Forêts acidophiles à Picea : Reboisement d'Epicéas
Code Corine : 42.26 (Classe : Vaccinio-Piceetea)

Description

On entend par reboisement d'épicéas des Plantations de *Picea abies* dans ou près des secteurs de spontanéité de l'espèce, incluant les formations hercyniennes et péri-hercyniennes accompagnées par un sous-bois semi-naturel. Sur le Massif vosgien, où il est apparu tardivement (- 3000 ans), l'Épicéa est reconnu comme indigène sur seulement quelques stations (La Grande Basse à côté de Lispach ; sentier des roches et Rothried dans la Réserve Naturelle du Frankenthal-Missheimle…).
Sur la Réserve de la Tourbière de Machais, **l'Épicéa (de souche non locale) a été planté**. Ces quelques îlots de plantations (4 ha), pour les plus âgés, offrent un sous-bois clair, composé de mousses (Polytric notamment), de canche flexueuse avec des faciès acidiphiles de fond de vallée à vaccinies (pieds de myrtilles disséminés) et Lycopode sabine (*Huperzia selago*). Ils commencent à revêtir un caractère plus naturel, en particulier par la présence de bois mort. Un seul îlot, plus jeune, est pour sa part très dense et dépourvu de strate herbacée. Seule une strate muscinale parvient à y croître. De ces plantations, l'Épicéa a essaimé : il a gagné spontanément d'autres secteurs de la Réserve, comme les lisières de certaines tourbières de pente.

Facteurs limitants et fonctionnalité

- ✓ *Facteurs écologiques*

Les vieilles plantations dépérissantes se régénèrent mal et sont vulnérables aux atteintes phytosanitaires : scolytes, champignons parasites.

- ✓ *Facteurs humains*

- La gestion forestière passée et actuelle.

- ✓ *Dynamique végétale*

- Plantations qui ont localement supplanté soit la Hêtraie-Sapinière acidiphile à Luzule, soit la Sapinière-Hêtraie vosgienne à Fétuque des bois. Les vieilles plantations dépérissantes se régénèrent mal. Elles sont peu à peu infiltrées par la hêtraie-sapinière climacique. Par contre, les semis issus de ces plantations colonisent la périphérie de certaines zones tourbeuses (notamment vers la Valsche) et peuvent en menacer la pérennité.

- ✓ *Fonctionnalité*

- « Naturalisation » progressive de ces reboisements.
- Réversibilité possible à long terme vers les habitats originaux.

Autres habitats

En dehors des habitats aquatiques, tourbeux et forestiers, on trouve un pierrier au sein de la Réserve naturelle.

Eboulis siliceux et froids de blocailles : Éboulis siliceux montagnard des Vosges (Association Cryptogrammetum crispae)
Code Corine : 61.114 / Code Natura 2000 : 8110-5. Habitat communautaire.

Description

Habitat marginal de par sa surface (0,36 ha), l'unique éboulis siliceux (ou pierrier) de la Réserve, situé en adret, aux blocs granitiques hétérométriques, anguleux et peu émoussés, présente une végétation clairsemée, comportant lichens, mousses, fougères (*Athyrium filix-femina, Asplenium trichomanes*…), et quelques pieds de Framboisier (*Rubus idaeus*), de Rosier des Alpes (*Rosa pendulina*) et de Groseiller des Alpes (*Ribes alpinum*), dans sa partie aval.

Facteurs limitants et fonctionnalité

✓ *Facteurs écologiques*

- Roches nues horizontales ou verticales, plus ou moins fragmentées, sur versants pentus.

✓ *Dynamique végétale*

De manière générale, lorsque leur origine est naturelle, comme sur Machais, ces milieux sont relativement stables dans le temps puisque leur dynamique s'inscrit à l'échelle géologique. Dans le cas présent, même s'il ne s'agit pas à proprement parler d'un stade climacique (le pierrier de Machais, non totalement stabilisé, génère encore des groupements pionniers de faible importance), on peut évoquer au moins une séquence climacique forestière « bloquée » par les conditions édaphiques très contraignantes.

✓ *Fonctionnalité*

- Cf. Dynamique.

État de conservation

✓ *État de référence théorique*

- Éboulis de pente moyenne à gros éléments, à végétation clairsemée (recouvrement inférieur à 15 %) et principalement composée par des fougères.

✓ *État de conservation actuel*

- F**avorable** car les contraintes d'exploitation ont limité l'importance de l'exploitation forestière.

- Facteurs influençant l'état de conservation :
- Cet habitat est inclus dans la zone de protection pierrier depuis 1999, dans laquelle aucune intervention ne se pratique : il évolue selon sa dynamique propre
- Pollution atmosphérique et changements climatiques.

Des relevés de cryptoflore ont été effectués en 2012 et 2014 qui montrent la grande diversité d'espèces abritée par ce milieu. Des études supplémentaires seraient nécessaires pour améliorer les connaissances sur cet habitats peu pris en compte actuellement.

3.2.2. Valeur patrimoniale des habitats

Un habitat d'intérêt communautaire (**IC**) est un habitat naturel menacé, ou ayant des caractéristiques remarquables ou ayant une aire de répartition limitée. Pour assurer sa conservation, une Zone Spéciale de Conservation (ZSC) a été désignée au titre de Natura 2000. L'habitat d'intérêt communautaire est considéré comme prioritaire (**ICP**) s'il est en danger de disparition à l'échelle européenne et il bénéficie d'une responsabilité particulière de la part de l'Union Européenne.

Milieux tourbeux

Au sein de la cartographie réalisée par CLIMAX en 2018, **32 intitulés de végétations correspondent à un habitat remarquable**. Deux critères ont été utilisés : la liste des habitats d'intérêt communautaire (Directive Habitats 92/43/CEE DU CONSEIL du 21 mai 1992) et la liste des habitats déterminants Znieff pour la Lorraine (MULLER, VOIRIN et Al, 2009).

10 intitulés de la directive Habitats (Natura 2000) apparaissent dont 3 sont d'intérêt prioritaire au sens de la Directive.

Des controverses apparaissent dans les référentiels et listes d'habitats quant au rattachement à des habitats Natura 2000. Par exemple, dans le plan de gestion de 2015 le tapis de nénuphars (Nuphar pumila) est rattaché au Code 3160 alors que dans d'autres référentiels cette correspondance n'est pas opérée. Nous avons plutôt opté pour un rattachement restrictif aux habitats de la Directive Habitats.

Les habitats des systèmes tourbeux représentent la moitié (en nombre) des habitats d'intérêt communautaires cartographiés.

La superficie totale couverte par les habitats remarquables est très importante : elle atteint 16,5 hectares, soit 97,1% de l'espace cartographié.

La superficie des habitats d'intérêt communautaire est de 10,60 ha, soit 62,2 % des tourbières de la Réserve naturelle.

Les habitats remarquables sont plus étendus dans la tourbière principale (7,9 ha) que dans l'ensemble des tourbières intraforestières (3,7 ha).

L'état de conservation de ces habitats remarquables est homologue à celui des habitats tels qu'ils ont été présentés dans les résultats globaux, soit majoritairement bon à très bon.

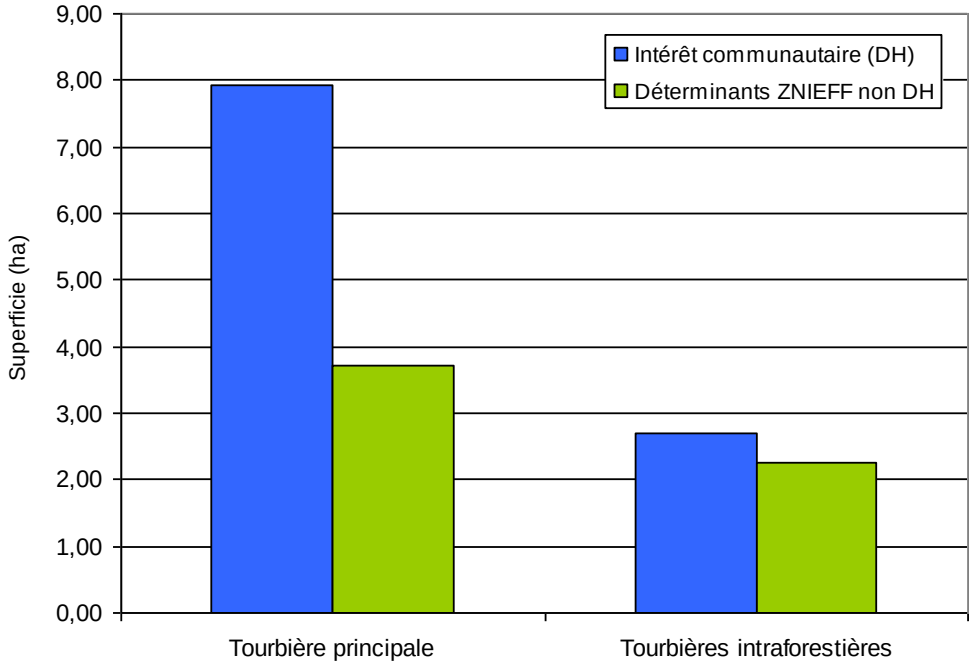


Figure 22 : Répartition des habitats remarquables au sein de la Réserve naturelle

Milieux forestiers

Hêtraies-sapinières acidiphiles à Luzule blanchâtre

Les Hêtraies ou Hêtraies-sapinières acidiphiles à Luzule blanchâtre, habitat le mieux représenté sur la Réserve, sont **spécifiques au Massif vosgien** (représentatif du domaine continental), où elles sont encore largement répandues, mais assez souvent transformées en pessière. Cet habitat est en revanche **rare à l'échelle européenne**. Bien que la plupart des espèces du cortège floristique y soient banales, il abrite une **faune remarquable** comme le **Grand tétras*** (*Tetrao urogallus*), dont les principales zones d'hivernage et de reproduction sur le territoire de la Réserve se situent au sein de ce type de hêtraies-sapinières. On peut aussi citer la **Chouette de Tengmalm**, régulièrement contactée au chant sur la Réserve, le Pic noir et le **Lynx** de passage. Ses stades mûrs sont susceptibles d'accueillir divers coléoptères xylophages comme la Rosalie des Alpes (*Rosalia alpina*), qui actuellement n'a pas été observée sur Machais.
Autrement dit, au vu de leur spécificité au Massif vosgien, d'un état de conservation variable à l'échelle du Massif, de sa superficie au sein de la Réserve et en tant qu'habitat du Grand tétras, les Hêtraies-Sapinières acidiphiles de l'étage montagnard supérieur présentent un **intérêt patrimonial certain**, à ne pas négliger.

Hêtraies neutrophiles montagnardes médio-européennes

L'aire française de répartition de cette association est limitée au Massif vosgien. Cependant, à l'intérieur de son aire de répartition, elle est largement représentée. Deuxième habitat forestier le plus répandu sur la Réserve, les Sapinières-Hêtraies vosgiennes à Fétuque des bois y sont toutefois localisées.
Elles se caractérisent par une flore **forestière représentative de l'étage montagnard** (*Prenanthes purpurea, Polygonatum verticillatum, Dryopterys dilata*…). Par là-même et en participant à des mosaïques d'habitats de grand intérêt par la multiplication des conditions offertes à la diversité biologique, elles sont **d'intérêt patrimonial**.

Reboisements d'épicéas

Il convient ici de distinguer les reboisements d'épicéas **en fonction de leur âge et de leur origine** (plantation ou colonisation subspontanée). Les reboisements les plus jeunes, qui sont localisés sur un secteur donné de la parcelle 145, sont dépourvus de valeur patrimoniale. Au sein de ce peuplement serré, seules quelques mousses parviennent à croître au sol. En termes faunistiques, on n'y croisera guère que l'Écureuil. Les reboisements plus matures, bien que présentant un cortège floristique particulièrement pauvre, sont plus intéressants pour la faune : écureuils et becs-croisés **Les reboisements plus matures**, bien que présentant un cortège floristique particulièrement pauvre, **sont plus intéressants pour la faune** : écureuils, mésanges noires, mésanges huppées, et becs-croisés les apprécient tout particulièrement pour leurs nombreux cônes d'épicéas. La partie haute du reboisement d'épicéas de la parcelle 145 est aussi ponctuellement utilisée **comme zone d'hivernage par le Grand tétras**. En termes de physionomie, ces reboisements commencent à revêtir un caractère plus naturel, par la présence de bois mort due pour une petite partie à l'action des ips typographes. Enfin, les épicéas qui se sont essaimés spontanément (essentiellement dans la partie haute de la parcelle 173, notamment en lisière de tourbière de pente) constituent un mini-peuplement forestier mélangé au Sapin avec une structure verticale potentiellement intéressante pour l'avifaune et de la myrtille assez bien représentée au sol. Ces deux derniers cas de figure ne portent pas, au vue leur superficie restreinte, un réel « préjudice » au site. **Ils contribuent « à leur manière » à la diversité des**

milieux naturels et localement, ils peuvent être attribués d'une valeur patrimoniale limitée.

Milieux aquatiques

Eaux douces stagnantes dystrophes : Lacs et mares dystrophes naturels

De distribution européenne subatlantique boréale, cet habitat est **rare**. **Original** de par sa phytosociologie (classe particulière), il abrite plusieurs espèces phanérogames rares et/ou protégées, comme les Utriculaires ou le Rubanier à feuilles étroites, protégé en Lorraine. Citons également la présence du Petit Nénuphar, également protégé à l'échelon régional.
Cet habitat accueille également une **faune invertébrée particulière**, comme diverses espèces de zooplancton ou les stades larvaires de nombreuses espèces d'odonates. **L'Étang de Machais et ses annexes comptent ainsi au moins 15 espèces reproductrices de libellules, dont près de la moitié sont rares ou localisées à l'échelle de la Lorraine et/ou d'intérêt national** (*Somatochlora arctica, Sympetrum danae, Aeshna subarctica elisabethae*). Au vu de l'isolement du lac au sein d'un environnement forestier défavorable aux échanges de populations et du méso-climat contraignant lié à l'altitude, cette valeur est notable. Par ailleurs, lac et mares de Machais sont un lieu de reproduction privilégié pour la Grenouille rousse et le Crapaud commun. À relever la présence de la Tanche de la Truite fario dans le lac relictuel suite à d'anciens alevinages.

Tapis de Nénuphars : Formation de Nuphar pumila

Cet habitat se distingue par son intérêt patrimonial régional élevé. En effet, le Petit Nénuphar, de distribution arctico-alpine et protégé en Lorraine, connaît sur Machais l'une de ses dernières populations florissantes de la région avec le Lac de la Meix et quelques étangs du plateau haut-saônois. Plusieurs stations sont connues et suivies dans la Réserve naturelle, et létude du lac en 2017 par plongée sub-aquatique a révélé des tapis importants de cette espèce y compris sous les radeaux de tourbe.

© Serge DUMONT

Zone à Truites (Lits des rivières)

Cet habitat traduit une **bonne qualité de l'eau**. Il est également favorable aux Libellules comme le Cordulégastre annelé (*Cordulegaster boltonii*) et le Calopteryx vierge (*Calopteryx virgo*), espèces ici reproductrices. Ruisseau émissaire de la tourbière principale de Machais (APPB), il joue un rôle direct dans le bilan hydrique de cette dernière.

Végétation des rivières oligotrophes acidiphiles

Cet habitat abrite des espèces phanérogamiques assez banales. La présence de *Batrachospermum virgatum* (aussi présent dans les gouilles et l'étang de Machais ainsi que dans la tourbière du Tanet) est à remarquer. En revanche, dans ces milieux, des bryophytes peu fréquentes sont à rechercher. Ce sont aussi généralement des zones préférentielles de reproduction des Truites. À noter effectivement la présence de la Truite fario (*Salmo trutta fario*) dans la Goutte de Machais, dont l'origine (naturelle ou alevinage) demeure indéterminée. Reproduction des odonates d'eau courante : Petite nymphe au corps de feu, Cordulégastre, Agrion vierge.

Cet habitat est typique des têtes de bassin versant peu enrichies, contexte environnemental qui à l'heure d'aujourd'hui devient rare.

Milieux rocheux

Eboulis

Les espèces de ce milieu, qui n'occupe ici que 0,36 ha, sont pour la plupart assez communes. Mousses et lichens en sont les représentants les plus spécifiques, accompagnés de quelques fougères. Chamois, Rouge-queue noir ou Morio figurent parmi les hôtes de passage. En dépit de sa modeste superficie, cet habitat contribue à la **diversité de la Réserve et représente un intérêt paysager certain.**

Forêts de pente du pierrier

Sans posséder d'espèces rares, ce type d'habitat, identifié comme d'intérêt communautaire prioritaire, présente un intérêt patrimonial élevé du fait de plusieurs facteurs :
- une aire de répartition réduite,
- une combinaison originale des espèces réunies dans des conditions stationnelles originales,
- une végétation à caractère relictuel (précisément, une végétation qui devait occuper des espaces plus importants avant l'arrivée des Chênes et du Hêtre),
- sa fragilité (substrat instable, matière organique labile) et sa dynamique
- son rôle de protection des éboulis.

Sur la Réserve, bien qu'occupant une faible superficie, il contribue **à la diversité écologique et paysagère du site**.

3.2.3. Fonctionnalité des habitats tourbeux et aquatiques

La fonctionnalité des habitats correspond au bon fonctionnement de leur cycle écologique avec le renouvellement des espèces et leur maintien dans le temps. Cette fonctionnalité se voit réduite par un certain nombre de facteurs limitants, résultant le plus souvent des activités anthropiques directes sur la Réserve naturelle ou indirectes, dans sa zone d'interdépendance ou plus largement.

Tourbière centrale (APPB) – GOUBET 2009

La Réserve naturelle de Machais abrite la majorité des types de tourbières acidiphiles rencontrées dans le massif vosgien (à l'exception des tourbières condensarogènes et fluviogènes), et celles-ci n'ont fait l'objet d'aucun usage anthropique poussé, en dehors de pâturage et d'activité de pêche de loisirs.

Le bassin versant de cette tourbière est traversé de part en part par une route et des chemins. Toutefois, la fonctionnalité actuelle du site est proche de l'optimal.

Organisation des communautés végétales au sein du complexe tourbeux à l'amont du verrou du Valsche

Cf. Tome 4 - Carte n°10 b

L'expertise fonctionnelle menée en 2009 sur la zone amont entourant le lac relictuel a permis de cartographier finement les unités fonctionnelles écologiques (UFE)* ainsi que leur répartition dans l'espace, pour appréhender le fonctionnement écologique de cet ensemble.
La définition des UFE consiste à délimiter de visu des entités homogènes du point de vue floristique et écologique et de caractériser un ensemble de propriétés. La seconde étape consiste en la réalisation de profils de suivi intégré. Il s'agit de caractériser sur une ligne parcourue à pied la succession des UFE. C'est généralement le parcours utilisé pour générer les profils topographiques qui a été repris.

Une fois les UFE définies, les unités d'ordre supérieur caractérisées sur les profils de suivi ou sur le terrain, la troisième étape consiste à réaliser une cartographie, soit des UFE en tant qu'unité individuelle, lorsque cela est possible, soit des unités d'ordre supérieur (par exemple des mosaïques d'UFE). L'ensemble de ce travail s'illustre notamment sur des supports cartographiques, comme présenté ci-dessous.

L'étude topographique a permis de définir une première zone au sein de l'APPB, la « zone amont », aux caractéristiques suivantes :

- Pentes fortes versant sud-ouest, moins marquées versant nord ;
- Epaisseur de tourbe importante : 10 m ;
- Profondeur du lac supérieure à 20 m.

La description fine des communautés végétales (cf. figure 4) a mis en évidence quinze UFE présentes, réparties en six grandes unités fonctionnelles, elles-mêmes assemblées en trois anneaux concentriques autour du lac.
L'objectif ici n'est pas de s'intéresser aux espèces patrimoniales, même si celles-ci ont été relevées, mais à la structuration dans l'espace de ces plantes, en lien avec la topographie, pour expliquer le fonctionnement de l'ensemble de cet écosystème (notre « organisme » étudié).

1er anneau : deux mosaïques de végétation imbriquées formant un grand replat central

Le premier anneau identifié occupe le replat de fond de vallée, en périphérie directe du lac relictuel. Il est composé de deux mosaïques imbriquées d'UFE, et abritent douze des 18 UFE répertoriées sur le site. Il est caractérisé par des communautés de type ombrotrophe*. On y retrouve des espèces telles que de nombreuses sphaignes rouges, l'Andromède et la callune.
Cette zone abrite également des replats de tourbe nue, surmontée de Droseras et de Scheuchzérie, ainsi que des dépressions abritant des espèces plus hygrophiles, comme *Carex limosa*, *Eriophorum invaginatum* et des sphaignes vertes.

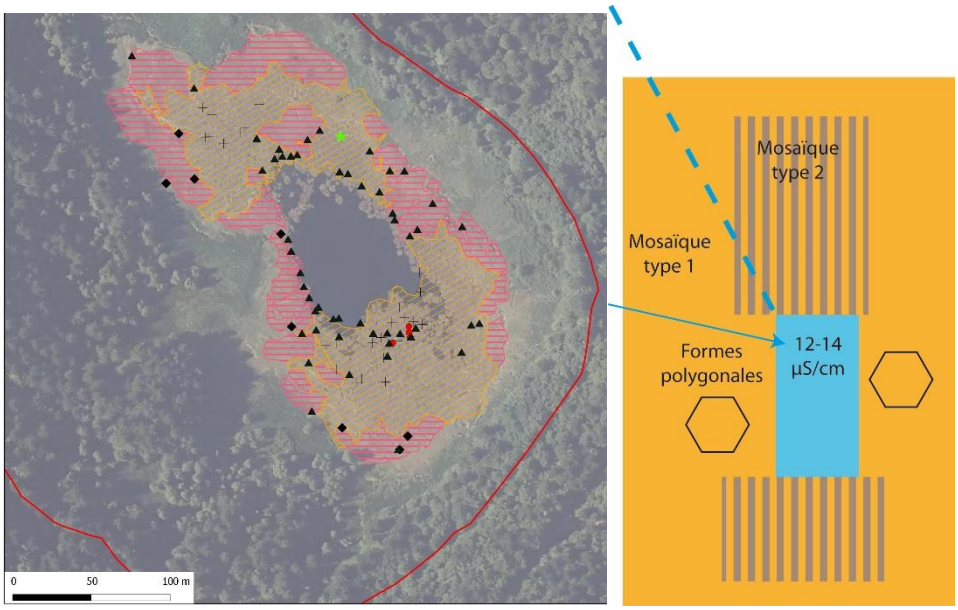
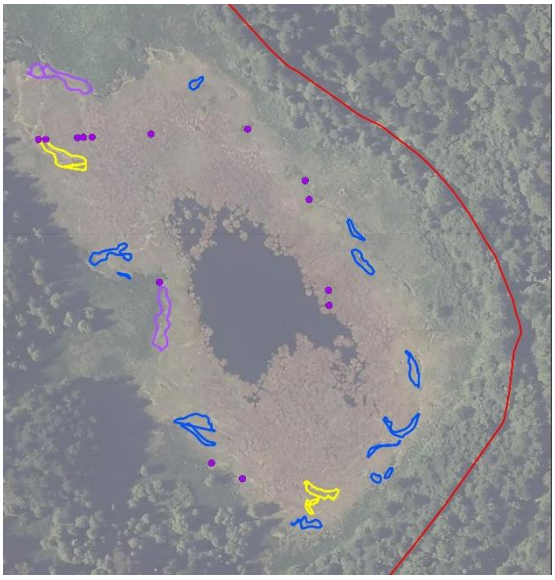


Figure 23 : Schématisation du 1er anneau du complexe amont, le plateau central

2e anneau : une unité intermédiaire formant un joint discontinu



Ce deuxième anneau est composé de plusieurs UFE et n'est pas continu. Il est constitué notamment du réseau de fosses périphériques, plus présentes sur le versant est que le versant ouest, et entoure le grand replat central. Ces fosses sont situées sur le versant présentant les ruptures de pentes les plus abruptes, mises en évidence dans l'étude de la topographie. Cela a des conséquences sur les flux d'eau et d'éléments, et donc sur les plantes présentes. On constate également la présence de buttes, de replats et de mares au sein de ce deuxième anneau.

Les tremblants à *Sphagnum fallax* sont des zones de croissance active (turfigénèse) peu élevées. Elles se situent à l'arrivée de cônes mineurs de déjection (liés à des apports d'eaux concentrés à ces endroits). L'eau amenée est plus riche en nutriments qu'ailleurs, et des exports réguliers de matériaux ont lieu du fait de débits relativement plus importants. Ces flux entraînent une stabilité entre création de tourbe par croissance des sphaignes et export de matière végétale, l'état de conservation de ces communautés est donc stable.

Au sein de cet ensemble, on observe notamment de grands replats à *S. tenellum* dont l'épaisseur est constante, ce qui semble indiquer que l'unité agit en nappe glissante et couvre le sol sans pouvoir réellement édifier une couche de tourbe.

3e anneau : deux moliniaies périphériques

Ce troisième ensemble se situe sur les pentes de l'APPB. Dans un contexte « habituel », ce type de communauté végétale présente beaucoup plus de saules et évolue vers un milieu arboré, une boulaie sur sphaignes. Or, comme le montre la photo-interprétation menée sur ces 60 dernières

années, les superficies arbustives ne progressent quasiment pas. C'est le couvert herbacé en place qui reste dominant. Il est composé comme suit :

- Une moliniaie pauvre en bryophytes présentant de grandes étendues de touradons, notamment sur les cônes de déjections (majeur et mineurs) ;
- Une moliniaie riche abritant localement une plus grande diversité de plantes, sphaignes vertes et vasculaires. Elle est présente en alternance avec la moliniaie pauvre.

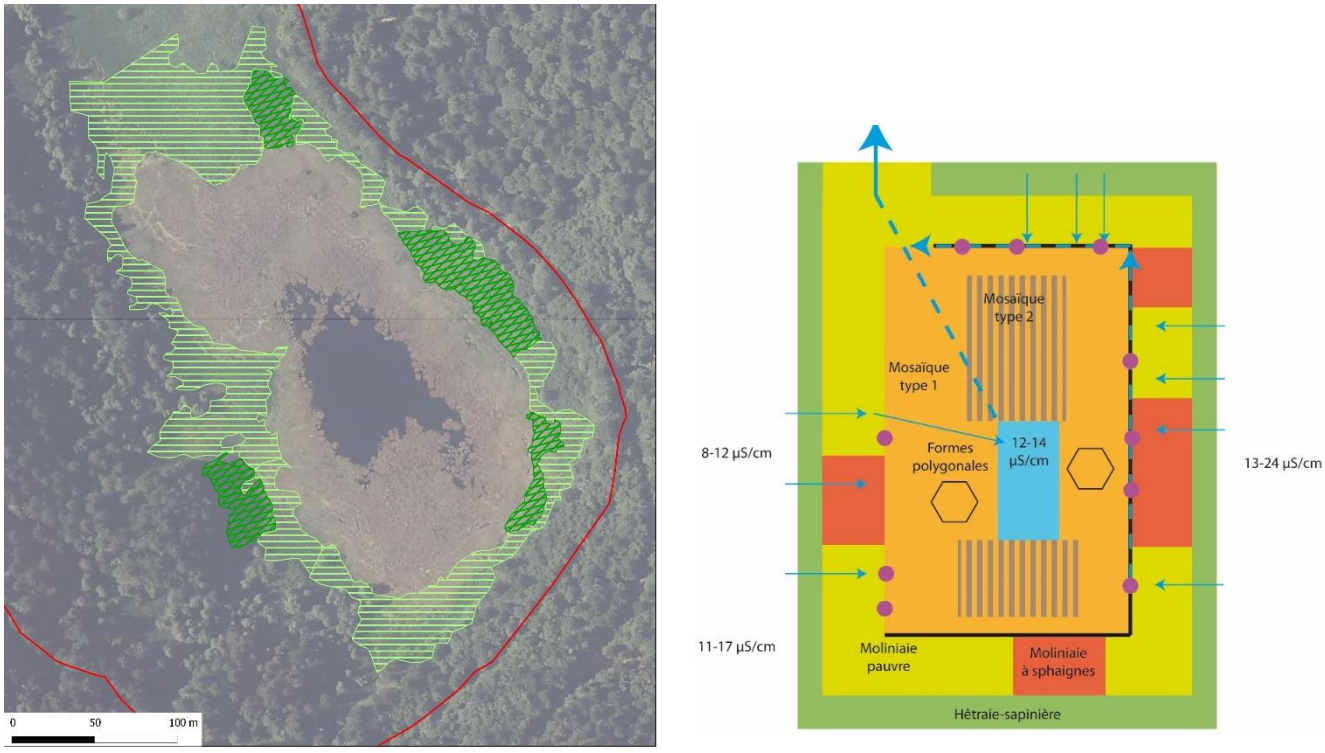


Figure 24 : Schématisation du complexe amont : flux d'eau et organisation spatiale des différentes grandes unités végétales

Tourbières périphériques (intra-forestières) – GOUBET 2017

Sur une année complète et pour tous les types de tourbière s'observent les mêmes grandes périodes décrites pour des zones humides. Celles-ci ont la particularité de cumuler deux types d'apports en eau : recharge par nappe (longue), et par précipitations ponctuelles (régime ombrotrophe sur quelques jours).

- hiver hydrologique : niveau de charge en eau variant plus ou moins selon les secteurs, selon les apports en eau ; les nappes et les précipitations jouent un rôle d'alimentation des complexes ;
- période de transition printanière : baisses de charge régulières, l'alimentation par la nappe diminue, interrompues de remontées liées aux précipitations ;
- régime hydrologique estival : épuisement de la recharge par nappe du fait de la demande croissante de la végétation, passage en fonctionnement uniquement lié aux précipitations ; descente généralisée des niveaux d'eau stockée ;
- période de transition automnale : remontée progressive des niveaux ;

Le modèle hydro(géo)logique en contexte granitique classique ne trouve aucune contradiction dans les données collectées sur la Réserve naturelle en 2017 et 2018. **L'hypothèse posée est donc que les eaux des précipitations s'infiltrent sur les crêtes-plateaux pour rejoindre une nappe probable dans les granites altérés et dans leurs altérites sus-jacentes. Cette nappe diffuse dans certains secteurs à travers les formations superficielles, ce qui a permis la mise en place de bas-marais oligotrophes. La turfigenèse a été permise par l'existence d'un écoulement ascendant par transfert de charge.** (cf. concept général ci-dessous)

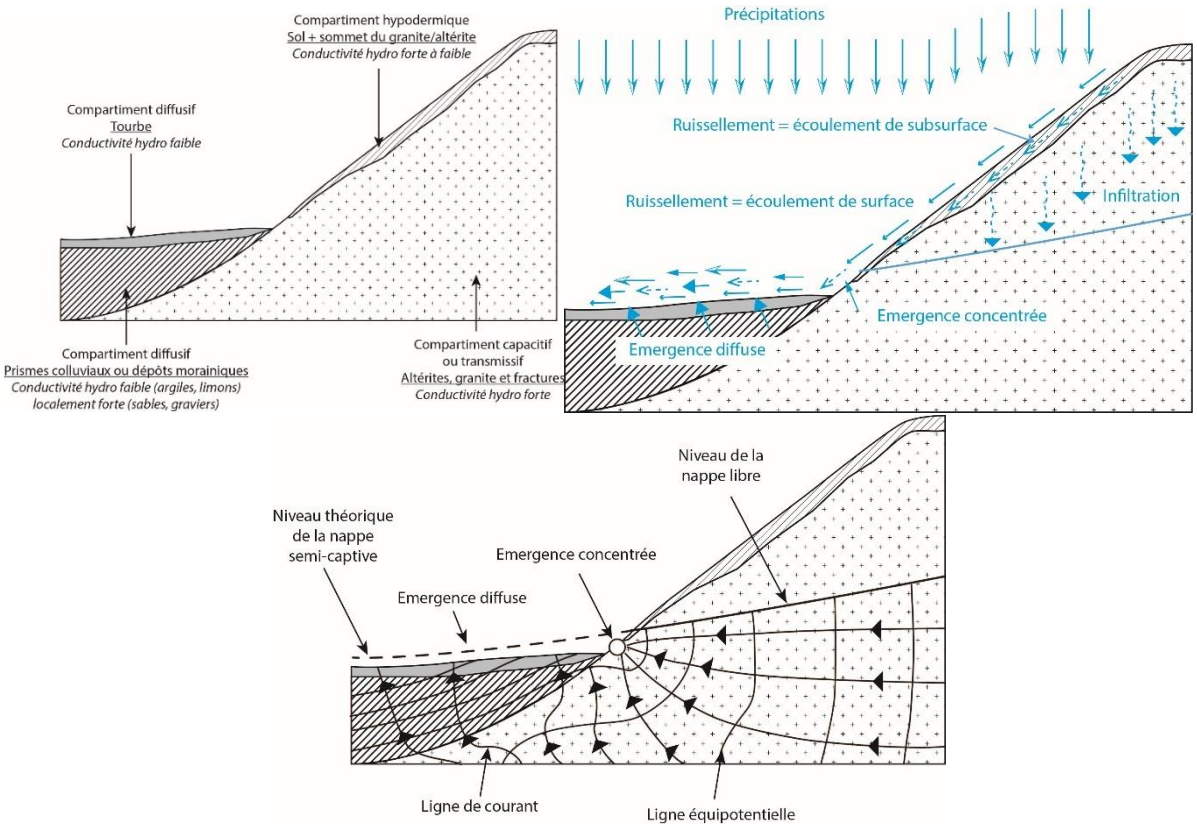


Figure 25 : Modèle général hydrogéologique de mise en place et de fonctionnement des tourbières de pente (minérotrophes) de la Réserve naturelle

Les contextes topographiques dans lesquels s'est réalisée cette diffusion de l'écoulement provenant des nappes sont variés. Il en existe en rebord de crête-plateau (haut de parcelle 168), plus classiquement en bas de versant (bas de parcelle 169). Certains secteurs correspondent également à des lieux de concentrations des écoulements de surface et de subsurface, mais ce n'est pas une généralité.

La construction des édifices tourbeux par transfert de charge ne semble plus effective aujourd'hui, par déconnexion de la nappe et de la surface. La partie supérieure de la tourbe est donc le plus souvent baignée par de l'eau de pluie, en particulier en été, encourageant des espèces de type ombrotrophes à s'installer.

La partie inférieure des édifices tourbeux, constituée de tourbe de bas-marais, rend semi-captive la nappe des formations superficielles minérales sous-jacentes.

Ce modèle respecte une bonne logique fonctionnelle et explique que les niveaux de nappe aient peu changés ces 700 dernières années. Pour autant, certains secteurs ne répondent pas à cette logique fonctionnelle (haut de parcelle 146).

Dans un contexte de changement climatique, la fonctionnalité hydrologique de ces milieux est questionnée quant à son devenir.

Lac de machais – Fonctionnement hydrologique

Les hauteurs d'eau dans le lac et dans le ruisseau sont proportionnelles une bonne partie du temps, sauf dans les périodes d'extrêmes hauteurs ou d'étiage. Ce dernier fait n'est pas simple à expliquer car le lac et son bassin versant n'est qu'un des sous-bassins du ruisseau à l'endroit du suivi. De plus, la sonde du ruisseau mesure une hauteur d'eau qui n'est pas un débit. La relation lac-ruisseau est donc possiblement non linéaire, juste pour des raisons protocolaires. Ceci dit, si le lac ne correspond qu'à une partie du bassin versant de la Goutte, le fonctionnement de ce bassin versant semble assez comparable à celui du bassin versant du lac. **Le lac joue donc un rôle de stockage et de régulateur d'écoulement. Son**

amplitude maximale enregistrée est de 80cm, comme cela était déjà le cas dans une étude antérieure (2011), renforçant l'hypothèse d'un verrou sous-jacent à la tourbe. En été, un niveau « limite » semble caractériser la goutte à 20cm, et le lac à 5.84m. L'hiver ne présente pas de niveau de base. Des variations rapides de grande ampleur peuvent être enregistrées durant cette saison.
Les ruisseaux du bassin versant contribuent à l'écoulement de la goutte de machais uniquement en période de fortes précipitations ou de fonte des neiges.

Milieux forestiers

Concernant les forêts de la Réserve naturelle, il n'y a pas d'études à proprement parler réalisées concernant leur fonctionnalité et leur dynamique. Toutefois le PSDRF (cf. partie suivante) permet d'aborder ces notions.

3.2.4. Etat de conservation des habitats

L'état de conservation des habitats a été évalué selon les dernières études à disposition (COLIN et al. 2017, CLIMAX 2018 ; PSDRF, 2019).

Lac de machais – population piscicole et changement climatique

L'étude des peuplements piscicoles a mis en évidence en 2017 la présence de la truite fario et de la Tanche dans le plan d'eau, et la reproduction de celle-ci est avérée, et ce de manière annuelle.
La reproduction des poissons étant température – dépendante, les incertitudes sont grandes quant aux impacts potentiels du changement climatique sur ces espèces allochtones. Une veille est donc indispensable à mettre en place.

Etat de conservation des milieux tourbeux : typicité floristique, dynamiques et atteintes

Typicité floristique

Les évaluations montrent une majorité de typicité très bonne à bonne qui atteint presque la moitié de la superficie cartographiée. L'état très mauvais n'est jamais noté ; l'état de niveau moyen a été affecté à la moitié de la superficie totale.

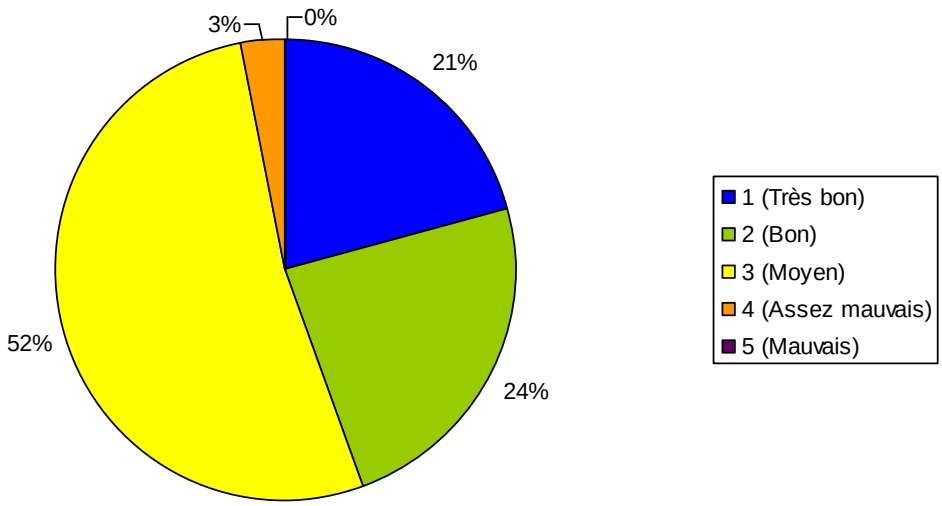


Figure 26 : Typicité floristique globale en pourcentage (superficie)

La tourbière centrale présente une typicité floristique de meilleure qualité que celle des tourbières intraforestières (figure suivante).

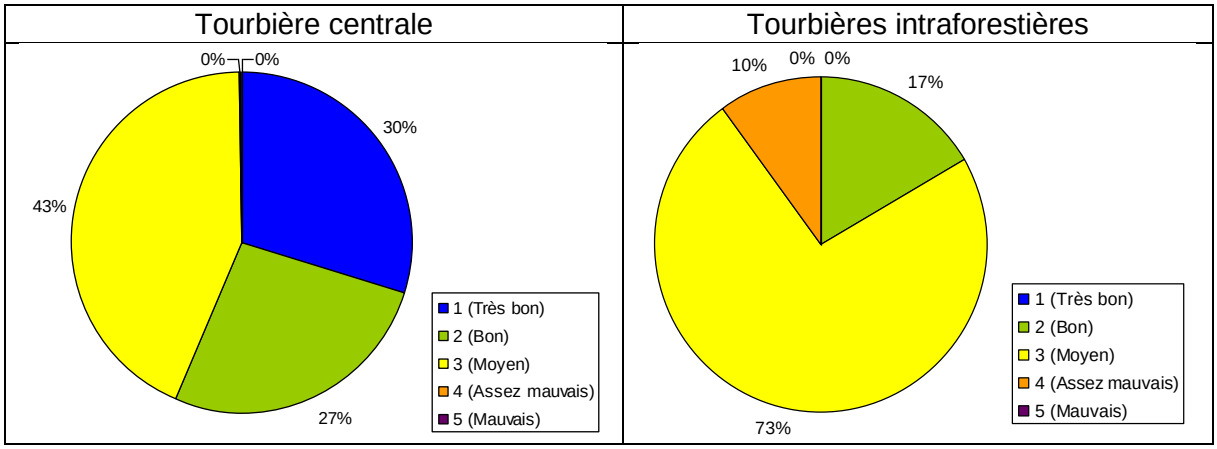


Figure 27 : Typicité floristique en pourcentage (superficie) par types de sites

Dynamiques de la végétation

Les végétations observées, particulièrement dans la tourbière centrale, sont majoritairement dans un état stable.

Cependant l'évolution des écosystèmes tourbeux étant réputée très lente, une appréciation plus espacée dans le temps, s'appuyant sur des états antérieurs serait nécessaire pour être pertinente.

Type	Sup. (ha)
Stable	15,352
Régressive (Cervidés, Suidés)	0,733
Régressive (Anthropique)	0,025
Progressive	0,945
Perturbé	0,001
Total :	17,056

Tableau 12 : Types d'évolutions constatées en superficies

Certaines évolutions régressives sont dues aux ongulés. Le piétinement et travail du sol, (boutis) et la consommation des ligneux ont été enregistrés comme des atteintes.

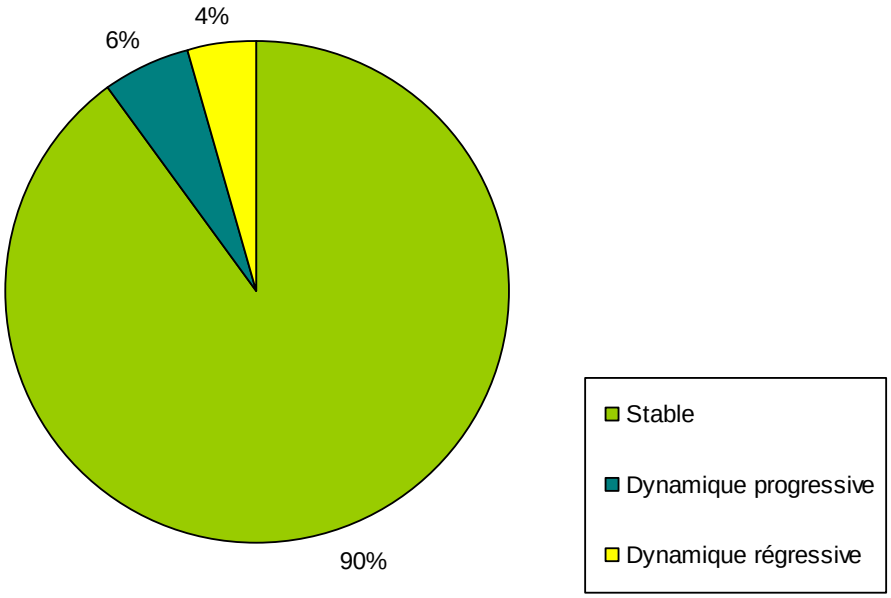


Figure 28 : Dynamique observée en pourcentages (superficie)

D'autres dynamiques sont propres à la tourbière centrale, notamment du fait des variations du niveau des eaux qui favorisent les végétations pionnières.

Atteintes observées

Le site semble peu perturbé quant à ses caractéristiques physico-chimiques (alimentation en eau, pollution, etc.). D'autre part, il bénéficie d'une surveillance assurée par les acteurs de la réserve et d'acteurs associés.

Les atteintes observées sont peu nombreuses (29 unités de végétation) et ne comportent que six types (tableau suivant). La superficie totale concernée par au moins une atteinte est inférieure à 1 hectare, ce qui signifie que moins de 5% de l'espace étudié est touché.

Par conséquent, l'état de conservation est souvent d'un niveau proche de celui de l'état floristique.

Le tableau suivant détaille les atteintes observées. L'essentiel provient des cervidés et suidés. Ces animaux piétinent les habitats tourbeux, retournent le sol (boutis) ou affectent la végétation ligneuse (écorçage, abroutissement).

Les effets directs des cervidés sur les plantes herbacées n'ont pas été évalués.

Catégorie d'atteinte	Superficie (m²)	En nombre
1. Piétinement par cervidés et sangliers	6817,6	12
2. Abroutissement, écorçage de ligneux	1071,2	9
3. Sol retourné par sangliers (boutis)	593,2	4
4. Coupes de ligneux	226,0	1
5. Piétinement humain	25,9	1
6. Perturbation non expliquée	15,0	2
TOTAL	**8748,9**	**29**

Tableau 13 : Catégorie et ampleur des atteintes relevées sur les habitats tourbeux

Conclusion : Evaluation de l'état de conservation des habitats tourbeux

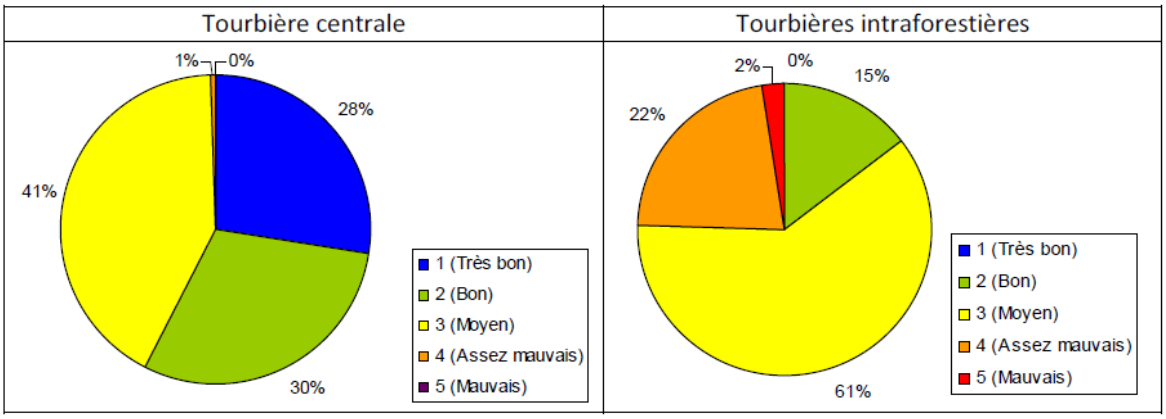


Figure 29 : Etat de conservation global des deux grands types de sites tourbeux

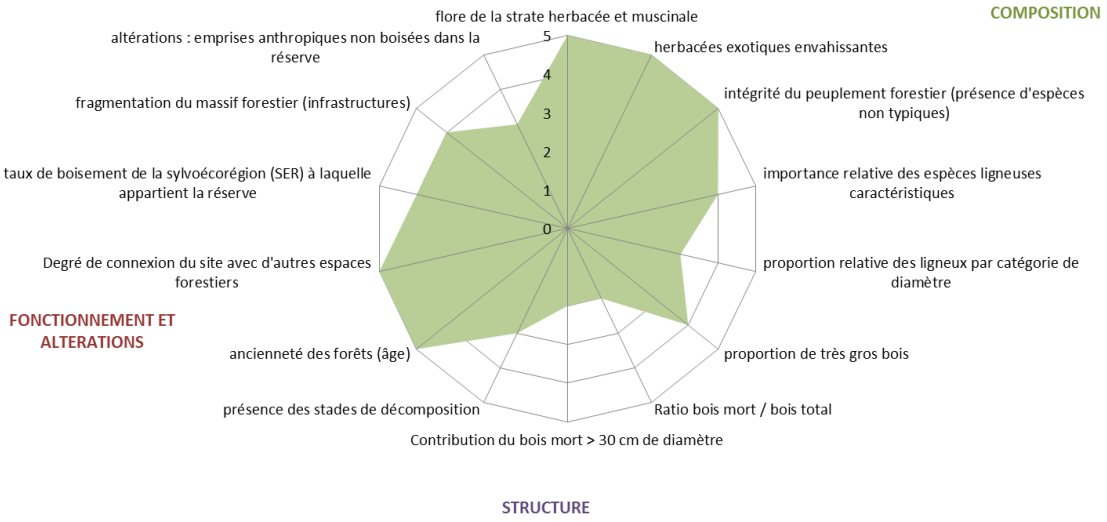
La tourbière centrale présente près de 60% de ses végétations en bon à très bon état de conservation. Cette bonne à très bonne qualité est la conséquence de la bonne intégrité du site en termes de fonctionnement qui est reflétée par la végétation qui s'y développe. L'interdiction de la zone au grand public participe à la faible expression des atteintes qui pourraient en découler.
L'ensemble des tourbières intraforestières montre un état de conservation moins bon. L'état très bon n'a pas été affecté et la classe d'appréciation majoritaire est celle de niveau moyen.
La part des habitats en mauvais état est très faible (8%).

Les Cartes n° 14 (a à i) du Tome 4 illustrent spatialement ces résultats.

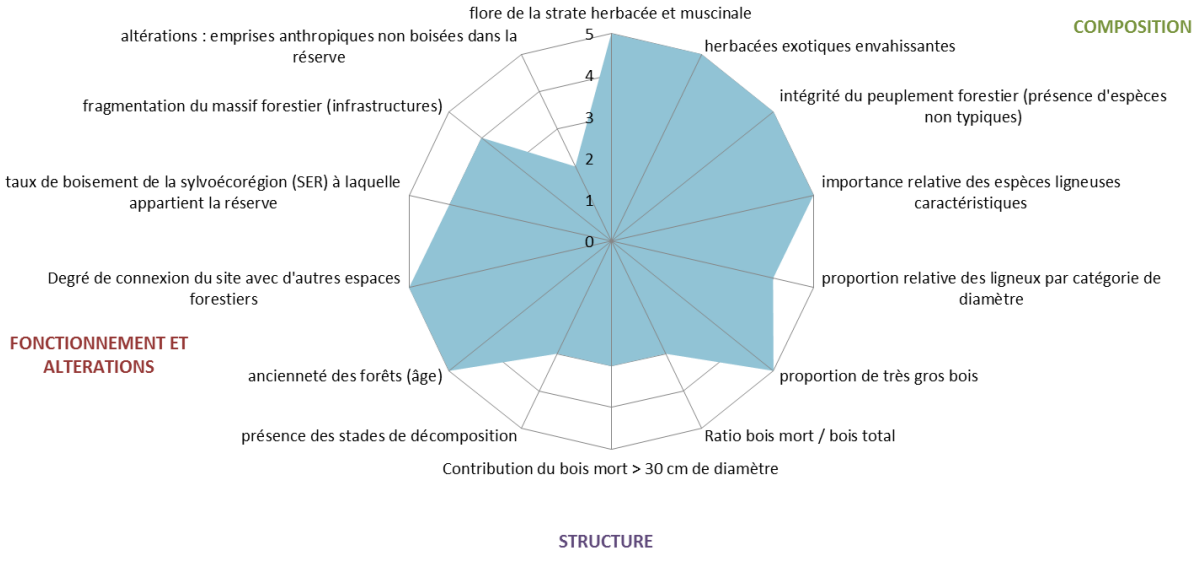
Habitats aquatiques – cf. partie 2.3.6 étude IBGN 2014 et EPT 2019-2020

Évaluation de l'état de conservation des habitats forestiers de Machais en 10 ans : hêtraie montagnarde à luzule et hêtraie neutrophile

Etat de conservation des hêtraies sapinières à Machais en 2009 selon les paramètres PSDRF



Etat de conservation des hêtraies sapinières à Machais en 2019 selon les paramètres PSDRF



Composition des peuplements (strates muscinale, herbacée, ligneuse, espèces exotiques envahissantes)

L'évaluation de la composition des habitats forestiers est globalement favorable sur les deux cycles, pour les trois strates visées (muscinale, herbacée et ligneuse) : les essences attendues sont présentes et plutôt bien réparties sur le territoire et dans les différentes catégories de diamètres. Il n'y a aucune essence exotique et/ou envahissante répertoriée, ce qui est une bonne nouvelle dans le contexte actuel d'évolution globale.

Par ailleurs, l'inventaire des bryophytes de 2012 par D. CARTIER a permis d'inventorier 100 espèces de bryophytes sur 25 des 90 placettes du PSDRF. Le cortège identifié a été considéré comme fidèle au climat de transition entre un climat océanique et un climat continental dégradé régnant au sein de la Réserve, et présentant un caractère patrimonial tant à l'échelle de la Lorraine qu'à l'échelle européenne.

On note en 2019 la présence du sapin dans toutes les classes (de la régénération au TGB), ce qui n'était pas le cas en 2009. Toutefois il l'est en faible densité, alors que le hêtre augmente en 10 ans dans toutes les classes avec des proportions considérables. Cela augure du nouveau visage que pourraient présenter à terme les forêts de la Réserve.

L'épicéa, qui a été planté par l'Homme mais n'est pas considéré comme « exotique » dans la notation, a fait l'objet de mesures de gestion spécifiques (essence ciblée dans les exploitations, maintien principalement sous forme de bois mort de gros diamètre), qui limitent sa progression éventuelle dans le peuplement. Sa présence participe à la diversité globale des forêts à Machais.

Structure des peuplements (catégories de diamètre, compartiment bois mort)

Si l'on s'en tient *stricto censu* à l'évolution des indicateurs, ceux-ci semblent aller dans le bon sens et donc l'évaluation de l'état de conservation s'améliorer sur ce paramètre entre les deux cycles. Toutefois la prudence est de mise et cela pour deux raisons :

- tout d'abord les intervalles de confiance se chevauchent largement, ce qui empêchent de conclure à une évolution significative. 10 ans est en effet un pas de temps relativement court à l'échelle des milieux forestiers.
- De plus, ces indicateurs sont pour la plupart constitués de pourcentages, donc de valeurs relatives et non absolues, ce qui peut masquer une situation qui empire / cacher une absence d'évolution.

L'exemple le plus frappant concerne le ratio bois mort / bois total. Cet indicateur augmente de 1% en 10 ans ; toutefois, ce n'est pas tant le volume de bois qui augmente (+3.4 m3/ha tout de même) que le volume de bois vivant qui diminue de manière plus significative (-27.3 m3/ha). On a donc l'impression que le volume de bois mort augmente dans la forêt, ce qui écologiquement est l'objectif visé, alors qu'en fait c'est le volume de bois total qui diminue, ce qui écologiquement semble beaucoup moins favorables aux habitats...
Dans tous les cas, sa notation en 2019 à 5.9% est encore loin du 15% considéré comme optimum du point de vue de l'écologie forestière.
Le constat est similaire pour l'indicateur proportion de TGB : celui-ci progresse en % dans le peuplement, mais plus du fait d'un ré-équilibrage des % entre catégories de diamètre suite à l'exploitation que d'une augmentation en nombre de tiges à l'hectare de ces arbres.

Concernant la contribution du bois mort de diamètre >30cm, on observe une augmentation de 8% en 10 ans ce qui est très encourageant, et n'est pas dû à un biais de calcul. Même si l'intervalle de confiance n'est pas discriminant, cette observation sur un pas de temps de 10 ans montre un début de tendance que l'on espère voir se concrétiser, notamment via la co-construction du prochain PAF et l'identification de mesures spécifiques.

Les stades de décomposition les plus avancés (4 et 5), absents il y a 10 ans, font leur apparition dans les relevés, ce qui confirme que le bois mort au sol est maintenu en l'état afin de participer à la diversité forestière. Toutefois ils n'atteignent pas encore les seuils minimaux de 5% fixés par la bibliographie, d'où une note qui n'évolue pas.

Fonctionnement et altérations

L'ancienneté des forêts de la Réserve naturelle, leur continuité écologique et leur connexion à d'autres massifs forestiers plus vastes sont des facteurs optimaux de l'évaluation de l'état de conservation, et se maintiennent dans le temps.

Toutefois, une fragmentation des habitats existe et des emprises anthropiques pérennes non négligeables sont relevées : route départementale, surface de desserte forestière au sein de la Réserve naturelle. Les risques inhérents à l'existence de ces altérations doivent être prise en compte par le PAF et le plan de gestion, évalués et anticipés, voire réduits quand cela est possible : évolution du schéma de desserte dans le cadre de la révision du PAF, mesures générales d'exploitation ; encadrement des modalités d'entretien de la départementale, etc.

Pour l'ensemble des milieux forestiers de la Réserve, **les facteurs actuels influençant leur état de conservation** sont donc les suivants :

- la gestion forestière passée et actuelle, qui influe à la fois sur la structure, la biodiversité et la fonctionnalité de ces milieux. Les forêts de la Réserve ont depuis longtemps été largement façonnées par l'homme et continuent de l'être. Elles demeurent une ressource économique pour la commune propriétaire. L'objectif de production est fixé par le plan d'aménagement forestier qui s'applique sur ces forêts soumises, classées en Réserve naturelle ;
- le tassement des sols sensibles à faible activité biologique par les débardages ;
- des cycles de régénération courts entraînant la raréfaction des stades âgés (plus de 150 ans) ;
- l'infiltration par semis d'épicéas allochtones ;
- la pression d'abroutissement ;
- la pollution atmosphérique en général (Précipitations acides & précipitations d'azote - en moyenne et en général plus de 15 kg d'azote minérale par hectare et par an-) ;
- les changements climatiques.

Arbres bios et arbres morts

Parcelle	nombre d'arbres morts 2002	Nombre d'arbres morts 2011	Volume 2002	Volume 2011	Nombre d'arbres bios en 2011	Volume d'arbres bios en 2011
144	31	46	40,77	82	14	56
145	33	58	37,75	93	12	47
146	53	97	53,12	133	27	141
168	29	94	34,69	181		
169	19	39	16,06	83		
170	24	48	25,76	69		
171	68	24	124,43	42		
173	30	38	64,32	51		
TOTAL	**287**	**444**	**396,9**	**734**	**53**	**244**
Nombre/ha ou volume / ha	***2,4***	***3,7***	***3,31***	***6,12***	***0,44***	***2,03***

Fin 2002, les arbres morts répertoriés représentent ainsi 287 tiges pour 397 m^3 sur l'ensemble de la Réserve, soit 3,70 m^3 par hectare boisé. On constate que **fin 2011**, ces nombres sont passés à **444 tiges pour un volume global de 734 m3, soit quasiment le double en 9 ans.**

Le volume de bois mort que cela représente à l'hectare, bien qu'en progression, reste faible par rapport aux valeurs de références. Aux niveaux national et européen, des propositions sylvicoles sont formulées : un objectif pour les forêts gérées égal à 15 m^3/ha à moyen terme, dont 5 à 10 m^3 dès que possible, comprenant 2 chablis et 2 volis à l'ha de diamètre supérieur à 40 cm. Elles sont discutées et économiquement chiffrées pour participer à la restauration d'un compartiment de bois mort susceptible de permettre la conservation durable de la biodiversité dépendant du bois mort, et pour garantir un bon fonctionnement de l'écosystème forêt (cycles géochimiques, productivité).

On peut toutefois espérer que les efforts menés actuellement par l'ONF verront encore ces chiffres progresser durant le prochain plan de gestion et atteindre les seuils minimaux fixés par l'Europe.

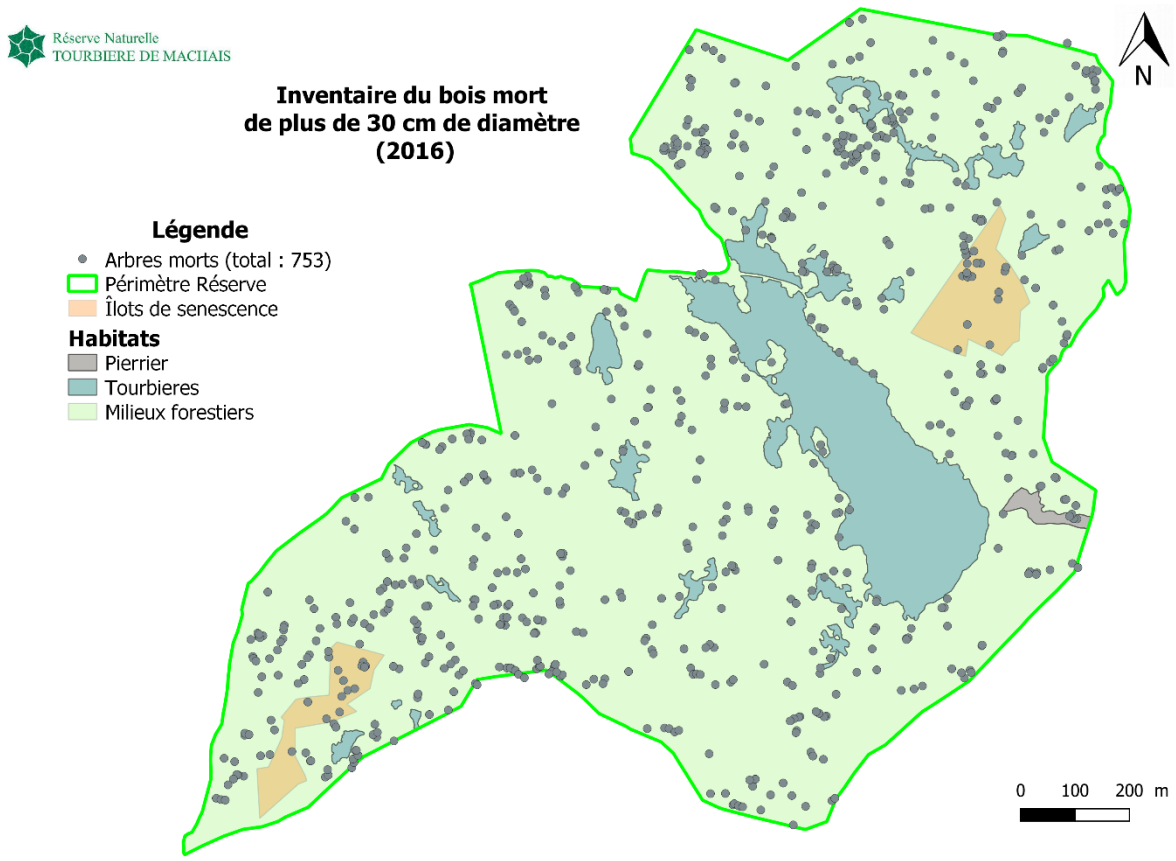
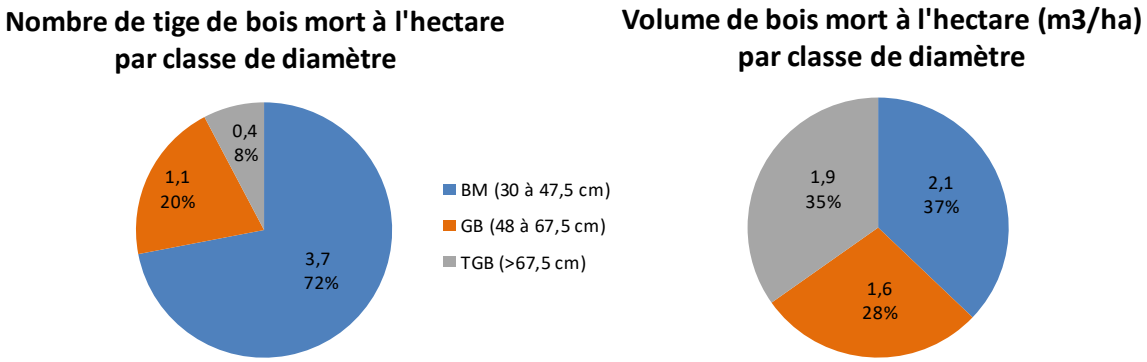
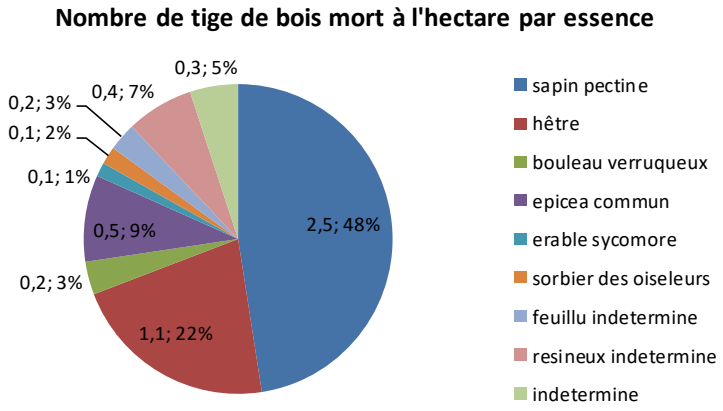


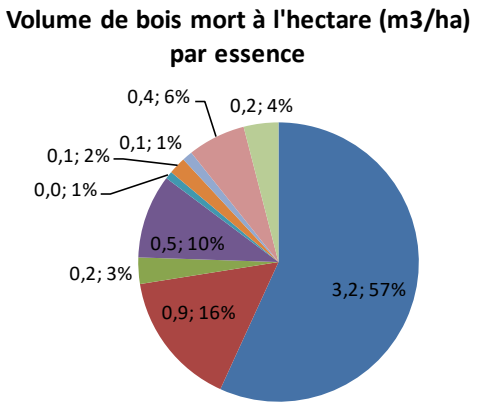
Figure 30 : Carte de localisation des arbres morts de plus de 30 cm de diamètre inventoriés sur la Réserve en 2016



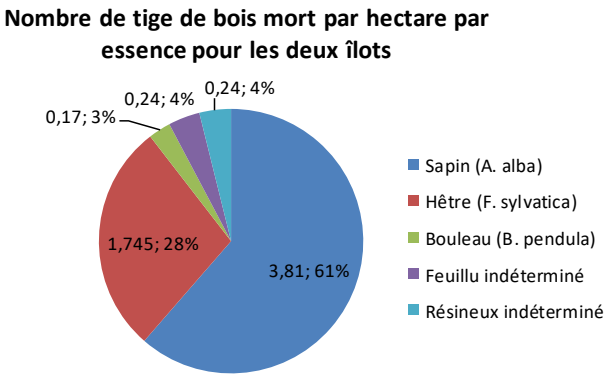
Sur la réserve, le nombre de tiges de bois mort est majoritairement représenté par des bois moyens d'un diamètre compris entre 30 et 47,5 cm de diamètre (et les stades de pourriture sont peu avancés). Par contre, le volume de bois mort est réparti de manière plus homogène entre les différentes classes de diamètre. Cela signifie que les bois moyens sont plutôt de petit diamètre, les gros bois sont à peu près représentés par l'ensemble des diamètres et les très gros bois sont surtout de diamètre important (moyenne 1 m de diamètre).

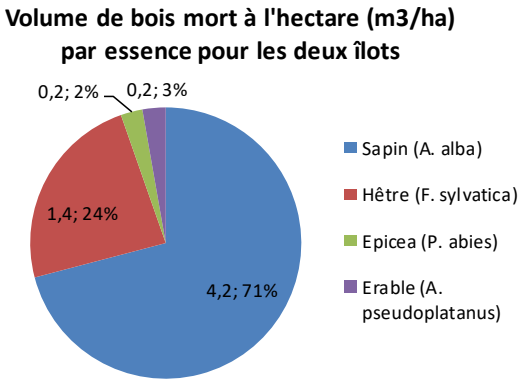
La répartition du nombre de tige par catégorie de diamètre est similaire sur la Réserve naturelle et dans les îlots (BM 72 *vs* 75% ; GB 20 *vs* 16% ; TGB 8 *vs* 9%) (voir figure ci-dessous). Par contre, le volume de bois mort sur les îlots est majoritairement représenté par du bois moyen. Les volumes de GB et TGB mort montrent qu'il s'agit d'arbres plus petits que sur la totalité de la Réserve.





Sapin et hêtres sont majoritaires que ce soit en nombre de tige/ha et en volume/ha au sein de la Réserve naturelle, comme pour les îlots. Le nombre d'essences est plus diversifiée que pour les îlots. Le volume de sapin mort est moins important sur la réserve naturelle qu'en moyenne sur les deux îlots (préservation du sapin dans les deux îlots).





Conclusion et perspectives

Le volume de bois mort (>30cm de diamètre) à l'hectare présent tant sur la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais que dans les îlots de sénescence Natura 2000 est faible au regard des objectifs idéaux d'une forêt à caractère naturel, reflétant la longue exploitation historique de ce secteur. L'évolution des mesures de gestion commence à se faire sentir au bout de 10 ans via les tendances légères à la hausse détectées par le PSDRF.

Pour autant, l'inventaire en plein de ces bois morts montrent plusieurs éléments intéressants :

- Le maillage de l'ensemble des parcelles de la Réserve naturelle, maillage favorable aux espèces et à leur dispersion, qu'il conviendra de préserver ;
- La présence de toutes essences et toutes classes de diamètre, y compris les gros diamètres qui sont significativement plus favorables à l'accueil de biodiversité. Cela renforce les potentialités d'accueil, au sein de la Réserve naturelle en général ;
- Des stades de pourriture encore peu avancés, reflet d'une évolution récente des pratiques de gestion, et qui à terme offriront également d'autres habitats pour les espèces ;

Les objectifs de gestion sont donc de 2 types :

- Préserver l'existant sur le long terme
- Favoriser l'augmentation du volume par hectare de bois mort de manière systématique et continue dans le temps

Pression d'abroutissement sur la myrtille et les classes 1 et 2 du sapin – relevés 2018

Préambule : la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais occupe une superficie modeste (150 ha) au regard des tailles des domaines vitaux des animaux sauvages, de même qu'au regard des périmètres régissant la chasse. Cette étude avait pour objectif de dresser un état des lieux au sein de la Réserve naturelle, mais cette problématique doit être envisagée de manière plus large pour arriver à une gestion globale cohérente ayant des effets.

** Méthodologie*

Le maillage utilisé est celui du PSDRF, soit 1 point à l'hectare. Les relevés ont été effectués pour 2 essences indicatrices :

- Myrtille
- Sapin : séparé en deux classes
    - Classe 1 : hauteur <50 cm
    - Classe 2 : hauteur > 50 cm et diamètre inférieur à 7.5 cm

Trois paramètres ont été étudiés :

- Placettes présentant la/les essence(s) et pourcentage de recouvrement
- Classe de hauteur
- Taux d'abroutissement

3 sous-placettes d'1,50 mètre de rayon disposées en étoile à 10 mètres du centre des 84 placettes PSDRF de la Réserve ont été inventoriées, soit un total de 252 relevés.

<u>Calcul de la pression d'abroutissement :</u>

Un groupe de travail de la société forestière suisse (Verbiss 2003) a défini un **seuil critique d'abroutissement du sapin de 9%**. Afin d'évaluer le nombre de placette atteignant ce seuil critique d'abroutissement sur la Réserve, deux classes de pourcentage d'abroutissement ont été définies :

- classe 1 [0-8%]
- classe 2 [9-100%]

L'absence d'information sur un seuil critique d'abroutissement pour la myrtille ne nous a pas permis d'établir de classe en fonction de ce critère. Quatre classes « arbitraires » de pourcentage d'abroutissement ont donc été définies afin d'analyser une gradation éventuelle de ce facteur :

- classe 1 : [0-25%]
- classe 2 : [26-50%]
- classe 3 : [51-75%]
- classe 4 : [76- 100%]

Enfin une valeur d'abroutissement général sur l'ensemble des placettes de la Réserve a été calculée et correspond à la moyenne des valeurs d'abroutissement des placettes sur lesquelles les essences sont présentes.

** Résultats*

- **Myrtille**

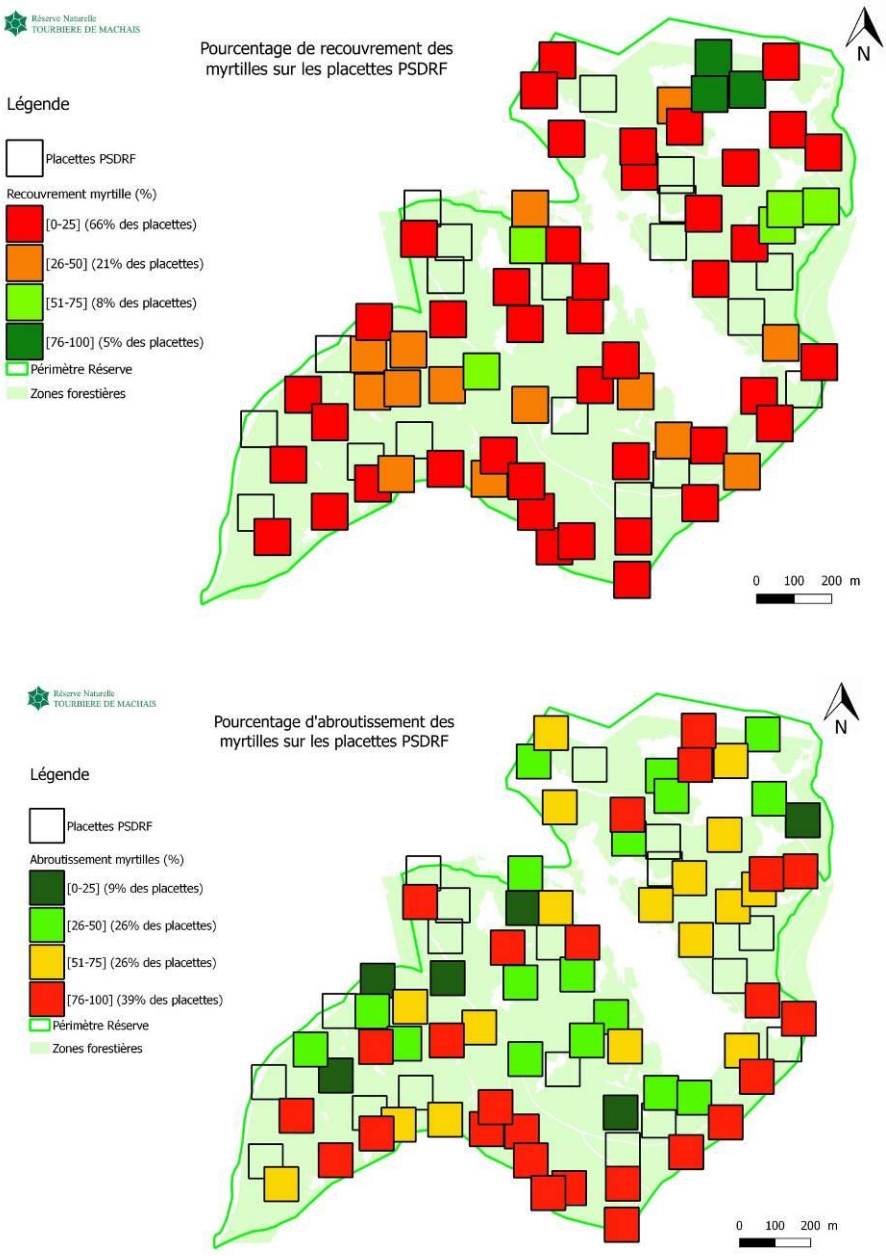


Figure 31 : Eléments bilans concernant la présence de la myrtille

La hauteur moyenne de la myrtille est inférieure à la normale sur la Réserve, sa faible proportion de recouvrement (23% en moyenne), et la pression d'abroutissement relevée sur 95% des placettes où l'essence est présente, mettent en évidence des freins au développement naturel de cette plante sur la Réserve. Bien que différents facteurs puissent influencer le développement de cette essence, la pression d'abroutissement semble être un facteur limitant non négligeable qui impacte son état de conservation sur la Réserve.

- **Sapin**

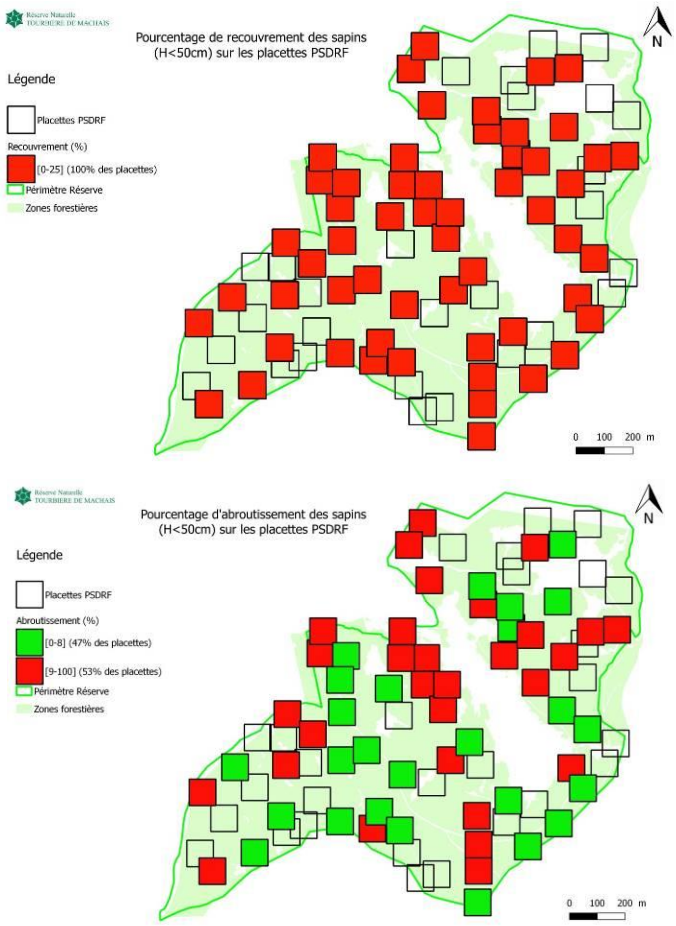


Figure 32 : Eléments bilans concernant le sapin de classe 1(hauteur < 50cm)

Concernant les semis de sapin, le taux de recouvrement moyen est très faible, 8.5%, et plus de la moitié de ces placettes atteignent le seuil critique d'abroutissement (9% et plus). Cela pose question sur le devenir de ces semis malgré leur large répartition au sein de la réserve.

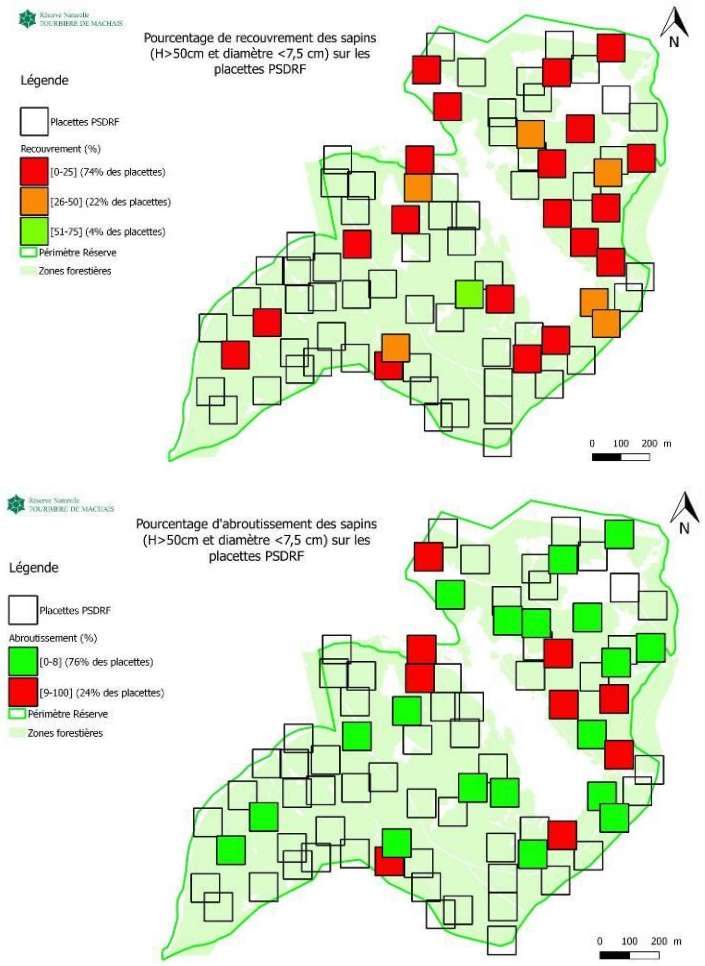


Figure 4 : Eléments bilans concernant le sapin de classe 2 (>50cm de hauteur et de moins de 7.5cm de diamètre)

Pour les sapins de plus de 50 cm de haut et d'un diamètre supérieur à 7.5 cm, leur présence plus marginale, majoritairement associée à une faible proportion de recouvrement et à un seuil critique d'abroutissement atteint pour plus de 30% des placettes, semblent également alerter sur l'état de conservation de cette essence sur la Réserve.

Conclusion générale

Les modes de traitements identifiés dans le PAF visant à favoriser le sapin et conserver des trouées favorables au développement de la myrtille, afin de favoriser une structure de peuplement favorable au Grand Tétras, ne semblent pas être suffisantes pour assurer un bon état de conservation de ces essences sur la Réserve.

D'autre part, en 2009, l'étude du GTV sur la notation des habitats favorables au Grand Tétras sur la Réserve, précisait que les peuplements n'étaient pas favorables au Grand Tétras et mettait en évidence la très faible capacité d'accueil de la Réserve pour l'espèce (Audinot 2009).

L'évaluation de la présence de ces deux essences et de leur taux d'abroutissement en 2018 semble également remettre en question la qualité de l'habitat forestier compte tenu des exigences écologiques de l'espèce. Ce facteur limitant pourrait jouer un rôle dans l'absence d'observation d'indices de présence de Grand Tétras sur la Réserve depuis 2014.

Un habitat forestier disparu en 30 ans : la hêtraie subalpine

comm. Pers. JC RAGUE 2021

La dégradation de l'ensemble de l'habitat sur le secteur de Ronde-Tête est flagrant :

- Dégradation de la strate herbacée avec disparition des espèces indicatrices (*Rumex arifolius*, *Polygonatum verticillatum*, *Athyrium distentifolium*, *Prenanthes purpurea*, Poaceae spp.) ;
- Dégradation de la strate arbustive avec disparition d'espèces (*Rosa* spp. *Lonicera nigra*, *Ribes* spp., *Sambucus* spp.)
- peu de régénération

Les espèces caractéristiques de la Hêtraie subalpine vosgienne anciennement présentes sont aujourd'hui absentes, à l'exception de *Acer pseudoplatanus* adulte, peu fiable à lui seul pour caractériser l'*Aceri-Fagetum.*

C'est particulièrement net en partie amont mais encore sensible en aval au carrefour du Col de l'Étang.

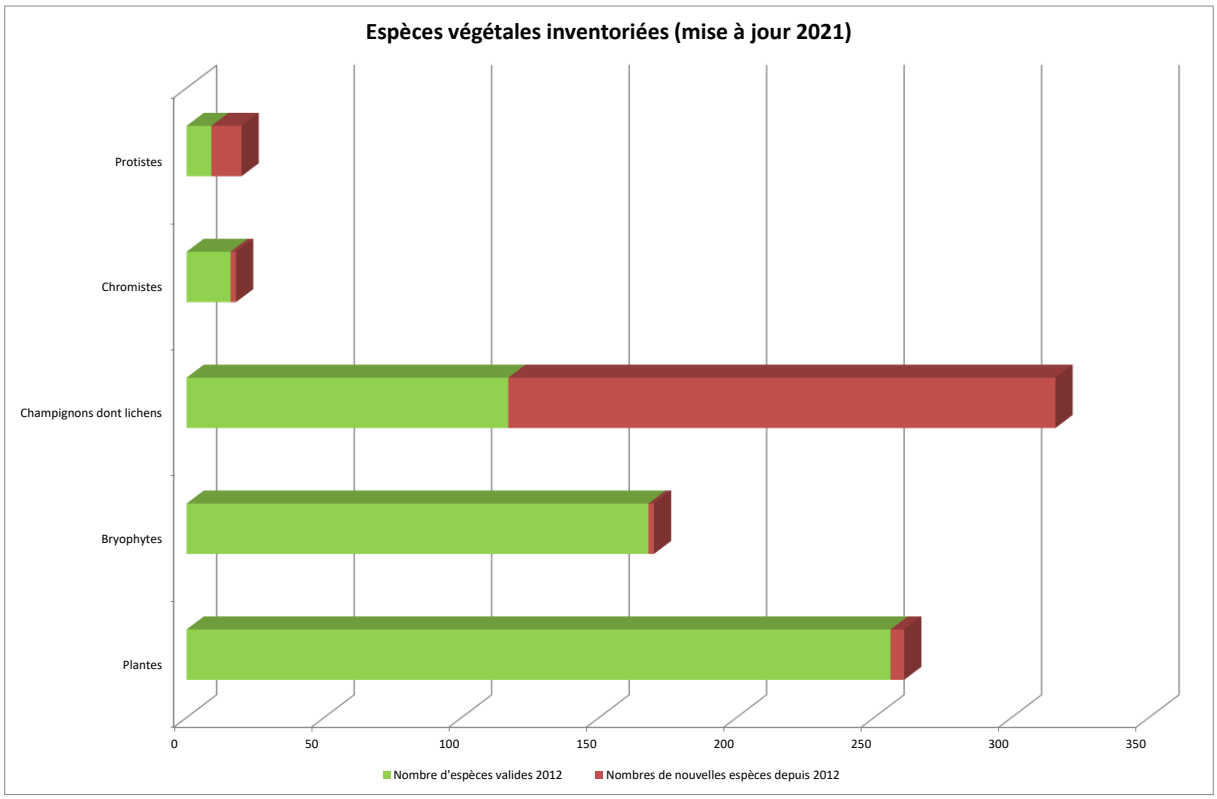
On ne peut pas attribuer cette perturbation au dérèglement climatique mais bien à une très forte pression du gibier : les rares endroits où subsistent quelques fougères (*Athyrium filix femina*, *Dryopteris dilatata*, *Gymnocarpium dryopteris*...) sont protégés sous des chablis. Seul *Oreopteris limbosperma*, à priori peu appétent, échappe à l'abroutissement. En parallèle, la croissance de la hêtraie est spectaculaire en altitude depuis 3 décennies. Une photo-interprétation diachronique serait intéressante.

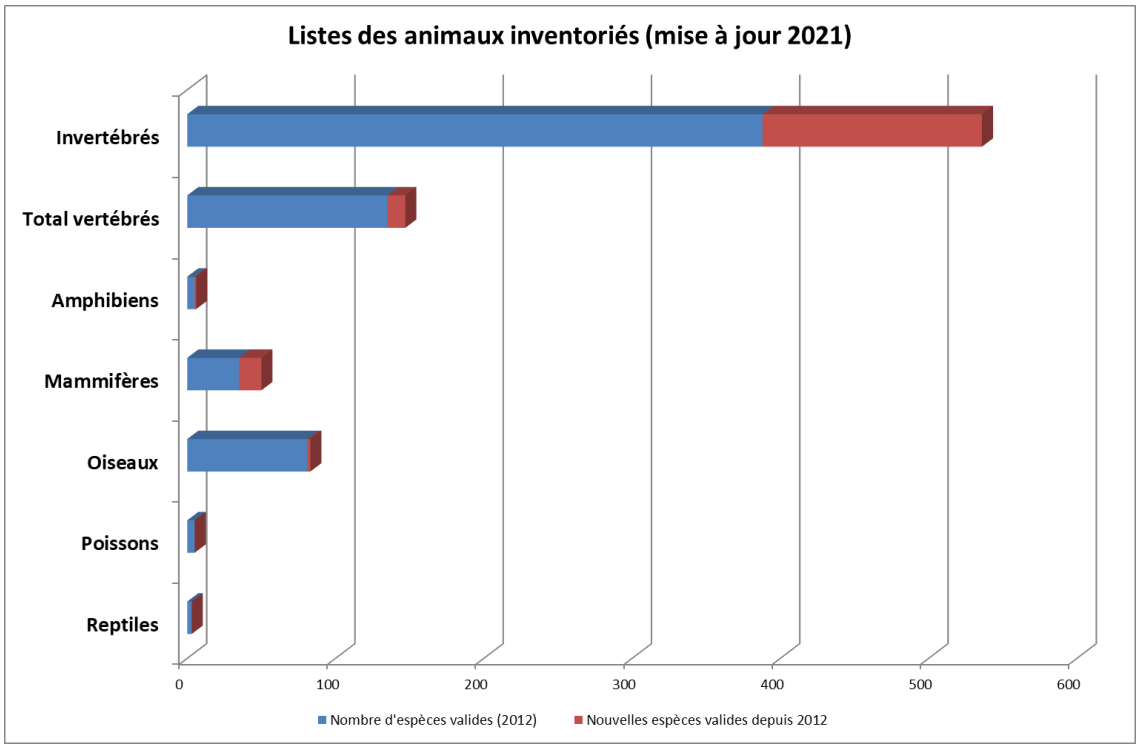
3.3. FLORE ET FAUNE

3.3.1 Etat des connaissances

La liste complète des espèces recensées dans la Réserve Naturelle, avec leur statut de protection et leur inscription sur les listes rouges France métropolitaine, Lorraine et Alsace ainsi que leur statut Espèces Déterminantes Parc est fournie en annexe (cf. Tome 3 - Annexes).

Au 1er novembre 2021, ce sont **1 454 espèces** qui ont été répertoriées sur le territoire de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais depuis un siècle environ.
Cette forte richesse spécifique de la Réserve Naturelle est à mettre en relation avec la diversité des milieux (humides, forestiers, rocheux) et la forte typicité des tourbières. A signaler la diversité particulière de certains groupes taxonomiques comme les bryophytes ou les invertébrés.
Les tableaux suivants présentent la répartition de ces espèces par groupe taxonomique, ainsi que les nouvelles mentions depuis début 2013 (date de la dernière liste d'espèces).





3.3.2 Espèces protégées et patrimoniales

Espèces protégées

Les **statuts de protection** des espèces ont été définis d'après la liste rouge de l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature ; en anglais IUCN2 Red List), créée en 1964, constitue l'inventaire mondial le plus complet de l'état de conservation global des espèces végétales et animales. Elle se présente sous la forme d'une base de données en ligne régulièrement actualisée, exposant la situation de plus de 105 732 espèces (version 20193) sur les 1,8 million d'espèces connues.

Dans ce plan de gestion, les statuts de menace des espèces citées ci-après correspondent aux catégories UICN et sont abrégés de la manière suivante :
CR = En danger critique ;
EN = En danger ;
VU = Vulnérable ;
NT = Quasi menacée ;
LC = Préoccupation mineure ;

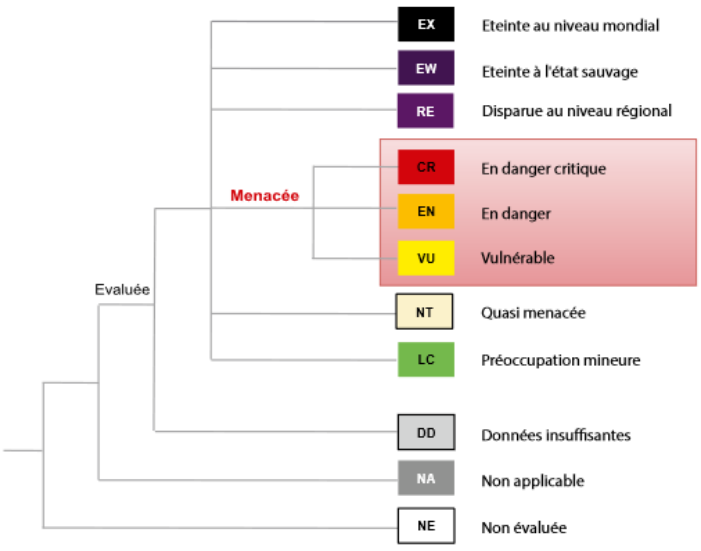


Figure 1. *Présentation des catégories de l'UICN utilisées à une échelle régionale (d'après le Guide 2012 et le Guide régional 2012 de l'UICN)*

Liste rouge nationale : espèces protégées

Groupe taxonomique	Nombre d'espèces depuis la création de la Réserve	Nombre d'espèces sur la liste rouge nationale (France métropolitaine)	Proportion d'espèces sur la liste rouge nationale (France métropolitaine)
Amphibiens (Amphibia)	**6**	**5**	**83%**
LC Préoccupation mineure	5	5	83%
Nombre d'espèces hors liste rouge	1		
Crustacés (Crustacea)	**31**	**18**	**58%**
LC Préoccupation mineure	18	18	58%
Nombre d'espèces hors liste rouge	13		
Ephémères (Ephemeroptera)	**9**	**8**	**89%**
LC Préoccupation mineure	7	7	87,50%
NT Quasi menacée	1	1	12,50%
Nombre d'espèces hors liste rouge	1		
Lépidoptères (Lepidoptera)	**94**	**39**	**41%**
EN En danger	1	1	3%
LC Préoccupation mineure	36	36	92%
NT Quasi menacée	2	2	5%
Nombre d'espèces hors liste rouge	55		
Mammifères (Mammalia)	**50**	**42**	**84%**
EN En danger	1	1	2%
LC Préoccupation mineure	31	31	74%
LC Préoccupation mineure, NT Quasi menacée	1	1	2%
NT Quasi menacée	7	7	17%
VU Vulnérable	2	2	5%
Nombre d'espèces hors liste rouge	8		
Odonates (Odonata)	**29**	**27**	**93%**
LC Préoccupation mineure	18	18	67%
NT Quasi menacée	7	7	26%
VU Vulnérable	2	2	7%
Nombre d'espèces hors liste rouge	2		
Oiseaux (Aves)	**83**	**80**	**96%**
EN En danger	1	1	1%
LC Préoccupation mineure	57	57	71%
LC Préoccupation mineure, NT Quasi menacée	1	1	1%
LC Préoccupation mineure, VU Vulnérable	2	2	3%
NT Quasi menacée	10	10	13%
VU Vulnérable	9	9	11%
Nombre d'espèces hors liste rouge	3		
Plantes (Plantae)	**261**	**236**	**90%**
LC Préoccupation mineure	229	229	97%
NT Quasi menacée	4	4	2%
VU Vulnérable	3	3	1%
Nombre d'espèces hors liste rouge	25		
Poissons (Pisces)	**5**	**5**	**100%**
LC Préoccupation mineure	5	5	100%
Reptiles (Reptilia)	**3**	**3**	**100%**
LC Préoccupation mineure	3	3	100%
Total général	**571**	**463**	**81%**

Tableau 14 : Statuts de protection et de patrimonialité nationaux des espères répertoriées sur la Réserve naturelle – inventaires fin 2021

Au total, **463 espèces sont protégées à Machais selon le statut liste rouge nationale, soit 32% des espèces connues à ce jour sur la Réserve naturelle. Au sein de ce cortège, 88% ont un statut LC, 7% NT, 4% VU, 1% EN en danger.**

Ce chiffre souligne **l'intérêt majeur** de la Réserve Naturelle dans la conservation de ces espèces au niveau régional et plus largement au sein des Hautes Vosges.

De plus, selon les listes rouges régionales, on recense :

- 241 espèces protégées Lorraine
- 712 espèces protégées Alsace

Espèces patrimoniales

Liste rouge nationale : Espèces patrimoniales

L'**évaluation de la valeur patrimoniale** des espèces a été réalisée au travers de l'outil le plus précis à disposition du gestionnaire à ce jour : la Liste Rouge Nationale de France Métropolitaine, ainsi que les listes rouges régionales Lorraine ou à défaut Alsace.
Ont été considérées comme **patrimoniales les espèces qui y sont considérées comme « quasi-menacées » (NT), vulnérables » (VU) et « en danger d'extinction » (EN)**.
NB : Il n'existe sur la Réserve naturelle aucune espèce « en danger critique d'extinction » (CR).
La liste des espèces patrimoniales est toujours à nuancer en fonction de l'évolution des connaissances sur la Réserve naturelle d'une part et de l'évolution des statuts IUCN d'autre part.

Au sein la liste rouge nationale, **54 sont considérées comme patrimoniales**, donc pour lesquelles la Réserve naturelle a une responsabilité particulière. Elles seront développées dans les parties correspondant à leurs groupes taxonomiques.

Une hétérogénéité importante des statuts existe entre liste rouge lorraine et liste rouge alsace : en effet, seule des espèces de plantes sont considérées comme patrimoniales au niveau lorrain (31), et 126 espèces tous groupes confondus selon la nomenclature alsacienne.

Liste rouge nationale (France métropolitaine)	54 espèces
Ephémères (Ephemeroptera)	**1**
NT Quasi menacée	**1**
Leptophlebia vespertina (Linnaeus, 1758)	1
Lépidoptères (Lepidoptera)	**3**
EN En danger	**1**
Coenonympha tullia (O.F. Müller, 1764)	1
NT Quasi menacée	**2**
Boloria aquilonaris (Stichel, 1908)	1
Boloria selene (Denis & Schiffermüller, 1775)	1
Mammifères (Mammalia)	**11**
EN En danger	**1**
Lynx lynx (Linnaeus, 1758)	1
LC Préoccupation mineure, NT Quasi menacée	**1**
Arvicola amphibius (Linnaeus, 1758)	1
NT Quasi menacée	**7**
Arvicola sapidus Miller, 1908	1
Eptesicus serotinus (Schreber, 1774)	1
Mustela putorius Linnaeus, 1758	1
Myotis bechsteinii (Kuhl, 1817)	1
Nyctalus leisleri (Kuhl, 1817)	1
Pipistrellus nathusii (Keyserling & Blasius, 1839)	1
Pipistrellus pipistrellus (Schreber, 1774)	1
VU Vulnérable	**2**
Canis lupus Linnaeus, 1758	1
Nyctalus noctula (Schreber, 1774)	1
Odonates (Odonata)	**9**
NT Quasi menacée	**7**
Aeshna juncea (Linnaeus, 1758)	1
Aeshna subarctica Walker, 1908	1
Lestes sponsa (Hansemann, 1823)	1
Leucorrhinia albifrons (Burmeister, 1839)	1
Leucorrhinia dubia (Vander Linden, 1825)	1
Somatochlora alpestris (Selys, 1840)	1
Somatochlora arctica (Zetterstedt, 1840)	1
VU Vulnérable	**2**
Coenagrion hastulatum (Charpentier, 1825)	1
Sympetrum danae (Sulzer, 1776)	1
Oiseaux (Aves)	**23**
EN En danger	**1**
Picus canus Gmelin, 1788	1
LC Préoccupation mineure, NT Quasi menacée	**1**
Alauda arvensis Linnaeus, 1758	1
LC Préoccupation mineure, VU Vulnérable	**2**
Anas crecca Linnaeus, 1758	1
Aythya ferina (Linnaeus, 1758)	1
NT Quasi menacée	**10**
Actitis hypoleucos (Linnaeus, 1758)	1
Apus apus (Linnaeus, 1758)	1
Bonasa bonasia (Linnaeus, 1758)	1
Carduelis citrinella (Pallas, 1764)	1
Falco tinnunculus Linnaeus, 1758	1
Glaucidium passerinum (Linnaeus, 1758)	1
Hirundo rustica Linnaeus, 1758	1
Phylloscopus sibilatrix (Bechstein, 1793)	1
Phylloscopus trochilus (Linnaeus, 1758)	1
Regulus regulus (Linnaeus, 1758)	1
VU Vulnérable	**9**
Alcedo atthis (Linnaeus, 1758)	1
Anthus pratensis (Linnaeus, 1758)	1
Carduelis carduelis (Linnaeus, 1758)	1
Dendrocopos minor (Linnaeus, 1758)	1
Emberiza citrinella Linnaeus, 1758	1
Linaria cannabina (Linnaeus, 1758)	1
Pyrrhula pyrrhula (Linnaeus, 1758)	1
Saxicola rubetra (Linnaeus, 1758)	1
Tetrao urogallus Linnaeus, 1758	1
Plantes (Plantae)	**7**
NT Quasi menacée	**4**
Dactylorhiza traunsteineri (Saut.) Soó, 1962	1
Lycopodiella inundata (L.) Holub, 1964	1
Scheuchzeria palustris L., 1753	1
Utricularia ochroleuca R.W.Hartm., 1857	1
VU Vulnérable	**3**
Cicuta virosa L., 1753	1
Festuca amethystina subsp. amethystina L., 1753	1
Nuphar pumila (Timm) DC., 1821	1

Liste rouge Lorraine : espèces patrimoniales

Liste rouge régionale (Lorraine)	31 espèces
Plantes (Plantae)	**31**
EN En danger	**2**
Carex pulicaris L., 1753	1
Dactylorhiza traunsteineri (Saut.) Soó, 1962	1
NT Quasi menacée	**20**
Andromeda polifolia L., 1753	1
Arnica montana L., 1753	1
Calamagrostis canescens (Weber) Roth, 1789	1
Carex limosa L., 1753	1
Carex pauciflora Lightf., 1777	1
Dactylorhiza majalis (Rchb.) P.F.Hunt & Summerh., 1965	1
Lactuca alpina (L.) Benth. & Hook.f., 1876	1
Lactuca plumieri (L.) Gren. & Godr., 1850	1
Myriophyllum alterniflorum DC., 1815	1
Neottia cordata (L.) Rich., 1817	1
Pedicularis sylvatica L., 1753	1
Picea abies (L.) H.Karst., 1881	1
Picea abies subsp. abies (L.) H.Karst., 1881	1
Potamogeton polygonifolius Pourr., 1788	1
Pseudorchis albida subsp. albida (L.) Á.Löve & D.Löve, 1969	1
Rhynchospora alba (L.) Vahl, 1805	1
Rosa pendulina L., 1753	1
Scheuchzeria palustris L., 1753	1
Scorzoneroides pyrenaica (Gouan) Holub, 1977	1
Sparganium angustifolium Michx., 1803	1
VU Vulnérable	**9**
Anthriscus caucalis M.Bieb., 1808	1
Athyrium distentifolium Tausch ex Opiz, 1820	1
Cicuta virosa L., 1753	1
Circaea alpina L., 1753	1
Luzula sudetica (Willd.) Schult., 1814	1
Lycopodiella inundata (L.) Holub, 1964	1
Nuphar pumila (Timm) DC., 1821	1
Pinguicula vulgaris L., 1753	1
Utricularia ochroleuca R.W.Hartm., 1857	1

31 espèces sont considérées comme patrimoniales, et seulement des palntes. Le même nombre de plantes est considéré comme patrimoniale au sein de la LR Alsace, mais les espèces ston légèrement différentes. (cf. partie suivante).

Liste rouge Alsace : espèces patrimoniales

Plantes (Plantae)	**31**
CR En danger critique	**2**
Myriophyllum alterniflorum DC., 1815	1
Nuphar pumila (Timm) DC., 1821	1
EN En danger	**4**
Andromeda polifolia L., 1753	1
Cicuta virosa L., 1753	1
Lycopodiella inundata (L.) Holub, 1964	1
Scheuchzeria palustris L., 1753	1
NT Quasi menacée	**14**
Anthriscus caucalis M.Bieb., 1808	1
Athyrium distentifolium Tausch ex Opiz, 1820	1
Calamagrostis canescens (Weber) Roth, 1789	1
Circaea alpina L., 1753	1
Drosera rotundifolia L., 1753	1
Lactuca plumieri (L.) Gren. & Godr., 1850	1
Luzula sudetica (Willd.) Schult., 1814	1
Menyanthes trifoliata L., 1753	1
Neottia cordata (L.) Rich., 1817	1
Parnassia palustris L., 1753	1
Sorbus mougeotii Soy.-Will. & Godr., 1858	1
Trichophorum cespitosum subsp. germanicum (Palla) Hegi, 1908	1
Utricularia australis R.Br., 1810	1
Vaccinium oxycoccos L., 1753	1
VU Vulnérable	**11**
Callitriche hamulata Kütz. ex W.D.J.Koch, 1837	1
Carex limosa L., 1753	1
Carex pauciflora Lightf., 1777	1
Carex pulicaris L., 1753	1
Eriophorum vaginatum L., 1753	1
Juncus filiformis L., 1753	1
Pedicularis sylvatica L., 1753	1
Pinguicula vulgaris L., 1753	1
Potamogeton polygonifolius Pourr., 1788	1
Rhynchospora alba (L.) Vahl, 1805	1
Thysselinum palustre (L.) Hoffm., 1814	1

Liste rouge régionale Alsace	126 espèces
Bryophytes (Bryophyta)	**7**
EN En danger	**2**
Dicranum bonjeanii De Not., 1837	1
Rhizomnium pseudopunctatum (Bruch & Schimp.) T.J.Kop., 1968	1
NT Quasi menacée	**5**
Aulacomnium palustre (Hedw.) Schwägr., 1827	1
Odontoschisma sphagni (Dicks.) Dumort., 1835	1
Sarmentypnum exannulatum (Schimp.) Hedenäs, 2006	1
Stereodon callichrous (Brid.) Brid., 1827	1
Straminergon stramineum (Dicks. ex Brid.) Hedenäs, 1993	1
Champignons (Fungi)	**16**
EN En danger	**2**
Armillaria ectypa (Fr. : Fr.) Emel	1
Sarcoleotia turficola (Boud.) Dennis	1
LC Préoccupation mineure, NT Quasi menacée	**1**
Neoboletus erythropus (Pers.) C.Hahn, 2015	1
NT Quasi menacée	**8**
Cantharellus cibarius Fr. : Fr., 1821	1
Clavaria argillacea var. sphagnicola (Boud.) Corner	1
Cortinarius casimiri (Velen.) Huijsman	1
Entoloma elodes (Fr. : Fr.) Kumm.	1
Inocybe acuta Boud.	1
Leccinum aerugineum (Fr.) Lannoy & Estades	1
Leccinum holopus (Rostkovius) Watling	1
Microglossum viride (Schrad. : Fr.) Gillet, 1879	1
VU Vulnérable	**5**
Arrhenia cyathella (J. Favre & Schweers) Elborne	1
Arrhenia oniscus (Fr.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys, 2002	1
Geoglossum cookeianum Nannf.	1
Hygrocybe substrangulata (P.D. Orton) P.D. Orton & Watling, 1969	1
Russula aquosa Leclair, 1932	1
Lépidoptères (Lepidoptera)	**11**
EN En danger	**1**
Boloria aquilonaris (Stichel, 1908)	1
NT Quasi menacée	**7**
Boloria selene (Denis & Schiffermüller, 1775)	1
Brenthis ino (Rottemburg, 1775)	1
Erebia epiphron (Knoch, 1783)	1
Erebia ligea (Linnaeus, 1758)	1
Lycaena hippothoe (Linnaeus, 1760)	1
Nymphalis polychloros (Linnaeus, 1758)	1
Palaeochrysophanus hippothoe hippothoe Linne, 1761	1
RE Disparue au niveau régional	**2**
Coenonympha tullia (O.F. Müller, 1764)	1
Colias palaeno (Linnaeus, 1760)	1
VU Vulnérable	**1**
Nymphalis antiopa (Linnaeus, 1758)	1

Mammifères (Mammalia)	**14**
CR En danger critique	**1**
Lynx lynx (Linnaeus, 1758)	1
EN En danger	**1**
Canis lupus Linnaeus, 1758	1
NT Quasi menacée	**8**
Lepus europaeus Pallas, 1778	1
Mustela putorius Linnaeus, 1758	1
Myotis bechsteinii (Kuhl, 1817)	1
Myotis myotis (Borkhausen, 1797)	1
Myotis nattereri (Kuhl, 1817)	1
Neomys fodiens (Pennant, 1771)	1
Nyctalus leisleri (Kuhl, 1817)	1
Nyctalus noctula (Schreber, 1774)	1
VU Vulnérable	**4**
Barbastella barbastellus (Schreber, 1774)	1
Eptesicus nilssonii (Keyserling & Blasius, 1839)	1
Eptesicus serotinus (Schreber, 1774)	1
Myotis emarginatus (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1806)	1
Oiseaux (Aves)	**33**
CR En danger critique	**6**
Anas crecca Linnaeus, 1758	1
Anthus spinoletta (Linnaeus, 1758)	1
Aythya ferina (Linnaeus, 1758)	1
Bonasa bonasia (Linnaeus, 1758)	1
Spinus spinus (Linnaeus, 1758)	1
Tetrao urogallus Linnaeus, 1758	1
EN En danger	**5**
Aegolius funereus (Linnaeus, 1758)	1
Carduelis citrinella (Pallas, 1764)	1
Glaucidium passerinum (Linnaeus, 1758)	1
Saxicola rubetra (Linnaeus, 1758)	1
Turdus torquatus Linnaeus, 1758	1
NT Quasi menacée	**6**
Alauda arvensis Linnaeus, 1758	1
Alcedo atthis (Linnaeus, 1758)	1
Cinclus cinclus (Linnaeus, 1758)	1
Phylloscopus sibilatrix (Bechstein, 1793)	1
Phylloscopus trochilus (Linnaeus, 1758)	1
Pyrrhula pyrrhula (Linnaeus, 1758)	1
RE Disparue au niveau régional	**1**
Actitis hypoleucos (Linnaeus, 1758)	1
VU Vulnérable	**15**
Accipiter gentilis (Linnaeus, 1758)	1
Anthus pratensis (Linnaeus, 1758)	1
Bubo bubo (Linnaeus, 1758)	1
Corvus corax Linnaeus, 1758	1
Emberiza citrinella Linnaeus, 1758	1
Falco peregrinus Tunstall, 1771	1
Falco subbuteo Linnaeus, 1758	1
Linaria cannabina (Linnaeus, 1758)	1
Loxia curvirostra Linnaeus, 1758	1
Milvus migrans (Boddaert, 1783)	1
Nucifraga caryocatactes (Linnaeus, 1758)	1
Pernis apivorus (Linnaeus, 1758)	1
Picus canus Gmelin, 1788	1
Tachybaptus ruficollis (Pallas, 1764)	1
Turdus pilaris Linnaeus, 1758	1
Odonates (Odonata)	**8**
CR En danger critique	**2**
Somatochlora alpestris (Selys, 1840)	1
Somatochlora arctica (Zetterstedt, 1840)	1
EN En danger	**3**
Aeshna juncea (Linnaeus, 1758)	1
Coenagrion hastulatum (Charpentier, 1825)	1
Leucorrhinia dubia (Vander Linden, 1825)	1
NT Quasi menacée	**1**
Lestes sponsa (Hansemann, 1823)	1
VU Vulnérable	**2**
Lestes virens (Charpentier, 1825)	1
Sympetrum danae (Sulzer, 1776)	1

Orthoptères (Orthoptera)	6
EN En danger	1
Metrioptera brachyptera (Linnaeus, 1760)	1
NT Quasi menacée	4
Decticus verrucivorus (Linnaeus, 1758)	1
Euthystira brachyptera (Ocskay, 1826)	1
Miramella alpina (Kollar, 1833)	1
Stethophyma grossum (Linnaeus, 1758)	1
VU Vulnérable	1
Pseudochorthippus montanus (Charpentier, 1825)	1

95 espèces de plus que sur la liste rouge de Lorraine sont considérées comme patrimoniales, et globalement les statuts des espèces varient quant à leur niveau de mise en danger.

Ces comparaisons illustrent bien la grande différence qui existe entre les versants lorrain et alsacien du massif des Vosges.

3.3.1. « Algues » : chromistes et porifères

"Algues"			
Groupe taxonomique	Nombre d'espèces recensées depuis la création de la Réserve	Nombre de nouvelles mentions depuis 2013	Etat des connaissances
Chromistes (Chromista)	18		●
Porifères (Porifera)	2	2	●
Total général	**20**	**2**	

Etat des connaissances : ● satisfaisant, ● moyen, ● mauvais

Chromistes

Les algues photosynthétiques ont été inventoriées par BALDENSPERGER à Machais en 1925. Ce groupe taxonomique est un axe de connaissance prioritaire pour le nouveau plan de gestion.

Porifères

Les éponges d'eau douce ont été observées dans le plan d'eau de Machais pour la première fois en 2017. Suppositions d'espèces mais par de certitude de détermination.
Ce groupe taxonomique est un axe de connaissance prioritaire pour le nouveau plan de gestion.

3.3.2. Cryptoflore

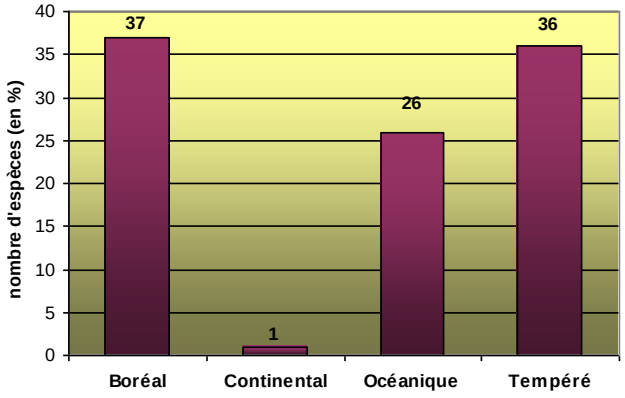
Cryptoflore			
Groupe taxonomique	Nombre d'espèces recensées depuis la création de la Réserve	Nombre de nouvelles mentions depuis 2013	Etat des connaissances
Bryophytes (Bryophyta)	170	5	●
Champignons dont lichens	316	200	●
Total général	**486**	**205**	

Etat des connaissances : ● satisfaisant, ● moyen, ● mauvais

Bryophytes

Concernant les bryophytes forestiers, aucune mise à jour n'a eu lieu depuis l'inventaire de 2012 réalisé par Denis CARTIER. Il est à noter que la mention d'*Ulota drumondii* a été invalidée.
Ces prospections ont permis de mettre en évidence la présence de 100 taxons soit 13 % de la flore des bryophytes de Lorraine. Le détail est de 65 mousses et 35 hépatiques. On peut donc considérer que la RNN de Machais présente une richesse spécifique importante, et ce, d'autant plus que la surface d'habitats forestiers inventoriée est faible par rapport à la surface totale de ces boisements.
La part des hépatiques est de 35 % et s'avère aussi importante que celle observée en Europe (36 %).
Cette forte représentativité des hépatiques, et plus globalement celle des Bryophytes, doit être replacée dans le contexte géomorphologique du site, présenté comme un cirque glaciaire, propice à une hygrométrie constante du fait du confinement. La présence d'un réseau hydrographique (ruisselets temporaires ou permanents, tourbières de pente) et la nature même des habitats forestiers favorisent également cette diversité. Au sein de ces espèces, la part des éléments boréaux est importante et liée au caractère montagnard du site de Machais. La présence d'une forte proportion d'éléments océaniques et tempérés (62 %) peut paraître étonnante de prime abord. Elle est en fait fidèle au climat de transition entre un climat océanique et un climat continental dégradé régnant au sein de la Réserve.
Indépendamment du classement UICN, le coefficient de rareté, établit à l'échelle de la région Lorraine, rend compte de la fréquence de chacune d'elle. Cinq espèces sont identifiées comme rares pour la région, et huit comme très rares.

Le graphique suivant montre la répartition des Bryophytes de la Réserve de Machais en fonction de leur répartition géographique naturelle (chorologie*) :



Fréquence*	Nombre d'espèces	Liste des espèces (uniquement rares et très rares)

Très fréquent	49	
Fréquent (> 20 localités)	38	
Rare (10 > localités < 20)	5	- *Grimmia hartmanii* Schimp. - *Hylocomiastrum umbratum* (Hedw.) M. Fleisch. - *Orthotrichum stramineum* Hornsch. ex Brid. - *Orthotrichum striatum* Hedw. - *Racomitrium sudeticum* (Funck) Bruch & Schimp.
Très rare (< 10 localités)	8	- *Calypogeia arguta* Nees & Mont. - *Calypogeia integristipula* Steph. - *Grimmia ramondii* (Lam. & DC.) Margad. - *Lescurea mutabilis* (Brid.) Lindb. ex Hag. - *Orthotrichum speciosum* Nees - *Plagiothecium laetum* Schimp. - *Pohlia lutescens* (Limpr.) H. Lindb. - *Ulota drummondii* (Hook. & Grev.) Brid.

Une mise à jour de la liste d'espèces des bryophytes des tourbières a été réalisée par A. HÖLZER en 2018 suite à deux années de prospections. Les principaux résultats sont les suivants :

- 460 observations, 21 espèces recensées, dont 2 nouvelles espèces : *Sphagnum subnitens* et *Sphagnum centrale* considéré comme espèce disparue (EX) à l'échelle de la Lorraine. Elle n'avait pas été notée par Alain ROYAUD mais a été observée lors du recensement 2017. Elle est parfois considérée comme une variété de *S. palustre*. Il s'agit donc bien d'une nouvelle mention pour la Réserve naturelle, et donc pour la Lorraine, de sa présence *;*
- 2 espèces mentionnées par A. Royaud sont considérées comme non présentes par A. Hölzer : *Sphagnum subsecundum* et *Sphagnum fuscum ;*
- 2 espèces mentionnées dans la bibliographie historique de la Réserve naturelle sont non retrouvées et donc considérées comme absentes du site : *s. balticum* et *s. obtusum ;*
- Autre espèce remarquable détectée pour la première fois sur la Réserve naturelle : *Buxbaumia viridis*, donnée Thomas WOLF, en plusieurs localisations sur la Réserve naturelle, en majorité sous forme de protonema ;
- Tableau à dire d'expert sur l'écologie des espèces recensées et leur fréquence sur la Réserve naturelle ;

L'ensemble de ces échantillons a de plus fait l'objet d'une mise en collection à l'herbier du jardin Botanique de Nancy début 2020.

Recherche de R. *pseudopunctatum* qui a été mentionné mais n'est actuellement pas retrouvée.

Champignons (hors lichens)

Concernant les champignons, **105 espèces de champignons ont été recensées sur la Réserve**, dont près de la moitié au sein des tourbières. Les principales campagnes d'inventaires datent des années 2000.

En 2021, des inventaires sur les myxomycètes ont débuté, une quinzaine d'espèces est à ce jour recensée.

Lichens

L'étude réalisée en 2013-2014 avec la BLAM aura permis d'inventorier environ 300 espèces, dont les principales caractéristiques en termes de patrimonialité et d'indications sur le milieu sont résumées dans le tableau suivant :

Nombre d'espèces déterminées	Dont espèces rares et menacées	Dont espèces très menacées et proches de l'extinction
298	55	43
dont 1 espèce indicatrice du changement climatique (sur les 5 connues), observée 20 fois	dont 3 espèces indicatrices de vieille forêt (sur les 4 connues), observées 13 fois : *lobaria pulmonaria, sphaerophorus globosus,*	
dont 5 espèces indicatrices de pollutions azotées (sur les 7 connues), 29 observations	Dont 3 espèces d'usnées	

Perspectives

- Poursuite des inventaires dans des zones encore non prospectées, notamment les îlots de sénescence ;
- Recherche d'espèces indicatrices (vieilles forêts, changement climatiques, pollutions notamment impacts potentiels du trafic routier) ;
- Poursuite du travail d'atlas des lichens à alimenter par les prospections futures.

3.3.3. Flore

Plantes vasculaires			
Groupe taxonomique	Nombre d'espèces recensées depuis la création de la Réserve	Nombre de nouvelles mentions depuis 2013	Etat des connaissances
Plantes (Plantae)	261	9	●
Total général	**261**	**9**	

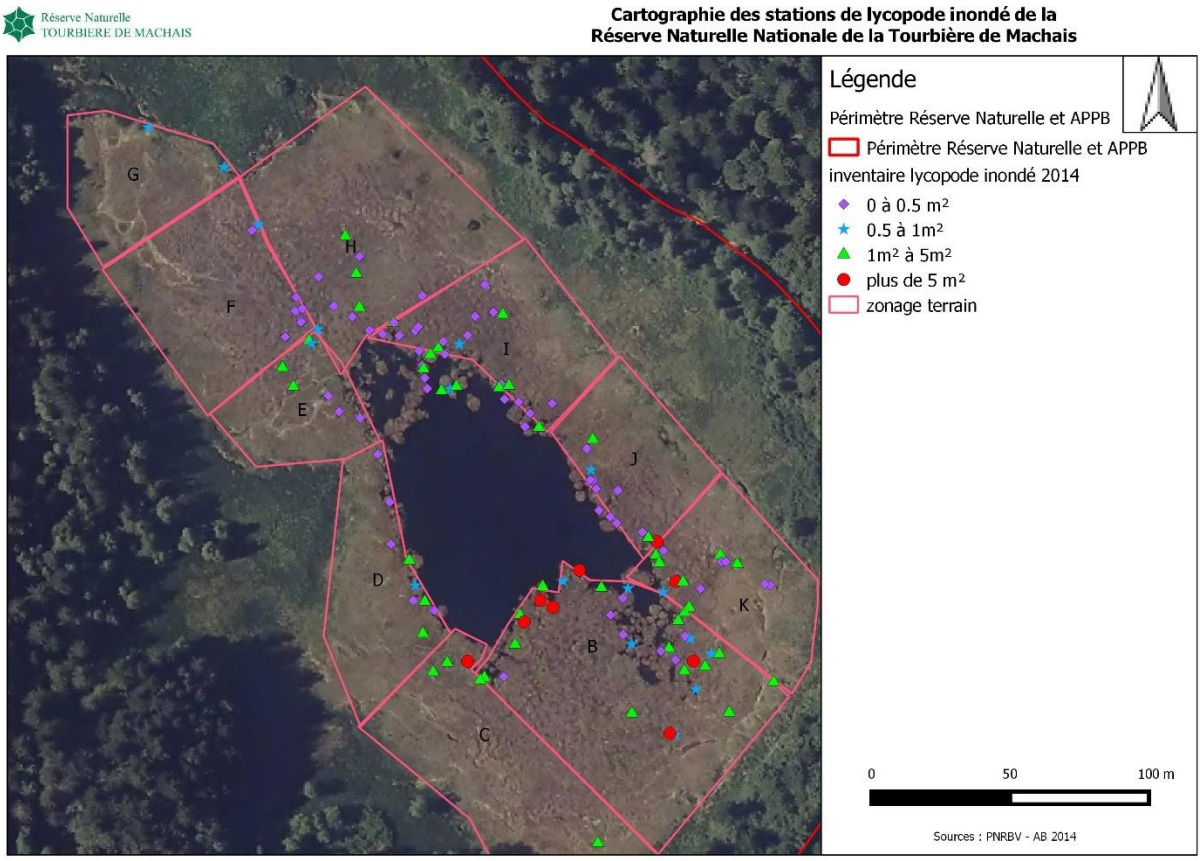
Etat des connaissances : ● satisfaisant, ● moyen, ● mauvais

A ce jour, **261 espèces de plantes vasculaires** ont été répertoriées sur la Réserve naturelle. L'état des connaissances est jugé moyen par le gestionnaire car très peu d'inventaires ont été menés, et que de nombreuses observations datent d'il y a plus de 10 ans. Les carex et les orchidées sont à ce titre prioritaires dans les listes à mettre à jour.
Une veille via prospections a eu lieu sur *Hamarbya paludosa* qui n'a pas été retrouvée.

Des mises à jour partielles ont toutefois été réalisées lors des relevés phytosociologiques de CLIMAX 2018 et PNRBV 2019. On en retient de surveiller la progression des espèces ubiquistes sur les tourbières (framboisiers, saules, bouleaux, molinie, prêles).
Lors des relevés forestiers, la disparition des plantes indicatrices de la hêtraie d'altitude a été relevée.

Lycopode inondé (Lycopodiella inundata)

La cartographie de cette espèce patrimoniale a été réalisée en 2014 lors d'un stage. Les résultats sont présentés ici.



NB : la zone A, situé plus à l'aval, n'a finalement révélé aucune station de lycopode inondé et n'est donc pas présentée sur cette carte.

La cartographie obtenue présente deux intérêts réels : elle est d'une précision inférieure au mètre et peut être considérée comme exhaustive. Ce travail pourra être reconduit une fois par plan de gestion afin de suivre l'évolution de ces stations de lycopode inondé.

Un travail complémentaire à mener concernera la dynamique de la population de lycopode inondé de l'APPB à partir des données cartographiques récoltées : remise à plat du protocole de suivi, suite à la formation suivie en 2015, et sur la base d'expériences d'autres structures, CBN Rhône-Alpes notamment.

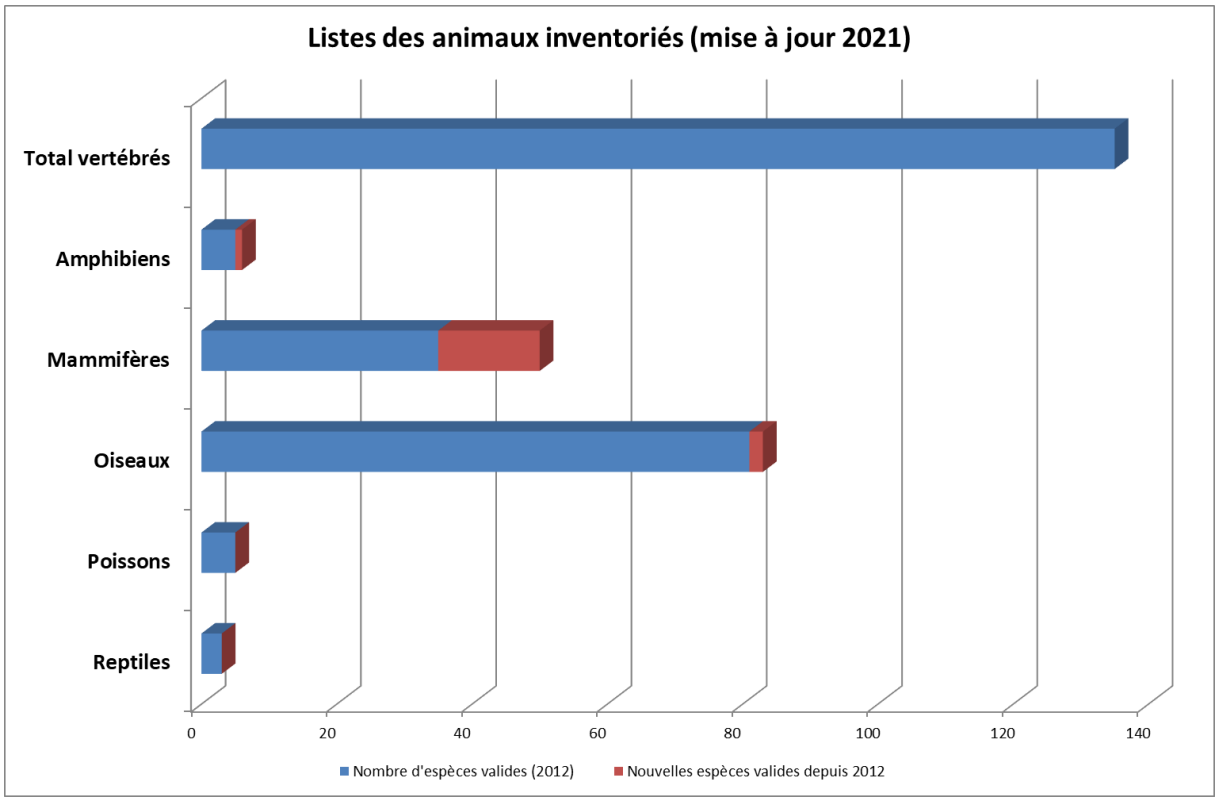
Enfin, concernant l'évaluation de l'état de conservation, le principe était de tester la méthode employée par le CEN Franche Comté, et nécessitait la réalisation préalable de la cartographie. Ce travail reste à faire. D'autres contacts ont été pris avec d'autres structures gestionnaires de l'espèce pour confronter les différentes méthodes de suivis et d'évaluation de cette plante.

3.3.4. Vertébrés

Vertébrés			
Groupe taxonomique	Nombre d'espèces recensées depuis la création de la Réserve	Nombre de nouvelles mentions depuis 2013	Etat des connaissances
Amphibiens (Amphibia)	6	1	●
Mammifères (Mammalia)	50	14	●
Oiseaux (Aves)	83	2	●
Poissons (Pisces)	5		●
Reptiles (Reptilia)	3		●
Total général	**147**	**17**	

Etat des connaissances : ● satisfaisant, ● moyen, ● mauvais

Les inventaires de la faune de la Réserve Naturelle ont permis de recenser **147 espèces de vertébrés et 536 espèces d'invertébrés**, soit 683 espèces. Les animaux représentent donc 47% des espèces inventoriées à ce jour. L'état des connaissances est jugé satisfaisant par le gestionnaire, même si tous les groupes n'ont pas bénéficié de la même pression d'observations.



Amphibiens

6 espèces sont à ce jour répertoriées sur la Réserve naturelle. Lors de la recherche via ADN environnemental en 2017, toutes ont été retrouvées sauf la salamandre par observée depuis 1985. Il est à noter toutefois que ni le milieu ni la période n'étaient favorables à sa recherche.

Oiseaux

83 espèces d'oiseaux ont été répertoriées dans la Réserve Naturelle, parmi lesquelles **75 espèces nicheuses certaines, probables ou possibles.** Le cortège avifaunistique est largement dominé par les espèces forestières.
Depuis 2009, il n'existe plus de suivi de type STOC-EPS ni IPA, seules sont suivies les espèces patrimoniales : Tétras, gélinotte, et rapaces nocturnes (reprise d'un suivi annuel depuis 2017). A noter , un couple de chevêchettes détecté début 2021.

Mammifères

50 espèces de mammifères ont été observées dans la Réserve Naturelle. On note une progression notable de la connaissance au sein de ce groupe. Certains groupes ont en effet fait l'objet d'inventaires systématiques, comme les chauve-souris. D'autres espèces patrimoniales, de passage sur la Réserve naturelle, font l'objet d'une veille permanente (Putois, Blaireau, Chat Forestier, Loup, Lynx).
Toutefois d'autres groupes n'ont jamais été prospectés systématiquement, les micromammifères par exemple. Le niveau de connaissances de ce groupe est donc hétérogène.

Chauve-souris

En 2016 a eu lieu un inventaire des chiroptères sur les Réserves naturelles de Machais et Ventron, par le bureau d'études Silva Environnement (Alba BEZARD).
Toutes méthodes confondues, 16 espèces et deux duos d'espèces ont été détectés sur la Réserve naturelle. Cela représente **10 espèces supplémentaires détectées** par rapport aux années 2000. La majorité de ces espèces sont inféodées à des milieux forestiers proches de points d'eau ou de zones humides (zones de chasse), ce qui reflète bien les caractéristiques de la Réserve. La majorité des espèces ont été détectées dans les milieux tourbeux, et particulièrement la zone centrale, où l'activité record est enregistrée en bordure du lac (même si elle n'est pas discriminante par rapport aux autres points d'écoute) ;

Une espèce particulièrement liée aux zones humides et cours d'eau représente plus de 10% des contacts : c'est le Murin de Daubenton, qui chasse au-dessus des eaux calmes et dégagées. Il est muni de grandes pattes lui permettant de pêcher en raclant la surface de l'eau ;
5 autres espèces typiques des milieux humides ont été détectées : sérotine commune, sérotine de Nilsson, sérotine bicolore, pipistrelle de nathusius, noctule commune ;
La barbastelle d'Europe a été enregistrée, c'est l'espèce dont le régime alimentaire est le plus spécialisé de toutes les espèces françaises : elle se nourrit essentiellement de papillons nocturnes. Or les inventaires partiels réalisés d'après les individus morts en tente malaise (campagne de piégeage de 2009) avaient permis d'identifier une soixantaine d'espèces de papillons nocturnes sur la Réserve naturelle ;
Il n'y a pas d'effet secteur ou milieu sur la répartition des espèces (via tests statistiques), que ce soit en écoute active ou passive. La « petite » surface de la Réserve naturelle limite la taille du jeu de données échantillonnées et peut expliquer cela .

Nom commun	Nom scientifique	Dir HFF	Conv Berne	Liste rouge Alsace	Liste rouge France
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	IV	II	LC	LC
Pipistrelle de Nathusius	*Pipistrellus nathusii*	IV	II	LC	NT
Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*	IV	II	VU	LC
Sérotine de Nilsson	*Eptesicus nilssonii*	IV	II	VU	LC
Sérotine bicolore	*Vespertilio murinus*	IV	II	DD	DD
Noctule commune	*Nyctalus noctula*	IV	II	NT	NT
Noctule de Leisler	*Nyctalus leisleri*	IV	II	NT	NT
Grand Murin	*Myotis myotis*	II et IV	II	NT	LC
Murin de Bechstein	*Myotis bechsteinii*	II et IV	II	NT	NT
Murin à moustaches	*Myotis mystacinus*	IV	II	LC	LC
Murin de Brandt	*Myotis brandtii*	IV	II	LC	LC
Murin à oreilles échancrées	*Myotis emarginatus*	II et IV	II	VU	LC
Murin de Natterer	*Myotis nattereri*	IV	II	NT	LC
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	IV	II	LC	LC
Oreillard sp	*Plecotus sp*	IV	II	LC	LC
Barbastelle d'Europe	*Barbastella barbastellus*	II et IV	II	VU	LC

Synthèse des inventaires : Espèces et statuts de protection
NT : Quasi menacée, LC : Préoccupation mineure, VU : Vulnérable

Perspectives

- 2 tendances à confirmer via des inventaires plus poussés : effet « lisière » des tourbières de pente utilisées comme zones de chasse et de déplacements d'une part, grande zone humide (lac) attractive pour de nombreuses proies, et donc pour de nombreuses espèces d'autre part ;
- Qualité de l'habitat forestier à suivre pour augmenter les capacités d'accueil : arbres à cavités/fissures/décollement d'écorce, proies liées à la présence de bois morts (insectes saproxyliques), structure du peuplement forestier favorisant le déplacement des chauve-souris ;
- Approfondissement des connaissances sur les espèces forestières (Murin de Bechstein, Barbastelle d'Europe, Grand Murin, Noctule de Leisler) : capture, radiotracking pour la localisation des gîtes d'été, évaluation des potentialités en gîtes au sein de la réserve, recherche de gîtes hivernaux.

Poissons

Historiquement, cinq espèces de poisson sont mentionnées sur la Réserve naturelle dans la base de données, alors que deux seulement étaient régulièrement observées. Une incertitude planait sur ces éléments du fait que le plan d'eau était historiquement utilisé pour la pêche de loisirs avant la création de la Réserve naturelle. L'exutoire de la tourbière centrale, la Goutte de Machais, est placée en réserve de pêche dans la partie avale juste après la Réserve naturelle. Elle fait l'objet de soutien d'alevinage par la pose de boîtes Vuibert, au niveau du pont de la Route des Américains.

Un inventaire par plongée sub-aquatique, des analyses d'ADN environnemental et la pose de nasses réalisés en 2017 ont permis de lever les doutes.
Les deux espèces inventoriées sont la truite fario *Salmo trutta* (3 contacts vidéo et visuels) **et la tanche** *Tinca tinca* (environ 10 contacts visuels et vidéo). La longueur moyenne des tanches observées était inférieure à 15 cm (taille maximale 30 cm). La longueur de la truite était comprise entre 30 et 40 cm.

Truite fario *Salmo trutta*

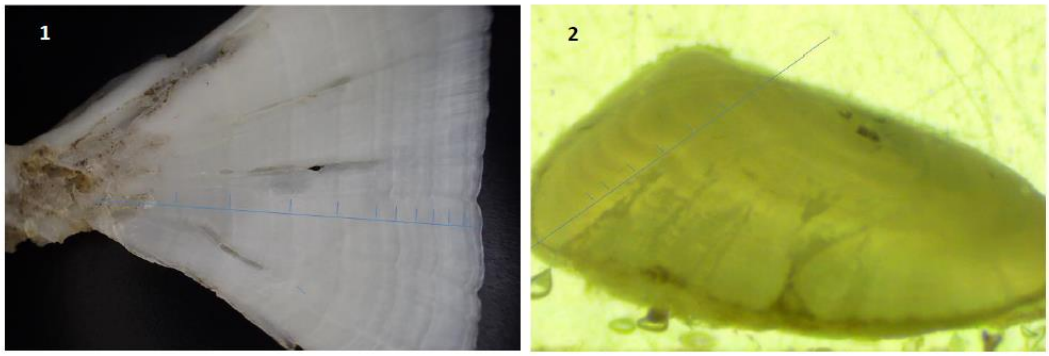
Tanche *Tinca tinca*

La truite fario est probablement originaire de l'un des quatre ruisseaux connectés à l'étang (Ruisseau du Valsche, ruisseau du Pierrier, ruisseau de la Faigne et Goutte de Mâchais). Elle a également pu être déversée par des pêcheurs au moment où cette activité était autorisée à Machais. Le poisson observé était trapu, signe d'une bonne alimentation constituée d'invertébrés, amphibiens et petites tanches. Pour autant **aucun indice de reproduction** n'a été observé.
Les petites tanches quant à elles sont omnivores. Elles se nourrissent volontiers des algues filamenteuses présentes et profitent également du zooplancton qui abonde. Les tanches de taille plus élevée fouillent dans les débris végétaux grâce à leurs barbillons et capturent des invertébrés (larves de diptères essentiellement). **La présence d'individus de petite taille atteste que *Tinca tinca* se reproduit de façon viable dans l'étang.**
Le plan d'eau étant totalement dépourvu d'oxygène sous -2,5 m de fond, il semble logique que les poissons n'occupent que les habitats superficiels de l'étang.

Etude des éléments osseux, os operculaire et otolithe, d'un cadavre de tanche (*Tinca tinca*), découvert dans l'étang de la tourbière de Machais

Os prélevés sur une tanche (*Tinca tinca*) de Longueur totale Lt = 23 cm

1 - Os operculaire : 38.6 mm*28.7mm
2 - Otolithe : Ø =2.1 mm - coupe longitudinale



Interprétation

La lecture des anneaux hivernaux (annulus) sur l'os operculaire et sur la coupe fine longitudinale de l'otolithe nous informe que le poisson est âgé d'au moins 8 ans. Cet âge est très avancé pour une tanche de longueur égale à 23cm. Les conditions de vie dans l'étang, en particulier la faible température de l'eau, semblent défavorables sans être létales pour cette espèce. L'examen de l'os operculaire montre des perturbations dans la croissance du poisson à partir de sa cinquième année de vie. Il est possible que cet individu ait été déversé dans l'étang de Machais à l'âge de 4 ou 5 ans.

Le devenir de ces populations dans le cadre du changement climatique global est questionnant. La modification de la qualité physico-chimique de l'eau, notamment une élévation des températures, leur sera-t-elle favorable ? la reproduction des poissons est température – dépendante, leur alimentation (poissons carnivores) très liée à la quantité de biomasse disponibles dans le plan d'eau… Ce point sera un sujet de vigilance dans la prochaine décennie. Une étude piscicole prévue dans le plan de gestion permettra de suivre l'évolution de ces populations et d'envisager des mesures de gestion si nécessaire (destruction).

Reptiles

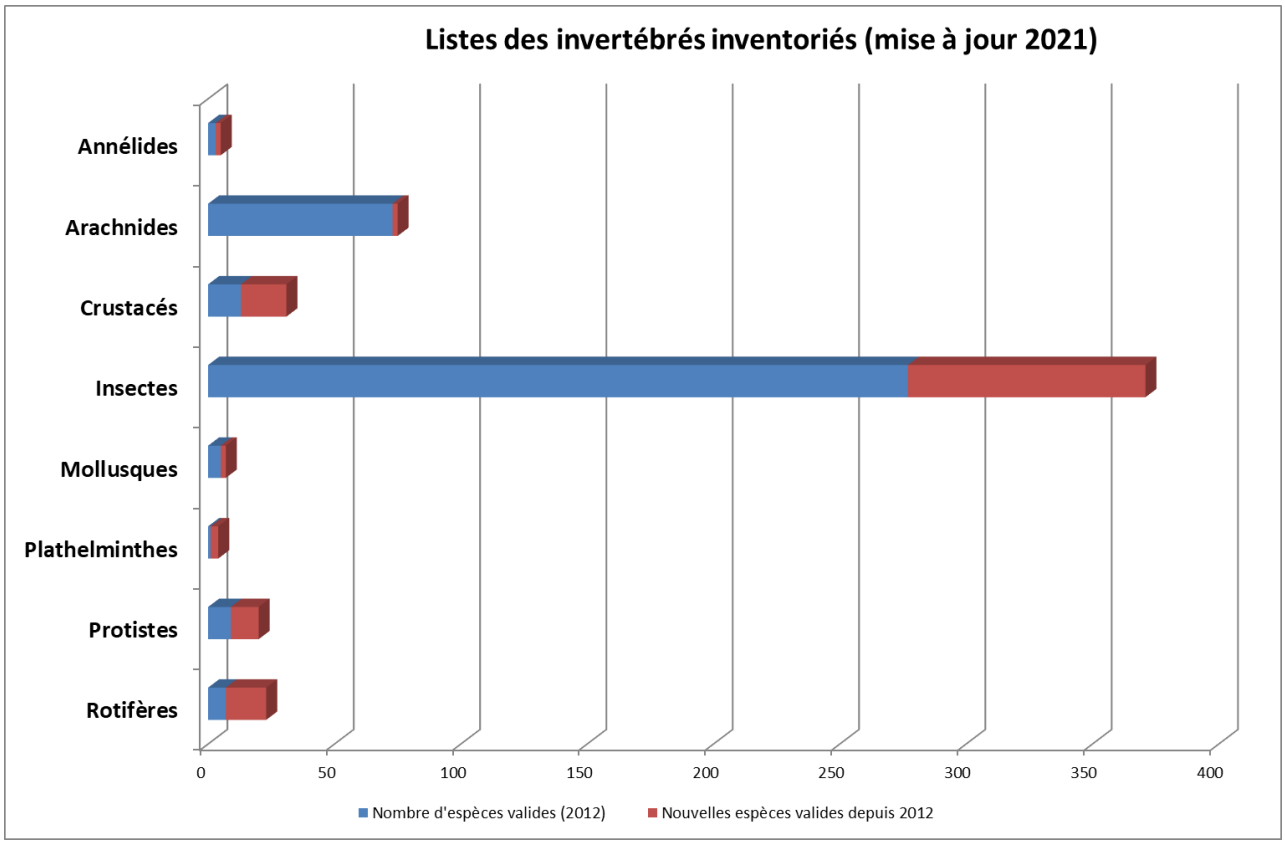
Trois espèces de Reptiles sont répertoriées sur la Réserve naturelle. La Couleuvre à collier (*Natrix natrix*) et le Lézard vivipare (*Zootoca vivipara*) adaptés aux milieux humides, sont particulièrement communs.
Un questionnement sur l'état de la population de ce lézard et son devenir dans le cadre du changement climatique sera à avoir dans le prochain plan de gestion.

Par ailleurs, on note une nouvelle espèce détectée en 2021 mais non encore saisie dans la BDD : la Coronelle lisse.
Enfin l'Orvet qui n'avait pas été noté depuis 1990 a été observé en 220, hélas victime de mortalité routière.

3.3.5 Invertébrés

Invertébrés			
Groupe taxonomique	**Nombre d'espèces recensées depuis la création de la Réserve**	**Nombre de nouvelles mentions depuis 2013**	**Etat des connaissances**
Annélides (Annelida)	5	2	●
Arachnides (Arachnida)	75	1	●
Blattes, Mantes, Termites (Dictyoptera)	1		●
Coléoptères (Coleoptera)	44	11	●
Collemboles (Collembola)	1	1	●
Crustacés (Crustacea)	31	18	●
Diptères (Diptera)	50	9	●
Ephémères (Ephemeroptera)	9	4	●
Forficules (Dermaptera)	1		●
Hémiptères (Hemiptera)	7	4	●
Hyménoptères (Hymenoptera)	34	1	●
Lépidoptères (Lepidoptera)	94	7	●
Mécoptères (Mecoptera)	4		●
Mégaloptères (Megaloptera)	1	1	●
Mollusques (Mollusca)	7	2	●
Névroptères (Neuroptera)	8	4	●
Odonates (Odonata)	29	7	●
Orthoptères (Orthoptera)	12	6	●
Perles (Plecoptera)	32	9	●
Phryganes (Trichoptera)	47	31	●
Plathelminthes (Platyhelminthes)	4	3	●
Raphidioptères (Raphidioptera)	1	1	●
Rotifères (Rotifera)	23	16	●
Total général	**520**	**138**	

Etat des connaissances : ● satisfaisant, ● moyen, ● mauvais



On note une augmentation des connaissances dans tous les groupes taxonomiques.

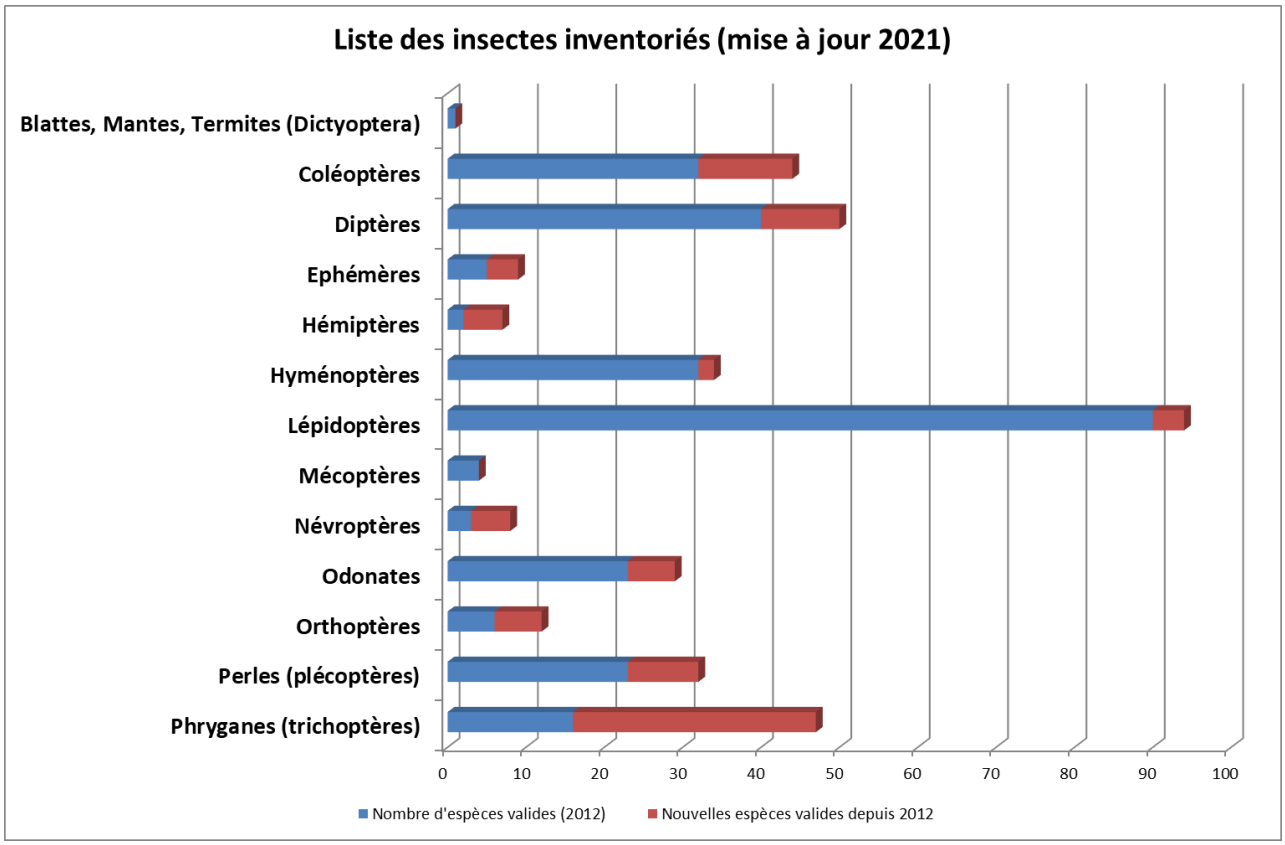


Figure 33 : Inventaires des invertébrés de la Réserve naturelle

Annélides

Ce genre a été inventorié pour la première fois sur la période 2015-2020 et fera partie des taxons à continuer d'étudier dans le prochain plan de gestion.

Arachnides

Un inventaire a été réalisé en 2002 sur ce groupe.
1 243 individus représentant **66 espèces** appartenant à 11 familles, dont 30% d'espèces typiques de milieux humides ou marécageux, 3 espèces déterminées citées comme occupant des milieux secs, 3 espèces présentes à des altitudes importantes (> 1 000m), espèce la plus remarquable présente dans l'appb : *Tricca alpigena*. Les groupes les plus représentés correspondent aux araignées errantes diurnes ou nocturnes. L'intérêt des tourbières étudiées réside donc dans la richesse de leur biodiversité en araignées « errantes ». La présence d'espèces particulières concrétise l'existence d'habitats particuliers (à définir) associant entre autres, les facteurs d'humidité, d'altitude et de climat de cette région. Cette étude a permis d'enrichir la liste des espèces répertoriées pour la Lorraine d'une quinzaine d'espèces nouvelles.

A partir d'un même ensemble de Familles, chaque tourbière (appb, p 144) étudiée présente ses propres originalités en terme de biodiversité, avec des quantités d'espèces relativement différentes. Ce dernier point est certainement lié aux superficies très différentes des tourbières et à leurs environnements forestiers. L'appb abrite une faune diversifiée et caractéristique qui n'est retrouvée qu'en partie dans la parcelle 144. La surface assez faible de la tourbière sommitale pourrait en effet permettre une invasion plus facile et plus importante par les espèces des milieux forestiers avoisinants et donc une compétition qui n'aurait pas permis l'installation d'espèces plus caractéristiques des zones humides.

La comparaison entre piégeage d'été et piégeage d'automne indique que le peuplement de ces tourbières semble se présenter sous forme d'un seul type de peuplement par année. Les conditions climatiques d'altitude en sont certainement la cause.

Cet inventaire serait à ré-actualiser.

Crustacés - Zooplancton

Lors d'un inventaire réalisé en 2018 par Anaëlle BERNARD, 40 taxons ont été inventoriés :

- 12 espèces de cladocères ;
- 4 espèces de copépodes cyclopoïde, 1 espèce de copépode Calanoïde et un Harpacticoïde ;
- 14 espèces de rotifères et 8 genres ;

Sur ces 40 taxons, **Plus de 80% sont relativement ubiquistes et fréquents, et quelques-uns sont tyrphophiles** : *Acantholeberis curvirostris, Streblocerus serricaudatus, Keratella serrulata f curvirostris, Lecane stichaea, Trichotria tetractis* (Leszek et al., 2016 ; Berzins et Pejler, 1987).
Certaines espèces sont bien réparties au sein de la Réserve naturelle, d'autres ont des localisations plus particulières, avec une distinction lac / mares, puis des différences de peuplement entre mares.

Acantholeberis curvirostris

LAC

Le lac est le site le plus riche en espèces (28) mais également celui qui a été le plus échantillonné de la réserve naturelle (9 prélèvements). 17 espèces de rotifères y sont inventoriées, dont plusieurs typiques de ce site et adaptées à la vie dans une colonne d'eau dépourvue de végétation.

4 des 7 espèces observées par Baldensperger A. en 1925 sont toujours présentes en 2018. Les 3 autres sont potentiellement présentes puisque les 3 genres sont observés, mais nécessitent une détermination détaillée de plusieurs individus pour être fiable.

Le zooplancton est présent toute l'année dans le lac de Machais, et la densité de présence reflète une **productivité faible à moyenne**, en accord avec les conditions du milieu. La présence **d'espèces indicatrices d'un milieu oligo-mésotrophe** conforte cette lecture. Une majorité d'espèces est pélagique, c'est-à-dire adaptée à la vie dans une colonne d'eau non végétalisée. Peu sont tyrphophiles, typiques des tourbières. C'est un **cortège que l'on retrouve dans d'autres lacs empoissonnés, de plaine ou de montagne, en eau oligo à meso-eutrophe**. *Des prélèvements dans les herbiers littoraux, au niveau des radeaux de sphaignes, auraient probablement nuancé cette lecture.*
Le cortège de rotifères est proche de celui observé en 1925, mais bien plus riche. Le manque d'informations sur le protocole utilisé à l'époque (date, fréquence d'échantillonnage, …) ne permet pas de tirer de conclusions sur cette différence.
La très faible densité en zooplancton au **printemps,** accompagnée d'un changement de structure en taille (grands copépodes en hiver – petits rotifères en été), pourrait correspondre à un **pic de prédation des Tanches et truitelles (si présentes)** sur les cladocères et les copépodes. La proportion et la densité en cladocères dans le zooplancton, faibles quelque soit la saison, pourraient également illustrer une **prédation continue relativement importante des poissons** sur *Daphnia longispina*, régulièrement citée comme une proie préférentielle. On peut en effet observer cette espèce en proportion importante au sein du zooplancton pélagique au printemps et en automne dans divers lacs. Cette ressource alimentaire pourrait être limitante pour les Tanches, pouvant alors expliquer leur nanisme (Colin, 2017). Cette hypothèse demanderait cependant à être vérifiée. Il est également possible qu'un pic d'abondance de cette espèce soit passé inaperçu du fait de la fréquence d'échantillonnage non adaptée à un suivi démographique.

Le nanisme des Tanches, décrit en 2017, pourrait être lié à une faiblesse de la ressource alimentaire disponible (spécialement sur le cladocère *Daphnia longispina*), le zooplancton étant lui-même dépendant de la productivité primaire du lac, potentiellement faible dans ce milieu tourbeux.

MARES

Mare 1 nord - 11 espèces inventoriées en 1 prélèvement (hivernal), dont 3 échantillonnées uniquement ici :
1 espèce benthique commune et à répartition sporadique, 1 espèce de copépode affectionnant les milieux de petites surfaces notamment en tourbière, et 1 espèce de rotifère ; **cortège relativement riche et remarquable.**

Mare 2 nord – 17 espèces sur les trois saisons, dont 1 cladocère non observé ailleurs. Pas de typicité particulière.

Mare 3 centrale – 21 espèces en 2 prélèvements (printemps et été) ; seuls deux espèces observées seulement ici. Milieu de vie d'une faune planctonique relativement riche (21 espèces pour 29 dans le lac de Machais). La **présence surprenante d'une espèce pélagique marque probablement une connexion régulière avec le lac de Machais.**

Mare forestière – 5 espèces en 1 prélèvement (estival) : peuplement ubiquiste d'espèces observées sur plusieurs autres sites de la réserve naturelle.

Perspectives

LAC

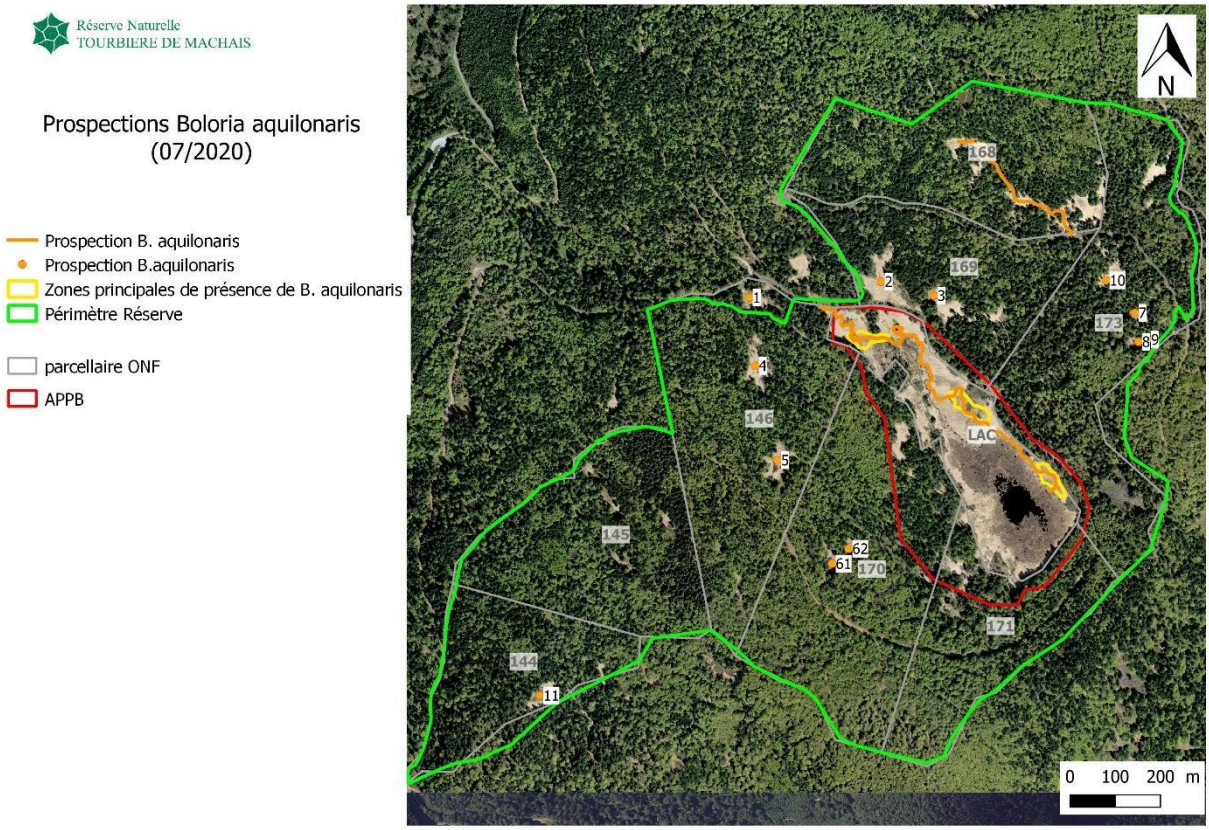
Une fréquence temporelle de prélèvements plus élevée aurait sans doute apportée de nouvelles espèces à l'inventaire. Certaines ont en effet un cycle de vie de l'ordre de quelques jours (rotifères) à quelques semaines (cladocères, copépodes). De même, un certain nombre d'espèces à répartitions sporadiques sont certainement sous-détectées.
Un travail de détermination plus poussé (étude des trophii des rotifères) serait également profitable. Au moins 12 espèces de rotifères pourraient ainsi être ajoutées ou validées dans le cadre de cet inventaire 2018.

Un protocole de test de l'hypothèse du nanisme des tanches détaillé est proposé.
Une étude de l'évolution de la communauté fossile de cladocères (exosquelette bien fossilisé dans la tourbe) est avancée comme une piste d'exploration de l'histoire naturelle et anthropique de ces tourbières, et notamment du plan d'eau, à partir d'une carotte sédimentaire datée : niveau trophique de l'eau (variations d'intensité), niveau de l'eau, prédations piscicoles...
Cette piste est particulièrement intéressante à creuser dans le cadre des partenariats mis en place avec le LIEC de Metz (Vincent Robin).
Contact avancé : CARRTEL (INRA, Thonon-les-Bains).

MARES
Les conditions hydrologiques et physico-chimiques des mares 1 et 2 nord seraient à étudier et à comparer : sont-elles particulières, différentes ? même question concernant le peuplement d'odonates. Si un facteur, autre que le zooplancton, vient appuyer cette typicité, il sera alors d'autant plus intéressant de s'assurer de la bonne conservation de ces sites.

EPT
Un important travail d'étude a été fourni en 2019 et 2020. Ces résultats sont présentés dans la partie 2.3.6 de ce rapport, « qualité physico-chimique et biologique ».

Lépidoptères (Papillons)
90 espèces sont recensées à ce jour, dont 60 espèces d'hétérocères issues des tentes malaise 2009.
En 2020, la Réserve naturelle a participé à l'étude du CEN Lorraine sur l'inventaire du *Boloria aquilonaris.*



Au sein de la tourbière centrale, **plus d'une centaine d'individus a été dénombrée** en une après-midi. Quelques individus ont également été observés dans différentes tourbières intra-forestières.

Cette prospection conforte le rôle majeur de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais comme site – source de cette espèce.

Une formalisation du suivi de cette espèce dans le temps et la définition d'éventuelles questions plus précises devront faire l'objet d'une action à part entière dans le futur plan de gestion 2021-2031 de la Réserve naturelle, car ce papillon n'a jamais été étudié jusqu'ici.

Orthoptères (Criquets, grillons et sauterelles)

12 espèces recensées sont aujourd'hui recensées, soit le double d'espèces qu'en 2012. Les populations observées sont remarquables (com. Pers. Julien Dabry). Une étude spécifique serait à entreprendre. Il reste surement quelques espèces à trouver, et il y a quelques éléments remarquables qu'il serait intéressants de quantifier et suivre.

Protistes

Protistes			
Groupe taxonomique	**Nombre d'espèces recensées depuis la création de la Réserve**	**Nombre de nouvelles mentions depuis 2013**	**Etat des connaissances**
Protistes (Protoctista)	20	13	●
Total général	**20**	**13**	

Etat des connaissances : ● satisfaisant, ● moyen, ● mauvais

Autres insectes

D'importants efforts de prospections sont encore à réaliser pour combler les lacunes de connaissance sur ces groupes taxinomiques peu étudiés. A cet effet, une étude par piégeage tentes malaises est en cours sur 2020-2021, à travers laquelle de nombreux naturalistes bénévoles se mobilisent pour effectuer des déterminations. Les éléments reçus à ce jour sont prometteurs et permettront de faire avancer l'état des connaissances sur ces groupes d'espèces.

3.4. ETAT DE CONSERVATION DES POPULATIONS D'ESPECES

3.4.1 Flore

Pour la plupart des espèces menacées de la Réserve Naturelle, les données ne sont pas assez récentes et/ou nombreuses pour évaluer la taille, la dynamique et l'état de conservation des populations. De nouvelles prospections qui aboutiront à des bilans stationnels doivent absolument être réalisées afin de connaître les tendances évolutives de ces populations. Cette action sera prioritaire dans le prochain plan de gestion.

Concernant les plantes spécifiques des habitats tourbeux, on peut néanmoins considérer que la cartographie de ces habitats et l'évaluation de leur état de conservation en 2018, basés sur des relevés phytosociologiques détaillés, donnent des éléments de tendance pour la conservation de ces espèces.

Les milieux forestiers ont eux été évalués via le PSDRF, qui là aussi donne des éléments de tendance.

3.4.2 Faune

Pour la plupart des espèces menacées de la Réserve Naturelle, les données ne sont pas assez récentes et/ou nombreuses pour évaluer la taille, la dynamique et l'état de conservation des populations. De nouvelles prospections qui aboutiront à des bilans stationnels doivent absolument être réalisées afin de connaître les tendances évolutives de ces populations. Cette action sera prioritaire dans le prochain plan de gestion.

Quelques espèces mieux renseignées ont **néanmoins** pu faire l'objet d'une analyse.

Tétras

Le Grand Tétras (*Tetrao urogallus*) a disparu de la Réserve naturelle et de ses abords immédiats depuis 2014, et il subit une forte évolution négative sur l'ensemble du massif vosgien. Malgré des travaux de restauration de l'habitat réalisés en 2014, et un suivi toute l'année d'une éventuelle recolonisation, aucun indice de présence de l'espèce n'a plus été détecté depuis 2014 sur la Réserve naturelle. Quelques individus fréquentaient jusqu'à récemment les abords immédiats, mais n'ont plus été observés depuis l'automne 2020.
La forte régression de cette espèce est multifactorielle. Qualité de l'habitat et dérangement sont les facteurs limitants principaux, mais le changement climatique et la pression des prédateurs sont également évoqués.

Les suivis sont réalisés en inter-Réserves naturelles et inter-structures selon les protocoles mis en place par le Groupe Tétras Vosges.

Odonates

cf. Tome 4 – Carte n°9

Groupe taxonomique phare des tourbières de la Réserve naturelle, les libellules sont suivies depuis la création de la Réserve naturelle. Différents protocoles se sont succédés, à savoir :

- Protocole national RNF Hydrosystèmes de 1993 à 2013 (aujourd'hui obsolète) ;
- Protocole national STELI (Suivi Temporel de Libellules), débuté en 2015. Un passage est effectué tous les 5 ans seulement afin de ne pas piétiner les habitats ;
- Récolte et déterminations d'exuvies tous les ans depuis 2014 ;
- Travail expérimental en cours en 2021 avec le CEFE et le CEN Lorraine sur ces suivis ;

Les populations de la Réserve naturelle sont stables, aucune espèce n'est en régression, malgré les incertitudes liées au changement climatique qui pèsent sur l'avenir de ce cortège. Leur vulnérabilité est grande, aussi seront-elles parmi les espèces prioritaires suivies lors du prochain plan de gestion.

On note l'apparition de plus en plus fréquente d'espèces ubiquistes, telles que l'*Anax imperator*, observé en émergence maintenant. Le genre *Orthetrum* a également été observé deux fois, alors qu'il n'était pas mentionné historiquement ni relevé.

3.5. ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES, ALLOCHTONES ET FUTURES ARRIVANTES

Aucune Espèce Exotique Envahissante n'est à ce jour répertoriée sur la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais, qu'elle soit végétale ou animale. Pour autant certaines sont présentes à proximité, dans la zone d'interdépendance de la Réserve naturelle (route des crêtes notamment avec la renouée du japon). Il est donc primordial de veiller à ce qu'elles n'apparaissent pas ici, ou qu'elles soient contrôlées et éradiquées dès leur apparition.

Certaines espèces allochtones comme la Tanche et l'Epicéa ont été introduites par l'humain sur ce territoire avant la création de la Réserve naturelle et perdurent. Ces espèces sont connues et une veille est exercée quant à l'évolution de leurs populations.

Enfin, dans le cadre des changements climatique globaux, le gestionnaire aura à s'interroger sur les espèces étant en limite d'aire de répartition (*aeshna alpestris* par exemple) qui pourraient disparaître à court ou moyen terme, et également sur les nouvelles espèces qui pourraient trouver refuge dans la Réserve naturelle au cours des migrations climatiques.

4. CADRE CULTUREL ET SOCIO-ECONOMIQUE DE LA RESERVE NATURELLE

4.1. REPRESENTATION CULTURELLE

Le classement de la Réserve naturelle a eu lieu en 1988 e a constitué une mesure compensatoire à la destruction du lac-tourbière de La Lande. Sujet fortement sensible et polémique, la Réserve naturelle a tout d'abord rencontré de vives oppositions, que le statut de « mise sous cloche » de la tourbière centrale a renforcé. Ce climat est aujourd'hui plus appaisé mais des réminiscences subsistent.
Un recueil de la mémoire des habitants et des locaux est en cours (2021) pour garder une trace de cette époque, des usages et de leurs évolutions.
Située sous la route des crêtes,cette Réserve naturelle est moins fréquentée que toutes les autres présentes sur le massif et majoritairement par des locaux. Toutefois, au vu du maillage du site par les sentiers et les routes, la capacité d'accueil et de charge du milieu est déjà dépassée (Parc naturel régional des Ballons des Vosges, 2001).
C'est pourquoi le site de Lispach, situé également à la Bresse, a été associé à la Réserve naturelle dès le début comme site de « jumelage pédagogique », et donc de ré-orientation du public. C'est également un site aménagé pour tous les publics, facile d'accès, et support de nombreuses animations. La Réserve naturelle s'insère en complément de ce dispositif avec une **stratégie visant à informer les visiteurs une fois ceux-ci sur site, sans créer d'effet d'appel.**

4.2. PATRIMOINE HISTORIQUE, CULTUREL ET PAYSAGER

Aucune étude sérieuse n'a été réalisée jusqu'ici sur le sujet sur la Réserve naturelle. Il semblerait toutefois qu'il n'existe pas de patrimoine culturel ou historique majeur, mais certains éléments d'intérêt local ou régional pourraient y être présents.
La partie « ancrage territorial » du plan de gestion ciblera des propositions d'actions pour faire avancer ce domaine de connaissances, qui progressera notamment lors du projet « mémoires et territoires » de 2021-2023.

4.3. USAGES ACTUELS DANS ET A PROXIMITE DE LA RESERVE NATURELLE

4.3.1. Exploitation de la ressource en eau et la maîtrise de l'eau

Rappel réglementaire (article 5 du décret de création de l'APPB et décret de création de la Réserve) : Au sein du territoire de la Réserve naturelle, aucun prélèvement d'eau (captage, pompage…), ni assainissement, ni « maîtrise sociale de l'eau » (drainage, endiguement, bassins de rétention…) n'est autorisé. Seul le réseau de dessertes (route départementale et chemins forestiers) est accompagné de fossés, de buses et de rigoles (Cf. Tome 4 - Carte n°8 et Carte n°17).

La Réserve naturelle de la Tourbière de Machais est intégrée dans le SDAGE Rhin-Meuse (schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux) courant sur la période 2016-2021 et prévue ensuite pour 2022-2027.

Ce document définit les objectifs et les grandes orientations pour une gestion équilibrée des ressources en eau. Les programmes de mesures qui les accompagnent précisent les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs, autour de 6 grands thèmes d'actions :

Questions importantes identifiées à l'issue de l'État des lieux 2019

	Thèmes des orientations fondamentales et dispositions					
	Eau et santé	Eau et pollution	Eau, nature et biodiversité	Eau et rareté	Eau et aménagement du territoire	Eau et gouvernance
Eau et changement climatique, un enjeu chapeautant tous les autres : il est urgent d'agir !	x	x	x	x	x	x
Eau, nature et biodiversité : préserver la biodiversité et les fonctionnalités des milieux aquatiques, notre assurance-vie pour demain		x	x	x	x	x
Eau et santé : priorité à la diminution des pesticides et autres substances toxiques	x	x	x	x	x	x
Eau et territoires : l'eau et le vivant au cœur de notre cadre de vie	x	x	x	x	x	x
Eau et mémoire : gérer les impacts de l'arrêt de l'exploitation minière et les pollutions liées aux guerres mondiales, connaître le passé pour mieux appréhender l'avenir	x	x		x		x
Eaux internationales : une gestion concertée qui ne connaît pas de frontières						x

Ce programme de mesures est décliné en plans d'actions à l'échelle départementale pour lui donner une portée opérationnelle en identifiant plus précisément les actions nécessaires et en définissant les conditions favorisant leur mise en œuvre : c'est le plan d'actions opérationnel territorialisé (PAOT) du département des Vosges sur la période 2022 - 2027 qui concernera la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais, plan piloté par la DDT 88 via la MISEN (Mission Interservices de l'Eau et de la Nature), où les Réserves naturelles sont représentées.

4.3.2. Agriculture

L'ensemble des activités pastorales est interdit par le décret de création de la Réserve naturelle.

4.3.3. Sylviculture

Rappel réglementaire : D'après l'article 10 du décret de création de la Réserve, « les activités forestières continuent à s'exercer conformément aux usages en vigueur. Les boisements sur les parties tourbeuses de la Réserve naturelle sont interdits. »

La gestion forestière est encadrée par le Plan d'Aménagement Forestier rédigé par l'ONF et approuvé par la commune propriétaire.

4.3.4. Chasse

Rappel réglementaire : Selon l'article 9 du décret de création de la Réserve, « L'exercice de la chasse est interdit sur les parcelles n° 77 et 78 pour leur partie classée en Réserve Naturelle, n° 79 à 85 et n° 88. Elle s'exerce dans le reste de la Réserve conformément à la réglementation en vigueur. » Autrement dit, seul le territoire de l'APPB n'est pas soumis à la chasse.
En complément, la pratique de la chasse sur la Réserve naturelle est encadrée par le bail de chasse 2015-2025, dans lequel des clauses particulières peuvent être négociées.
(Cf. Tome 3 – Annexe n°10)

Lors du précédent plan de gestion, en 2014, il a été demandé de dresser un bilan des pratiques de chasse sur la Réserve naturelle.
Ce bilan est issu des échanges de données annuelles avec le responsable du lot de chasse.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	moyenne
nombre de battues sur la Réserve naturelle par an	4	4	2	5	7	5	4,5
dont en période sensible	1	0	0	2	3	1	1,2
% en période sensible	25%	0%	0%	40%	43%	20%	26%
nombre avec chien(s)	3	1	1	3	1	3	2
% avec chien(s)	75%	25%	50%	60%	14%	60%	44%

Figure 34 : Bilan des pratiques de chasse sur la Réserve naturelle de 2015 à 2020

Sur cinq ans, on constate un nombre de battues hétérogène en fonction des conditions météo et de la fréquentation touristique. Le respect de la période sensible stricto sensu (à soir le 1er décembre) l'est également.
L'usage des chiens a lieu une fois par an minimum, mais avec un nombre limité (1 ou 2) et de petits chiens. Selon les dires du responsable du secteur, la forêt étant très claire la chasse en poussée silencieuse est plus adaptée.

4.3.5. Infrastructures et équipements

(cf. Tome 4 - Carte n°16)
D'après étude des données SIG, on constate que la Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais est parcourue par :

- 2,9 km de **sentiers** balisés, entretenus par l'association « le Club Vosgien » ;
- 1,46 km de chemins forestiers non balisés, communément empruntés (section du chemin du Tour de l'Étang) ;
- divers chemins forestiers et pistes forestières peu ou pas empruntés par les promeneurs ;
- la **route départementale des Américains** (RD 34 a) d'une longueur totale de 4 km, qui traverse la Réserve sur environ 1 km.
- Par ailleurs, ce sont aussi 3,4 km de sentiers ou de chemins balisés qui longent directement le périmètre de la Réserve.

Réseau routier et points d'accès à la Réserve

Les deux principales routes ayant une influence sur la fréquentation de la Réserve sont la RD 34, passant au Col du Bramont, qui constitue un axe à la fois touristique et économique, et la RD 34a (route des américains) dont la fréquentation est en grande partie liée à des activités

récréatives. Le chemin forestier des Italiens, ouvert à la circulation automobile, est pour sa part peu emprunté. Ce sont majoritairement des locaux qui le fréquentent.

En période estivale, la route des Américains est très fréquentée du fait de sa liaison avec la très touristique route des Crêtes. A titre d'exemple, sur la période du 15 au 24 juillet 2014, ce sont 5 882 véhicules qui ont été répertoriés par comptage du CG 88.

En hiver, cet axe fait l'objet d'une réglementation spécifique par arrêté du CG 88 (Cf. Tome 3 - Annexe n°11), interdisant la circulation des véhicules sur route enneigée. Depuis l'hiver 2014, une barrière est mise en place par les services du département afin de fermer physiquement cet accès dès lors que la route des crêtes est déclarée fermée. Cette mesure permettra à la fois d'assurer la sécurité des usagers qui s'engagent bien souvent sur cette route sans savoir qu'ils vont y rencontrer de la neige, et de préserver également la quiétude de la faune en général sur ce secteur.

En tant que voie permettant d'accéder à la route des crêtes où les fermes auberges ouvrent au 1er mai, son déneigement potentiel est fonction des actions menées à cette date.

Le parking du Col de Bramont reste accessible toute l'année. Le parking du chalet de Machais, inaccessible en hiver, est pour sa part remplacé par une place de stationnement hivernale sur les 50 premiers mètres (déneigés) de la route des Américains. Une dizaine de voitures environ peut s'y garer.

Enfin, l'article 12 du décret de la Réserve naturelle prévoit qu' « une convention établie après avis du comité consultatif entre le préfet et le président du conseil général fixe les limites à imposer au service responsable de la voirie départementale et aux entreprises agissant sur ses ordres dans l'exercice des activités d'exploitatoin, d'entretien et de réparation ».

La mise en place de cette convention devra être fléchée comme un axe prioritaire de travail pour ce plan de gestion. Elle pourra intégrer différents aspects : fauche tardive des bords de route, non salage, gestion des arbres à proximité, etc.

Places de stationnement

Plusieurs **places de stationnement** à différentes entrées de la Réserve existent. Les deux officielles et les plus utilisées sont :

- le parking du Col de Bramont, en bordure de la route départementale RD 34 et à l'entrée du chemin Vaxelaire. Sa capacité d'accueil maximale est d'environ 80 voitures.
- le parking du chalet forestier dit « de Machais », à l'entrée du chemin du Génie et du chemin des Italiens. Cette aire de stationnement a une capacité d'accueil maximale d'environ 15 voitures.

D'autres places de stationnement non matérialisées en tant que telles et à faible capacité d'accueil (1 à 3 voitures) sont également utilisées :

- les lacets de la route des Américains
- les entrées du chemin du Tour de l'Étang, dont l'une est interdite au stationnement (panneau d'interdiction sur place).

Concernant ces aires de stationnement en période estivale, le parking du Col de Bramont reçoit le plus de véhicules, en moyenne 6 véhicules par jour (selon les données de l'étude de fréquentation menée en 2001). Rappelons que ce parking rassemble des visiteurs qui se dirigent aussi bien vers la Réserve naturelle du Massif du Grand Ventron, que vers le territoire de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais. Pour sa part, sur la même période, le parking du

chalet de Machais reçoit en moyenne 4,6 véhicules par jour. Enfin, en moyenne, 1,63 véhicule par jour stationne le long de la Route des Américains.

Une proposition du comité consultatif en 2014 est l'étude de l'interdiction de stationnement le long des bords de la RD34A en période sensible afin de limiter le dérangement de la faune.

Abris ouverts au public

En termes de « refuges » ou plus exactement d'**abris ouverts au public** sont répertoriés :

- le chalet forestier et communal de Machais à proximité de la Réserve, en prolongement du parking du même nom, situé en bordure de la route départementale des Américains, donc très facilement accessible. Il se situe sur la commune de La Bresse, qui permet aux randonneurs en cas de réelle nécessité d'y passer la nuit. Aucun dispositif de récolte des déchets n'est prévu. Un poële existe à l'intérieur et une place à feu à l'extérieur, créée par les utilisateurs. Ceux-ci sont souvent des randonneurs ou promeneurs, mais aussi parfois des groupes qui « viennent faire la fête » ; son utilisation est réglementée par arrêté municipal (cf. Tome 3 – Annexe n°12).
- l'abri du Col de l'Étang, petit abri ouvert avec place à feu en son sein. On notera toutefois la présence d'une place à feu extérieure, créée par les randonneurs. Abri forestier et communal, il se situe sur la commune de Wildenstein, à proximité immédiate des sentiers balisés et de la Réserve naturelle. Il est utilisé exclusivement par des randonneurs, et sert parfois de lieu de bivouac.

4.3.6. Fréquentation routière

Sur la route départementale RD34A dite « route des Américains », le Conseil Départemental des Vosges (CD88) a mené en 2014, 2013 et 2017 des campagnes d'enregistrement de la fréquentation routière. Ces éléments ont été gracieusement mis à disposition à la Réserve naturelle, afin d'afficher pour la première fois des **éléments de fréquentation routière dans la Réserve naturelle.**

Du mardi 15/07/2014 à 14:00 au jeudi 24/07/2014 à 16:00 8 jours entiers	Sens 1 (montée vers la route des crêtes)			sens 2 (descente depuis la route des crêtes)			tous sens confondus		
	véhicule léger	**poids lourds**	**total véhicules**	**véhicule léger**	**poids lourds**	**total véhicules**	**véhicule léger**	**poids lourds**	**total véhicules**
Débit Total sur la période	2 729	35	2 764	3 086	32	3 118	5 815	67	5 882
Débit Moyen Journalier	341	4	346	386	4	390	727	8	736
Débit Moyen horaire	14	-	14	16	-	16	30	-	30
Débit Moyen de Jour	337	4	341	375	4	378	712	8	719
Débit Moyen de Nuit	4	-	5	11	-	11	15	-	16
Débit Moyen Jours ouvrés	312	4	316	365	4	369	677	8	685
Débit Moyen Sam. & V.F.	459	7	466	494	8	502	953	15	968
Débit Moyen Dim.& Fériés	398	3	401	405	-	405	803	3	806

Du Jeudi 14/07/2016 à 00:00 au Mardi 30/08/2016 à 23:00 48 jours entiers	Sens 1 (montée vers la route des crêtes)			sens 2 (descente depuis la route des crêtes)			tous sens confondus		
	véhicule léger	**poids lourds**	**total véhicules**	**véhicule léger**	**poids lourds**	**total véhicules**	**véhicule léger**	**poids lourds**	**total véhicules**
Débit Total sur la période	15 625	421	16 046	20 002	483	20 485	35 627	904	36 531
Débit Moyen Journalier	325	9	334	417	10	427	742	19	761
Débit Moyen horaire	14	-	14	18	-	18	32	-	32
Débit Moyen de Jour	321	9	330	404	10	414	725	19	744
Débit Moyen de Nuit	4	-	4	13	-	13	17	-	17
Débit Moyen Jours ouvrés	264	8	272	356	11	367	620	19	639
Débit Moyen Sam. & V.F.	386	12	398	469	8	477	855	20	875
Débit Moyen Dim.& Fériés	499	7	506	590	8	598	1 089	15	1 104

Du Samedi 01/07/2017 à 00:00 au Jeudi 31/08/2017 à 23:00 62 jours entiers	Sens 1 (montée vers la route des crêtes)			sens 2 (descente depuis la route des crêtes)			tous sens confondus		
	véhicule léger	poids lourds	total véhicules	véhicule léger	poids lourds	total véhicules	véhicule léger	poids lourds	total véhicules
Débit Total sur la période	17 188	248	17 436	22 684	301	22 985	39 872	549	40 421
Débit Moyen Journalier	277	4	281	366	5	371	643	9	652
Débit Moyen horaire	12	-	12	15	-	15	27	-	27
Débit Moyen de Jour	273	4	277	354	5	359	627	9	636
Débit Moyen de Nuit	4	-	4	12	-	12	16	-	16
Débit Moyen Jours ouvrés	226	4	230	305	5	310	531	9	540
Débit Moyen Sam. & V.F.	328	5	333	444	5	449	772	10	782
Débit Moyen Dim.& Fériés	411	4	415	509	4	513	920	8	928

Figure 35 : Synthèse des données de fréquentation routière transmises par le CD88 à la Réserve naturelle

Eléments généraux de comparaison

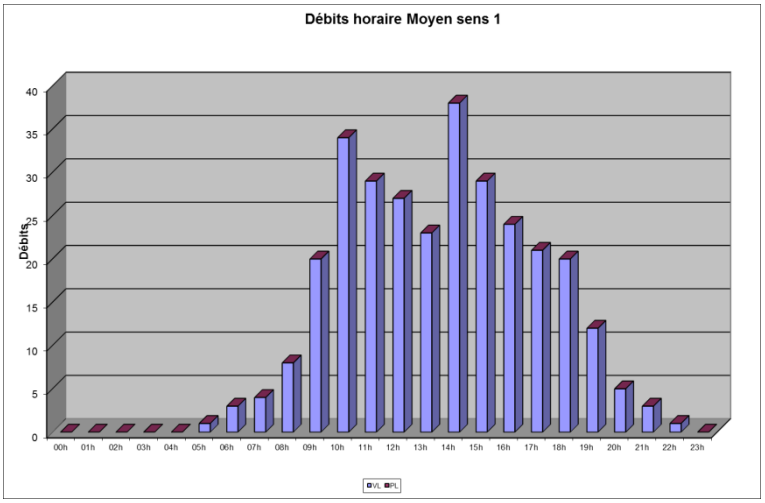
	2014	**2016**	**2017**
nombre de jours de comptage	8	48	62
Débit Moyen Journalier tous sens confondus et tous véhicules confondus	736	761	652
part de la descente	53%	56%	57%
part de poids lourds	1,1%	2,5%	1,4%
circulation nocturne (débit moyen)	16	17	16
jour de fréquentation maximale	mercredi 16 juillet	dimanche 14 aout	jeudi 24 aout
jour à plus de 500 véhicules	information pas accessible	7, tous en week-end / jours fériés	5, dont 1 en semaine (jeudi 24/08)

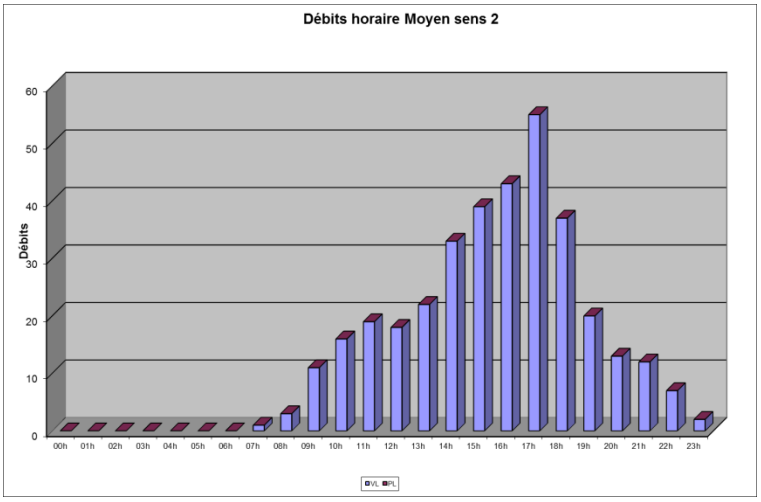
2014 et 2016 présentent des moyennes journalières presque identiques même si périodes de comptage très différentes ; les 3 années sont similaires. La **fréquentation routière quotidienne estivale est très importante, plusieurs centaines de véhicules par jour,**

Elle égale la fréquentation piétonne du site durant les week-ends et dépasse la fréquentation en semaine. On peut s'interroger sur les conditions de "calme et de tranquillité" recherchées par les visiteurs.

Une circulation nocturne moyenne inférieure à 20 véhicules est enregistrée sur l'ensemble des trois années. Cela reste très faible par rapport à la circulation diurne.

Distributions horaires enregistrées en 2014





Si l'on regarde les graphiques de distribution horaire réalisés par le CD88 en 2014, en se référant au seuil de 20 véhicules par heure (ce qui est déjà beaucoup), les plages où ce seuil (nocturne) est dépassée sont les suivantes :

- 9h-18h pour la montée, soit l'ensemble de la journée standard ;
- 13h-19h dans le sens de la descente, donc uniquement l'après-midi, avec une poussée jusqu'à l'heure du repas ;

On observe sur les 3 années une très légère majorité de la circulation s'effectuant dans le sens de la descente de la route. C'est donc un **axe qui est utilisé dans les deux sens**, afin de quitter les crêtes ou de les rejoindre.

La part de la circulation des poids lourds reste très faible, mais pas pour autant négligeable totalement. 2016 montre un "pic" de fréquentation par rapport aux deux autres années... L'immense majorité du trafic est donc constitué de voitures légères, inférieures à 3,5 tonnes. Heureusement, puisque c'est un itinéraire très peu adapté aux poids lourds (étroitesse de la chaussée, virages en épingles, ouvrages...), et que la majeure partie des incidents relevés sur cette route sont de leur fait (orniérage, destruction d'ouvrages).

Jours fériés et pics de circulation

Sans surprise, les pics de circulation enregistrés se situent soit sur les jours fériés de l'été soit à proximité immédiate. Les périodes d'enregistrement n'étant pas les mêmes, il est difficile de comparer ces trois années.

4.3.7 Activités touristiques et de loisirs

Activités individuelles autorisées sur la Réserve naturelle

En référence à l'état des lieux du premier plan de gestion 1998-2002 et à l'arrêté complémentaire au décret n° n°293/2015 du 11 mai 2015 (cf. Tome 3 – Annexe n°13), les pratiques individuelles sportives ou de loisirs existantes et autorisées sur le territoire de la réserve sont les suivantes :

- la randonnée pédestre,
- la randonnée équestre,
- le ski de fond,
- le ski de randonnée,
- les raquettes à neige,
- le VTT (hors VTT de descente).

En période estivale, la randonnée pédestre constitue la principale activité des visiteurs de la Réserve. Viennent ensuite le VTT, en forte expansion (y compris VTT électrique), et le trail, plus marginal.
En hiver, raquettistes, skieurs de fond ou de randonnée et piétons proprement dits se côtoient.

La pratique du hors sentier

Le même arrêté a été pris suite à l'avis favorable du comité consultatif de décembre 2014 afin d'interdire la sortie des sentiers balisés et de la RD34A du 1er décembre au 30 juin.

Activités non autorisées pratiquées sur la Réserve

En hiver, la pratique de la motoneige ou du scooter des neiges par quelques individus est constatée régulièrement sur la route des Américains et sur le chemin des Italiens. Il semblerait qu'il s'agisse de randonnées nocturnes assez régulières à destination de la route des Crêtes, enneigée. Hors période de neige, ponctuellement, des traces de moto sont observées sur le chemin Vaxelaire, voire même en pleine forêt, en lisière de tourbières de pente.
Suite à une interpellation en 2015 ayant donné lieu à des sanctions, les années suivantes ont vu une baisse significative de cette pratique (absence). L'hiver 2020-2021 a toutefois vu reparaître des traces.

Les manifestations sportives

Le décret de création de la Réserve stipule (article 17) que : « Les activités sportives ou touristiques organisées sont réglementées par le Préfet après avis du comité consultatif. Toutefois les manifestations sportives collectives, organisées depuis au moins cinq années sans discontinuité avant la date du présent décret sont autorisées. L'interruption d'une telle manifestation pendant plus de deux ans rend cette exception caduque. »

L'organisation de manifestations sportives génère sur un laps de temps limité une augmentation significative de la fréquentation, et leur déroulement sur la Réserve naturelle n'est pas souhaité dans un objectif de maintien de la quiétude, notamment en période sensible. Ainsi l'arrêté n° 293/2015 précise que (article 1) : « les manifestations sportives ou touristiques organisées sur la Réserve naturelle sont soumises à autorisation de Monsieur le Préfet des Vosges après avis du comité consultatif ».

Plusieurs manifestations se sont succédées dans l'histoire de la Réserve naturelle, de la course automobile aux épreuves cyclistes.
Lors du plan de gestion 2015-2020, deux manifestations se déroulaient encore :

- le triathlon Tri-Thur, arrivé en 2012
- l'Alsacienne, arrivé en 2015

Ces deux manifestations avaient fait l'objet d'un cahier des charges approuvé par le comité consultatif et le préfet, et d'une surveillance annuelle. A l'issue de la concertation de révision du plan de gestion, les organisateurs ont accepté de modifier leurs manifestations et évitent désormais le territoire de la Réserve naturelle.
Il n'y a donc à ce jour plus de manifestation sportive sur la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais.

Les activités touristiques commerciales

Les accompagnateurs en moyenne montagne, guides professionnels, proposent des randonnées payantes au grand public, tout au long de l'année. Leurs circuits intègrent de temps à autre la Réserve naturelle. Il convient de rappeler que selon l'article 14 du décret, « seules sont autorisées les activités commerciales liées à la gestion et à l'animation de la Réserve naturelle ».

La pêche

Depuis la création de la Réserve, la pêche de loisir qui s'exerçait au niveau de l'Étang de Machais ne se pratique plus, au vu de l'interdiction de pénétration au sein de l'APPB (NB : le décret de création de la Réserve n'interdit pas la pratique de la pêche). De l'alevinage sauvage (non autorisé) a été soupçonné au niveau du ruisseau « Le Valsche » et de la goutte de Machais pendant quelques années suite à la création de la Réserve naturelle, mais cette pratique ne semble plus d'actualité en 2011.

Les prélèvements autorisés

D'après l'article 6 du décret de création de la Réserve, « Sous Réserve des droits des propriétaires et compte tenu des usages en vigueur, la cueillette des fruits sauvages et des champignons à des fins de consommation familiale est autorisée, mais peut être réglementée par le Préfet après avis du comité consultatif ». Dans les faits, la cueillette des fruits sauvages et des champignons à des fins de consommation familiale est donc tolérée au sein de la Réserve, à l'exclusion du territoire de l'APPB. Il n'existe pas de réglementation préfectorale complémentaire.

4.3.8 Tendances évolutives de la fréquentation pédestre depuis 10 ans

Un suivi de la fréquentation sur la Réserve naturelle via des éco-compteurs a été mis en place depuis 2012. Il concerne la période du 1er mai au 1er novembre, car l'équipement n'est pas fonctionnel en temps de neige. Ce matériel est sujet à des dysfonctionnements récurrents, toutes les années ne sont donc pas exploitables. C'est malheureusement le cas pour 2019 et 2020. Les données 2021 ne sont pas intégrées car encore non acquises au moment de la rédaction de ce document.

Fréquentation du tour de l'étang - 9 juin au 11 novembre (2012,2014,2016,2018)

Fréquentation inter-annuelle

Un bilan du fonctionnement de l'éco-compteur entre le 1er mai et le 11 novembre depuis son installation en 2012 est présenté dans le tableau ci-dessous. L'année 2020 a été exclue faute de données de bonne qualité.

année	fonctionnement du matériel	fréquentation sur la période de fonctionnement	nombre moyen de randonneurs par jour	nombre de jour sans fréquentation	nombre de jours où la fréquentation est inférieure à 50 personnes	nombre de jours où la fréquentation est supérieure à 100 personnes	maximum journalier enregistré
2012	16/05 au 11/11	5 802	32	1	138	6	119 (dimanche 27/05)
2013	01/05 au 11/11	5 628	29	11	161	1	162 (vendredi 16/08)
2014	01/05 au 25/08	2 841	24	9	103	2	116 (lundi 09/06)
2015	01/05 au 31/08 et 01/10 au 11/11	4 574	28	20	134	3	221 (vendredi 03/07)
2016	01/05 au 11/11	6 130	31	6	153	5	142 (dimanche 30/10)
2017	01/05 au 30/06	1 793	29	3	51	2	147 (samedi 27/05)
2018	09/06 au 11/11	6 690	43	1	106	8	173 (lundi 06/08)
2019	01/05 au 18/07 et 20/07 au 11/11	8 239	42	5	129	13	188 (dimanche 04/08)
	total	**41 697**					

Tableau 15 : Bilan du fonctionnement de l'éco-compteur du tour de l'étang depuis son installation en 2012

Les journées sans aucune fréquentation sont très rares, en moyenne 7 journées sur les périodes prises en compte dans le tableau 10 entre 2012 et 2019. Les pics de fréquentation (définis pour les journées à 100 personnes et plus) s'élevaient à 8 en 2018, chiffre le plus élevé enregistré depuis la mise en place de cet appareil. En **2019**, on dénombre **13 pics de fréquentation**. Si l'on compare ce chiffre aux années 2013 et 2016 pour lesquels l'appareil a fonctionné du 01/05 au 11/11 avec respectivement 1 et 5 pics de fréquentation, ce **nombre** est **le plus élevé depuis la mise en place de cet éco-compteur en 2012**. **Les pics de fréquentation semblent donc être en augmentation sur la réserve**, et se répartissent tout au long de l'année. Sept des 13 pics de fréquentation ont été enregistrés en août pendant les grandes vacances scolaires. Deux pics ont été enregistrés en mai (jeudi 09 et vendredi 31), deux en juin (samedi 01 et dimanche

9), un en septembre (lundi 16) et un en octobre (dimanche 13). Le vendredi 31/05 et le samedi 01/06 correspondent au pont de l'ascension, le dimanche 09/06 au pont de la pentecôte. Sur les 6 pics de fréquentation enregistrés en dehors du mois d'Août, 3 correspondent à des journées sur des ponts, le jeudi 09/05 au lendemain d'un jour férié donc peut-être également influencé par le jour férié de la veille.

Concernant les tendances inter-annuelles, la fréquentation enregistrée est similaire pour les années 2012, 2013 et 2016, et présente une augmentation significative en 2018 (+1400 passages).

Fréquentation mensuelle

Mois de juin, septembre et octobre similaires ; juillet et août concentrent 56% de la fréquentation, août notamment.

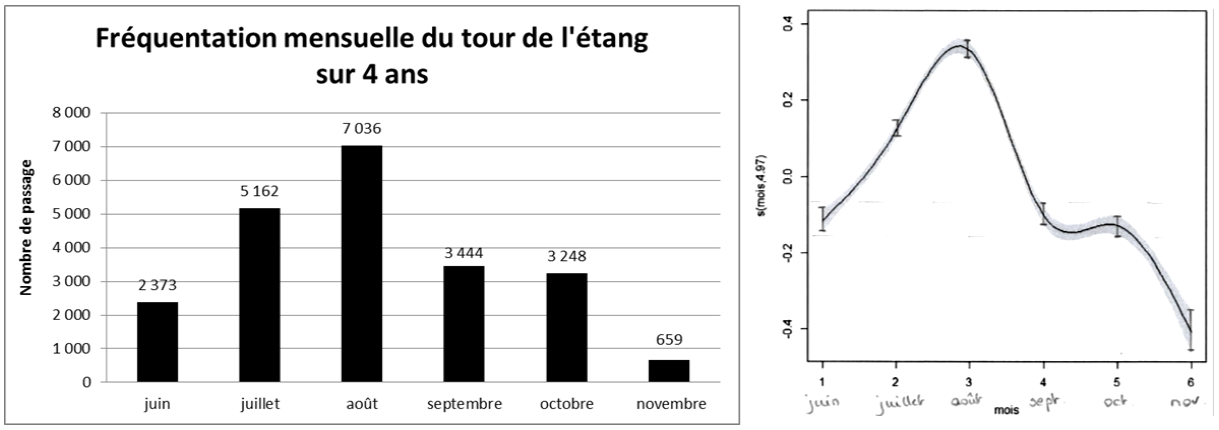


Figure 36 : histogramme et graphique obtenu (GAM : IC 95% en gris) pour les comparaisons inter-mensuelles de la fréquentation du sentier du tour de l'étang

Fréquentation hebdomadaire

- Faible les lundis, mardis, mercredi et vendredi (47% en tout)
- Moyenne les jeudi et samedis (29%)
- La plus forte le dimanche, concentrant à lui seul presque un quart des passages (23%)

Répartition horaire de la fréquentation

La fréquentation du sentier du tour de l'étang augmente progressivement au cours de la matinée et atteint un premier pic aux alentours de 11h (10,4% de la fréquentation). Une diminution significative est enregistrée entre 12h et 13h avant que la fréquentation ré-augmente et atteigne un 2ème **pic de fréquentation entre 14h et 16h**, **tranche horaire avec la plus forte fréquentation** comptabilisée (44,3% de la fréquentation journalière du sentier). La fréquentation diminue ensuite progressivement au cours de l'après-midi et de la soirée.

Fréquentation du sentier de l'éboulis – 1er mai au 11 novembre (2013, 2016, 2017 et 2018)

Fréquentation inter-annuelle (compteur défectueux en 2019 et 2020)

année	fonctionnement du matériel	fréquentation sur période de fonctionnement	nombre moyen de randonneurs par jour	nombre de jour sans fréquentation	nombre de jours où la fréquentation est inférieure à 50 personnes	nombre de jours où la fréquentation est supérieure à 100 personnes	maximum journalier enregistré
2012	16/05 au 11/11	3 482	19	17	164	2	265 (dimanche 19/08)
2013	01/05 au 11/11	3 250	17	26	187	2	158 (vendredi 16/08)
2014	01/05 au 31/08	2 458	20	8	113	2	141 (mardi 17/06)
2015	09/07 au 11/11	2 110	17	4	119	1	111 (jeudi 09/07)
2016	01/05 au 11/11	3 057	16	24	187	0	92 (samedi 07/05)
2017	01/05 au 11/11	3 499	18	13	185	1	103 (samedi 27/05)
2018	01/05 au 11/11	3 849	20	8	179	0	77 (mercredi 15/08)
	total	21 705					

Tableau 16 : Bilan du fonctionnement de l'éco-compteur du sentier de l'éboulis depuis son installation en 2012

Concernant la fréquentation inter-annuelle, la fréquentation enregistrée est similaire pour les années 2012 et 2013, présente une augmentation non significative en 2017 puis une augmentation significative en 2018 (+ 3 849 passages).

Fréquentation mensuelle

Mois de mai, juin et septembre similaires ; juillet et aout concentrent près de 50% de la fréquentation ; diminution significative en octobre

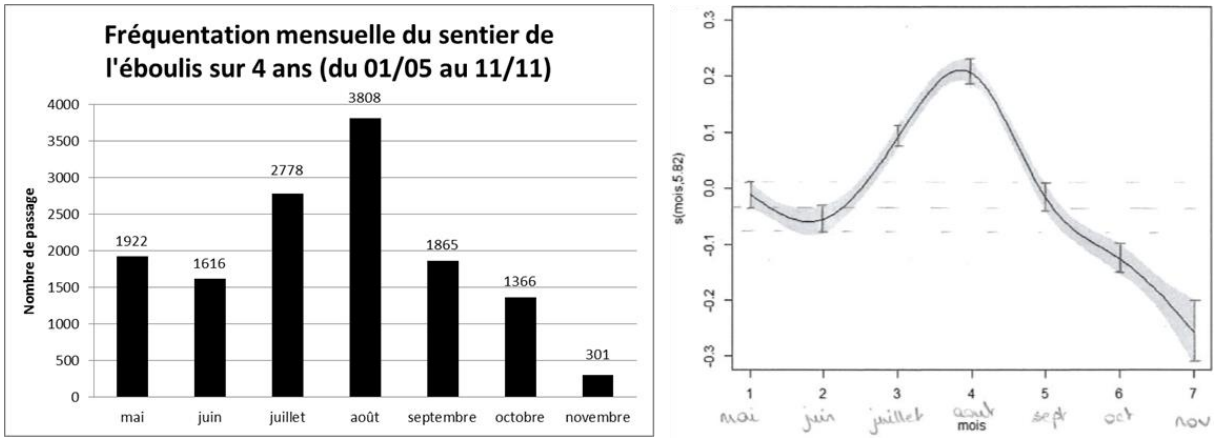


Figure 37 : histogramme et graphique obtenu (GAM : IC 95% en gris) pour les comparaisons inter-mensuelles de la fréquentation du sentier de l'éboulis

Fréquentation hebdomadaire

- Similaire sur tous les jours de la semaine
- Plus forte le week-end, et notamment le dimanche, concentrant à lui seul presque un quart des passages (22%)

Répartition horaire de la fréquentation

Sur la journée, le **pic de fréquentation est enregistré entre 10h et 16h**. En effet, cette plage horaire concentre 85% de la fréquentation journalière du sentier. Au sein de cette plage horaire,

une diminution significative de la fréquentation est enregistrée à 13h par rapport aux tranches horaires 10h-11h et 14h-16h.

Comparaison entre les deux sentiers : conclusions

Sur les périodes analysées entre 2012 et 2018, **les fréquentations printanières et automnales de ces deux sentiers sont similaires avec une fréquentation plus importante du sentier du tour de l'étang.**
Les pics de fréquentation sont enregistrés au cours des grandes vacances scolaires (mois de juillet et août) qui concentrent respectivement pour le sentier de l'éboulis et celui du tour de l'étang 48 à 56% de la fréquentation enregistrée entre mai et novembre. La fréquentation la plus élevée sur ces deux sentiers est enregistrée au mois **d'Août, mois qui concentre près d'1/4** de la fréquentation.
Le **dimanche** ressort comme la journée avec la fréquentation la plus élevée regroupant près d'1/4 de la fréquentation hebdomadaire de ces deux sentiers.
Le pic de fréquentation du sentier de l'éboulis se situe entre 10h et 16h, plage horaire qui concentre 85% de la fréquentation journalière du sentier. Pour le sentier du tour de l'étang, le principal pic d'activité est enregistré entre 14h et 16h, tranche horaire qui concentre près de la moitié (44%) de la fréquentation journalière du sentier.

Les analyses réalisées montrent une augmentation significative de la fréquentation de ces deux sentiers en 2018, d'autant plus marquée pour le sentier du tour de l'étang.
Pour l'année 2018, 10 539 passages ont été enregistrés sur les deux sentiers entre le 1er mai et le 11 novembre. En sachant que ce chiffre n'est pas représentatif de la totalité de la fréquentation de la réserve et qu'il comptabilise la fréquentation uniquement sur 6 mois de l'année, la **capacité d'accueil** de la Réserve naturelle de 10 000 personnes à l'année (2001) est aujourd'hui **largement dépassée**.

L'enquête menée auprès des visiteurs de la Réserve naturelle en 2001, identifiait un seuil (subjectif) maximal de 50 personnes comme une limite à ne pas atteindre pour rester dans les conditions de « quiétude » et « d'ambiance sauvage ». Ces conditions sont encore réunies dans plus de 68% des journées (entre 68 et 96% selon le sentier entre 2012 et 2018). Il est important de noter cependant que ce chiffre est un des plus bas voire le plus bas enregistré en 2018 pour le sentier du tour de l'étang, et que cela coïncide avec une augmentation généralisée de la fréquentation de ces deux sentiers.

4.3.9 Profil des visiteurs de la Réserve naturelle

Une première étude avait eu lieu en 1996 sur l'ensemble des Réserves naturelles du massif des Vosges.
Cette étude a été reconduite en 2019 en s'inspirant du même protocole, s réalisé de manière plus complète et plus fiable (93 enquêtes réalisées).

Types de publics fréquentant la Réserve naturelle

La majeure partie des personnes rencontrées sont des locaux (40%), des couples (42%), majoritairement des adultes entre 20 et 65 ans, salariés ou retraités.

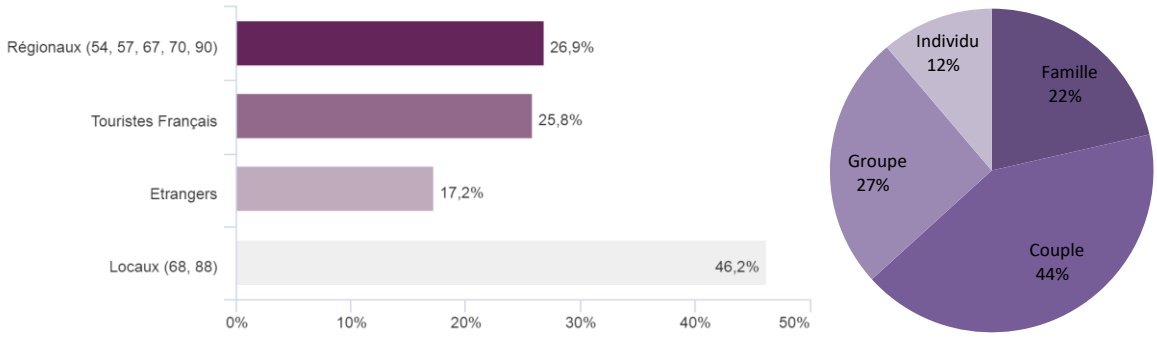


Figure 38 : profil des visiteurs de la Réserve naturelle (2019)

D'autre part, la proportion d'enquête avec des personnes venant pour la 1ère fois est similaire à celles avec des personnes déjà venues sur la Réserve (écart de 4.4%). A noter que les groupes peuvent être composés de personnes des deux types de catégories, notamment lorsque des locaux se baladent avec des gens venus leur rendre visite.
La proportion de personnes venant pour la 1ère fois est corrélée à l'origine des visiteurs (voir le graphique ci-dessous). Plus les personnes viennent de loin, plus la proportion de 1ère visite de la Réserve augmente.

Type de pratiques et objectifs de la sortie

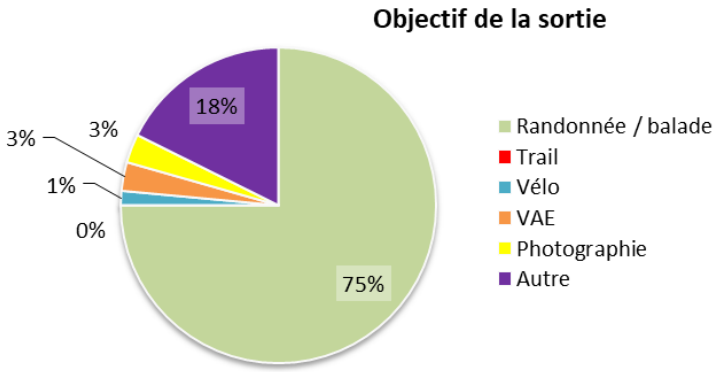


Figure 39 : objectif de sortie des visiteurs de la Réserve naturelle (étude 2019)

La pratique majoritaire des personnes rencontrées est la randonnée (90%). Les autres pratiques restent très à la marge avec cependant une majorité de vélo à assistance électrique (3,3 %), qui supplantent la pratique du VTT ou du trail (1,1 % chacune). L'absence de conditions d'enneigement favorables au ski ou aux raquettes a probablement limité leur pratique sur l'hiver 2019-2020 (respectivement 1,1 et 2%).
La photo était l'objectif de la sortie pour 3% des personnes rencontrées.
En 2001 comme en 2019, la balade et la randonnée sont les deux principales activités pratiquées respectivement par 72 et 75% des personnes rencontrées. Contrairement à 2001, la pratique du VTT/VAE et la cueillette sont des objectifs de sorties mentionnés par les personnes enquêtées en 2019. La photographie est également mentionnée comme une activité pratiquée en 2001 sans précision de la proportion.

Des objectifs plus orientés bien-être, découverte, santé ont également été mentionnés par les personnes rencontrées en plus d'une présence pour de la cueillette, de champignon principalement.

Parmi les 3 éléments proposés (beauté des paysages/tranquillité/sport de nature), les personnes viennent principalement pour la beauté du paysage (40%) et le calme et la tranquillité (38%). Le sport de nature est recherché par 22% des personnes rencontrées.
Le nuage de mots ci-dessous illustre les réponses apportées à la place ou en complément des 3 propositions de l'enquête. Les mots apparaissent à partir d'une seule occurrence et la taille reflète leur nombre d'occurrence.

Connaissances générales du public

La majorité des personnes savent qu'elles sont sur le périmètre d'une Réserve naturelle (77%). 8,7% des personnes ont dit avoir déjà rencontré un agent d'une Réserve naturelle et 96 % estiment savoir ce qu'est une réserve naturelle.
58% des personnes enquêtées disent ne pas avoir pris connaissance de la règlementation mais 97% pensent la respecter. Certains disent avoir vu les panneaux sans avoir pris le temps de les lire.

Avis sur les aménagements

Concernant les aménagements sur la Réserve 78% des personnes trouvent que cela est suffisant, 19% pas assez (balisage pas assez clair, absence de banc, …) et 3% qu'il y en a trop.
Une majorité de personnes sont en accord avec le fait qu'il n'y ait pas d'aménagement sur la Réserve et ne souhaitent pas qu'il y en ait plus car ils pensent que cela va attirer plus de monde, ce qu'ils ne souhaitent pas.
Pour les 3%, cela relève plutôt d'une vision globale sur le massif sachant qu'aucun aménagement n'est présent sur la Réserve si ce n'est la présence d'un platelage (jugé utile par les personnes qui en ont parlé) et les sentiers balisés.

4.3.10 Tableau de synthèse des activités et de leurs impacts actuels et potentiels

Activités, usages	Acteur(s)	Zone d'exercice	Zone d'influence	Période de pratique	Intensité de la pratique (faible/moyenne/forte)	Evaluation de la pratique	Impacts potentiels sur la Réserve naturelle (directs et indirects)	Impacts actuels sur la Réserve naturelle (directs et indirects)
Agriculture	interdite par le décret de la Réserve naturelle (article 10)							
Exploitation de la ressource en eau	aucun prélèvement ni maîtrise sociale de l'eau n'est autorisé. Seul le réseau de desserte est accompagné de fossés, de buses et de rigoles							
Sylviculture	ONF pour le compte de la commune propriétaire	parcelles forestières hors APPB et hors zones vertes	toute la Réserve naturelle	1er juillet au 30 novembre	moyenne	impacts sur les habitats évalués via le PSDRF. impacts de la desserte forestière suivis. impact sur le réseau hydrographique reste à évaluer.	moyen à fort	habitats lacunaires en stades vieillissants. Entretien du réseau de desserte programmé en commun ; quiétude à préserver. Impacts moyens à forts.
Chasse	Association de chasse "Saint Hubert" de La Bresse	parcelles forestières hors APPB	toute la Réserve naturelle	toute l'année	moyenne	Recensement des pratiques effectué sur 2015- 2020	moyen	à évaluer. impacts sans doute moyens

Activités, usages	Acteur(s)	Zone d'exercice	Zone d'influence	Période de pratique	Intensité de la pratique (faible/moyenne/forte)	Evaluation de la pratique	Impacts potentiels sur la Réserve naturelle (directs et indirects)	Impacts actuels sur la Réserve naturelle (directs et indirects)
Cueillette	Promeneurs	parcelles forestières hors APPB. Consommation familiale, mais peut être réglementé.	Réserve naturelle hors APPB	Surtout à l'automne (champignons)	faible	inexistant	faible	à évaluer. Sans doute peu d'impacts.
Pêche de loisir	AAPPMA La Bresse	Parcelles hors APPB, mais réserve de pêche	Réserve naturelle hors APPB	Inexistant	/	/	/	/
Randonnée pédestre	Particuliers	Chemins et sentiers de l'ensemble du site	toute la Réserve naturelle	toute l'année	forte	suivis annuels par éco-compteurs	moyen à fort	Fréquentation régulière et toute l'année, capacité d'accueil de la Réserve naturelle dépassée. Impacts existants, moyens, à limiter.
Randonnée équestre	Particuliers	Chemins et sentiers de l'ensemble du site	Réserve naturelle hors APPB	Toute l'année	faible	pas de suivi ; veille sur le terrain	faible	pratique très ponctuellemnt observée (moins d'une fois par an). pas d'impacts.
VTT	Particuliers	Chemins et sentiers de l'ensemble du site	toute la Réserve naturelle	toute l'année	moyenne	pas de suivi ; veille sur le terrain	faible à moyen	Fréquentation limitée, préjudiciable surtout hors sentier. Impact à évaluer, sans doute faible actuellement.

Activités, usages	Acteur(s)	Zone d'exercice	Zone d'influence	Période de pratique	Intensité de la pratique (faible/moyenne/forte)	Evaluation de la pratique	Impacts potentiels sur la Réserve naturelle (directs et indirects)	Impacts actuels sur la Réserve naturelle (directs et indirects)
Ski de fond ou de randonnée	Particuliers	Chemins et sentiers de l'ensemble du site	toute la Réserve naturelle	en période de neige	forte	pas de suivi ; veille sur le terrain	fort	Impacts à évaluer, notamment en période de quiétude. Faibles tant que la pratique n'augmente pas.
Raquette	Particuliers	Chemins et sentiers de l'ensemble du site	toute la Réserve naturelle	en période de neige	forte	pas de suivi ; veille sur le terrain	moyen à fort	Impacts à évaluer, notamment en période de quiétude. Faibles tant que la pratique n'augmente pas.
Trail	Particuliers	Chemins et sentiers de l'ensemble du site	Réserve naturelle hors APPB	toute l'année mais surtout l'été	faible	pas de suivi ; veille sur le terrain	faible	Impacts non évalués. Faibles tant que la pratique n'augmente pas.
Géocaching	Particuliers	La Réserve naturelle y compris l'appb	La Réserve naturelle y compris l'appb	toute l'année	faible	pas de suivi ; veille sur internet	faible	faible
Photographie nature	Particuliers	Chemins et sentiers de l'ensemble du site	toute la Réserve naturelle	toute l'année	faible	pas de suivi ; veille sur le terrain	moyen à fort	Impacts non évalués. Faibles tant que la pratique n'augmente pas.
Abris ouverts au public	Particuliers	abords de la Réserve naturelle	toute la Réserve naturelle	toute l'année	faible	pas de suivi ; veille sur le terrain	faible	Impacts à évaluer, notamment en période de quiétude. Faibles tant que la

Activités, usages	Acteur(s)	Zone d'exercice	Zone d'influence	Période de pratique	Intensité de la pratique (faible/moyenne/forte)	Evaluation de la pratique	Impacts potentiels sur la Réserve naturelle (directs et indirects)	Impacts actuels sur la Réserve naturelle (directs et indirects)
								pratique n'augmente pas.
Cyclotourisme	Organisateurs et particuliers	route départementale RD34A	Réserve naturelle hors APPB	hors période de neige	moyen	suivi des manifestations	faible	2 manifestations par an. Peu d'impacts.
Circulation routière	Particuliers	RD34A	toute la Réserve naturelle	hors période de fermeture hivernale (dates flottantes)	forte	comptages ponctuels par le CD88	fort	nuisances sonores, fréquentation diffuses. Impacts précis à évaluer, existants.
Survol	militaires, particuliers	toute la Réserve naturelle	toute la Réserve naturelle	toute l'année	moyenne ; 1 x / an minimum	pas de suivi ; veille sur le terrain	fort	nuisances sonores. Impacts à évaluer ,existants.
Recherche mues de cerf	Particuliers	Zones forestières de la Réserve naturelle sauf appb	Zones forestières de la Réserve naturelle sauf appb	Février-mars	Faible	pas de suivi ; veille sur le terrain	fort	Impacts à évaluer, notamment en période de quiétude. Faibles tant que la pratique n'augmente pas.
Engins de progression sur neige	Particuliers	Toute la Réserve naturelle	Toute la Réserve naturelle	Hiver	Moyen à fort	surveillance	fort	Fort

Activités, usages	Acteur(s)	Zone d'exercice	Zone d'influence	Période de pratique	Intensité de la pratique (faible/moyenne/forte)	Evaluation de la pratique	Impacts potentiels sur la Réserve naturelle (directs et indirects)	Impacts actuels sur la Réserve naturelle (directs et indirects)
Encadrement de groupes (pratique commerciale)	Professionnels et particuliers	Toute la Réserve naturelle sauf l'appb	Toute la Réserve naturelle	toute l'année	Faible historiquement, en augmentation depuis plusieurs années	pas de suivi ; veille sur le terrain	Faible à fort	Impacts à évaluer, notamment en période de quiétude. Faibles tant que la pratique n'augmente pas.

Tableau 17 : Synthèse des activités socio-économiques et de leurs impacts

Cf. Tome 3 – Annexes n° 14 et 15 concernant l'encadrement de la cueillette et l'usage du feu dans le département des Vosges (évolutions réglementaires de 2020 et 2021).

5. VOCATION A ACCUEILLIR DU PUBLIC ET INTERET PEDAGOGIQUE

5.1. CAPACITE DE CHARGE ET D'ACCUEIL

La capacité à accueillir du public sur un site peut être définie comme le point d'équilibre entre les exigences liées à son ouverture au public et les impératifs de préservation de son patrimoine. Plus précisément, c'est le degré, aussi bien qualitatif que quantitatif, de fréquentation que le site peut accueillir sans compromettre la préservation de son patrimoine naturel et/ou culturel et de la qualité de vie des populations locales.
La capacité de charge d'un site est le seuil au-delà duquel il est constaté des dérangements significatifs de faune, des modifications de l'état de conservation des habitats, une augmentation des risques pour le public…

Le degré d'ouverture au public qu'il est possible d'atteindre sans affecter la préservation des milieux naturels n'a pas été déterminé précisément pour la Réserve Naturelle. Toutefois, une fréquentation constante sur l'ensemble du secteur et toute l'année, ainsi que la pratique de nouvelles activités de loisirs génèrent une pression de plus en plus importante sur des milieux et des espèces fragiles. La fermeture de la Route des Américains en période sensible reste une priorité afin de maintenir la quiétude hivernale, de même que l'encadrement des pratiques et des manifestations sportives.

La fréquentation peut induire à Machais principalement deux types de nuisances : le dérangement d'espèces animales et la destruction de la végétation par piétinement.

5.1.1 Le dérangement des espèces animales

La Réserve naturelle est concernée par 2 domaines vitaux du Grand Tétras qui sont à la fois zones d'hivernage et de reproduction, et anciennes places de chant, qui dépassent les limites de la Réserve naturelle :

- secteur A : le domaine vital de la Tête du Régit ;
- secteur B : le domaine de la Tête de Bramont, zone d'hivernage et zone de reproduction.

Selon B. Leclerq, il existe un couloir de dérangement d'une largeur de 0 à 500 mètres de part et d'autre d'une infrastructure existante pour les différentes espèces.
En croisant les itinéraires fréquentés et donc les surfaces perturbées avec les domaines vitaux du Grand tétras sur la Réserve naturelle afin d'évaluer l'impact de la fréquentation, il apparaît les éléments suivants :

- Dans cette zone de la Tête du Bramont, la capacité de charge est dépassée puisque le domaine vital est réduit à un peu moins de 40 ha et traversé en hiver par les randonneurs. Il est essentiel d'éviter le passage de ces derniers le long de la limite intercommunale, au moins en période sensible.

- le chemin du Génie, qui traverse ce secteur et qui est aussi facteur de fragmentation de l'habitat, est assez peu fréquenté en hiver comparativement aux autres itinéraires balisés. Toutefois, assez régulièrement, des itinéraires en raquette et en ski de randonnée, hors sentier, pénètrent dans les parcelles forestières 173 et 168, en plein cœur de la zone d'hivernage (indices de présence hivernaux coq et/ou poule trouvés chaque année).
- Hors Réserve, la tourbière du Régit est également fréquentée. Dans cette zone de la Tête de Régit, on peut considérer que la capacité de charge est atteinte si le secteur accueille un seul coq voire dépassée s'il n'en héberge plus. En effet, ce secteur, si on lui applique une réduction de surface correspondant à une emprise de 100 mètres de part et d'autre de la route des Américains et du chemin des Italiens, ne représente plus que quelques 70 ha. À cela, il faut ajouter la fréquentation hivernale sur le chemin du Génie et en dehors.

Par ailleurs, l'existence d'un axe fréquenté induit nécessairement une réduction de la surface d'habitat potentiel, et ce d'autant plus que les lisières ne forment pas un écran de végétation, notamment en saison hivernale. Il est ainsi noté que la distance « de sécurité » à laquelle se tient un grand tétras par rapport à une route ou une piste est plus importante en hiver, même lorsque l'itinéraire sert de piste de ski de fond (100 à 300 m), qu'en été (au moins 20 m, que la voie soit ouverte ou non à la circulation, et jusqu'à 100 m). Cette distance est, de plus, proportionnelle à la fréquentation.

5.1.2 Des tourbières subissant une pression liée à la fréquentation

La tourbière sommitale de la parcelle forestière 144, en limite avec la commune de Wildenstein, est traversée par un sentier officieux très net, créé par les randonneurs qui suivent la ligne de crête intercommunale entre le Col de Bramont et le Col de l'Étang. Cet itinéraire est emprunté aussi bien en été qu'en hiver. Ce piétinement dégrade localement la flore du milieu tourbeux.

Plusieurs sentiers sauvages de courte distance persistent dans la lisière boisée et en bord des moliniaies de l'APPB, et entraînent localement la dégradation, voire la disparition de la flore. Enfreignant la réglementation, randonneurs curieux de voir la tourbière principale et/ou photographes en sont les principaux responsables. À noter que la tourbière principale n'en est généralement pas affectée, les curieux ne s'y aventurant pas du moins en saison estivale.

En hiver, le complexe tourbeux de l'APPB, en dépit de sa réglementation, et les tourbières de pente de la Réserve sont régulièrement traversées par les raquettistes et les skieurs. L'impact sur le milieu, protégé par le manteau neigeux, est alors négligeable.

5.1.3 Ligne de conduite

En conclusion, afin de préserver au mieux la fragilité de la Réserve naturelle, le plan de gestion a pour objectifs de :

- Limiter la fréquentation (c'est-à-dire ne pas l'augmenter délibérément) ;
- Maintenir l'anonymat du site en matière de stratégie de communication ;
- Proposer aux visiteurs potentiels une/des alternative(s) de visite à l'amont ;
- Canaliser les promeneurs sur les chemins et sentiers balisés ;

- Apporter une information complémentaire sur site à la réglementation et à la sensiblité de la Réserve naturelle ;

5.2. INTERET PEDAGOGIQUE

Au vu de la fragilité et de l'originalité de la tourbière principale de Machais, dont l'accès est interdit à la pénétration humaine via le classement en APPB, il s'est agi de ne pas mettre en avant ce site auprès du public. Pour une découverte des tourbières, le site tourbeux de Lispach a été identifié comme site d'accueil du public en substitution à Machais et bénéficie à cet effet d'un sentier d'interprétation.

5.2.1 Machais

La découverte pédagogique de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais se fait depuis les sentiers balisés, notamment celui du pierrier. Cet endroit est tout à fait adapté pour une lecture de paysage permettant d'aborder différentes thématiques :

- la géomorphologie du site (périodes glaciaire et post glaciaire) ;
- la diversité des milieux tourbeux et des processus de leur mise en place ;
- la circulation de l'eau dans un bassin versant et les fonctions des zones humides ;
- des exemples de gestion des milieux naturels au sein d'un espace naturel protégé.

C'est une vue d'ensemble de la Réserve naturelle et des écosystèmes qu'elle abrite qui est privilégiée par cette approche, en cohérence avec la zone interdite à la pénétration de l'APPB.

5.2.2 Lispach

Le site Natura 2000 de Lispach - La Ténine a été entièrement aménagé pour faciliter l'accueil du public et présenter la diversité et la richesse de ces milieux. Il se prête ainsi complètement à une découverte détaillée des tourbières.

De nombreux thèmes pédagogiques peuvent y être abordés, à partir du sentier de découverte et de ses panneaux :

- la géomorphologie : la vallée du Chajoux est identifiée comme l'un des sites les plus intéressants du massif vosgien en termes d'empreintes du passé glaciaire ;
- l'origine, la formation et l'évolution des écosystèmes tourbeux ;
- les différents types de tourbières (flottante, de pente, bombée, boisée) présents sur le site ou dans son environnement immédiat ;
- la faune et la flore de ces milieux ;
- les activités humaines environnantes : sylviculture, eau-énergie, tourisme, ski…
- les liens hommes – tourbières : légende du Cûla, palynologie, exploitation traditionnelle de la tourbe.

5.3. AMENAGEMENTS POUR L'ACCUEIL DU PUBLIC

Il convient ici de rappeler que la plupart de ces équipements sont antérieurs à la création de la Réserve.

5.3.1 Circulation et stationnement des véhicules et des personnes

Cf. Tome 4 - Carte n°16

D'après étude des données SIG, on constate que la Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais est parcourue par :

- la **route départementale des Américains** (RD 34 a) d'une longueur totale de 4 km, qui traverse la Réserve sur environ 1 km.
- 2,9 km de **sentiers** balisés, entretenus par l'association « le Club Vosgien » ;
- 1,46 km de chemins forestiers non balisés, communément empruntés (section du chemin du Tour de l'Étang) ;
- divers chemins forestiers et pistes forestières peu ou pas empruntés par les promeneurs ;

Par ailleurs, ce sont aussi 3,4 km de sentiers ou de chemins balisés qui longent directement le périmètre de la Réserve.

La circulation motorisée (routes et parkings)

Les deux principales routes ayant une influence sur la fréquentation de la Réserve sont la RD 34, passant au Col du Bramont, qui constitue un axe à la fois touristique et économique entre l'Alsace et les Vosges, et la RD 34a dite « route des américains ». Citons enfin le chemin forestier des Italiens, ouvert à la circulation automobile, qui est pour sa part peu emprunté et majoritairement par les locaux (habitants de La Bresse).

En période estivale, la route des Américains est très fréquentée du fait de sa liaison avec la très touristique route des Crêtes. A titre d'exemple, sur la période du 15 au 24 juillet 2014, ce sont 5 882 véhicules qui ont été répertoriés par comptage du CD 88.
En hiver, cet axe fait l'objet d'une réglementation spécifique par arrêté du CG 88 (Cf. Tome 3 - Annexe n°11), interdisant la circulation des véhicules sur route enneigée.
Depuis l'hiver 2014, une barrière est mise en place par les services du département afin de fermer physiquement cet accès. Cette mesure permet à la fois d'assurer la sécurité des usagers qui s'engagent bien souvent sur cette route sans savoir qu'ils vont y rencontrer de la neige, et de préserver également la quiétude de ce secteur.

Cette route est actuellement ré-ouverte au moment de la fonte de la neige, avec parfois des difficultés de circulation lorsque la neige a fondu en bas mais pas encore en haut. La barrière permet d'informer les usagers de l'ouverture officielle, généralement autour de 1er mai actuellement, liée à la reprise de l'activités des fermes – auberges le long de la route des crêtes.

Une discussion autour de la fermeture à dates fixes de cette route sans tenir compte du niveau d'enneigement a débutée au cours de 2021, afin de préserver la tranquillité des lieux en cette période sensible.

Plusieurs **places de stationnement** situées à différentes entrées de la Réserve existent. Les deux officielles et les plus utilisées sont :

- le parking du Col de Bramont, en bordure de la route départementale RD 34 et à l'entrée du chemin Vaxelaire. Sa capacité d'accueil maximale est d'environ 80 voitures, et il est ouvert toute l'année ;
- le parking du chalet forestier dit « de Machais », à l'entrée du chemin du Génie et du chemin des Italiens. Cette aire de stationnement a une capacité d'accueil maximale d'environ 15 voitures, et est souvent saturé en été. Inaccessible en hiver, il est remplacé par une place de stationnement hivernale sur les 50 premiers mètres (déneigés) de la route des Américains. Une dizaine de voitures environ peut s'y garer.

D'autres places de stationnement non matérialisées en tant que telles et à faible capacité d'accueil (1 à 3 voitures) sont également utilisées :

- les lacets de la route des Américains
- les entrées du chemin du Tour de l'Étang, dont l'une est interdite au stationnement (panneau d'interdiction sur place).

Une proposition du comité consultatif en 2014 est l'étude de l'interdiction de stationnement le long des bords de la RD34A en période sensible afin de limiter le dérangement de la faune.

Enfin, l'article 12 du décret de la Réserve naturelle prévoit qu' « une convention établie après avis du comité consultatif entre le préfet et le président du conseil général fixe les limites à imposer au service responsable de la voirie départementale et aux entreprises agissant sur ses ordres dans l'exercice des activités d'exploitation, d'entretien et de réparation ».

La mise en place de cette convention devra être fléchée comme un axe prioritaire de travail pour ce plan de gestion. Elle pourra intégrer différents aspects : fauche tardive des bords de route, non salage, gestion des arbres à proximité, etc.

Par ailleurs, d'après le décret portant création de la Réserve Naturelle (cf. Tome 3 – Annexe 11), la circulation des véhicules à moteur est interdite, exception faite de ceux :

- utilisés pour l'entretien et la surveillance de la Réserve Naturelle (gestionnaire) ;
- des services publics (Gendarmerie, AFB…) ;
- utilisés pour les activités forestières (ONF et personnes autorisées) ;
- dont l'usage est autorisé par le Préfet après avis du comité consultatif

Des barrières, installées au niveau des principaux chemins, contribuent au respect de cette réglementation.
Concrètement la circulation demeure relativement restreinte, liée aux activités des ayants droit, des chasseurs et de manière occasionnelle, des scientifiques et des naturalistes missionnés pour des études. Des traces de circulation interdite (motoneiges principalement) sont observées certaines années en période hivernale et font l'objet d'une surveillance renforcée.

Les chalets

En termes de « refuges » ou plus exactement d'**abris ouverts au public** sont répertoriés :

- le chalet forestier et communal de Machais à proximité de la Réserve, en prolongement du parking du même nom, situé en bordure de la route départementale des Américains, donc très facilement accessible. Il se situe sur la commune de La Bresse. Le chalet de Machais est un abri communal situé sur la commune de La Bresse (88) qui l'entretient. Son utilisation

est encadrée par un arrêté municipal (cf. Tome 3 – Annexe n°12), l'occupation est autorisée « 24h maximum et comportant au plus une nuit ». Il est donc autorisé d'y dormir, et ce quelle que soit la saison. Aucun dispositif de récolte des déchets n'est prévu. Un poële existe à l'intérieur et une place à feu à l'extérieur, créée par les utilisateurs. Ceux-ci sont souvent des randonneurs ou promeneurs, mais aussi parfois des groupes qui « viennent faire la fête » ;

- Le refuge du Col de l'étang est lui situé sur le ban communal de Wildenstein (68), et géré par le Club Vosgien 68. La toiture a été refaite en 2013. Il n'est officiellement pas créé pour abriter des randonneurs durant la nuit, étant totalement ouvert. C'est un petit abri ouvert avec une place à feu en son sein. On notera toutefois la présence d'une place à feu extérieure, créée par les randonneurs, régulièrement démonte par les agents. Il est utilisé exclusivement par des randonneurs, et sert parfois de lieu de bivouac.

Depuis début 2015, la fiche type de relevé de surveillance intègre un volet « suivi de l'occupation des chalets » présents à proximité immédiate de la Réserve naturelle : le chalet de Machais et l'abri du Col de l'Etang.
Relever la fréquentation de ces abris (via le carnet de notes 88 et les observations directes) permet d'obtenir quelques données objectives et qualitatives : périodes, publics, etc. De plus, lors des tournées de surveillance, les agents sensibilisent les occupants à la proximité immédiate d'une Réserve naturelle et à sa réglementation, afin que tous soient informés des enjeux du site. La figure ci-dessous présente le bilan sur 4 ans de ces relevés qualitatifs.

chalet de Machais (La Bresse)	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
nb de tournées où l'information est relevée	19	17	15	25	24
% de tournées où l'information est relevée	40%	46%	37%	78%	73%
nb de tournées où il y a présence	8	6	6	5	6
pourcentage d'occupation	42%	35%	40%	20%	25%
nb de personnes	au moins 8	au moins 6	au moins 10	au moins 20	au moins 17
abri col de l'étang (Wildenstein)	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
nb de tournées où l'information est relevée	13	15	11	17	18
% de tournées où l'information est relevée	27%	41%	27%	53%	55%
nb de tournées où il y a présence	4	3	2	1	2
pourcentage d'occupation	31%	20%	18%	6%	11%
nb de personnes	au moins 4	3	5	au moins 1	au moins deux

Figure 40 : Relevé qualitatif de la fréquentation des chalets autour de la Réserve

On constate tout d'abord que l'information n'est pas relevée systématiquement (40% des tournées), mais les circuits sont différents à chaque fois et peuvent ne pas comporter les abris.

Le dépouillement de l'ensemble des compte-rendus montre que ce relevé intervient à toute période de l'année.
On relève de manière systématique l'occupation ou non, le nombre de personnes n'est pas forcément précisé avant 2017. (On a toutefois accès à une information minimum).
Ces quelques années de relevés nous confirment qualitativement le ressenti terrain : les abris sont occupés de manière sporadique, tout au long de l'année. Le chalet de Machais est plus utilisé que l'abri du col de l'Etang, et accueille parfois des groupes (10 personnes minimum).

Circulation des piétons

La circulation des piétons se fait exclusivement sur les chemins balisés du 1er décembre au 30 juin. La tourbière centrale est elle interdite toute l'année au public.
(cf. Tome 3 – Annexe n°13).

5.3.2 Les équipements d'accueil

Cf Tome 4 - Carte n°16

La signalétique

Sur la Réserve naturelle, les équipements d'accueil se limitent à la signalétique. Quatre types de panneaux sont présents :

- **les panneaux à vocation réglementaire**

Pour informer les usagers de l'existence du site protégé et de la réglementation qui s'y rattache, 8 sont situés aux différents points d'entrée dans et autour de la Réserve Naturelle. Ils reprennent les principales interdictions sous forme de pictogrammes.

- Des **panneaux d'entrée** (A4) existent sur les sentiers balisés « secondaires » ;

- 20 **bornes** « Espace naturel protégé - Accès interdit » délimitent le périmètre de l '**APPB** « Tourbière principale de Machais » ;

- Des plaquettes précisant la réglementation du hors-sentier ;

- 7 barrières et panneaux d'interdiction de circulation des véhicules, aux entrées des chemins forestiers principaux ;

Des obstacles naturels sont disposés et entretenus à l'entrée des sentiers sauvages de l'APPB (branchages) et des chemins forestiers non balisés (grumes).
L'ensemble du périmètre de la Réserve est délimité à la peinture : représentation du logo RN sur les troncs d'arbres.

Protection des milieux naturels tourbeux et canalisation de la fréquentation

Lors du plan de gestion 2015-2020, les compte-rendus de surveillance ont fait état de deux secteurs érodés par le passage du public, l'un dans le haut du bassin versant du Valsche et l'autre entre la fin du tour de l'étang et le parking du chalet de Machais.
Ces deux secteurs ont fait l'objet de mise en place de platelage, afin de préserver les sols de l'érosion lié au passage des piétons.

2018 et 2019 ont montré l'efficacité de la signalétique préventive et l'impact positif de cette mesure sur la végétation. Le confinement a accéléré la recolonisation par les plantes pionnières. Il a donc été proposé en 2020 d'officialiser un autre sentier en lisière forestière, afin d'éviter définitivement la zone tourbeuse.

** Perspectives*

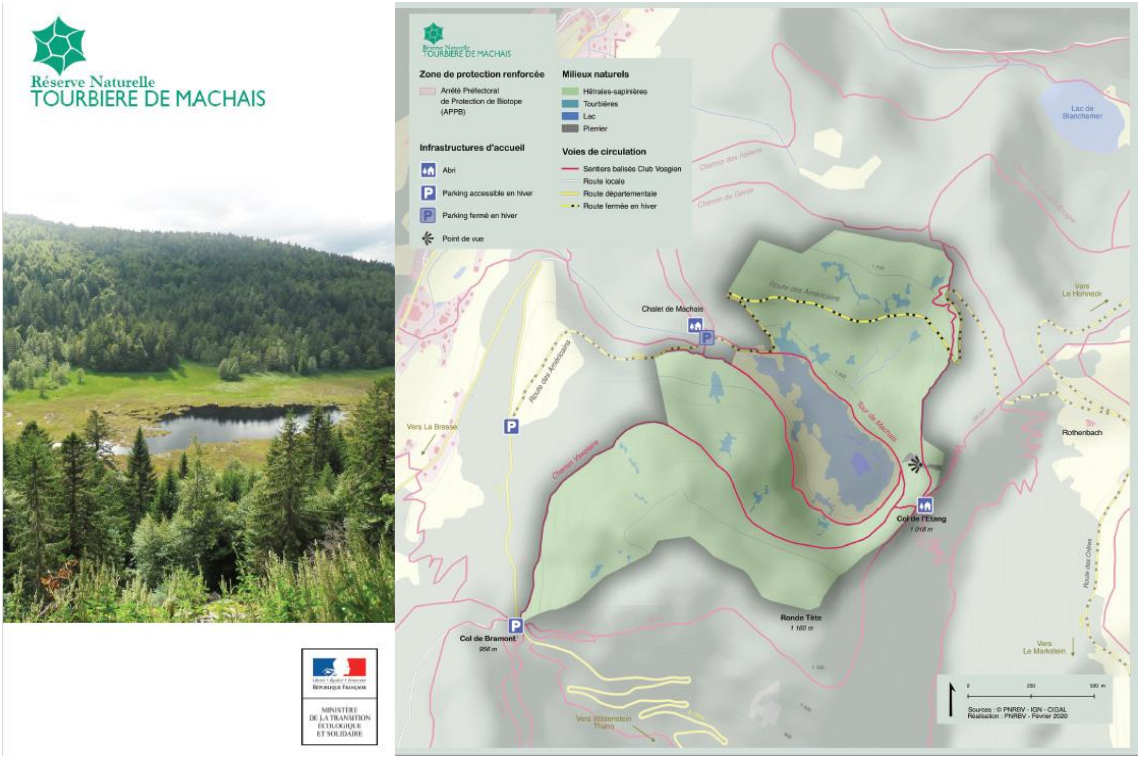
Poursuivre le suivi photo d'un point de vue paysager pour évaluer la recolonisation de la végétation ;
Suivre la recolonisation d'espèces pionnières (*Pinguicula vulgaris*) par comptage annuel du nombre de rosettes ;

5.4. ANCRAGE TERRITORIAL

5.4.1 Les outils pédagogiques

Plaquette de présentation de la Réserve Naturelle

Les plaquettes de présentation des Réserves naturelles gérées par le Parc naturel régional des Ballons des Vosges ont été refaites au cours de l'année 2020 en interne. Elles incluent toutes les mêmes sections d'informations : protéger, gérer, découvrir, réglementation, ainsi qu'une carte des différents types d'accès et équipements présents sur chaque site. Elles ont pour but de présenter tour à tour les milieux naturels, les objectifs de protection de chaque Réserve naturelle, et les règles de bonnes pratiques pour les découvrir dans le respect de leur sensibilité.



La Réserve Naturelle Nationale de la Tourbière de Machais est située au cœur du Parc naturel régional des Ballons des Vosges, sur le versant vosgien.

Elle protège la dernière tourbière flottante intacte du massif, nichée au sein d'un cirque glaciaire.

Les milieux naturels présents abritent de multiples animaux et végétaux, rares et remarquables.

Carte d'identité

Type : Réserve Naturelle Nationale
Date de création : 03 avril 1996
Superficie : 145 hectares
Localisation : La Bresse, Vosges
Altitude : 950 à 1 160 m
Gestionnaire : Parc naturel régional des Ballons des Vosges
Autorité de classement : Ministère en charge de la protection de la Nature, DREAL Grand Est

www.ballonsdesvosges-reservesnaturelles.fr

La France compte aujourd'hui près de 350 Réserves Naturelles.

Protéger

Le paysage actuel est hérité de la fonte des glaciers il y a 10 000 ans : une cuvette, abritant la tourbière centrale, creusée par la glace et entourée de sommets arrondis.

La Réserve Naturelle présente une **mosaïque d'habitats rares et originaux : tourbières multiples, forêts exploitées ou non, éboulis et ruisseaux.**

Gérer

Pour mieux **comprendre le fonctionnement** des milieux naturels et des espèces, le gestionnaire conduit chaque année des **suivis scientifiques.**

Les enjeux de gestion se déclinent autour de quatre axes :

- *préserver ou restaurer un fonctionnement le plus naturel possible des tourbières et des forêts*
- *maintenir ou retrouver une gestion favorisant la diversité des habitats et l'accueil des espèces*
- *préserver l'ambiance sauvage du site en limitant sa fréquentation*
- *faire de la Réserve un site privilégié d'études et de recherches*

Découvrir

La Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais est accessible à partir de deux portes d'entrée :

- le **col de Bramont**
- le **parking du Chalet de Machais**

En période hivernale, la **Route des Américains est fermée à la circulation et non déneigée.** Seul le parking du col de Bramont reste accessible aux véhicules.

Différents sentiers balisés de randonnée permettent au public de visiter la Réserve. Ils figurent sur la carte ci-contre et sur les panneaux d'accueil et d'informations de la Réserve.

Attention, l'accès à la Zone de Protection Renforcée est interdit toute l'année.

*- du 01/12 au 30/06, la **circulation des personnes** est autorisée exclusivement sur les itinéraires balisés «Club Vosgien» et sur les voies ouvertes à la circulation des véhicules.*

*- la **pratique du vélo et du cheval** est prévue uniquement sur les voies de plus de 2m de large ouvertes à la circulation des véhicules (code forestier).*

Pour la randonnée et les activités de loisirs, comme pour l'observation de la faune et de la flore, **restez sur les sentiers balisés par le Club Vosgien.**

Réglementation

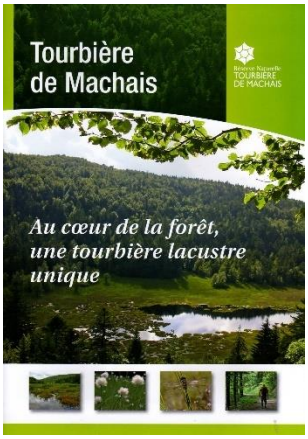
Contribuez à la protection du site en la respectant

Le **décret de création** de la Réserve Naturelle et les **arrêtés préfectoraux complémentaires** encadrent les activités et les conditions d'accès à ce territoire.

Réglementation complète sur
www.ballonsdesvosges-reservesnaturelles.fr

Le non-respect de la réglementation expose tout contrevenant à une sanction.

Plan de gestion simplifié - 2009 : vulgariser un document technique volumineux



Les plans de gestion des Réserves naturelles sont des documents volumineux, techniques et souvent trop détaillés pour être facilement appréhendés par les différents acteurs associés à la gestion de ces espaces naturels protégés. Aussi, le Parc a réalisé quatre brochures illustrées qui présentent de manière synthétique et didactique ces territoires remarquables, leurs enjeux, les objectifs de leur gestion et des exemples d'actions concrètes qui y sont menées. Ces brochures concernent les quatre Réserves naturelles nationales gérées ou cogérées par le PNR : Tourbière de Machais, Massif du Grand Ventron, Frankenthal-Missheimle et Ballons Comtois. Destinées prioritairement aux acteurs locaux et aux partenaires de la gestion de ces territoires, ces brochures pourront être téléchargées sur les sites internet des Réserves. Elles feront en outre l'objet d'une présentation lors des conseils municipaux des communes concernées par chaque territoire.

Un sac de « maraudage » hivernal en 2010 : aller à la rencontre des pratiquants du site

Cet outil pédagogique est dédié à la découverte et la compréhension de la biodiversité hivernale des 5 Réserves naturelles nationales des Hautes-Vosges. Il répond à plusieurs objectifs issus d'un même constat, la méconnaissance des milieux naturels présents sur le massif vosgien.

Plaquette de présentation du site de Lispach

Une plaquette de découverte du site de Lispach a été éditée en 2006 en même temps que l'aménagement du sentier pédagogique. Cette plaquette a été rééditée à hauteur de 1 000 exemplaires en 2013 et distribuée aux différents partenaires, les stocks ayant été épuisés. Elle est actuellement disponible en format papier et informatique, et permet de préparer une visite sur le site.

Site internet de la Réserve naturelle

Le site internet des Réserves naturelles du territoire du Parc naturel régional des Ballons des Vosges a été réalisé et publié début 2020. Des actualités sont publiées tous les trimestres environ.

Plusieurs mises à jour ont eu lieu, avec notamment le développement d'espaces privés à accès codés, pour la consultation de documents par les membres du comité consultatif notamment.

Différentes sections sont présentées : informations générales, enjeux de protection du site, quelques documents clés (comme le plan de gestion), et une rubrique « découvrir » permettant de connaître les règles en usage lors de la visite de la Réserve naturelle.

Des outils pédagogiques permettant de vulgariser les études réalisées dans les Réserves naturelles

Différents outils pédagogiques ont réalisés depuis 2014 afin de rendre accessible au grand public les études réalisées, notamment sur les forêts et les lichens.

5.4.2 Les actions d'animation et de sensibilisation

Bilan 2013 - 2021 : actions et publics touchés

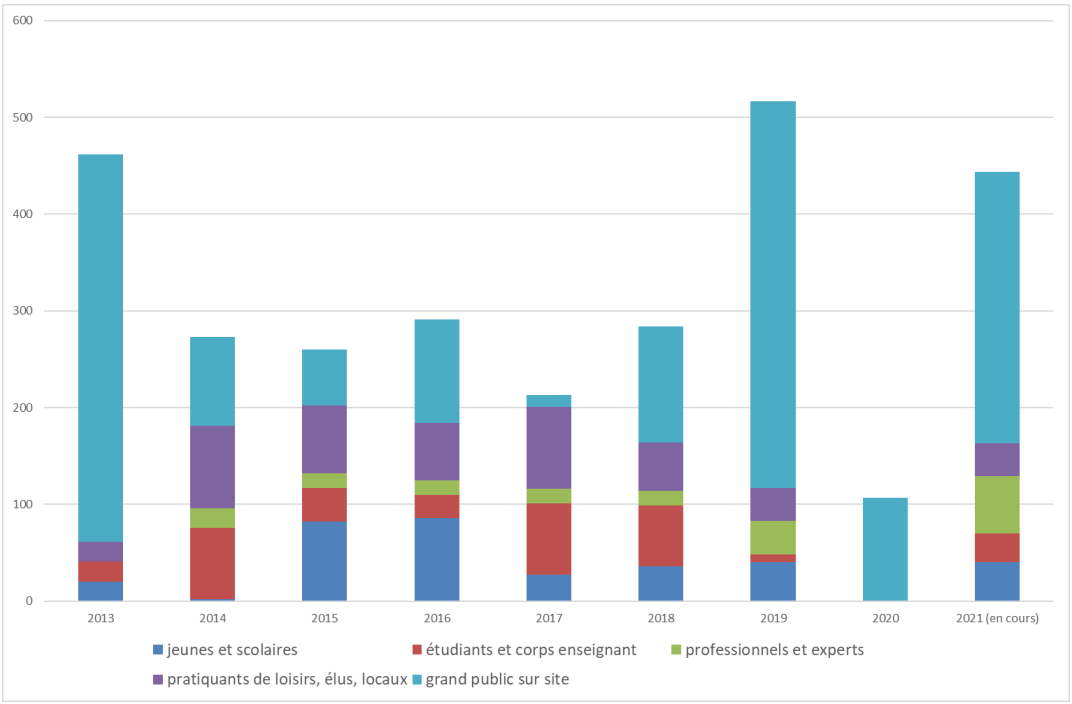


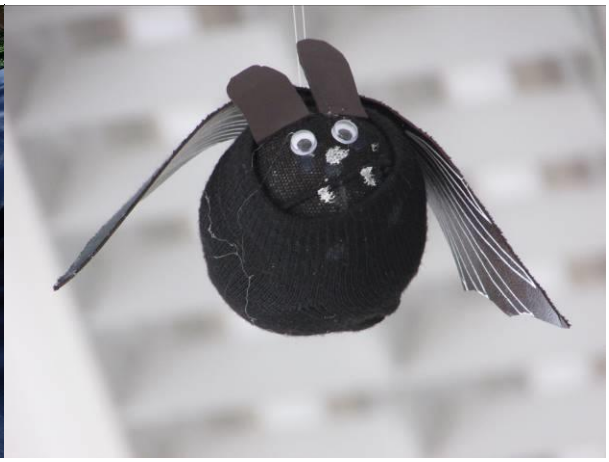
Figure 41 : Publics touchés chaque année par les animations (co)portées par la Réserve naturelle

Ce graphique présente les grandes catégories de publics sensibilisés dans et autour de la Réserve naturelle. Il a été choisi de comptabiliser les interventions à Lispach également, de même que les interventions en salle, ou délocalisées, mais touchant aux enjeux de la Réserve naturelle.
Ces interventions sont réalisées par différentes personnes : équipe Réserve naturelle, équipe PNR (natura 2000, médiation), et CPIE des Hautes Vosges.

On constate que la part principale du public touché concerne les visiteurs sur site, la mise en place du maraudage en 2011 est donc un succès.

La part des pratiquants de loisirs et locaux est à peu près constante chaque année, ce qui confirme la volonté de la Réserve naturelle de travailler à son ancrage local. Il en est de même pour le nombre de classes sensibilisées, mais le nombre d'élèves étant fluctuant le graphique présente des disparités.
Enfin le public études supérieurs et enseignants est accueilli tous les ans, sous une forme ou sous une autre, le nombre de participants étant lui variable.

Sensibilisation des scolaires



La Réserve naturelle souhaite permettre chaque année à deux classes primaires de bénéficier d'animations tout au long de l'année autour d'un thème choisi en lien avec ses actions. Dans une optique de sensibilisation des jeunes et de passation, ce lien nous paraît indispensable à pérenniser. De plus, l'organisation de restitutions en fin d'année, parfois inter-communales, permettent également de toucher les parents de ces enfants.

Des thématiques variées ont été proposées, qui ont toujours soulevé l'enthousiasme des enseignants et des enfants. Citons notamment le « programme lichens » qui a été saluté comme innovant et complet, permettant des expérimentations tant dans l'école que sur le terrain, en abordant la question de la qualité de l'air que nous respirons.

Dans ce prochain plan de gestion, de nouveaux thèmes sont à explorer, en lien avec les actions Réserves naturelles :

- Projet mémoires et territoires
- Inventaires faune et flore
- Histoire ancienne des tourbières
- Climat et adaptation
- ….

Sensibilisation des visiteurs sur place : le maraudage – bilan à 10 ans

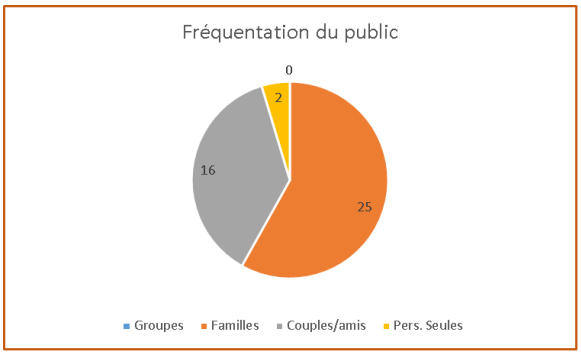
Le maraudage, ou rencontre des visiteurs sur le site de la Réserve naturelle, est une action initiée depuis 2011 sur les Réserves naturelles gérées par le Parc naturel régional des Ballons des Vosges, dont Machais. Le bilan présenté ici est établi à la fin de la campagne de maraudage par les animateurs et le gestionnaire.

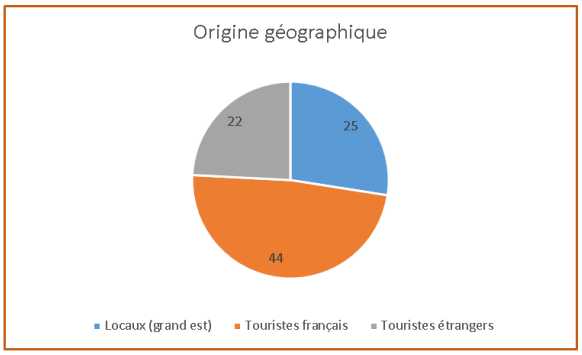
Les sorites des animateurs se font autant que possible étalées au cours des quatre saisons. Une centaine de personnes minimum est sénilisme chaque année.
Le site étant assez peu fréquenté, les animateurs ne se positionnent pas à un point fixe mais préfèrent la mobilité afin de capter un maximum de promeneurs. L'animateur utilise différents outils pour attirer l'attention du public et apporter des informations relatives au site.
Trois types de public ont été identifiés au fil des années :

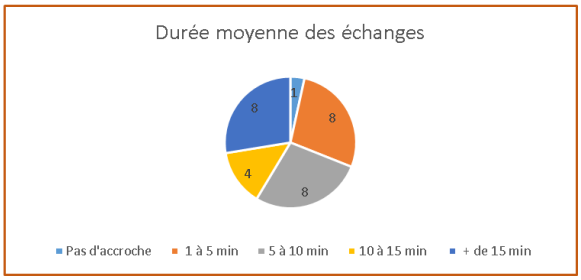
- Les sportifs (randonnée, treck , vélo,…) qui ne font que passer par la réserve se trouvant sur leur parcours
- Les locaux, qui utilisent les lieux comme site de balade et de détente ; ils connaissent bien le site et viennent en profiter ;
- Les naturalistes passionnés (botanistes, photographes,…) à la recherche de nouvelles observations.

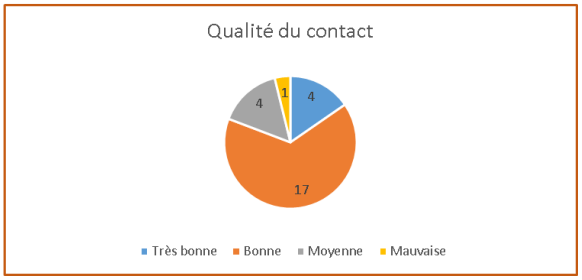
Les premiers accordent peu voire pas de temps du fait de leur pratique, les autres sont plus enclins à profiter de l'animation et des outils pédagogiques adaptés pour parler de la formation des tourbières, mais aussi de ses richesses floristiques et faunistiques.
Sur ce point, les supports des animateurs sont un réel « plus » pour le public venant compenser l'interdiction d'accès à la tourbière centrale.
Ces animations permettent aussi d'assurer une vigilance « visible » vis-à-vis de la règlementation, un apport d'information sur les enjeux liés à cette règlementation (ex : impact du piétinement d'une flore particulièrement fragile) et une prévention du public sur les risques encourus en cas de non-respect de celle-ci.

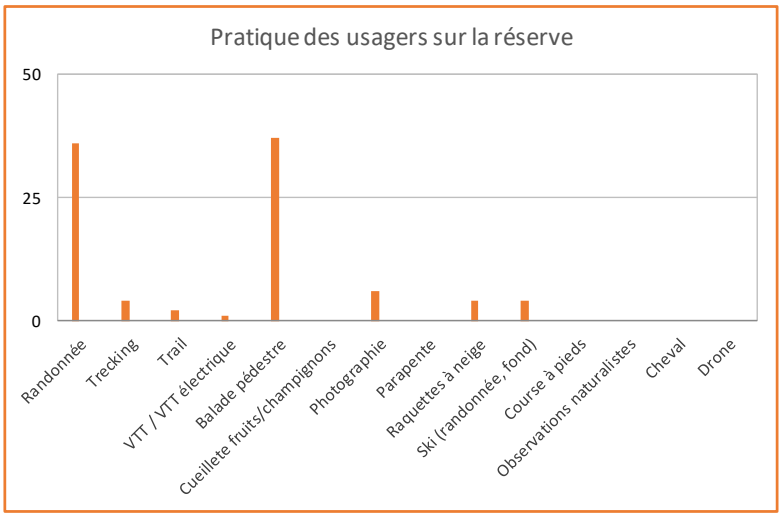
La grille de relevé des animateurs mise en place en 2018 et 2019 permet d'apporter des informations qualitatives complémentaires sur le déroulement de ces animations :











Sur cette réserve, les personnes pratiquent essentiellement la randonnée et la balade pédestre, deux activités qui permettent de s'arrêter facilement lors d'une rencontre avec des animateurs. Ainsi, seule 1 accroche sur les 26 n'a pas donné lieu à un échange avec le public rencontré.
Contrairement à l'année 2018 où les personnes rencontrées pratiquaient seulement 3 types d'activité (randonnée, balade pédestre, trekking), en 2019, 8 types de pratiques ont été relevées. Cela traduit une diversification des activités pratiquées sur la réserve, et pour le trail, le VTT électrique et le ski de randonnée notamment, cela semble être le reflet du développement de ces pratiques à une échelle plus large sur le massif.

En 2018, les locaux représentaient la majorité (63%) des personnes rencontrées. Bien que la réserve de Machais soit moins connue que celles de Frankenthal ou de Ventron, en 2019, les locaux rencontrés sur la réserve de Machais ont été moins nombreux que les touristes français (28 *vs* 48%). En plus d'une évolution des types de pratiques, ces chiffres pourraient traduire une évolution de l'origine des visiteurs fréquentant la réserve.
Les enquêtes de fréquentation effectuées sur la réserve en 2019 permettront d'apporter des éléments complémentaires à ces observations.
Au regard du graphique qui exprime la réceptivité du public vis-à-vis de cette action de maraudage, 81% des personnes rencontrées sont satisfaites voire très satisfaites du contact avec les animateurs. Sur les 19% restant, la grande majorité sont des contacts dont le bilan reste mitigé et seul 4% (1 échange) n'a pas été jugé satisfaisant, n'ayant pas permis d'échange constructif.

Cette opération a pu se dérouler en 2020 dans le contexte de pandémie entre les périodes de confinements, et en 2021 un renfort dans l'équipe Réserves naturelles a permis de la déployer tout au long de l'année. Les bilans sont en cours au moment de l'écriture du plan de gestion.

Des publics spécialisés toujours en demande

Au-delà du grand public et des scolaires, différents usagers et connaisseurs du site sollicitent régulièrement les gestionnaires, afin de bénéficier d'échanges plus poussés concernant la Réserve naturelle.

La réponse apportée aux demandes de visite de la Réserve naturelle se fait selon plusieurs critères :

- Le contenu de la demande en termes d'objectifs d'enseignement / de recherche

- les possibilités de partenariat bénéfiques aux opérations prévues dans le plan de gestion
- Les contraintes de calendrier et de temps disponible dans l'équipe Réserves naturelles

Ainsi, au cours de ces six dernières années, les organisations suivantes ont bénéficié de temps d'échanges particuliers :

- Le Club Vosgien, section locale et à plus large échelle au travers de la formation des GRP (intervention délocalisée) ;
- Les Accompagnateurs en Moyenne Montagne au travers de leur formation (intervention délocalisée) ;
- Le Groupe d'Etudes des Tourbières ;
- Des groupes d'experts et autres gestionnaires français de Réserves naturelles ;
- Masters 1 et 2 de différentes universités françaises ;
- Laboratoires de recherches : le LIEC, ChronoEnvironnment, Strasbourg ;
- Différentes associations naturalistes françaises réalisant gratuitement des inventaires sur des taxons méconnus ;

L'ensemble de ces sorties se déroule selon un schéma similaire : matinée passée à Lispach afin de découvrir les différentes activités humaines autour du site et son historique, présentation de la faune et de la flore des tourbières, puis après-midi consacrée à Machais, avec présentation de l'outil réglementaire, des enjeux du site et de la gestion mise en place. Ce déroulé illustre parfaitement le jumelage des deux sites évoqués plus haut.

Animation territoriale

En ce qui concerne l'animation territoriale de la Réserve naturelle, un comité consultatif s'est tenu chaque année, et certaines années ont vu l'organisation de sorties techniques complémentaires sur des thématiques dédiées : qualité des forêts, étude des tourbières de pente. De nombreuses rencontres terrain entre Réserve naturelle et acteurs locaux se déroulent tout au long de l'année. Citons notamment :

- Le lien avec l'ONF au sujet de l'exploitation, de la gestion et des travaux ;
- Le lien avec le Club Vosgien : visite, réalisation de travaux sur sentiers ;

5.5. POLICE DE LA NATURE ET ACTES CONTREVENANTS

Les tournées de surveillance effectuées par les membres de l'équipe RN, réalisées en semaine et certains week-ends, ont pour but de veiller au respect de la réglementation spécifique de la Réserve Naturelle. Elles ont également un rôle pédagogique, les usagers rencontrés sont informés à cette occasion sur sa réglementation, ses richesses naturelles et sa gestion. Ponctuellement, d'autres organismes peuvent participer au système de surveillance (OFB, gendarmerie) dans le cadre de tournées communes de surveillance organisées par le gestionnaire et/ou la MISEN 88. L'ONF effectue également quelques tournées dans le cadre de la convention de surveillance et de gestion de la Réserve naturelle.

5.5.1 Bilan 2015-2020

Année	2015	2016	2017	2018	2019	2020
nombre de tournées	48	37	41	32	53	48
temps total de surveillance (h)	102,4	102,808	103	48,05	126	163,25
durée moyenne d'une tournée	2,13	2,78	2,51	1,50	2,38	3,40
nombre total d'infractions	35	49	33	39	66	37
moyenne infractions / tournée	0,73	1,32	0,80	1,22	1,25	1,00
nombre de procédures	1 TA, 1 PV, 3 rappels à la loi	1TA, pas de PV, 5 rappels à la loi	7 rappels à la loi	6 rappels à la loi	7 rappels à la loi, 1 TA, 1 rapport d'infraction	17 rappels à la loi, 7 avertissements formels
fréquentation pédestre totale	202	222	372	258	302	685
fréquentation pédestre moyenne	4,21	6,00	9,07	8,06	5,70	14,30

Tableau 18 : Tournées de surveillance effectuées dans la Réserve Naturelle et infractions constatées (PNRBV, 2015-2020).

Le minimum prévisionnel de tournées de surveillance (20 par an) est toujours atteint. De plus ces tournées sont réparties tout au long de l'année (périodes de congés scolaires, de quiétude hivernale, manifestations sportives, etc.).
Toutes les tournées ne sont pas réalisées par des agents commissionnés, mais les infractions sont systématiquement relevées.

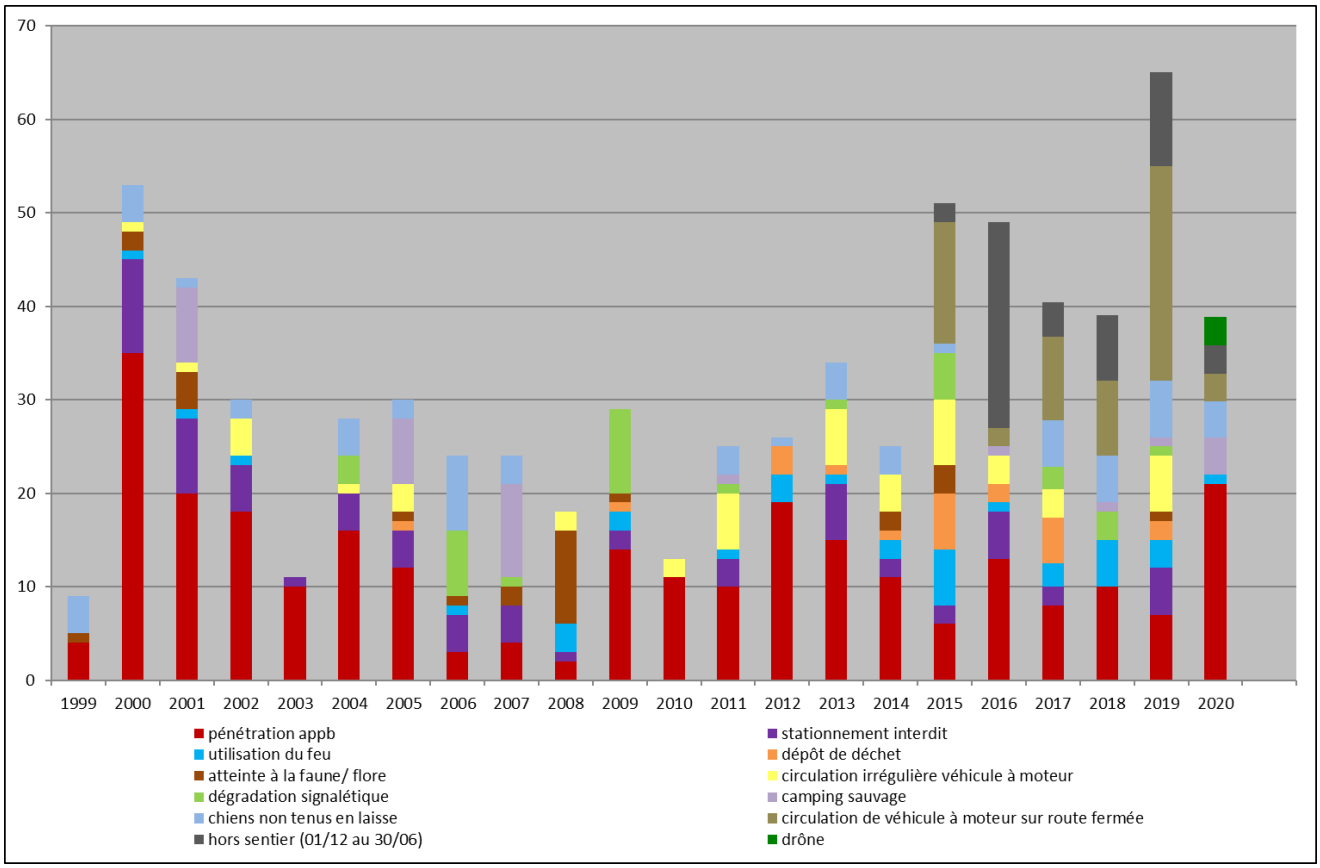


Figure 42 : Infractions constatées sur la Réserve naturelle de 1999 à 2020

La pénétration dans l'APPB est l'infraction la plus souvent constatée sur la Réserve, notamment en 2020, avec un taux plus important que les années précédentes. En absence de moyen immédiat de verbalisation, un rappel à la loi est effectué et les personnes sont invitées à quitter le périmètre pour rejoindre le sentier balisé.
Ce constat donne lieu à une réflexion sur la mise en place d'une signalétique complémentaire à la signalétique existante, ainsi qu'à une possible évolution des outils de verbalisation à la disposition des agents.

La faible couverture neigeuse de l'hiver 2020 a entrainé une diminution des constats d'infractions du hors sentier en période de quiétude et de la circulation sur route fermée. En effet, ces deux types d'infractions sont généralement constatés suite à l'observation de traces de circulation dans la couverture neigeuse.
Le suivi par piège photographique a toutefois mis en évidence le passage de 2 personnes hors sentier sur le périmètre de la réserve sur l'hiver 2019-2020. Le passage hors sentier de 12 personnes entre janvier et début avril a également été observé sur le secteur de la tourbière du Génie.

L'utilisation du drone est un nouveau type d'infraction constaté à 3 reprises sur la Réserve en 2020. Il n'existe actuellement aucune réglementation concernant le survol de la Réserve, un rappel à la loi au titre d'une nouvelle activité soumise à autorisation a donc été effectué pour 2 des 3 constats lorsque les personnes ont été interpelées.

L'émergence de cette nouvelle activité souligne la nécessité d'engager une réflexion d'évolution du cadre réglementaire de la Réserve concernant les différentes activités de survol possibles de la Réserve naturelle.

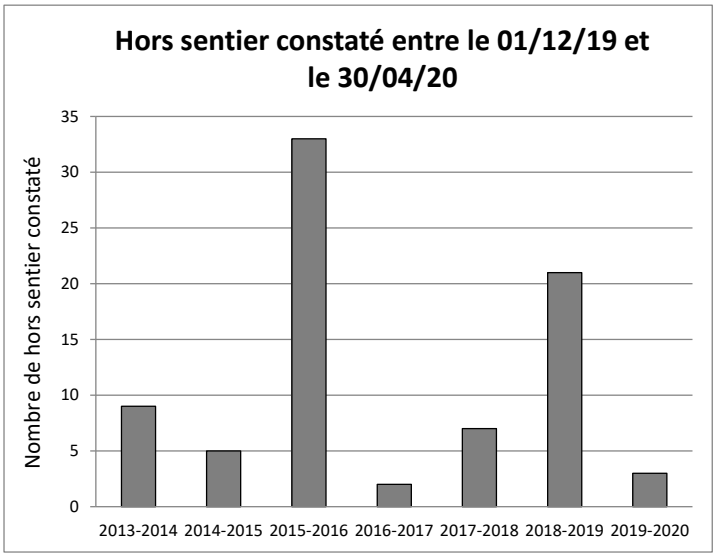
5.5.2 Focus sur la surveillance hivernale 2013-2020 (hors – sentier et route fermée)

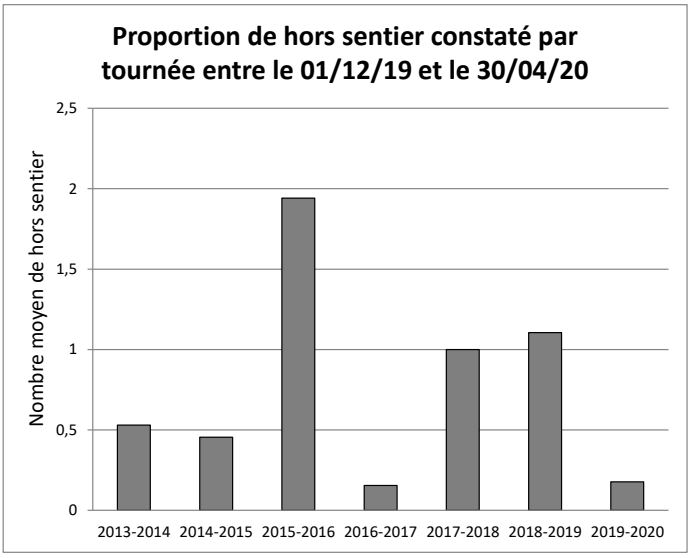
Depuis 2013, le comité consultatif demande que soit portée une attention particulière à la fréquentation hivernale de la Réserve naturelle au vu des enjeux de quiétude. Un bilan des tournées de surveillance hivernales est donc réalisé du 1er décembre de l'année N au 30 avril de l'année suivante depuis 2013 afin de couvrir la totalité de la période d'enneigement de la Réserve.

	Bilan des tournées de surveillance hivernales sur la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais (période du 01 décembre au 30 avril entre 2013 et 2020)									
	nombre de tournées	durée totale (h)	durée moyenne (h)	nombre de tournées avec neige	ratio tournées avec neige (%)	durée sur neige (h)	nombre de sorties de sentier	nombre d'infractions code la route (circulation/stationnement sur route fermée)	nombre d'infractions circulation d'engin de progression sur neige	nombre de procédures (TA,PV, avertissement)
2013-2014	17	37,25	4	10	59	21,95	9	0	4	0
2014-2015	11	27,75	3	9	82	23	5	3	1	2
2015-2016	17	43,5	2	13	76	38	33	12	0	1
2016-2017	13	26,45	2	8	62	15	2	17	1	1
2017-2018	7	15,5	2,21	5	71	11,5	7	2	0	0
2018-2019	19	55	2,89	14	73,68	42,3	21	21	2	2
2019-2020	17	58,3	3,50	_	_	_	3	9	3	0
2013-2020	**101**	**263,75**	**2,80**	**59**	**70%**	**151,75**	**80**	**64**	**11**	**6**

Figure 43 : Bilan des tournées de surveillance hivernale effectuées sur la Réserve naturelle de la tourbière de Machais entre le 1er décembre et le 30 avril 2013 à 2020.

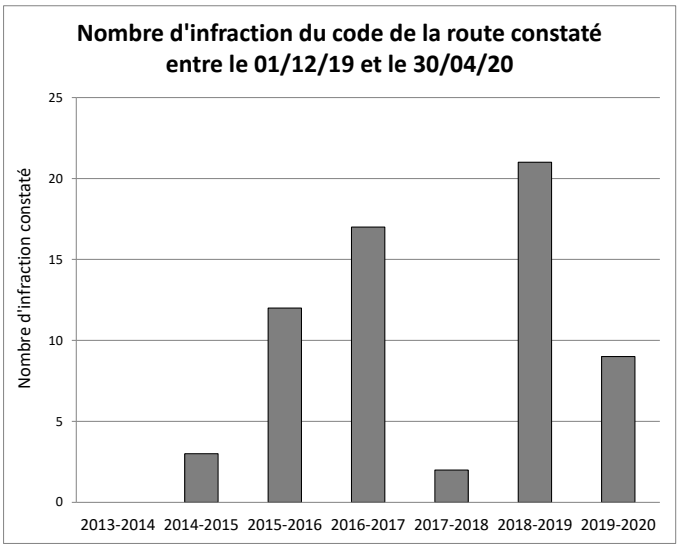
Bilan infractions hors-sentier

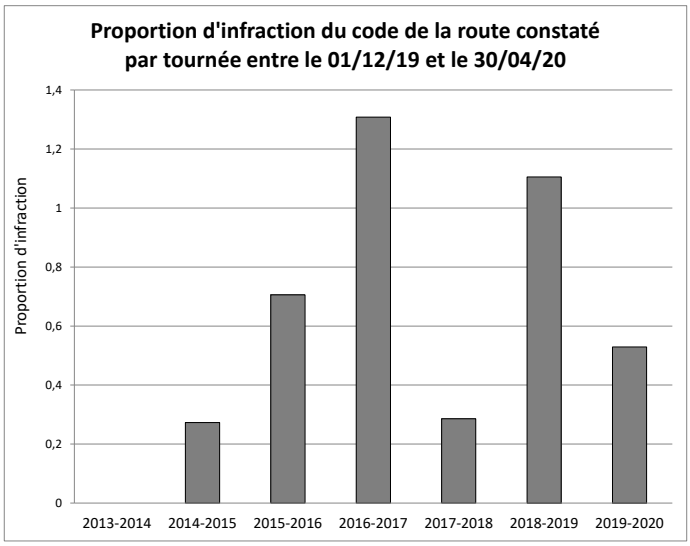




Au total, 80 sorties de sentier ont été constatées sur les 101 tournées de surveillance effectuées depuis 2013. Le nombre et la proportion de hors sentier constaté par tournée de surveillance ont été les plus élevés sur la période hivernale 2015-2016 avec près de 2 hors sentier constatés par tournée, suivi des hivers 2018 et 2019 avec en moyenne 1 hors sentier constaté par tournée.
Comme évoqué ci-dessus, l'absence de neige sur une bonne partie de l'hiver 2019-2020 a nécessairement réduit la détection du hors sentier. Les valeurs 2019-2020 sont proches des plus faibles observées depuis l'hiver 2013-2014.

Bilan infractions code de la route





Au total, 64 infractions du code de la route (circulation / stationnement sur route fermée) ont été constatées sur les 101 tournées de surveillance effectuées depuis 2013, dont 60% sur les périodes hivernales 2016-2017 et 2018-2019. La moyenne du nombre d'infraction constaté par tournée entre 2013 et 2020 est de 0,6, ce qui est faible, pour autant la répartition de ces infractions par année varie fortement (sans doute en lien avec les conditions météorologiques notamment). **Il y a bien des années où les infractions sont plus nombreuses, quelle que soit la pression de surveillance.**
L'absence de relevé précis de ce type d'infraction en amont de la mise en place de la barrière ne permet pas de juger de l'efficacité de cette infrastructure sur la fréquentation de la réserve entre 2015 et 2020. Un **relevé précis de ce type d'infraction lors des tournées de surveillance** permettrait à terme d'évaluer l'efficacité de la mise en place de la barrière. Ces relevés semblent également pertinents dans le cas d'une vandalisation de la barrière lorsqu'un bourrelet de neige n'est pas encore présent et la couverture neigeuse pas suffisante pour limiter la fréquentation.

Pour l'hiver 2019-2020, l'absence de neige en début d'hiver et la mise en place d'une demie-barrière uniquement, d'un B0 et de séparateurs de voies déplaçables (voir photos ci-dessous) a maintenu la circulation routière jusqu'à ce qu'un bourrelet de neige ferme l'accès à la circulation le 05/02 (voir photos ci-dessous).

La circulation d'un VTM (moto cross) sur route enneigée a été constaté le 06/02/20. Le 16/02, le fin bourrelet de neige restant a été franchi par au moins un véhicule. Le 19/02, la circulation d'un véhicule est constatée sur le chemin vaxelaire, sacerlet, route des Américains et le chemin des Italiens. Le 04/03, la circulation d'un véhicule est à nouveau constatée sur le chemin Vaxelaire et le 07/03 celle d'une motoneige sur la route des Américains et la route des crêtes.

Une certaine porosité de l'accès VTM en période de fermeture est donc constaté, comme les années précédentes.

Perspectives

La fréquentation routière observée reste mineure (quelques dizaines de véhicules), mais est récurrente, et pose question quant au maintien de la quiétude en période hivernale. Sans contrôle, on pourrait aussi imaginer que ce problème s'aggrave dans les années à venir, or les agents RN ne sont pas compétents sur ce chef de commissionnement. **La mobilisation d'autres services de police compétents semble la seule solution envisageable à ce stade, de même qu'un dispositif de fermeture à la circulation plus efficace.**

6 CONCLUSION

6.1 ENJEUX

La Réserve Naturelle nationale de la Tourbière de Machais présente une biodiversité et une valeur patrimoniale remarquables. Cette première partie du plan de gestion sur l'état des lieux de la Réserve Naturelle a permis de mettre en évidence trois enjeux naturels détaillés ci-après.

6.1.1 Le complexe tourbeux limnogène et son bassin versant

La tourbière centrale, située dans la cuvette glaciaire et protégé par l'APPB, est la zone cœur de la Réserve naturelle, le "hotspot" d'habitats et d'espèces ayant conduit à sa création. Les grands ensembles identifiés sont les suivants : Lac relictuel, tremblants, hauts-marais et bas-marais acides, molinie. Cette zone centrale a un fonctionnement très peu perturbé jusqu'ici par les activités humaines, ce qui est remarquable à l'échelle nationale. De plus, son histoire géologique et géomorphologique en fait un site original au niveau européen. (cf. enjeu géologie). La préservation de ces processus le plus longtemps possible, dans un contexte climatique incertain, est la priorité 1 du plan de gestion de la RN.
La responsabilité de la Réserve naturelle vis-à-vis de ce patrimoine est très forte, nationale et au-delà. Il s'agit de l'enjeu primordial de la Réserve Naturelle.

Etat actuel de conservation
Bon état de conservation et fonctionnalité proche de l'optimal au niveau national et européen – évalué à partir de différents suivis synthétisés

Objectif à long terme visé : Maintenir le plus longtemps possible la fonctionnalité du complexe tourbeux limnogène, via :

- Une alimentation en eau en quantité suffisante et de qualité adéquate
- La préservation des processus dynamiques propres au complexe tourbeux central
- La préservation des populations de faune et de flore emblématiques

6.1.2 Des hêtraies-sapinières abritant une mosaïque d'habitats prioritaires

Les forêts de la Réserve naturelle sont des hêtraies-sapinières, exploitées par l'Homme depuis des siècles et en portant l'empreinte : elles expriment aujourd'hui peu de stades liés au vieillissement naturel. Elles couvrent tout le bassin versant de la tourbière centrale, et abritent une mosaïque d'habitats prioritaires : tourbières intra-forestières, pierriers, hêtraie sub-alpine...Elles sont donc propices à l'accueil d'une biodiversité spécifique et ce potentiel peut et doit être favorisé. Elles font enfin partie d'un massif forestier bien plus étendu dans lequel elles jouent un rôle de site source et de relai pour de nombreuses espèces.
La responsabilité de la Réserve naturelle vis-à-vis de ce patrimoine est moyenne, locale et régionale.

Etat actuel de conservation

Moyen (évalué via PSDRF)

Objectif à long terme visé : Améliorer la naturalité des hêtraies-sapinières via :

- Le maintien d'une composition végétale caractéristique d'une hêtraie-sapinière à caractère naturel
- La recherche d'une structure de la forêt caractéristique d'une hêtraie-sapinière à caractère naturel
- La préservation d'une mosaïque d'habitats favorable à la biodiversité : anciennes pessières, tourbières intra-forestières, pierrier
- La préservation d'un habitat favorable au grand tétras et au cortège d'espèces associées
- La préservation des populations de faune et de flore emblématiques

La hêtraie-sapinière majoritairement présente dans la Réserve Naturelle constitue un enjeu à part entière dont de nombreuses espèces sont tributaires. Cet enjeu impacte directement la mosaïque d'habitats prioritaires qui se trouve dans cette matrice forestière.

6.1.3 La géologie et la géomorphologie

La géologie et la géomorphologie sous-tendent tout le paysage actuellement observé au sein de la Réserve naturelle et les habitats qu'elle abrite, via les formes héritées du passé et processus encore actifs. Les quelques éléments déjà mis en évidence en font un site original au niveau européen, tel que le cône de déjections du Valsche dont le fonctionnement passé est inconnu mais les effets marqués dans le paysage et le fonctionnemnet actuels du site.

D'autre part, la pérennité des milieux tourbeux est largement dépendante de différents mécanismes périglaciaires « froids » favorisant leurs micro-habitats d'expression. À ce titre, la connaissance de ce patrimoine et sa protection sont un enjeu fort du plan de gestion de Machais. **La responsabilité de la Réserve naturelle vis-à-vis de ce patrimoine est très forte, nationale et au-delà.**

Etat actuel de conservation

non renseigné. Il sera à réaliser de manière objective et scientifique, via la méthodologie RNF et Max Jonin pour le géopatrimoine notamment.

Objectif à long terme visé

Décrire le patrimoine géologique et géomorhologique de de la Réserve naturelle (objets et processus), son état actuel et ses perspectives d'évolution pour compléter l'état des lieux du site et réaliser des préconisations de gestion et protection pertinentes.

Ligne d'horizon / Cap au-delà de 10 ans : Développer l'acquisition de connaissances sur les interactions entre compartiments abiotique et biotique, les intrications entre processus géomorphologiques et habitats et des co-évolutions en lien avec le changement climatique.

6.2 FACTEURS CLES DE LA REUSSITE

A ces enjeux, s'ajoutent d'autres éléments essentiels à prendre en compte pour assurer une gestion efficace de la Réserve Naturelle. Ces éléments ont été définis comme « **facteurs clés de la réussite** ». Ils ont pour objectif de garantir la réussite des opérations déclinées pour chaque enjeu lié au patrimoine naturel en tenant compte des pressions liées à l'activité humaine. Trois facteurs-clés types sont identifiés pour toutes les Réserves naturelles, détaillés dans les parties suivantes.

6.2.1 Les connaissances de la Réserve Naturelle

La stratégie de connaissances regroupe l'ensemble des études et inventaires nécessaires à l'amélioration de la connaissance du patrimoine naturel de la Réserve naturelle et des facteurs ayant une influence sur son devenir. Les résultats produits peuvent influencer les mesures de gestion mises en œuvre.
L'élaboration d'une stratégie de connaissances fait appel à des sciences très diverses, scientifiques autant que sociales. Certains de ces volets sont encore totalement à explorer pour la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais, en lien avec les autres Réserves naturelles et le Parc naturel régional des Ballons des Vosges gestionnaire.

Eléments remarquables identifiés

La Réserve naturelle de la Tourbière de Machais est actuellement reconnue comme un site emblématique d'un fonctionnement écologique passé et actuel quasi-naturel à l'échelle nationale voire européenne, de même que pour les habitats et espèces qu'elle abrite. Il est donc nécessaire de continuer à générer de la connaissance sur ces éléments, mais également d'organiser, synthétiser, diffuser et valoriser ces éléments de connaissance.

Etat actuel de l'enjeu (à dire d'expert)

Certains outils (base de données notamment) ont été créés durant le plan de gestion 2015-2020 pour organiser et pérenniser la connaissance, mais beaucoup de choses restent à faire, **ce volet étant encore bien trop peu développé au vu des responsabilités de la Réserve naturelle** (synthèses scientifiques, publications, mise en collections, etc)**.**

Objectif à long terme : Améliorer et valoriser en continu les connaissances naturalistes, scientifiques et sociales

6.2.2 L'ancrage territorial

La gestion et le maintien des habitats présents dans la Réserve Naturelle sont indissociables du contexte socio-économique. Il est essentiel d'assurer l'ancrage de la Réserve Naturelle dans son territoire et de veiller aux échanges avec les différents acteurs et usagers qui y évoluent. De plus, l'adhésion et le soutien de la population locale est la clef du succès de projets ambitieux telles que la mise en place d'une zone-tampon autour de la Réserve Naturelle ou l'encadrement de la gestion de la route des Américains.
Le contexte particulier sur le massif vosgien de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais a été défini et partagé par tous dès sa création :

- **un lieu peu fréquenté, par un public essentiellement local**
- **Un lieu à l'esprit sauvage, ambiance recherchée et appréciée par les visiteurs**

Eléments remarquables identifiés

C'est le maintien de cet « esprit des lieux » qui est ciblé depuis la création de la Réserve naturelle : **préservation de l'anonymat du site de Machais (par évitement de la Réserve naturelle), et maintien d'une ambiance sauvage**.
Cette stratégie passe notamment par la valorisation d'un autre site auprès des publics, site dit de « jumelage pédagogique », le site de Lispach (classé ENS et Natura 2000 entre autres).

Etat actuel de l'enjeu (à dire d'expert)

plutôt favorable. Cette stratégie fait consensus localement depuis la création de la Réserve naturelle. Il s'agit de maintenir une veille active et des échanges répétés afin de maintenir une cohérence avec les logiques plus larges des différents acteurs (département, région, massif, PNR, etc.).

Objectif à long terme : Poursuivre l'amélioration de l'ancrage de la Réserve naturelle

6.2.3 La gouvernance et le fonctionnement de la Réserve Naturelle

Le bon fonctionnement de la Réserve Naturelle dépend directement de sa bonne gouvernance. Il est nécessaire de tenir compte des aspects administratifs et financiers pour garantir une gestion optimale des milieux naturels.

Le facteur-clé "fonctionnement de la Réserve naturelle" englobe tous les éléments liés à la gouvernance, la gestion administrative, financière et humaine de la Réserve naturelle, ainsi que le volet police de l'environnement.

Eléments remarquables identifiés

La Réserve naturelle de la Tourbière de Machais est gérée par le Parc naturel régional des Ballons des Vosges en lien avec d'autres Réserves naturelles, ce qui amène des possibilités de mutualisation d'idées et de moyens, ainsi que du lien interne entre outils différents (avec la politique Natura 2000 par exemple).
Il y a donc un partage des thématiques entre Réserves naturelles avec notamment l'existence d'un référent police, la mise en place de suivis coordonnés, et des échanges réguliers en interne et en externe avec les financeurs et acteurs du territoire, apportant de la lisibilité et de la cohérence.

Etat actuel de l'enjeu (à dire d'expert)

Plutôt favorable jusqu'ici mais le contexte national très récent (2019 et 2020) a été et sera sans doute néfaste sur les possibilités financières de l'Etat pour la politique Réserve naturelle. Ce contexte tout récent nécessite une vigilance et des réflexions à mener pour assurer les budgets futurs nécessaires à la mise en œuvre de ce nouveau plan de gestion. De plus la méthodologie des coûts de gestion n'a pas été mise à jour depuis une dizaine d'années, créant un décalage entre besoins actuels et besoins passés.
La gouvernance de la Réserve naturelle est installée et fonctionne plutôt bien. Le renouvellement du conseil municipal a lieu au moment de la révision du plan de gestion, de même que l'écriture du nouvel aménagement forestier, ce qui favorisera les échanges.

Objectif à long terme : Assurer le fonctionnement optimal de la Réserve naturelle, obtenir les budgets nécessaires à la mise en œuvre du plan de gestion 2022-2032

6.3 SCHEMA DE SYNTHESE DES ENJEUX DE LA RESERVE NATURELLE DE LA TOURBIERE DE MACHAIS

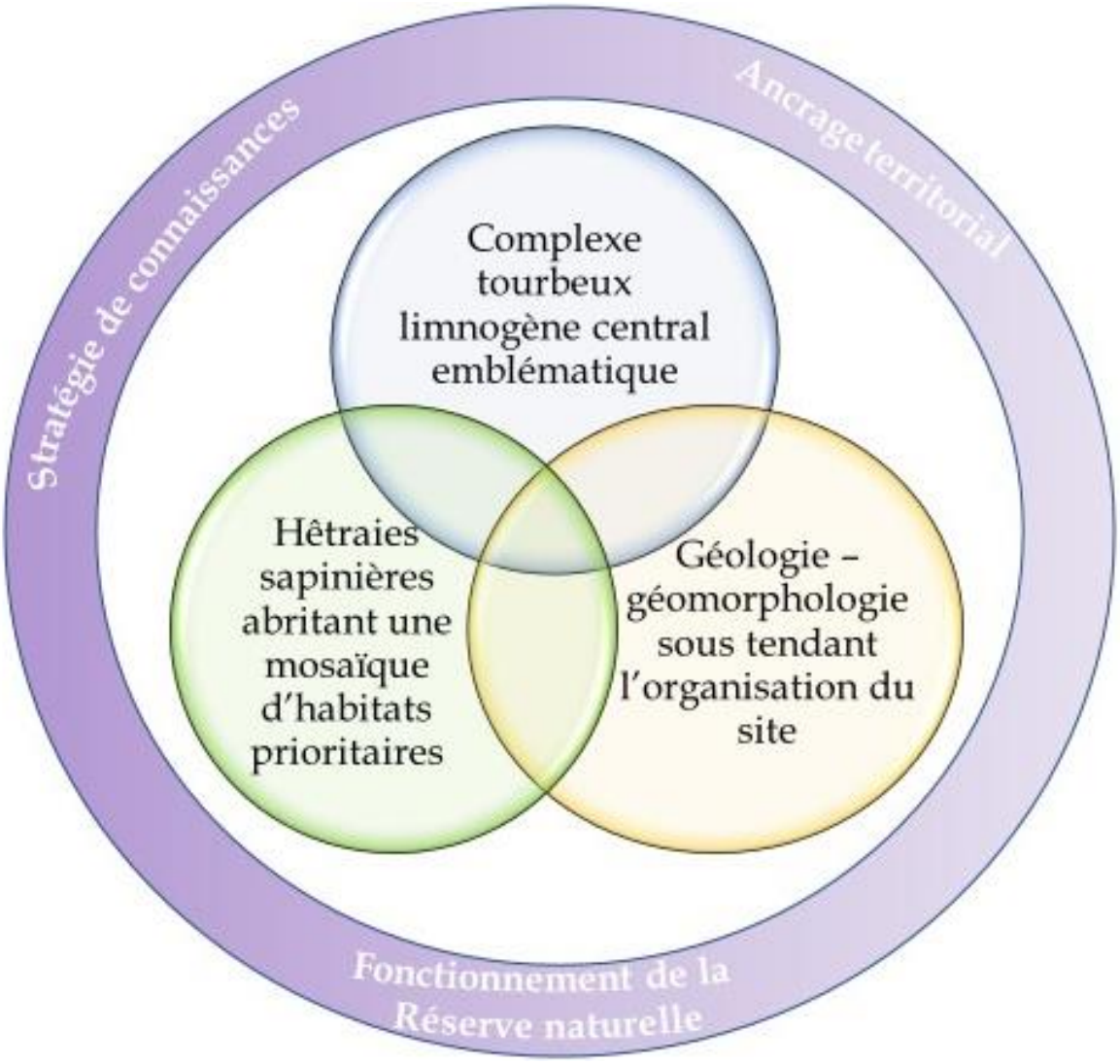


Figure 44 : Enjeux et facteurs clés de la réussite de la gestion de la Réserve Naturelle

BIBLIOGRAPHIE

Publications effectuées par le gestionnaire ou avec sa participation

AUDINOT, S., 2009. Notation des habitats favorable au Grand Tétras sur la Réserve naturelle nationale de Machais - Application de la méthodologie Storch adaptée au Massif Vosgien. Groupe Tétras Vosges. 13 p.

AIR LORRAINE ET BLAM, 2013. Etude de la qualité de l'air dans les Réserves naturelles et les vallées avoisinantes via la biosurveillance. 60 p.

BERNARD A., 2018 - Inventaire du zooplancton de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais. Les amis de la réserve naturelle du lac de Remoray, Labergement-Sainte-Marie, 25 p.

CARTIER D., 2013. Réserve Naturelle Nationale de la Tourbière de Machais. Inventaire et cartographie des Bryophytes. Approche écologique, biogéographique et patrimoniale. Office National des Forêts - Bureau d'études Lorraine. 86 p + 5 annexes.

CLAUDE J. & TISSOT B., 2013. Les syrphes de la Réserve Naturelle Nationale de la tourbière de Machais (88) : Bilan méthodologique et proposition d'une nouvelle stratégie d'échantillonnage, Note technique pour le PNR du Ballon des Vosges, Les amis de la réserve naturelle du lac de Remoray, Labergement-Sainte-Marie, 7 p.

CLIMAX, 2018 - Révision de la cartographie des habitats tourbeux 2017-2018 de la Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais. Jean-Charles DOR. 120 p.

CONFÉRENCE PERMANENTE DES RÉSERVES NATURELLES, PARC NATUREL RÉGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS DE LORRAINE, 1991 & 1995 - *Bilan du Patrimoine génétique des réserves naturelles. Étang de Machais.*

CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS DE LORRAINE, 1996 - *Inventaire des Espaces Naturels Sensibles du département des Vosges - Rapport final*, Conseil Général des Vosges/ Agence de l'eau Rhin-Meuse / Conseil Régional de Lorraine, 282 p. + fiches + annexes.

CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS DE LORRAINE, 1998 - Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais. Investigation de la faune des macro-invertébrés des ruisseaux affluents du plan d'eau, rapport de contrat pour le Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges : 9 p. + annexes.

CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS DE LORRAINE, 1991 - 2013 - Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais. Rapports d'activités du suivi scientifique (Programme RNF « Descripteurs de fonctionnement des hydrosystèmes » - *Rapports annuels.* 25 p.

CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS DE LORRAINE, 2012 - Réserve naturelle de la Tourbière de Machais. Suivi de quatre espèces bioindicatrices - dont trois espèces remarquables - de1994 à 2010. 14p.

CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS DE LORRAINE, 2012. Programme R.N.F. Descripteurs de fonctionnement des hydrosystèmes. Évolution des biocénoses aquatiques de 2003 à 2012. 20 p.

FDPPMA 88, HURIOT A., 2014 - Qualité biologique de la Goutte de Machais, du Valsche et du ruisseau de la Faigne par l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN)

GOUBET, P., 2008. Analyse de la qualité physico-chimique et des apports solides des eaux de surface du bassin versant de la Tourbière de Machais. 10 p.

GOUBET, P., 2009- Analyse du contenu élémentaire des sphaignes du complexe tourbeux de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais (la Bresse, Vosges), 10p.

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 de Machais (La Bresse, Vosges. Cabinet Pierre Goubet, Jenzat. Vol. 1 et 2, 65 p.

GOUBET, P., 2011. Compte-rendu d'expertise commandée par le Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges. Suivi limnimétrique du Lac de Machais (La Bresse, Vosges). Cabinet Pierre Goubet, Jenzat. 10 p.

GOUBET P. et PETIT S., 2012 - Caractérisation au radar géologique de surface de la tourbière le lac de Machais (la Bresse, Vosges), 20p.

GOUBET, P., 2015. Caractérisation fonctionnelle des tourbières de pente de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais. 40 p.

GOUBET, P., 2017. Analyse de données piézométriques des milieux tourbeux de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais. Cabinet Pierre Goubet, 25 p.

HÖLZER A., BICK F. et BADRE A., 2018 - Campagne d'inventaires bryologiques 2017 et 2018 sur la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais. 15p.

LIEC, 2021 - Etude paléoécologique de la tourbière de Machais (Hautes – Vosges). Vincent ROBIN, 25p.

MERCIER J.L., 2005. Etude et hydrogéologique, géologique et géomorphologique du bassin versant de la Tourbière de Machais. PNR des Ballons des Vosges, 26 p + cartes et annexes.

Office National des Forêts, 2009 et 2021 – Plan d'aménagement forestier de La Bresse.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES & al, 1994 - Réserve naturelle de la Tourbière de Machais. Plan de gestion 1993-1998, Munster, PNRBV, 75 pp. + annexes.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, 1998 - Réserve naturelle de la Tourbière de Machais. Plan de gestion 1998 - 2002, Munster, PNRBV, 56 pp. + annexes.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, 2007 - Réserve naturelle de la Tourbière de Machais. Plan de gestion 2007 - 2011, Munster, PNRBV, 160 pp. + annexes.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, 2012. - Charte révisée du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges 2012-2023. 190 p + carte.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, 2001 – Étude de fréquentation estivale des Hautes-Vosges, été 2001.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, 2005 – Étude de fréquentation hivernale Hautes-Vosges, hiver 2001, 57 p.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, **BADRE A.**. 2011 – Evaluation administrative du plan de gestion 2007 - 2011 de la Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais. 40 p + annexes.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, **BADRE A.**. – rapport d'activités 2011 - 2020 de la Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais. *Rapports annuels*

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, **DEMARET L.**. 2012 – évaluation de l'état de conservation des habitats forestiers et tourbeux de la Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais, rapport de stage. 50 p + annexes.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, **BADRE A.**. 2014 - Etat des lieux du lycopode inondé au sein de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais - actualisation 2014. 10p.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, **BADRE A.** 2019 Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestières – 2e passage – analyse des données et comparaison avec le 1er cycle. 10p.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, stage 2014 - Incidences de la desserte forestière sur le réseau hydrographique et les sols de la Réserve naturelle. 50p.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, **GERARD A. et BADRE A.** 2016 – Inventaire et analyses des données de bois mort sur la Réserve (diamètre supérieur ou égal à 30cm). 30p.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, **GERARD A. et BADRE A.** 2018 - Evaluation de l'impact de l'abroutissement des cervidés sur le sapin et la myrtille. 20p.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, **GERARD A. et BADRE A.** 2018 – Analyse des données de suivi de la fréquentation via éco-compteurs sur la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais sur la période 2012 – 2018. 20p.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, **GERARD A. et BADRE A.** 2019 - Evaluation de la capacité d'accueil pour la biodiversité des îlots de sénescence de la Réserve naturelle. 40p.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, **GERARD A. et BADRE A.** 2019 - Enquête visant à caractériser le profil des visiteurs de la Réserve naturelle. 20p.

PHYLOPOTAMUS 2020 **-** Inventaire entomologique des Éphéméroptères, Plécoptères, Trichoptères. Gilles JACQUEMIN, 60p.

PASQUET A. & LEBORGNE R., 2002. – Inventaire des Arachnides (Araignées) au sein de la Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais, Université H. Poincaré Nancy I, Expression et Évolution des comportements. *PNR des Ballons des Vosges,* 14 p + annexes.

REGION LORRAINE, 2012. - Guide de sylviculture « des forêts pour le grand tétras », Région Lorraine / ONF / GTV / PNRBV 87p.

ROYAUD A., 2005. Étude sphagnologique de la Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais : inventaire des sphaignes et cartographie des groupements à sphaignes. *PNR des Ballons des Vosges,* 48 p + cartes et annexes.

ROYAUD A., 2006 – L'utilisation des sphaignes dans le diagnostic, la gestion et le suivi des tourbières acides. Actes du colloque « Table ronde : tourbières de France, élaboration de nouveaux outils de diagnostic, de gestion et de suivi » à l'ENS-LSH des 24-26 septembre 2002. *Les cahiers scientifiques et techniques du Pôle-relais tourbières n°4.*

SILVA ENVIRONNEMENT, 2016 - Inventaire des chiroptères de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais. 35p.

SCHWAAB F., 2001. - Rapport d'inventaire des espèces de Chiroptères présentes dans la Réserve Naturelle de la Tourbière de Machais (La Bresse – Vosges). *Commission permanente d'étude et de protection des eaux, du sous-sol et des cavernes de Lorraine,* 10 p.

TINCA ENVIRONNEMENT et ASSOCIATION RIED BLEU, 2017 - Etude du plan d'eau et des biocénoses 2017 de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais. 40p.

VALLET, A., 2012. Résultats du piégeage des Diptères Syrphidés par tentes Malaise dans la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais, et analyse des résultats selon « Syrph-the-Net ». Compte rendu d'expertise, Bureau d'étude ENTOMO-LOGIC. 15 p.

Autres publications

ACEMAV coll., DUGUET R. & MELKI F. ed., 2003. – Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. *Collection Parthénope, édition Biotope, Mèze (France).* 480 p.

ASAEL, S., 1999. Typologie des peuplements forestiers du Massif Vosgien. CRPF Lorraine Alsace. 51 p.

BALDENSPERGER A., 1925. – La faune et la flore planctonique des lacs des Hautes-Vosges. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Colmar*, nouvelle série, Tome XIX. Éditions Decker.

BICK H., 1985. – Die Moorvegetation der zentralen Hochvogesen. *K. Kramer Berlin-Stuttgart* : 30-251.

BISSARDON Miriam, Lucas Guibal, Jean-Claude Rameau, - Corine biotopes, version originale, types d'habitats français, ENGREF-ATEN, 175 p.

BOUDOT, J-P., JACQUEMIN, G., 2002. Inventaire et statut des libellules de Lorraine. Société Lorraine d'Entomologie. 68 p.

BRGM, 1987. – Livret de la carte géologique de la France à 1/50 000 – Munster XXXVI-19 « Le Hohneck – Markstein ».

CARNINO, N., 2008. Etat de conservation des habitats forestiers d'intérêt communautaire – Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Paris, Université Pierre et Marie Curie. 34 p.

COMITÉ ZNIEFF LORRAINE, MULLER S., BOUDOT J.P., 1984 - Fiche ZNIEFF, Tourbière du Machais, *Inventaire des Zones naturelles d'Intérêt Faunistique et Floristique*, non publié.

CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS DE LORRAINE, 1996. – Inventaire des Espaces Naturels Sensibles du département des Vosges. *Rapport final, Conseil Général des Vosges / Agence de l'eau Rhin –Meuse / Conseil Régional de Lorraine*, 282 p. + fiches + annexes.

DREAL Grand Est, Fiche du site Natura 2000 FR4100206 : TOURBIERE DE MACHAIS ET CIRQUE DE BLANCHEMER

ÉCOLE NATIONALE DU GENIE RURAL, DES EAUX ET DES FORETS (ENGREF), 1996. CORINE biotopes, version originale. Types d'habitats français. ATEN, 175 p.

ELLER (Von) J. P., SITTLER C., 1974 - Les Vosges et le fossé rhénan, Géologie de la France, *Paris, Doin, Tome 1* : p 63-104.

ELLER (Von) J. P., FLUCK P., HAMEURT J., RUHLAND M., 1972 - Présentation d'une carte structurale du socle vosgien, *Sciences géologiques, Strasbourg, Bull. n° 25* : 3-19.

FLAGEOLLET J. C., GUEBOURG J. L., MAIRE A., - Morphologie et accumulations glaciaires dans le haut bassin de la Moselotte (Vosges*), Rev. Géogr. Est*, Nancy.

FLAGEOLLET J. C., 2002. Sur les traces des glaciers vosgiens. CNRS Editions, pp. 80 & 158.

HAMEURT J., 1967 - Carte géologique des terrains cristallins et cristallophylliens du versant occidental des Vosges moyennes au 100.000é, *Mém. du Service Géologique d'Alsace Lorraine*, Strasbourg, n°20 : 185-194.

HAMEURT J., 1967 - Les terrains cristallins et cristallophylliens du versant occidental des Vosges moyennes, *Mém. du Service Géologique d'Alsace Lorraine*, Strasbourg, n° 26, 402 p.

INVENTAIRE NATIONAL DU PATRIMOINE NATUREL, 2021 - Fiches espèces et habitats : https://inpn.mnhn.fr/accueil/index

INSTITUT EUROPÉEN D'ÉCOLOGIE, 1981 – Inventaire des tourbières de France. *Rapport de contrat pour le Ministère de l'Environnement, Direction de la Protection de la Nature* (fiche n°57).

IUCN, 2018 – Guide pratique listes rouges régionales des espèces menacées. 90p. https://uicn.fr/wp-content/uploads/2018/04/guide-pratique-listes-rouges-regionales-especes-menacees.pdf

JULVE P., 1996 – La végétation des tourbières de France. *Les Cahiers scientifiques et techniques du réseau « Tourbières de France »*, n°1.

LEMEE G., 1963. – L'évolution de la végétation et du climat des Hautes-Vosges Centrales depuis la dernière glaciation. In : Le Hohneck, aspects physiques, biologiques et humains. *Association philomatique d'Alsace et de Lorraine* :185.19

MANNEVILLE, O. et al., 2006. Le monde des tourbières et des marais, France, Suisse, Belgique, Luxembourg. Editions Delachaux et Niestlé, Paris, 320 p.

MULLER S., 1979. – La flore et la végétation de Lorraine. *S.A.E.P Ingersheim*, 121 p.

MULLER S., 1984. – Inventaire complémentaire des tourbières du département des Vosges. *Rapport de contrat pour le Ministère de l'Environnement & la Délégation Régionale à l'Architecture et à l'Environnement de Lorraine* :1.

MULLER S., BOUDOT J.P, 1984. – Tourbière de Machais. *Fiche ZNIEFF*.

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2001. – Cahiers d'habitats Natura 2000 « Habitats forestiers ». Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. La documentation Française. Tome 1, volume 1, 339 p.

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2001. – Cahiers d'habitats Natura 2000 « Habitats humides ». Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. La documentation Française. Tome 3, volumes 1 et 2.

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2001. – Cahiers d'habitats Natura 2000 « Habitats agropastoraux ». Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. La documentation Française. Tome 4, volume 2, 487 p.

Office Français pour la Biodiversité, 2018 – Guide d'élaboration des plans de gestion des espaces naturels, Outils de gestion et de planification. 150p.

SOCIETE MYCOLOGIQUE DE FRANCE, 2003. – Bulletin de la Société Mycologique de France. Tome 119, fascicules 3 et 4, 403-419.

STORCH I., 2000. - Plan de conservation des Tétraonidés. UICN.

VALLAURI D. & al., 2005. Bois mort et à cavités, une clé pour des forêts vivantes. Editions TEC & DOC, Lavoisier, 405 p.

WOILLARD G., 1975. – Recherches palynologiques sur le Pléistocène dans l'est de la Belgique et dans les Vosges lorraines. *Acta Geogr. Lovasiana., n°14* :1-168.

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES

Bureau des Espaces Naturels

1, place des Verriers

68 820 WILDENSTEIN

Téléphone :

03 89 82 22 10

Email : secretariat@parc-ballons-vosges.fr