

GUIDE D'IDENTIFICATION ET DE GESTION DES TYPES DE STATIONS FORESTIERES D'ARDENNE

Etude et conception

Simon Tossens, Hugues Claessens

Uliège, Gembloux Agro-Bio Tech, Gestion des Ressources Forestières

Appui scientifique

Sophie Cordier, Jonathan Lisein, Lucie Maus, Andyne Legrain (Uliège, GxABT, Gestion des Ressources Forestières)

Xavier Legrain (Uliège - GxABT, Echange Eau – Sol - Plante)

Xavier Fettweis (Uliège, Faculté des Sciences, Climatologie et topoclimatologie)

Céline Prévot (Forêt.Nature)

A compléter en fonction des relectures

Validation

Un groupe de travail hétérogène s'est réunit sur le terrain et en salle à plusieurs reprises afin de valider et de faciliter la compréhension des clés d'identification, ainsi que le contenu des fiches descriptives des types de station. Les personnes suivantes, que nous remercions pour leur contribution, ont participé à une ou plusieurs reprises :

Aurélie Jeunieaux, Benjamin de Potter, François Delacre, Pascal Mertes, Jean-Claude Adam, Michaël Hennequin, David Doucet, Jean Laroche, Didier Renault, Florian Merenne, Fabian Lejeune, Marco Henkes, Emmanuelle Bousson, Cédric Daine, Mélisande Grognard (SPW, Département de la Nature et des Forêts)

Audrey Bologna, Amaury André, Coraline Lesenfants (SPW, Département de l'étude des milieux naturels et agricoles)

Joachim d'Otreppe (Fédération Nationale des Experts Forestiers)

Philippe de Wouters (Société Royale Forestière de Belgique)

Vincent Colson (Cellule d'Appui à la Petite Forêt Privée)

Sébastien Petit (Forêt.Nature)

Mise en page et illustrations

A compléter

Crédits photographiques

A compléter

Citation

A compléter

Financement

Plan quinquennal de recherches forestières (SPW DNF)

Table des matières

Table des matières	5
Préambule	9
Guide d'utilisation	11
Notions élémentaires	12
1. Station, type de station et habitat	12
2. Guide des stations	13
3. Lien avec le Fichier Ecologique des Essences	13
4. Cartographie numérique des stations forestières	14
5. Zone de validité du guide	16
Notice d'utilisation	17
1. Les étapes principales	17
2. Récolte des informations sur le terrain et interprétations	18
3. Identification de la station	27
4. Lecture des fiches descriptives	27
Identité écologique de l'Ardenne	37
1. La formation du massif de l'Ardenne	38
2. Lithologie résultante	40
3. Relief et hydrologie	41
4. Les sols ardennais	43
5. Le climat ardennais	46
6. Paysage forestier de l'Ardenne	55
7. Végétations et habitats forestiers	58
Détermination du type de station	61
1. Clé d'identification des types de station	62
2. Clé d'identification simplifiée des types d'humus	68
3. Clé d'identification simplifiée des types de charge	70
Description des grands contextes	71
1. Situations alluviales	72
2. Versants accusés	75
3. Plateaux hydromorphes	78
4. Plateaux et faibles pentes à bon drainage	83
Fiches descriptives des types de station	87
US1 : Tourbières acides	89
1. Position dans le paysage	89
2. Sol	90
3. Végétation et flore indicatrice	92
4. Gestion forestière	93

US2 : Marais et sources-----	97
1. Position dans le paysage -----	97
2. Sol -----	98
3. Végétation et flore indicatrice-----	100
4. Gestion forestière-----	102
US3 : Argiles blanches humides-----	105
1. Position dans le paysage -----	105
2. Sol -----	106
3. Végétation et flore indicatrice-----	109
4. Gestion forestière-----	111
US4 : Sols blanchis à régime hydrique alternatif-----	115
1. Position dans le paysage -----	115
2. Sol -----	116
3. Végétation et flore indicatrice-----	119
4. Gestion forestière-----	121
US5 : Sols bruns à régime hydrique alternatif-----	125
1. Position dans le paysage -----	125
2. Sol -----	126
3. Végétation et flore indicatrice-----	129
4. Gestion forestière-----	131
US6 : Terrasses alluviales humides-----	135
1. Position dans le paysage -----	135
2. Sol -----	136
3. Végétation et flore indicatrice-----	139
4. Gestion forestière-----	141
US7 : Terrasses alluviales fraîches-----	145
1. Position dans le paysage -----	145
2. Sol -----	146
3. Végétation et flore indicatrice-----	148
4. Gestion forestière-----	150
US8 : Vallons frais-----	155
1. Position dans le paysage -----	155
2. Sol -----	156
3. Végétation et flore indicatrice-----	159
4. Gestion forestière-----	161
US9 : Ravins hygroscaphiques-----	164
1. Position dans le paysage -----	164
2. Sol -----	165
3. Végétation et flore indicatrice-----	167
4. Gestion forestière-----	169
US10 : Versants chauds au sol superficiel-----	173
1. Position dans le paysage -----	173
2. Sol -----	174
3. Végétation et flore indicatrice-----	177
4. Gestion forestière-----	179
US11 : Versants chauds-----	184
1. Position dans le paysage -----	184
2. Sol -----	185
3. Végétation et flore indicatrice-----	187
4. Gestion forestière-----	189

US12 : Versants frais pauvres -----	194
1. Position dans le paysage -----	194
2. Sol -----	195
3. Végétation et flore indicatrice-----	198
4. Gestion forestière-----	200
US13 : Versants frais riches-----	203
1. Position dans le paysage -----	203
2. Sol -----	204
3. Végétation et flore indicatrice-----	207
4. Gestion forestière-----	209
US14 : Sols profonds des plateaux-----	212
1. Position dans le paysage -----	212
2. Sol -----	213
3. Végétation et flore indicatrice-----	216
4. Gestion forestière-----	218
US15 : Sols peu profonds des plateaux-----	222
1. Position dans le paysage -----	222
2. Sol -----	223
3. Végétation et flore indicatrice-----	226
4. Gestion forestière-----	228
US16 : Sols superficiels des plateaux -----	232
1. Position dans le paysage -----	232
2. Sol -----	233
3. Végétation et flore indicatrice-----	236
4. Gestion forestière-----	237
US17 : Affleurements rocheux-----	241
Références-----	243
Annexes -----	245
Annexe I : liste des essences envisagées pour l'Ardenne -----	247
Annexe II : Tableau récapitulatif des types de station (US) -----	249
Annexe III : Aptitudes des essences (par essence) -----	253
Annexe IV : Glossaire -----	266
Annexe V : fiche de relevé standardisée (exemple)-----	269
Annexe VI : Groupes indicateurs et espèces associées d'Ardenne, classé par gradient d'acidité -----	271

Préambule

Ce *Guide d'identification et de gestion des types de stations forestières d'Ardenne* s'inscrit dans la continuité des outils d'analyse des stations forestières que sont le Fichier écologiques des essences et le Guide d'interprétation de la flore indicatrice en forêt. Il va toutefois plus loin en apportant les informations nécessaires pour une compréhension plus experte des stations et de leur évolution dans le cadre des changements climatiques, et en proposant des recommandations de gestion adaptées à ces évolutions et à leurs incertitudes.

En effet, depuis deux décennies, les forêts wallonnes subissent les effets d'importants changements climatiques, de crises sanitaires, d'évolutions socio-économiques ou encore de problèmes cynégétiques, qui s'entremèlent, s'accumulent et créent un contexte forestier d'une complexité et d'une instabilité sans précédent. La rapidité de ces évolutions prend de court la plupart des acteurs du secteur et interroge sur la forêt de demain, dont le niveau de résilience dépendra de nos capacités à nous adapter aux évolutions des dynamiques forestières et à anticiper les changements futurs.

En effet, plutôt que d'essayer de combattre ces évolutions inéluctables, le gestionnaire forestier a tout intérêt à s'y adapter et à y adapter sa forêt, en modifiant sa vision et ses comportements, sans pour autant prendre de décisions radicales sous l'emprise de la panique.

Dans ce contexte où **prudence et réflexion** doivent être de mise, nous espérons que ce *Guide d'identification et de gestion des types de stations forestières d'Ardenne* permette d'améliorer la compréhension du territoire et d'apporter des réponses aux gestionnaires forestiers pour les aider dans leurs prises de décisions, notamment en proposant des **recommandations** de gestion (en matière de choix d'essences par exemple) adaptées aux différents types de station. Pour cela, les changements climatiques futurs et les sensibilités spécifiques des essences et des types de station ont été particulièrement pris en compte dans une optique de gestion orientée vers la durabilité et la résilience des écosystèmes forestiers.

Evoqué pour la première fois au début des années 2000, ce guide est le résultat d'un long travail de développement au cours duquel sont intervenus de nombreux chercheurs de Gembloux Agro-Bio Tech, financés par le Plan quinquennal de recherches forestières (SPW DNF). Il est voué à l'Ardenne, qui, en plus d'être la région la plus boisée, est aussi l'une des plus touchées par les crises sanitaires et climatiques, qui menacent notamment les deux essences principales de la région que sont le hêtre et l'épicéa. Il est le premier d'une série qui se prolongera dans les deux prochaines années avec l'édition de nouveaux guides, déjà en cours de développement, consacrés aux forêts des autres régions bioclimatiques de Wallonie, notamment la Fagne-Famenne-Calestienne, le Condroz et la Lorraine belge.

Enfin, ce guide s'adresse aux gestionnaires professionnels, qui ont participé à sa mise au point finale, mais aussi à toute personne désireuse de mieux comprendre l'impact des changements climatiques sur la forêt et comment y adapter finement la gestion forestière en fonction des conditions du milieu.

Guide d'utilisation

NOTIONS ÉLÉMENTAIRES

1. STATION, TYPE DE STATION ET HABITAT

La **station forestière** est « une étendue de terrain de superficie variable, homogène dans ses conditions physiques et biologiques : climat, topographie, sol, composition floristique et structure de la végétation spontanée ». Elle est un assemblage complexe de paramètres écologiques en interaction les uns avec les autres. Une station n'a pas de superficie déterminée, elle est fonction du contexte local et de l'hétérogénéité du milieu.

Sur un territoire donné, les stations qui présentent des **caractéristiques abiotiques** analogues en termes de position topographique et de nature du sol peuvent être considérées comme faisant partie d'un même type de station. Un **type de station** (ou **unité stationnelle**) est donc un milieu théorique moyen, une image fictive, générique, représentative d'un ensemble de stations similaires, mais non identiques. Dès lors, il existe toujours une **variabilité interne** à chaque type de station.

Cette démarche de regroupement des stations en types de station est toutefois en opposition avec la variation souvent progressive et continue du milieu, et, comme toute typologie, elle conduit à une simplification de la réalité. La difficulté principale réside dans la fixation des limites biophysiques, identifiables sur le terrain, qui définissent le passage d'un type de station à l'autre. Tant pour la construction de la typologie que pour son utilisateur de terrain, cette notion de frontière est délicate et demande un effort de conceptualisation. Cependant, l'approche fournit un cadre de travail fonctionnel qui permet d'appréhender plus facilement la complexité du paysage forestier, formé d'une infinité de stations différentes

On pourrait faire le parallèle avec la botanique : un individu de chêne peut être rattaché à l'espèce « sessile » parce que la majorité de ses caractéristiques (long pétiole, pas d'oreillettes ni de nervures intercalaires, branches peu sinuées, etc.) le rapproche de la description botanique moyenne de cette espèce, telle que définie dans une flore illustrée, mais pourtant, il existe d'autres chênes que l'on qualifie aussi de « sessile » malgré certaines caractéristiques différentes (pétiole plutôt court, semblant d'oreillettes) qui le rapprochent du « pédonculé ». Certains ressemblent si fortement au chêne pédonculé que l'on hésite à les attribuer à l'une ou l'autre espèce. Néanmoins, ce n'est quand-même pas un épicéa et le forestier pourra prendre des décisions sylvicoles appropriées malgré cette hésitation. Le problème est le même lorsqu'il s'agit d'attribuer une station donnée à un type de station.

Le concept **d'habitat forestier** est proche de celui de station, mais il décrit de manière plus globale l'écosystème, avec sa végétation et sa capacité d'accueil pour la biodiversité, notamment en considérant la faune potentiellement associée comme facteur constitutif de l'habitat. A ce titre, il est nommé en référence à la communauté végétale qui le compose. Puisque le concept d'habitat fait référence à la biodiversité, les typologies d'habitats forestiers, comme WalEunis ou Natura 2000, (voir « Végétations et habitats forestiers », page 58) sont principalement utilisées dans le contexte de la conservation de la biodiversité, tandis que les guides de stations s'inscrivent plutôt dans une démarche sylvicole plus multifonctionnelle, en proposant des méthodes de gestion adaptées aux contextes abiotiques des stations forestières, sans pour autant en ignorer les aspects de biodiversité. Dans le langage courant, on confond généralement l'habitat et le type d'habitat, notamment en parlant d'« habitat Natura 2000 ».

2. GUIDE DES STATIONS

Un guide des stations se présente sous la forme d'un éventail de types de station représentatifs de l'ensemble des contextes forestiers existant au sein d'une région forestière donnée. Il s'appuie sur une **typologie des stations** établie de manière scientifique, basée sur des critères géomorphologiques et pédologiques relativement pointus, aussi appelée catalogue des stations. Cependant, le guide des stations en est une version vulgarisée à destination de tout acteur forestier intéressé et disposant d'un minimum de connaissances et d'expériences en forêt. Et par ailleurs, il rassemble une foule d'informations pratiques utiles dans une optique de gestion durable et respectueuse des écosystèmes forestiers . L'intérêt de cette approche est de proposer au forestier un nombre limité de types de station qui correspondent à sa perception, qui sont suffisamment contrastés entre eux pour justifier des modes de gestion adaptés, et qui, ensemble, permettent de décrire le territoire forestier concerné.

Le guide des stations repose sur deux éléments : une **clé de détermination**, qui permet à l'utilisateur d'identifier sur le terrain le type de station sur lequel il se trouve, et des **fiches descriptives** des types de station, que l'utilisateur peut consulter pour valider la détermination, mais surtout pour découvrir les atouts et faiblesses du type de station en question.

Les fiches descriptives comportent une description approfondie des caractéristiques topographiques, pédologiques et floristiques des types de station. Elles fournissent ensuite une évaluation de leurs sensibilités et potentialités sylvicoles : productivité, contraintes d'exploitation, choix des essences, habitats et biodiversité potentiels, risques liés aux changements climatiques, etc. Cette centralisation des nombreuses informations permet alors de proposer des orientations de sylviculture adaptées au contexte écologique de chaque type de station. Cette dernière partie des fiches constitue à nos yeux la **principale plus-value** du guide par rapport aux autres outils forestiers comme le fichier écologique des essences ou les typologies d'habitat.

3. LIEN AVEC LE FICHIER ECOLOGIQUE DES ESSENCES

Parmi les nombreuses informations et recommandations de gestion que propose le guide des stations, se trouvent les listes d'essences conseillées pour les différents types de station. C'est sur ce point que le guide rejoint le fichier écologique des essences (FEE) qui, lui, est centré sur l'autécologie des essences (les fiches essences) et leur adéquation aux stations (le moteur de calcul de l'aptitude). Cependant, le niveau de précision du guide est plus élevé. En effet, il envisage la station dans son ensemble au sein du paysage, considérant non seulement la zone bioclimatique et les niveaux trophique et hydrique comme le fait le FEE, mais intégrant aussi d'autres caractéristiques de la station comme par exemple l'importance de la charge caillouteuse, le risque de gelées tardives ou l'excès de radiation solaire, qui sont en relation avec les sensibilités des essences. De surcroît, le diagnostic tient compte du risque que représente le couple [essence-station] face aux changements climatiques en intégrant les dernières connaissances à ce sujet. C'est donc le résultat d'une analyse très complète, comme un expert pourrait la faire à l'aide du fichier écologique en exploitant minutieusement toutes les informations que contiennent les fiches-essences et en récoltant les données de terrain supplémentaires qui sont nécessaires.

Enfin, un aspect qui différencie aussi les deux outils : le guide a pour vocation d'apporter des conseils de sylviculture au forestier, alors que le FEE, axé sur les essences, est une référence légale en termes de choix d'essences forestières.

4. CARTOGRAPHIE NUMÉRIQUE DES STATIONS FORESTIÈRES

Une carte numérique des stations forestières d'Ardenne (figure 1) a été élaborée sur base des ressources cartographiques disponibles. Pour l'obtenir, la clé d'identification des types de station a été retranscrite sous forme de code informatique dans un système d'information géographique (SIG). Les données utilisées regroupent :

- La carte numérique des sols de Wallonie ;
- La carte des situations topographiques (plateau, versant frais ou chaud, fond de vallée) ;
- La carte des apports d'eau (permanent, temporaire, sans apport autres que les précipitations) ;
- La carte des sites Natura 2000 répertoriés en Ardenne (pour détecter les forêts de ravin, dont la cartographie est difficilement modélisable).

Bien que facilement utilisable et intéressante, localement, cette cartographie numérique ne reflète pas toujours exactement la réalité du terrain, en raison d'imprécisions provenant principalement de la nature cartographique des données sources. C'est pourquoi la carte numérique **ne remplacera jamais l'expertise terrain**, qui doit toujours être privilégiée à l'utilisation d'une couche cartographique. Cependant, à une échelle plus vaste (l'Ardenne, un massif forestier, un plan d'aménagement, etc.), cette carte permet de dégager de manière relativement fiable les tendances générales quant à l'occupation de chaque type de station, et à partir de là, de produire des cartes thématiques diverses et variées, telles que, par exemple :

- Carte des risques de tassement de sol ;
- Cartes des aptitudes stationnelles par essence ;
- Carte des surfaces les plus à risques face aux sécheresses ;
- Carte des surfaces à hautes valeurs biologiques potentielles ;
- ...

En effet, la Wallonie bénéficie de ressources cartographiques particulièrement développées, notamment en termes de sol, qui permettent d'obtenir un niveau de détail très appréciable, sans doute unique au monde.

Le tableau 1 classe les surfaces et les pourcentages d'occupation de chaque type de station par ordre décroissant. On constate par exemple que les US 14 et 15, considérées comme les bonnes stations des plateaux, occupent à elles seules presque 50% du territoire forestier ardennais.

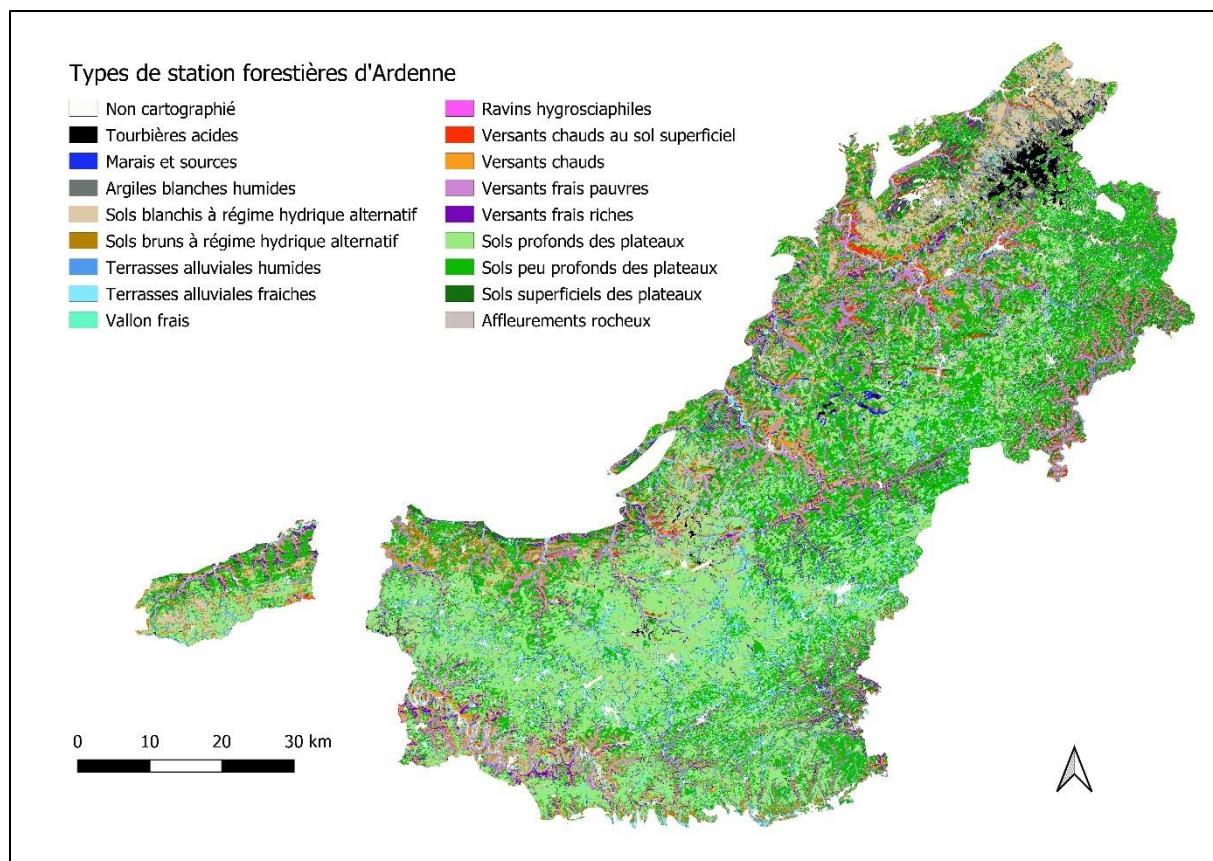


Figure 1 : Carte numérique des types de station forestière d'Ardenne.

Tableau 1 : Surfaces et pourcentages d'occupation du territoire par type de station et classé par ordre décroissant.

Numéro du type de station	Nom du type de station (US)	Surfaces (ha)	Occupation du territoire (%)	Surfaces forestières (ha)	Occupation du territoire forestier (%)
14	Sols profonds des plateaux	136966	24,3	77087	24,0
15	Sols peu profonds des plateaux	149711	26,6	74937	23,3
12	Versants frais pauvres	39432	7,0	31452	9,8
11	Versants chauds	31127	5,5	25914	8,1
4	Sols blanchis à régime hydrique alternatif	35791	6,4	25610	8,0
6	Terrasses alluviales humides	28038	5,0	16217	5,0
13	Versants frais riches	14117	2,5	11602	3,6
5	Sols bruns à régime hydrique alternatif	17961	3,2	10687	3,3
8	Vallons frais	25618	4,6	10675	3,3
16	Sols superficiels des plateaux	19884	3,5	8777	2,7
10	Versants chauds au sol superficiel	9931	1,8	8078	2,5
1	Tourbières acides	6600	1,2	6600	2,1
3	Argiles blanches humides	5886	1,1	3964	1,2
7	Terrasses alluviales fraîches	9420	1,7	3385	1,1
2	Marais et sources	7314	1,3	3354	1,0
17	Affleurements rocheux	2673	0,5	2608	0,8
9	Ravins hygroscaphiles	634	0,1	632	0,2

5. ZONE DE VALIDITÉ DU GUIDE

Ce guide des stations est spécifiquement dédié à la région naturelle de l’Ardenne, c'est-à-dire aux zones bioclimatiques de Basse et moyenne Ardenne, d’Ardenne centro-orientale et Haute Ardenne au sens de Van der Perre et al. (2015). L’Ardenne est un territoire de 5630 km² (563 000 hectares), bordé au nord par la Calestienne et au sud par la Lorraine (figure 2). Elle présente un éventail de stations forestières qui lui sont propres en raison de ses spécificités en termes de climat, de relief, de lithologie, de sols ou encore de végétation. L’utilisation de ce guide des stations d’Ardenne est donc inappropriée en dehors de cette délimitation. De surcroit, les 17 types de station décrits dans le guide sont définis pour les milieux forestiers, qui occupent 58% du territoire. Ils ne concernent donc pas les zones agricoles et encore moins urbaines et industrielles, même si dans certains cas, les fiches descriptives présentent les parallèles possibles, notamment dans l’optique de boisement de terres agricoles.

La frontière entre l’Ardenne et les régions voisines n’est pas toujours abrupte, en particulier sur la bordure sud, où les marnes de Lorraine recouvrent localement le socle ardennais. Dans ces zones transitoires, le type de sol renseigné par la carte numérique des sols de Wallonie est souvent le meilleur critère de délimitation.

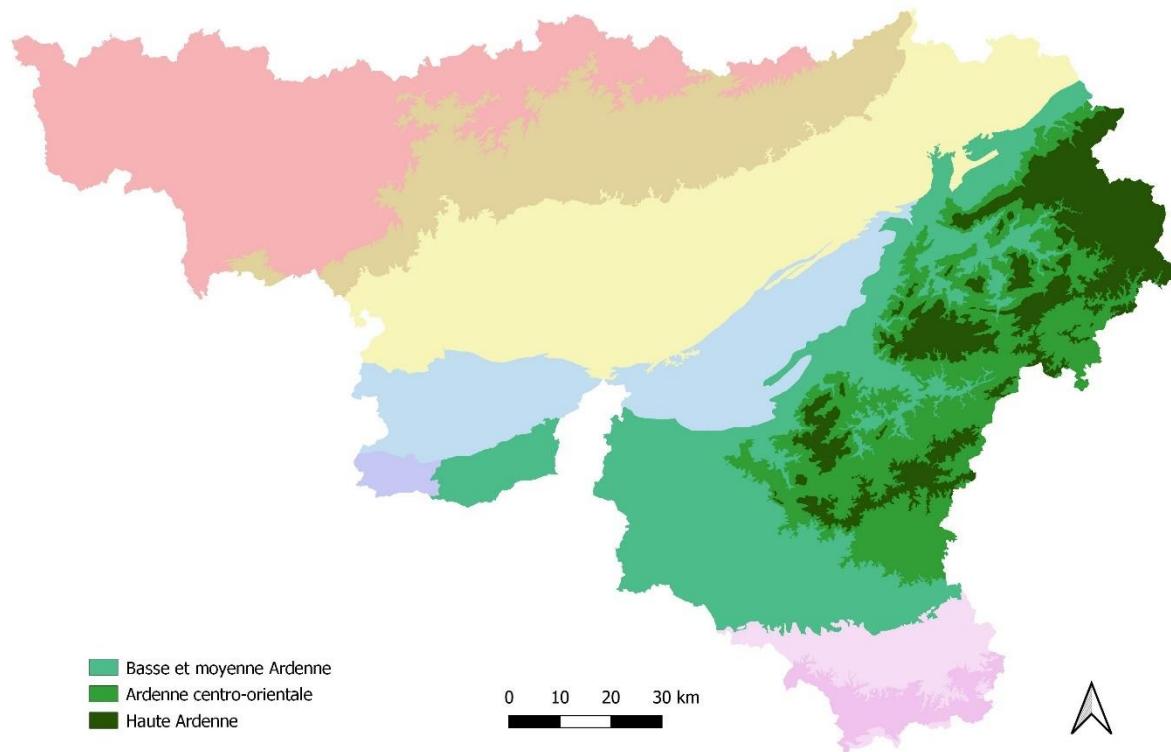


Figure 2 : Délimitations et localisation de l’Ardenne en Wallonie, qui se compose des trois régions suivantes : Basse et moyenne Ardenne (BMA), Ardenne centro-orientale (ACO) et Haute Ardenne (HA).

NOTICE D'UTILISATION

1. LES ÉTAPES PRINCIPALES

L'utilisation du guide se fait en 5 étapes :

- 1**
Délimiter une surface sur laquelle les conditions biophysiques sont homogènes, et en particulier la topographie, pour y effectuer les relevés. Les zones de transition sont à éviter (lisières, changement de topographie ou de type de sol, etc.) ainsi que les perturbations anthropiques (proximité de chemins, modification du sol, etc.). L'étendue de cette surface n'est pas fixée a priori car elle dépend de l'hétérogénéité du milieu.
- 2**
Relever les données nécessaires à l'identification de la station : situation topographique, sol, humus et végétation indicatrice. Pour le sol et l'humus, il est important d'effectuer **plusieurs sondages** par station (3 minimum) pour obtenir le diagnostic le plus représentatif possible de la situation. La multiplication des relevés permet de limiter l'impact des micro-variations des facteurs écologiques, intrinsèques aux milieux naturels. Par contre, la topographie et la flore indicatrice s'évaluent sur l'ensemble de la surface considérée et ne nécessitent pas plusieurs relevés.
- 3**
Parcourir la clé d'identification des types de station et identifier celui qui correspond aux relevés. En cas d'hésitation, il ne faut pas hésiter à suivre plusieurs chemins dans les clés.
- 4**
Valider le diagnostic en consultant la fiche descriptive du type de station identifié. Ne pas oublier qu'il existe une variabilité interne à chaque unité stationnelle et que les informations reprises dans la fiche correspondent au milieu théorique moyen. Par conséquent, une légère différence peut exister entre les données relevées et les données présentées dans la fiche. On peut consulter les fiches de stations plus ou moins similaires pour lever les doutes.
- 5**
Consulter la partie « Gestion sylvicole » de la fiche retenue et parcourir les conseils et recommandations.

2. RÉCOLTE DES INFORMATIONS SUR LE TERRAIN ET INTERPRÉTATIONS

I. Matériel nécessaire

La récolte d'informations concerne : la position topographique, le type d'humus, le type de sol et la végétation indicatrice. Plusieurs outils permettent de récolter ces informations :

- **Tarière pédologique** (profil de sol)
- **Guide d'identification des plantes** (identifier la flore indicatrice)
- Boussole et clinomètre (orientation et pente des versants respectivement)
- Bêche (visualisation l'humus et de la structure du sol en surface)
- Carte topographique ou GPS (s'orienter et localiser les relevés)
- Fiche de relevé standardisée (annexe V) ou carnet terrain (pour ne rien oublier)
- Couteau (rafraîchissement du profil de sol)
- Loupe (aide à l'identification de la flore ou des marques d'hydromorphie)

En Ardenne, le kit pH et un flacon d'acide chlorhydrique (HCl, qui permet d'identifier la présence de carbonates de calcium) ne sont pas nécessaires. Les sols y sont systématiquement acides et les variations de pH sont faibles ou peu visibles sur l'échelle de couleur du pH-mètre de terrain, par ailleurs insuffisamment précis pour détecter les nuances fines.

II. Position topographique

La position topographique influence particulièrement les potentialités sylvicoles des stations. D'une part, elles induisent des microclimats locaux, (voir aussi « Microclimats », page 49). D'autre part, elle influence l'évolution des sols. Par exemple, les versants sont soumis à une érosion bien plus importante que les pentes faibles. Bien souvent, ces situations de pentes fortes s'accompagnent d'une profondeur de sol réduite, induisant de ce fait un risque pour les essences exigeantes en eau. Par opposition, les fonds de vallée réceptionnent les produits de l'érosion (alluvions et colluvions), ce qui produit des sols profonds et riches en éléments nutritifs avec une grande disponibilité en eau. Sur le plateau, par contre, l'eau peut avoir des difficultés à s'écouler latéralement, provoquant des phases d'engorgement du sol. Par ailleurs, les pentes compliquent les interventions sylvicoles, lesquelles peuvent aussi y provoquer des départs d'érosion.

La position topographique d'une station au sein du relief environnant se qualifie visuellement, tout en ayant en tête les possibilités de circulation ou d'accumulation d'eau. Lorsque l'évaluation visuelle est incertaine, l'utilisation d'un clinomètre permet de chiffrer la pente de la station et de prendre une décision. Pour les versants, l'utilisation d'une boussole permet de définir leur orientation et le sous-secteur radiatif associé (sous-secteur froid ou chaud, figure 3).

Quatre contextes topographiques principaux sont à la base de l'utilisation des clés de ce guide :

- *Les plateaux et faibles pentes* (sous-secteur neutre) : ils rassemblent les surfaces planes dominant le paysage, dont la pente moyenne est inférieure à 12° (20%) ;
- *Les versants chauds* (sous-secteur chaud) : ils présentent une pente marquée (>12°, soit 20%) orientée vers le Sud (125 à 285°).

- *Les versants frais* (sous-secteur froid) : ils présentent aussi une pente marquée ($>12^\circ$, soit 20%) mais sont orientés vers le Nord (285 à 125°).
- *Les fonds de vallée* (généralement ombragés ; sous-secteur froid) : ils occupent l'espace délimité par les ruptures de pente, qui constitue le lit majeur (grandes vallées) ou le fond du vallon.

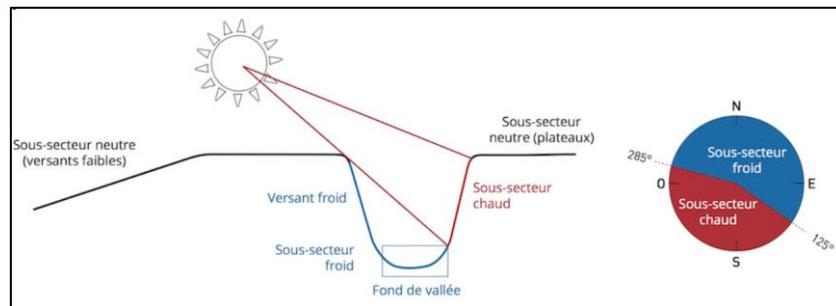


Figure 3 : Définition des sous-secteurs radiatifs (neutre, chaud, ou froid).

III. Formes d'humus

L'humus correspond à la partie supérieure du sol, constituée en majorité de litière (feuilles, branches,) et de **matière organique** en décomposition, mélangée en proportions variables à des composants minéraux. Différentes formes se distinguent sur base du nombre de couches distinctives (horizons), de leur épaisseur, et des traces d'engorgement. Elles sont indicatrices de l'activité biologique du sol en surface. Un humus épais indique une décomposition lente de la matière organique, donc une activité biologique faible, typiques des sols acides et pauvres (en surface du moins). A l'inverse, un humus fin et un sol aéré témoignent d'une décomposition rapide et d'une activité biologique élevée, caractéristique des sols plus riches. Le type d'humus étant dépendant des essences et des conditions de lumière, de température et d'humidité, il n'est pas toujours très représentatif de la station. C'est une information qui doit particulièrement être confrontée aux autres.

La détermination de la forme d'humus peut se faire en enlevant progressivement ces couches de matière organique sur une surface de sol. Toutefois, le découpage d'un cube de sol à l'aide d'une bêche constitue la meilleure manière d'observer les différents horizons qui le composent [ajout photos], notamment car on peut y observer la porosité du sol et les diverses traces d'activité biologique. Une clé simplifiée des humus forestiers (page 68) a été adaptée spécialement pour l'utilisation de ce guide à partir de celle proposée par Jabiol et al. (2007) et de Delecour (1991). Elle distingue les grandes familles de formes d'humus rencontrées en Ardenne, sans entrer dans le détail.

Sur les stations à engorgement non permanent, on distingue les quatre familles suivantes :

- **Mor** : le plus épais de tous (> 5 cm) ; il se développe sur des sols si acides que la matière organique ne se décompose presque pas et donc s'accumule en surface et semble déposé sur le sol minéral massif. Rarement observé sur le terrain, il indique des conditions extrêmement pauvres et se caractérise par une transition nette et abrupte avec le sol minéral sous-jacent (pas d'horizon organo-minéral (AH) – voir point suivant).

- **Moder** : le plus fréquent sur les plateaux ardennais, il est assez épais (quelques cm) formé de la litière (OL) et litière fragmentée (OF), et d'un horizon de matière organique (OH), gras à l'état humide (un peu comparable à du terreau). Toutefois, à l'inverse du mor, la transition avec le sol minéral est progressive (horizon organo-minéral présent), ce qui montre qu'une partie de la matière organique est intégrée au sol grâce à l'activité de microorganismes.
- **Moder mulleux** : intermédiaire entre le moder et le mull, le moder-mulleux est d'épaisseur variable, essentiellement composé de litière (OL) et de fragments de litière (OF) et témoigne d'une activité biologique satisfaisante. On le retrouve sur les sols plus riches.
- **Mull** : caractéristique des stations les plus riches, le mull est très fin, uniquement composé de litière (OL), sur un sol assez bien structuré. Il se rencontre presqu'exclusivement sur les stations alluviales.

Sur les stations à engorgement permanent, deux familles spécifiques à ces conditions se rencontrent :

- **tourbe (et paratourbe)** : typique des hauts plateaux froids et humides, la tourbe se forme sur les stations hyper-acides à engorgement permanent, sur lesquelles la matière organique se décompose lentement et de manière incomplète, voire pas du tout, en raison du manque d'oxygène. On distingue la véritable tourbe, épaisse de 40 cm, composée de sphagnes mortes et entassées, de la paratourbe, très noire et moins épaisse (< 40 cm), dans laquelle la transformation de la sphaigne en matière organique est un peu avancée.
- **Anmoor** : typique des zones de sources et fonds de vallée marécageux, l'anmoor se développe sur des sols plus riches à engorgement quasi-permanent. Pendant un laps de temps très court, lorsque le niveau d'eau de la nappe alluviale baisse pendant les mois d'été, la matière organique se décompose partiellement et se mélange au sol minéral, donnant lieu à une sorte de « boue noire » mi organique, mi minérale.

[Dessins page suivante à refaire ou à vectoriser (voir avec éditeur) ou remplacer par des photos ici et mettre les schémas avec la clé des humus seulement ?]

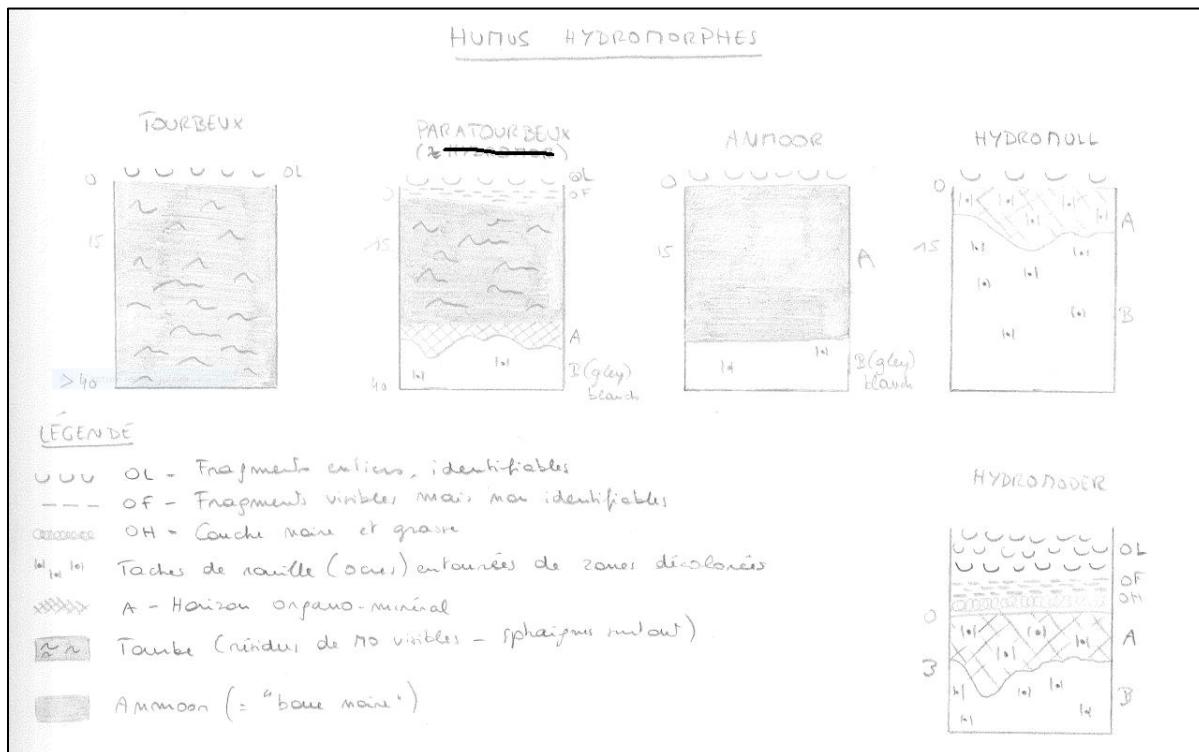
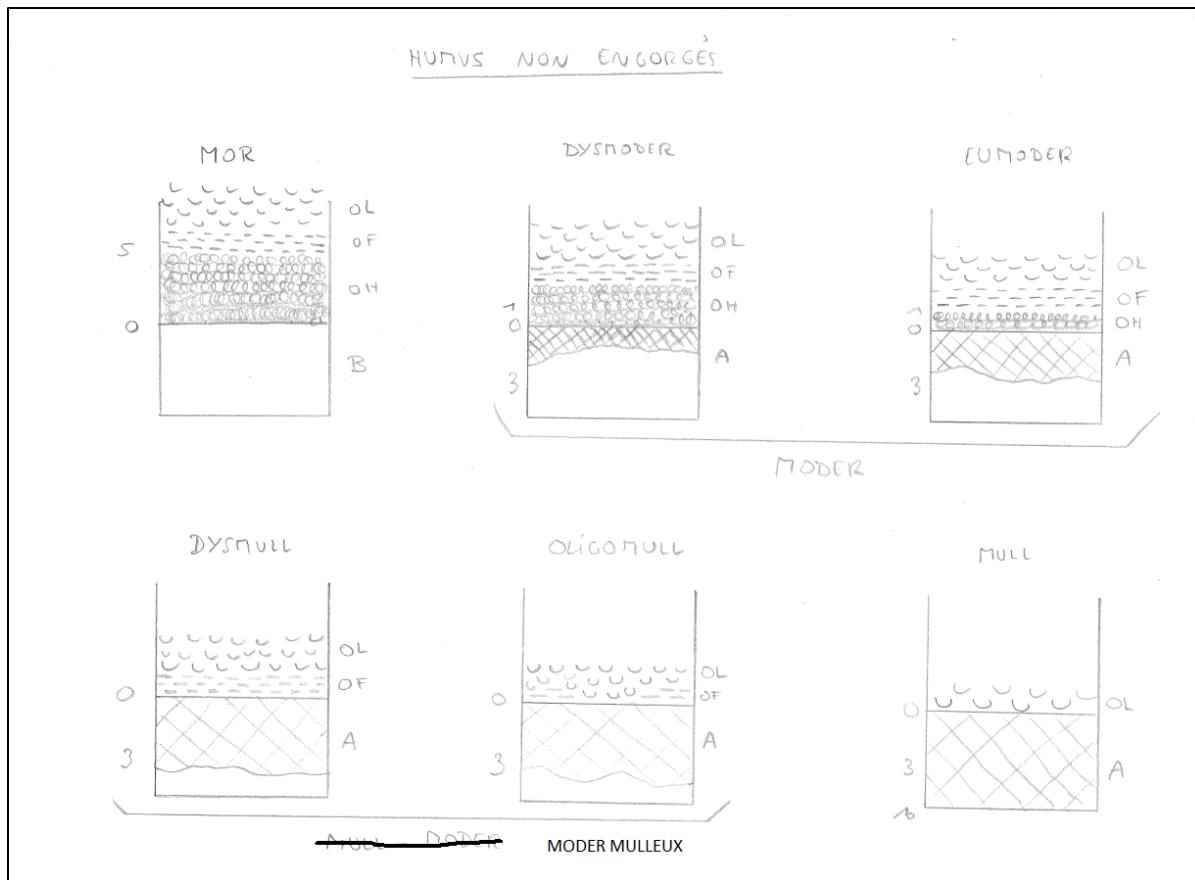


Figure 4 : Illustrations schématiques des formes d'humus utilisées dans ce guide.

IV. Sondages pédologiques

La description du sol et de ses caractéristiques (profondeur, compacité, engorgement et manque d'oxygène induit, charge caillouteuse, etc.) permet d'identifier la disponibilité en eau, en éléments minéraux et en oxygène pour les arbres, ainsi que les contraintes pour la sylviculture (risque de tassemement, de dégradation chimique, etc.).

Méthodologie

La meilleure description d'un sol s'obtient au sein d'une fosse pédologique, qui permet en outre d'observer l'enracinement des arbres. Cependant, le creusement d'une fosse n'est pas un travail aisément et est souvent remplacé par des sondages à la tarière pédologique [photo outil en action]. Cet outil permet d'extraire des carottes de sol d'environ 20 centimètres de long. En répétant l'opération plusieurs fois, il est possible de reconstituer le profil de sol d'un mètre de profondeur (enlever le tiers supérieur de chaque carotte car il comporte les retombées de terre provenant des bords) lorsque le sol le permet.

Il est nécessaire d'effectuer **plusieurs sondages** (3 minimum) sur la station considérée pour obtenir une image représentative du sol de la station. Il est préférable d'éviter de sonder lorsque les sols sont secs, classiquement lors des mois d'été et du début de l'automne, car à ces périodes, ils sont poudreux et difficilement pénétrables à la tarière.

Horizons clés

[Ajout d'images de chaque horizon clé dans la tarière (coller au mieux à la clé d'ID)]

La description du sol et de ses horizons est affaire de spécialistes. Néanmoins, quelques horizons-types caractéristiques de l'Ardenne doivent pouvoir être reconnus.

L'horizon organo-minéral

Il se situe à la transition entre l'humus (au-dessus), composé en majorité de litière et de matière organique, et le sol minéral (en-dessous). Il se repère par sa couleur brune plus foncée que l'horizon minéral sous-jacent, et le plus souvent, par sa porosité plus marquée (on parle dans ce cas de sol « structuré »). Cette couleur et cette structure proviennent de la présence de matière organique, qui est intégrée au sol par la microfaune (insectes, vers de terre, collemboles, ...) et donc présente en plus grande quantité sur les premiers centimètres. A l'exception des sols extrêmement acides (humus mor), l'horizon organo-minéral est toujours présent, mais parfois difficile à repérer en raison de sa faible épaisseur (souvent < 5cm). En outre, sa limite inférieure, oscillante et généralement progressive, est souvent difficile à visualiser.

Horizons de type podzolique et micropodzol

Dans les conditions très acides, le sol est attaqué par les acides libérés par l'humus (dysmoder, mor). Sous l'humus, l'horizon de surface est blanchi par le lessivage des argiles et des éléments minéraux, notamment du fer et de la matière organique. Le sol est alors grisâtre sous l'humus (horizon éluvial) mais d'une coloration plus foncée (brun-noir) en profondeur où s'accumulent les éléments humiques et ferriques lessivés (horizon illuvial). Dans les sols ardennais, l'observation de ces phénomènes est souvent compliquée par l'abondance de cailloux, qui est d'ailleurs assez typique de ces types de sol.

On parle de *podzol* lorsque le processus est bien développé et clairement visible, de *micropodzol* quand il ne concerne que quelques zones à proximité de l'humus, et de *sols podzoliques* quand on ne distingue pas clairement la dualité gris / brun-noir, mais bien des nuances grisâtres et violacées dans les premiers centimètres du sol, et brun-ocre foncé plus en profondeur.

L'horizon blanchi

Sur les plateaux humides et régulièrement engorgés, on peut aussi rencontrer un horizon très fortement blanchi. Contrairement aux sols de la famille des podzols, ces sols sont très fortement et profondément (> 20 cm) blanchis, sous un humus épais et noir, qui recolore un peu cet horizon à son contact. De plus, après 15 à 30 cm de profondeur, apparaissent des taches de rouille de plus en plus présentes jusqu'à l'apparition d'un horizon compact et panaché (rouille / blanchâtre) qui correspond au fragipan sur lequel s'est développé l'horizon blanchi. Ce serait donc ici plutôt des phases d'engorgement qui ont produit cet horizon blanchi en emportant les éléments minéraux par drainage, mais certains pédologues considèrent qu'il y a une combinaison de phénomènes d'hydromorphie et de podzolisation (« gleypodzol »). Classiquement, en Ardenne, ces sols sont notés « Gix » sur la carte des sols, le « x » signifiant que la pédogénèse de ce type de sol n'est pas définie, et le « i » que les traces d'hydromorphie apparaissent dès la surface (en l'occurrence la décoloration du sol).

Le fragipan

Le fragipan est un horizon de sol extrêmement compact et dense hérité des glaciations (voir « La formation du massif de l'Ardenne », page 38). Le sondage pédologique permet de le repérer car la force nécessaire pour enfonce la tarière augmente considérablement. De plus, en la sortant, la carotte de sol est dure et souvent difficile à dégager de la tarière. Lorsqu'il est présent, cet horizon caractéristique des plateaux se rencontre généralement avant 60 centimètres de profondeur. Sa présence a deux conséquences majeures. D'une part, en raison de sa densité, il empêche les racines de pénétrer plus profondément dans le sol, réduisant le volume prospectable par les racines, entraînant chablis et carences nutritives, et d'autre part, il empêche l'infiltration de l'eau. Par conséquent, l'eau s'accumule, stagne et forme des nappes perchées, temporaires ou permanentes, qui constituent de fortes contraintes pour la végétation (mauvaise alimentation, chablis) et la gestion forestière (praticabilité des sols).

Le sol brun

Le sol brun est le sol le plus typique de l'Ardenne. Sous l'horizon organo-minéral, le sol est relativement homogène, notamment en termes de couleur, limono-caillouteux, plus structuré dans les premiers décimètres grâce à l'activité biologique, et généralement de plus en plus caillouteux en profondeur, jusqu'au contact de la roche-mère. Il ne présente pas de contrainte particulière, si ce n'est parfois un manque de profondeur ou une charge trop caillouteuse.

Texture du sol

La texture du sol décrit les proportions qu'occupent les trois fractions granulométriques dans la terre fine, à savoir les sables, limons et argiles. Sa détermination permet d'évaluer indirectement certaines de ses propriétés physiques (rétenzione d'eau, aération, capacité d'échange en éléments minéraux, ...). Les trois fractions sont toujours présentes simultanément dans le sol mais en proportions variables, qui définissent trois classes texturales principales aux propriétés physiques distinctes :

- Texture sableuse. La terre fine est constituée en majorité de particules grossières, dont la taille varie de 50 microns à 2 mm. Ces sols sont rugueux au toucher, le frottement des grains de sable est perceptible à l'oreille. Le sable est un constituant meuble et filtrant. Les sols se caractérisent généralement par une bonne aération, une faible réserve en eau et une pauvreté en éléments nutritifs.
- Texture limoneuse. Les particules constitutives de la terre fine sont en majorité de taille allant de 2 à 50 microns. Ces sols sont soyeux au toucher. Ils ont un aspect pelucheux à l'état humide et farineux à l'état sec. Ils se caractérisent généralement par une bonne capacité de rétention en eau et un équilibre en éléments nutritifs. Ils sont cependant sensibles au tassement, surtout lorsque la charge caillouteuse est faible.
- Texture argileuse. La terre fine est constituée en majorité de particules fines, inférieure à 2 microns. Ces sols sont très durs à l'état sec et modelables à l'état humide (possibilité de faire un fin boudin). Ils se caractérisent généralement par une bonne richesse chimique, une rétention en eau élevée et une faible aération du sol.

En Ardenne, la texture **limono-caillouteuse** (limons à charge caillouteuse variable), est très majoritairement rencontrée. Les textures sableuse et argileuse sont ne sont que très localement observées. C'est pourquoi la texture du sol n'a pas été retenue comme critère de différentiation entre types de station dans ce guide. Il n'est dès lors pas nécessaire d'identifier la texture au sondage pour identifier un type de station.

Charge caillouteuse

La nature de la charge caillouteuse (éléments de taille supérieure à 2 mm) donne généralement des indications sur la nature de la roche-mère (substrat) et peut influencer la réserve du sol en éléments minéraux. En Ardenne, on rencontre les charges suivantes (renvoi intro écologique, partie lithologie) :

- Gréseuse, composée d'agrégats de particules sableuse et souvent pauvre en éléments nutritifs ;
- Schisteuse, composée de feuillets de particules argileuses et souvent plus riche en éléments nutritifs ;
- Schisto-gréseuse, composée d'un mélange d'éléments schisteux et gréseux, dont la richesse chimique est très variable ;
- Schisto-phylladeuse, composée d'un mélange d'éléments schisteux et phylladeux (schistes compressés) dont la richesse chimique est variable mais tend souvent vers celle des charges schisteuses ;
- Quartzophylladeuse, composée d'un mélange d'éléments quartzitiques (grès à grains de quartz très dur) et phylladeux (schistes compressés) dont la richesse chimique est souvent pauvre.

Une clé de détermination simplifiée des types de charge (page 70) est jointe dans ce guide et s'adresse surtout aux personnes curieuses. En effet, leur détermination est compliquée et, même une fois identifiée, des connaissances poussées en pédologie sont nécessaires pour en tirer des conclusions fiables. C'est pourquoi la clé d'identification des types de station mentionne parfois les charges les plus fréquentes mais ne les utilise jamais comme critère d'identification principal. De manière générale, la

flore indicatrice, plus explicite et expressive, est préférée pour déceler les nuances de fertilité entre les stations.

Outre la nature, l'abondance de la charge est également importante puisqu'elle influence la rétention en eau du sol et la capacité d'enracinement. Plus elle est abondante, plus le volume de terre est faible, plus la réserve en eau est réduite et plus les difficultés d'enracinement sont importantes.

Hydromorphie

L'hydromorphie se manifeste lorsque le sol se retrouve en situation d'engorgement, de manière temporaire ou voire de manière permanente. L'eau envahit la porosité du sol, chassant l'air, et particulièrement l'oxygène, produisant des réactions d'oxydo-réduction qui se remarquent aux couleurs que prend le sol sous l'influence des différents états du fer. On distingue trois types d'hydromorphie selon la dynamique et l'intensité de l'engorgement.

En temps normal, lorsque le sol est ressuyé, il prend sa teinte plus ou moins brune caractéristique, qui est due à la présence du fer sous une forme oxydée (Fe^{3+} ou rouille).

Lorsque le sol subit des alternances de périodes d'engorgement (hiver) et de ressuyage (été), cela produit des « taches de rouille » et des zones plus ou moins délavées plus claires. On parle de sol à **pseudogley**. Plus le phénomène d'alternance est marqué, plus le sol prend une allure panachée blanchâtre/rouille. C'est typiquement le cas sur les zones planes, voire en légère cuvette, des hauts plateaux pluvieux, au régime hydrique alternatif.

Lorsque le phénomène se limite à une dizaine de centimètres directement sous la surface du sol, on parle de **microgley**. Il est provoqué par une imperméabilisation du sol suite à une compaction de surface qui empêche l'eau de s'infiltrer. C'est un cas fréquent dans les sols tassés sur les plateaux peu caillouteux, et typiquement dans les cloisonnements.

Lorsque le sol est engorgé en permanence, l'absence d'oxygène est permanente et il prend une teinte bleutée, qui est celle du fer réduit (Fe^{2+}), ou parfois blanchâtre si le fer a été emporté par les mouvements d'eau (le fer réduit est soluble). On parle de **gley**. C'est le cas dans les marais ou dans les horizons profonds des stations alluviales, au contact de la nappe phréatique permanente.

Carte numérique des sols de Wallonie (CNSW) et sigles pédologiques

La carte numérique des sols de Wallonie, produite au 1 :20.000, cartographie le territoire par type de sol, en attribuant à chaque polygone un sigle pédologique sophistiqué composé de plusieurs symboles décrivant différents paramètres du sol (texture, hydromorphie, développement de profil, charge caillouteuse, profondeur, etc.). Les sigles pédologiques constituent une source d'information considérable pour les gestionnaires forestiers à condition d'en connaître la légende. Leur interprétation est toutefois complexe. Le fichier écologique des essences donne les clés pour les décrypter.

Exemple : le sigle Gbbr2 (parmi les plus fréquents d'Ardenne)

Les 3 paramètres en gras constituent la base du sigle et définissent une famille de sol.

Texture	G	Limono-caillouteux
Classe de drainage	b	Sans hydromorphie
Développement de profil	b	Sol brun
Nature de la charge caillouteuse	r	Schisto-gréseuse
Profondeur	2	Peu profond (40-80 cm)

V. Relevés floristiques

La flore est intimement liée à la station sur laquelle elle se développe. Certaines espèces, dites indicatrices, se développent dans des conditions hydrauliques et trophiques bien précises. Leur identification sur une station permet dès lors d'en tirer des conclusions sur le niveau d'humidité et surtout de fertilité du sol, en surface du moins, à l'aide du « Guide d'Interprétation de la Flore Indicatrice en Forêt » (Claessens et al., 2021) ou de l'application « Phytospy ».

Les relevés floristiques s'effectuent de préférence en saison de végétation (d'avril à septembre), mais les relevés d'hiver sont déjà informatifs car beaucoup d'espèces persistent sous des formes reconnaissables (luzules, carex, graminées, espèces bisannuelles, etc., et bien entendu les mousses et les ligneux). En pratique, même si généralement 4 ou 5 ares (rayon de 12 à 13 m) suffisent déjà, le relevé s'effectue généralement sur l'entièreté de la station, en évitant les chemins, ornières et autres perturbations. On procède par cercles concentriques en partant du centre de la station. Si, au cours du relevé, la composition floristique change fortement, avec l'apparition de groupes indicateurs aux amplitudes écologiques différentes, cela indique probablement une transition vers un autre type de station.

L'identification des stations ne requiert pas systématiquement un relevé floristique. Cependant, il permet bien souvent de confirmer le diagnostic. La flore est surtout intéressante pour déceler des nuances de fertilité locales, impossibles à détecter par sondage pédologique, notamment pour définir des variantes trophiques à l'intérieur de certains types de station.

Plus de détails sur la manière de réaliser un relevé floristique est disponible dans le guide d'Interprétation de la Flore Indicatrice en Forêt, qui est aussi la référence utilisée dans le guide des stations pour les espèces et groupes d'espèces indicatrices (annexe).

[Voir avec éditeur : Ajout du tableau du voc de la flore indicatrice (présence discrète/significative/dominance/...)]

3. IDENTIFICATION DE LA STATION

Une fois les données relevées sur le terrain, l'utilisateur est en mesure de déterminer le type de station sur lequel il se trouve en utilisant la clé de détermination prévue à cet effet (page 62).

La première partie différencie quatre grands contextes sur base de la position topographique et de l'hydromorphie du sol :

- Les situations alluviales ;
- Les versants accusés ;
- Les plateaux hydromorphes ;
- Les plateaux et faibles pentes à bon drainage.

Une description générale de ces grands contextes se trouve avant les fiches descriptives des types de station qui les composent (voir « Description des grands contextes », page 71).

Chaque ensemble fait ensuite l'objet d'une sous-clé, qui permet d'arriver au type de station final. Il est tout à fait possible que l'utilisateur hésite entre 2 types de station en parcourant la clé. En effet, la variabilité sur le terrain est telle que des milliers de combinaisons existent dans la réalité. Les 17 types de station présentés sont seulement une manière simplifiée d'appréhender cette complexité. En cas d'hésitations, la consultation des fiches descriptives permet généralement d'effectuer un choix définitif. Si une hésitation persiste, il est conseillé de préférer le type de station le plus limitant dans les choix d'essences et de suivre les recommandations sylvicoles s'y référant afin d'éviter toute mauvaise surprise.

Dans la clé d'identification, un astérisque est adjoint au nom du type de station lorsque des variantes existent pour le type de station concerné.

4. LECTURE DES FICHES DESCRIPTIVES

I. Structure générale

Les fiches se divisent en plusieurs parties, qui s'enchainent comme suit :

- **Clé d'identification des variantes**
Seulement sur certains types de station
- **Position dans le paysage**
Schéma topographique et description du contexte environnant
- **Sol**
 - Résumé synthétique
Le sol en une phrase
 - Description du profil
Description des horizons clés avec un schéma du profil de sol
 - Sigles pédologiques fréquemment associés
Correspondance avec les sigles de la carte numérique des sols de Wallonie (cnsw)

- Variabilité
Points d'attention sur des variations possibles
- Ecogramme
Niveaux hydriques et trophiques du type de station et positionnement dans l'écogramme du FEE
- Propriétés du sol
Disponibilité en eau, fertilité chimique, aération du sol
- Végétation et flore indicatrice
 - Flore indicatrice
Groupes écologiques indicateurs et espèces les plus fréquentes
 - Principaux peuplements
Peuplements naturels et peuplements de substitution les plus fréquents
 - Phytosociologie et habitats
Végétation naturelle potentielle et peuplements de substitution les plus fréquemment rencontrés, classés selon les typologies de Noirfalise, WalEunis et Natura 2000 avec une indication sur leur valeur conservatoire
- Gestion forestière
 - Biodiversité et services écologiques spécifiques
Biodiversité potentielle et services écosystémiques remarquables du type de station
 - Sensibilités climatiques
Microclimat éventuel et impact des changements climatiques
 - Risques et contraintes sylvicoles spécifiques
Erosion des sols, perte en éléments minéraux, tassemement, chablis, pollution des eaux, etc. et gestion adaptée
 - Essences forestières conseillées
Aptitude des essences, risques spécifiques et adaptation aux changements climatiques
 - Recommandations de gestion
Vocations et recommandations sylvicoles, mélanges opportuns, tentations à éviter

II. Clé d'identification des variantes

Certains types de station comportent des variantes. Dans ce cas, une clé d'identification spécifique apparaît au début des fiches descriptives pour les identifier. Leur intégration aux fiches permet d'apporter un niveau de finesse supplémentaire dans les choix sylvicoles (essences conseillées, recommandations de gestion) sans pour autant distinguer un type de station supplémentaire, qui serait par ailleurs impossible ou difficile à cartographier. Il s'agit généralement de variations marginales sur des surfaces réduites ou de situations qui ne justifient pas de modifications majeures des potentialités des stations.

III. Position dans le paysage

Cette première section propose une description générale des situations topographiques dans lesquelles se rencontrent le type de station concerné. Un schéma (figure 5) permet de s'en faire une représentation visuelle.

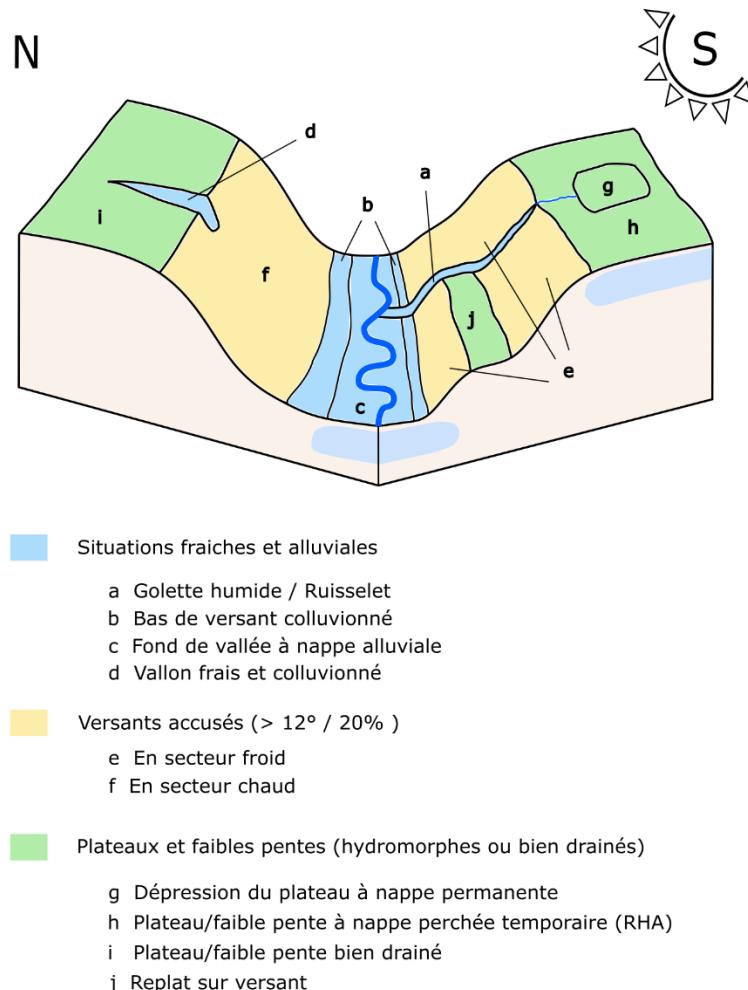


Figure 5 : Représentations schématiques des situations topographiques rencontrées en Ardenne.

Sur la figure ci-dessus, les contextes des plateaux hydromorphes et bien drainés ont été rassemblés (en vert) car ils peuvent potentiellement occuper les mêmes situations topographiques. Ils sont séparés dans la description qui précède les fiches.

IV. Sol

Cette section reprend les principales caractéristiques des sols rencontrés sur le type de station. Elle décrit notamment les horizons qui les caractérisent, ainsi que leurs propriétés physiques et chimiques. Elle fait également le lien avec les sigles de la carte des sols de Wallonie et liste les sigles pédologiques les plus souvent associés au type de station.

Une représentation graphique du profil de sol accompagne la description des horizons. Souvent, plusieurs schémas sont présentés côté à côté pour représenter la variabilité qui existe au sein du type de station. Comme toutes les combinaisons rencontrées sur le terrain ne peuvent être incluses dans les fiches, ces illustrations se veulent schématiques et ne doivent pas être prises au pied de la lettre ; elles représentent des situations types parmi les plus observées et caractéristiques. Par conséquent, les observations réalisées sur le terrain peuvent s'en éloigner légèrement (couleur, profondeur d'apparition des horizons, humus,...). La combinaison d'éléments présents dans des schémas mis côté à côté est aussi possible.

La figure 6 reprend la symbologie utilisée pour construire ces illustrations. La définition des horizons caractéristiques est présentée plus haut (« Sondages pédologiques », page 22) sous une forme vulgarisée qui s'éloigne des descriptions pédologiques rigoureuses.

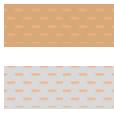
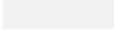
HORIZONS MINERAUX	HORIZONS ORGANIQUES
	Organo-minéral (A)
	Alluvions / Colluvions
	Sol brun limono-caillouteux bien drainé
	Pseudogley
	Gley
	Plancher imperméable
	Horizon à tendance podzolique
	Horizon très caillouteux ou substrat rocheux
	
	Tourbe / Paratourbe
	
	Anmoor
	
	Litière (OL)
	
	Horizon fragmenté (OF)
	
	Horizon humifère (OH)

Figure 6 : Symbologie des schémas de profil de sol des fiches descriptives.

[Voir avec éditeur : symbologie pseudogley, sols bruns, tend podzolique (charge caillouteuse)]

La section « sol » contient également l'écogramme du FEE (figure 7) où est représentée l'amplitude écologique du type de station selon les niveaux trophique (fertilité) et hydrique (disponibilité en eau). L'axe horizontal différencie 6 niveaux trophiques (seulement 4 sont applicables à l'Ardenne dont les sols ne sont jamais calcaires), tandis que le vertical indique 13 niveaux hydriques. Un vocabulaire spécifique, différent pour le sol et la flore (figure 7), permet d'identifier chaque niveau. Le 0 représente les conditions optimales pour chaque axe, c'est-à-dire le niveau qui ne présente pas de contrainte écologique et offre les meilleures conditions de croissance. Plus on s'éloigne du 0 et de la zone centrale de l'écogramme, plus les contraintes écologiques augmentent : sécheresse vers le haut, engorgement et manque d'oxygène vers le bas, présence de carbonates de calcium vers la droite et carences en éléments minéraux vers la gauche. Deux couleurs sont utilisées pour représenter l'amplitude des types de station : le bleu foncé pour les situations typiques plus souvent rencontrées, le bleu clair pour les situations plus marginales, généralement définies comme des variantes.

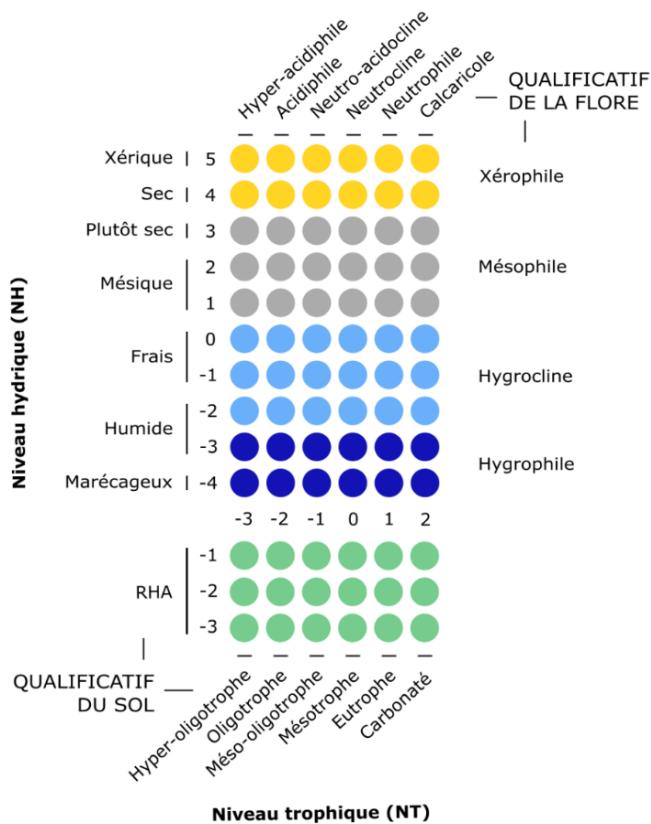


Figure 7 : Ecogramme et vocabulaire écologique associé.

V. Végétation et flore indicatrice

La végétation caractéristique des unités stationnelles est abordée sous trois aspects.

Les **groupes floristiques** qui caractérisent la station et les espèces indicatrices les plus souvent rencontrées (annexe VI), sont listés en *italiques* pour les espèces et en écriture normale pour les groupes écologiques. Les espèces les plus caractéristiques apparaissent en gras.

La **végétation naturelle**, c'est-à-dire celle qui se développe spontanément sur ce type de station (la végétation climacique) et les principaux peuplements de substitution qu'on y rencontre fréquemment sont ensuite brièvement décrits.

Un tableau qui liste les **types d'habitats** que l'on peut y rencontrer, selon les typologies de Noirfalise (référence scientifique), WalEunis et N2000 (références administratives et législatives), ainsi que leur valeur conservatoire, qui est définie selon le tableau XX. Par convention, les codes d'habitat N2000 associés à une « * » font référence aux habitats prioritaires.

Tableau 2 : Ecogramme et vocabulaire écologique associé.

Valeur conservatoire	Définition
Faible	Sylviculture intensive de résineux
Moyenne	Chênaies de substitution, pineraies
Élevée	Habitats d'intérêt communautaire, aulnaies marécageuses
Très élevée	Habitats prioritaires ou très rares (chênaie à Trientale)

VI. Gestion forestière

Cette dernière section est une pièce maîtresse des fiches car elle matérialise l'aboutissement du guide des stations en proposant des recommandations de gestion pour la mise en place d'une gestion durable adaptée au contexte local de station en tenant compte des changements climatiques.

Elle est organisée en 3 parties. La première décrit d'abord, sous forme de tableaux, une série de particularités spécifiques au type de station, et leurs conséquences pour la sylviculture :

- La **biodiversité potentielle** et les **services écologiques** remarquables (4.1), c'est-à-dire ceux qui sont particulièrement fournis dans le type de station, au-delà des services généralement rendus par la forêt. Ils sont accompagnés d'un commentaire justificatif ;
- Les **sensibilités climatiques** spécifiques au type de station (4.2), qui comprennent les sensibilités microclimatiques (radiation solaire, hygrométrie, chaleur, etc.) ainsi que le niveau de risque liés aux changements climatiques ;
- Les **risques sylvicoles** les plus critiques (4.3), c'est-à-dire les risques de dégradation de l'écosystème (érosion, perte en éléments nutritifs, pollution de l'eau, orniérage, ...) et des services écosystémiques associés, en proposant des mesures de gestion adaptées pour les éviter.

Vient ensuite le **tableau des essences conseillées** (4.4). Il présente une liste d'essences qui conviennent à la sylviculture dans le cadre précis du type de station, avec ses risques et ses sensibilités, accompagnées de leur niveau d'aptitude dans le climat actuel, ainsi qu'un niveau de risque à long terme (années 2080-2100) dans le cadre des changements climatiques. Comme expliqué en § 1.3 (« Lien avec le FEE », page 13), cette liste est dérivée du fichier écologique des essences, mais elle peut différer de celle que l'application aurait fournie en se basant uniquement sur les niveaux hydrique et trophique du type de station. Elle n'entre pas pour autant en contradiction avec l'aptitude qu'aurait fourni le FEE au terme d'une analyse approfondie. En effet, son établissement a pris en compte d'une manière plus précise les conditions écologiques spécifiques au type de station et les sensibilités spécifiques aux essences elles-mêmes pour affiner la détermination du niveau d'adéquation essence - station.

Finalement, une **synthèse visuelle** met en évidence les points forts et les points faibles du type de station pour en déduire des orientations de gestion.

Les **recommandations sylvicoles** (4.5) découlent de ces informations. Il s'agit de techniques à mettre en œuvre, justifiées par les différents tableaux qui ont été présentés (sensibilités climatiques, risques sylvicoles et les techniques de gestion adaptées), ainsi que de conseils en matière de choix d'essences.

Elles proposent les mélanges d'essences qui semblent les plus opportuns dans une optique de gestion durable, tandis qu'elles attirent l'attention sur les tentations, qui ont peut-être été opportunes par le passé, mais qui sont désormais à éviter. Par ces choix, certaines essences qui font partie du tableau des essences conseillées ne sont ni proposées ni rejetées ; elles ne sont tout simplement pas les plus opportunes. Les quelques exemples suivants permettent de bien comprendre la logique d'identification des essences opportunes et des essences qui ne seront ni proposées ni rejetées :

- Les essences à fane nettement acidifiante (hêtre, majorité des résineux à couvert épais) n'ont pas été conseillées sur les sols fragiles à tendance podzolique ($NH=-3$), ni dans les types de station en relation étroite avec la nappe phréatique ou l'écosystème-rivière ;

- Les essences fragiles face aux changements climatiques n'ont pas été conseillées sur les types de station surexposés aux radiations solaires ou à la sécheresse du sol ;
- Les essences sensibles à l'hygrométrie atmosphérique, favorisant les rouilles, les chancres et autres maladies cryptogamiques, ou sensibles aux gelées tardives, ou encore ayant des exigences en luminosité ou en chaleur, n'ont pas été conseillées dans les stations alluviales ;
- A l'inverse, on a parfois conseillé des essences sur des sols très caillouteux parce qu'elles ont un enracinement puissant et profond, ou des essences qui font partie du cortège ligneux de l'habitat potentiel du type de station, alors qu'elles en seraient exclues si l'on appliquait strictement le fichier écologique.

Lecture du tableau des essences.

Les essences sont classées par ordre alphabétique, celles **en gras** sont les essences qui font partie de l'habitat naturel du type de station en question, au sens phytosociologique de Noirfalise (1984). Parfois, un signe d'attention ((x), (h),(s),...) ou un niveau trophique est ajouté derrière le nom de certaines essences pour ajouter une subtilité, alors précisée dans la fiche elle-même.

En plus de lister les essences les plus aptes à se développer sur la station considérée, le tableau précise pour chacune d'entre elles :

- Leur **aptitude stationnelle**, au sens du FEE, par région bioclimatique d'Ardenne (figure 8) ;
- Leur(s) **sensibilité(s) spécifique(s)** au type de station considéré ;
- Une estimation de leur **adaptation climatique** en deux composantes (figure 10) :
 - Leur niveau d'acclimatation au climat actuel (**A**), défini ici comme la période de crise des années 2018 - 2022 ;
 - La tendance évolutive prédictive à long terme de cette acclimatation face aux changements climatiques à venir (**LT** : 2050 – 2100), sur base des projections climatiques présentées dans l'introduction écologique de l'Ardenne (page 50).

L'estimation des adaptations climatiques a été réalisée en suivant le schéma logique présenté à la figure 10 (page 36). Celui-ci différencie quatre catégories d'essences, en fonction de leur réponse, observée et prédictive, aux changements climatiques. Chaque catégorie est identifiée par l'évolution d'un code couleur à trois niveaux : plus la couleur est foncée, plus les risques d'inadéquation liés au CC sont élevés, amenant à des dépérissements ou des mortalités.

Légende des aptitudes		ABREVIATIONS	
Station ou variante absente de la région bioclimatique (n'existe pas)		BMA = Basse et Moyenne Ardenne	
Ne pas envisager (exclusion)		ACO = Ardenne Centro-Orientale	
A n'envisager qu'en accompagnement (tolérance élargie)		HA = Haute Ardenne	
Conseillée, en tenant compte de ses faiblesses (tolérance)		CC = Changements climatiques	
Conseillée sans réserve (optimum)		A = Actuel (résistance aux crises 2018 - 2022)	
		LT = tendance évolutive du risque à long terme (2050 - 2100)	

Figure 8 : Légende des niveaux d'aptitude et signification des abréviations utilisées dans les tableaux d'essences des fiches descriptives.

VARIANTE NON-SUPERFICIELLE		APITUDES						CC		SENSIBILITES SPECIFIQUES AU TYPE DE STATION			
Essences forestières productives		BMA	ACO	HA		A	LT						
Aulne glutineux										Déficit hydrique estival ; Carences nutritives (NT-3)			
Bouleau pubescent										Déficit hydrique estival			
Bouleau verruqueux										Asphyxie racinaire (hiver) ; Déficit hydrique estival			
Charme (NT-1)										Carences nutritives (NT-2 et -3) ; Asphyxie racinaire			
Chêne sessile										Asphyxie racinaire (hiver) ; Déficit hydrique estival			
Peuplier tremble (NT-1 et -2)										Carences nutritives (NT-3)			
Pin sylvestre													
Sorbier des oiseleurs										Asphyxie racinaire (hiver)			
Cyprès de Lawson													
Epicéa commun													
Epicéa de Sitka										Essences capables de se développer (au sens du FEE) mais qu'il est déconseillé de planter sur ce type de station dans le cadre d'une gestion forestière durable, en raison de leur caractère acidifiant et des risques élevés de chablis et de sécheresse estivale.			
Sapin de Nordmann													
Sapin noble										En cas de régénération, elles peuvent toutefois participer à la formation du peuplement dans un rôle d'accompagnement.			
Sapin pectiné													
Thuya géant													
Tsuga hétérophylle													

Figure 9 : Exemple d'un tableau d'essence (US4 : sols blanchis à régime hydrique alternatif, variante non-superficielle).

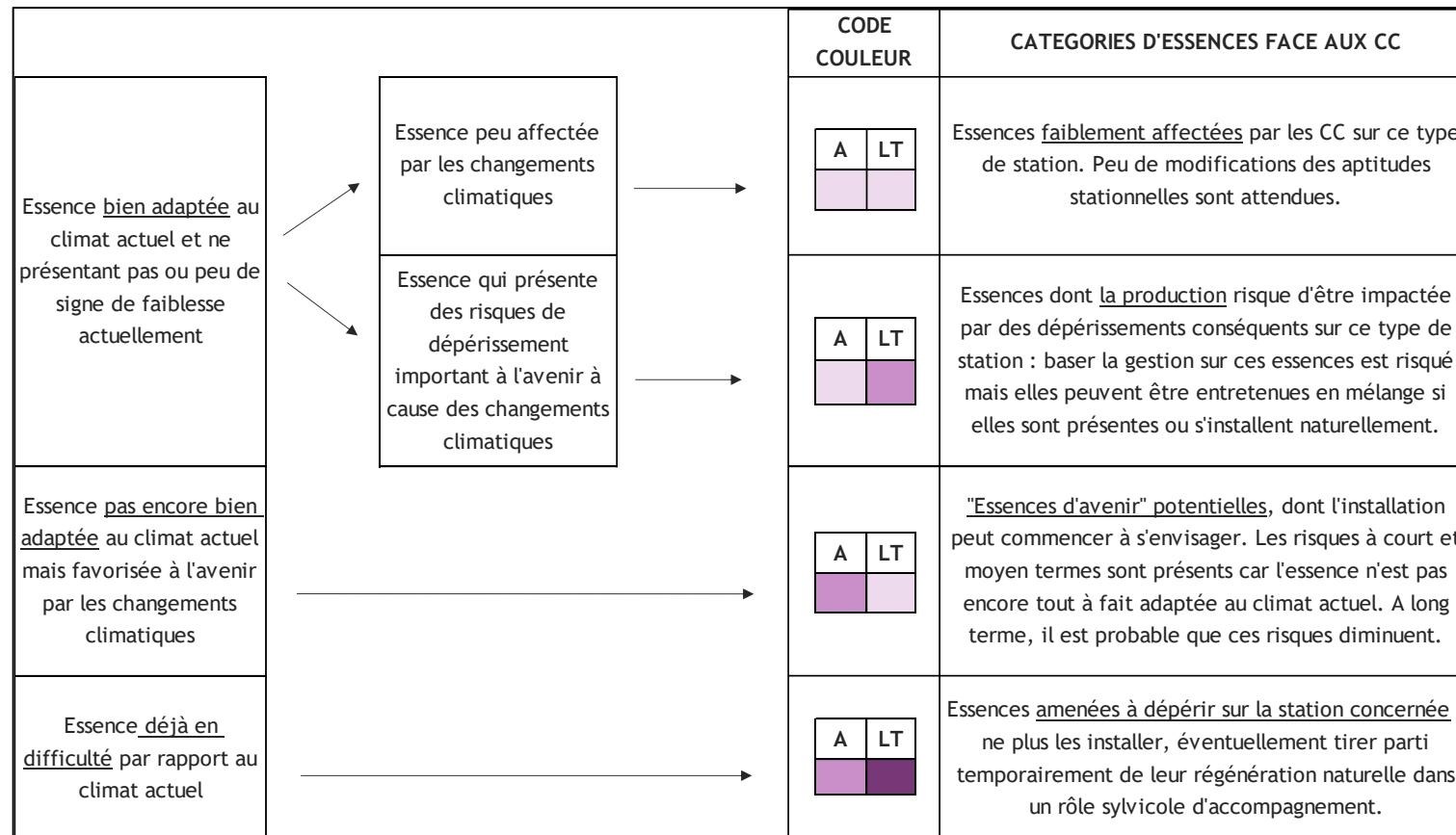


Figure 10 : Schéma décisionnel et catégories d'essence en fonction de leur réponse aux changements climatiques avec (A) le niveau d'accimatation au climat actuel (LT) l'estimation des risques climatiques à long terme (2050 – 2100). La couleur (3 niveaux de mauve) marque l'intensité du risque : plus elle est foncée, plus le niveau de risque est estimé élevé.

Identité écologique de l'Ardenne

Dans une démarche de compréhension de l'organisation du paysage et des stations de l'Ardenne, cette première section se consacre à la description écologique de la région, en commençant par décrire les processus géologiques sous-jacents à la formation du territoire tel que nous le connaissons aujourd'hui. Les paragraphes suivants présentent la lithologie, les reliefs, l'hydrologie et la formation des principaux sols, qui découlent de la longue évolution géologique du massif. Les facteurs climatiques, déterminants dans la genèse et l'évolution des écosystèmes, sont ensuite abordés, en mettant l'accent sur les changements observés et sur les prédictions de leurs évolutions futures, qu'il est aujourd'hui indispensable de prendre en considération. Les derniers paragraphes décrivent les paysages et les habitats forestiers d'Ardenne, qui, sans oublier la main de l'Homme, sont la résultante directe de l'interaction entre toutes les caractéristiques mentionnées ci-dessus.

1. LA FORMATION DU MASSIF DE L'ARDENNE

I. Les montagnes calédoniennes

Il y a environ 570 millions d'années, au début du Cambrien, le continent européen est encore scindé en différentes plaques qui vont bientôt se rejoindre. Le territoire de l'actuelle Wallonie est une dépression sous-marine, dans laquelle des couches de sédiments terrigènes (graviers, sables, argiles) en provenance des terres émergées alentours, se déposent peu à peu. Pendant des millions d'années, ils s'accumulent sur une grande épaisseur, sont enfouis dans le bassin et se solidifient en roches sédimentaires (schistes et grès).

A l'aube du Silurien, il y a environ 440 millions d'années, la rencontre de plaques continentales à la dérive provoque des phénomènes de plissement et de soulèvement qui atteignent le territoire de l'actuelle Ardenne. Les sédiments solidifiés sur le fond marin se retrouvent ainsi peu à peu émergés, à mesure qu'ils s'érigent en relief montagneux. La chaîne calédonienne schisto-gréseuse prend ainsi forme¹. L'érosion se met alors en place et commence à araser le massif calédonien, qui se transforme progressivement en un plateau ondulé. A l'heure actuelle, les massifs de Rocroi, du Serpont et de Stavelot sont les seuls témoins encore visibles de cette époque.

II. Le massif hercynien

La chaîne calédonienne est à ce moment bordée au sud par l'océan. Au cours du Dévonien (- 410 à – 360 millions d'années), à mesure que l'érosion nivelle les montagnes, plusieurs avancées de la mer viennent les submerger et de nouveaux sédiments terrigènes (galets qui donneront les poudingues, et sables et argiles qui donneront les grès et les schistes) viennent recouvrir le massif immergé.

A la fin du Dévonien, commence un second soulèvement qui produit la chaîne hercynienne et repousse l'océan vers le Sud. Les épisodes de sédimentation marine calcaire qui se déroulent au cours du Carbonifère (-360 à -300 millions d'années) n'affectent donc pas le territoire ardennais, qui a déjà

¹ Loin de s'arrêter aux portes de notre petit territoire, l'orogenèse calédonienne est à l'origine d'une chaîne de massifs qui s'observent à travers la Scandinavie, l'Ecosse, l'Irlande, le Groenland, le Canada, l'Amérique du Nord.

entamé sa phase d'élévation à ce moment. Ainsi, on ne retrouve pas de couches de Houille ni de traces de calcaire sur l'Ardenne. La chaîne montagneuse hercynienne est au plus haut à la fin du Carbonifère. Elle a entraîné de très importants plissements et fracturations à travers toute la région. Cette phase de plissement achève de modeler définitivement l'aspect du sous-sol wallon, et est à l'origine des principales structures géomorphologiques qui sous-tendent aujourd'hui le territoire : synclinorium de Namur et de Dinant, anticlinal de l'Ardenne, synclinal de Neufchâteau.

Dès le Permien (- 300 à – 250 millions d'années), les reliefs hercyniens ont commencé à leur tour à être soumis à une phase d'érosion intense qui les transforment en « pénéplaine », si bien que dès le début du Secondaire (Mésozoïque), des avancées marines venues du Sud commencent à nouveau à submerger la bordure méridionale de l'Ardenne et à y déposer des sédiments. Cependant, il n'en reste aujourd'hui que très peu de traces car ces sédiments meubles furent intensément érodés au fil du temps.

III. Le contrecoup de la naissance des Alpes

Au milieu du Tertiaire (- 20 millions d'années environ), l'orogénèse des Alpes eut comme conséquence le soulèvement général du socle ardennais, jusqu'à environ 150 mètres par rapport à son niveau d'origine ; ce processus étant d'ailleurs toujours en cours. Le plateau ardennais fut ainsi mis en relief par rapport à la Lorraine et à la Famenne. Il s'incline aujourd'hui vers ces régions par deux bordures aux reliefs accidentés (surtout au Nord), qui contrastent nettement avec les paysages planes du centre. L'intensité du soulèvement fut par ailleurs plus intense dans la partie orientale de la région, avec comme conséquence une augmentation graduelle d'altitude de 350 mètres à l'Ouest jusqu'à près de 700 mètres sur les hauts plateaux de l'Est.

Ce processus de soulèvement s'accompagna d'une reprise d'érosion par les réseaux hydrographiques, cherchant à retrouver leur lit initial. En raison de la dureté des roches rencontrées, les cours d'eau creusèrent dans le socle des vallées étroites, aux pentes parfois spectaculaires. Aujourd'hui les vallées de l'Ourthe et de la Semois présentent ainsi par endroits des versants particulièrement abrupts.

IV. Le Quaternaire et ses glaciations (- 2 millions d'années à aujourd'hui)

Vers la fin du Quaternaire, lors des dernières glaciations qui atteignirent l'Europe durant le Pléistocène (jusqu'à - 12000 ans environ), de fins sédiments transportés par le vent (les limons éoliens, ou loess) venus du Nord vinrent recouvrir le socle Ardennais, qui, à l'instar du reste de la Wallonie, disparut pour un temps sous une couche limoneuse uniforme (manteau limoneux), toutefois moins épaisse qu'au Nord du sillon Sambre & Meuse.

Cette couche meuble fut soumise à des remaniements très importants lors des alternances de gel et dégel, caractéristiques de cette période de glaciations. Deux processus principaux étaient alors à l'œuvre :

- La solifluxion : glissement des couches supérieures dégelées du sol sur le sous-sol encore gelé en permanence (permafrost). La solifluxion a été particulièrement intense sur les versants, conduisant au brassage des loess avec les produits d'altération des roches sous-jacentes, produisant une couche de surface parfois épaisse (le manteau de solifluxion), de mélange limono-caillouteux ;

- La cryoturbation : pincement d'une couche de sol entre le permafrost et la couche superficielle du sol soumise à l'alternance de phases de gel-dégel. Ce processus a donné naissance au fragipan, un horizon de sol très compact qui est fréquemment observé dans les sols ardennais, vers 50 à 60cm de profondeur. Cet horizon caractéristique représente une forte contrainte pour le développement de la végétation car sa compacité limite la percolation de l'eau dans le sol et le développement racinaire des arbres.

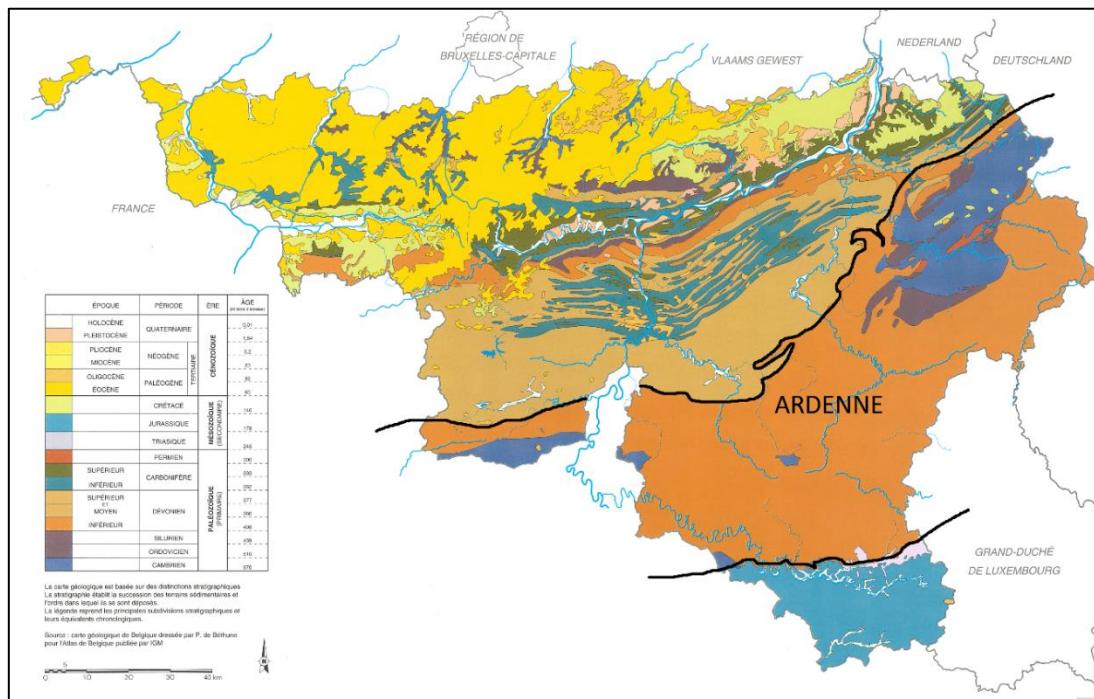


Figure 11 : Temps géologiques de formation du sous-sol en Wallonie (Atlas de Wallonie, 1998).

2. LITHOLOGIE RÉSULTANTE

Les roches anciennes (paléozoïques pour la majorité) qui composent le socle ardennais sont donc essentiellement de nature siliceuse : schistes, grès, phyllades, quartzites et quartzophyllades. La coexistence de ces différentes natures de roches s'explique principalement par deux phénomènes :

- L'évolution des conditions de sédimentation au cours des temps géologiques : les **grès** doivent leur origine à la compression de particules détritiques grossières (sables), en lien avec la première phase d'érosion intense des jeunes massifs montagneux, tandis que les **schistes** résultent au contraire de la compression de particules sédimentaires beaucoup plus fines, composant les vases argileuses océaniques ;
- Le métamorphisme : les orogénèses ayant affecté la région au cours du Paléozoïque ont transformé des roches originelles sous l'effet combiné de températures et pressions intenses. Une partie des schistes et grès ardennais ont ainsi été transformés en de nouvelles roches bien plus dures et résistantes : les **phyllades**, **quartzites** et **quartzophyllades**.

L'Ardenne se distingue ainsi des régions alentour par une absence de calcaire, donnant lieu à des sols acides et à une pauvreté chimique générale, en particulier en calcium et magnésium.

3. RELIEF ET HYDROLOGIE

L'Ardenne forme un vaste plateau érodé dont l'altitude augmente graduellement du Sud-Ouest (environ 350 m) vers le Nord-Est, pour culminer à près de 700 m, dans la région des Hautes Fagnes. On y distingue deux lignes de crête principales :

- La première, septentrionale, comprend une suite de plateaux dont l'altitude s'élève par paliers successifs, traçant un arc joignant les vieux massifs cambriens de Rocroi et de Stavelot. D'Est en Ouest se dessinent ainsi les plateaux de la Croix Scaille (505m), de Saint Hubert (589m), des Tailles (602m), et enfin le plateau des Hautes Fagnes (694m).
- La seconde ligne de crête, méridionale et globalement moins élevée, s'étend du plateau de Recogne (569 m) au plateau de Losheimergraben (679 m) à la frontière allemande, en passant par Bastogne, Limerlée, et Saint Vith. A l'ouest, elle forme la ligne de partage des eaux entre la Semois et la Lesse, tandis que plus à l'est, elle départage les bassins hydrographiques de la Meuse (Ourthe, Amblève) et du Rhin (Sure, Our).

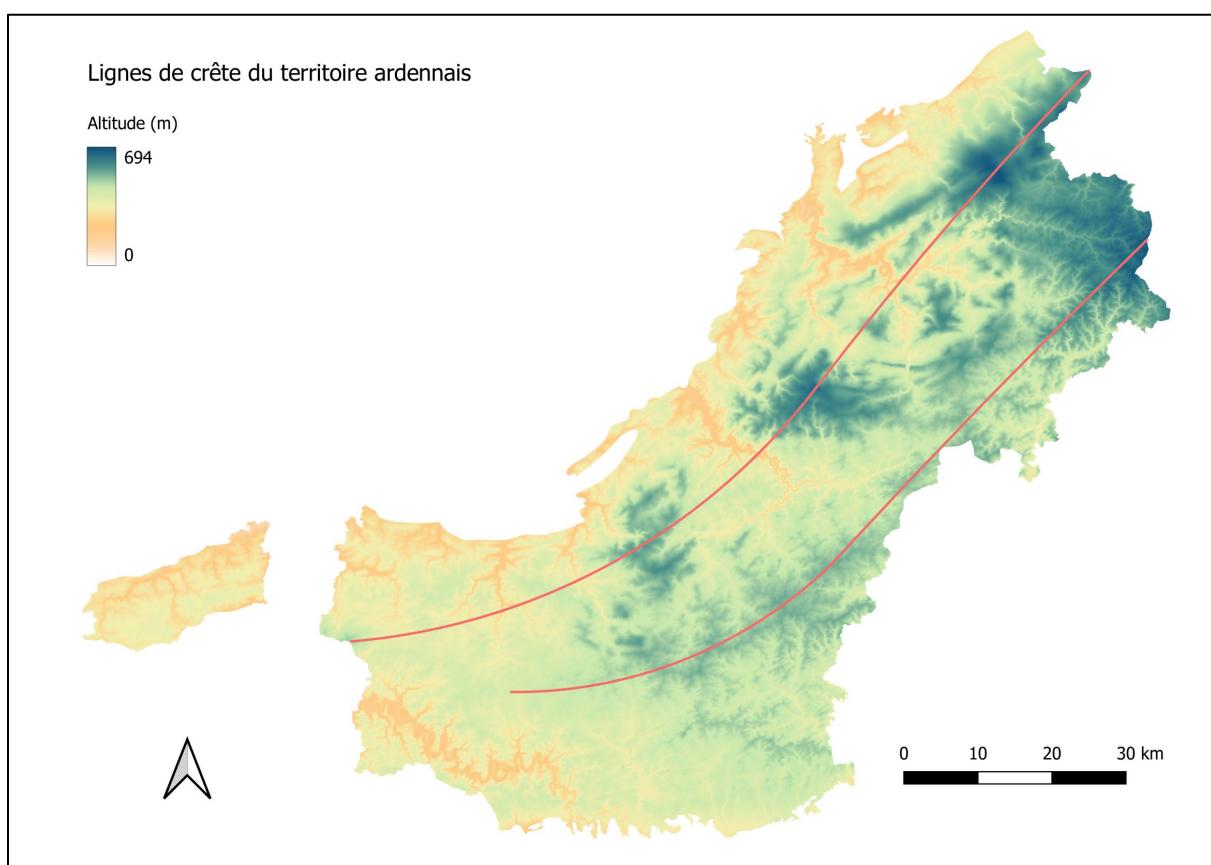


Figure 12 : Relief de l'Ardenne et lignes de crête.

On peut établir un lien étroit entre les formes actuelles du relief qu'on observe aujourd'hui en Ardenne, et les processus géologiques ayant affecté la région au cours des temps géologiques. Ainsi, l'arasement de la chaîne hercynienne durant le Permien et au début du Secondaire traduit l'allure générale de plateau mollement ondulé qui constitue aujourd'hui l'essentiel du paysage centre ardennais, tandis que le soulèvement du massif a provoqué le creusement de vallées profondes et

abruptes sur les bordures du plateau, que sont notamment la Semois, la Lesse, l'Ourthe, l'Amblève et la Vesdre.

Ces phénomènes ont donné lieu à des situations topographiques variées qui caractérisent le paysage de la région, et qui ont des impacts déterminants sur les sols et les conditions de croissance des forêts :

- Des grands versants accusés différemment soumis au rayonnement solaire selon leur orientation : microclimat plus sec et chaud sur les versants sud ou au contraire, un microclimat tamponné dans les versants nord ;
- Des fonds de vallée au sol bien alimenté en eau et au microclimat particulier (gelées tardives, brouillards, luminosité limitée, etc.) ;
- Des plateaux au sol plus ou moins profond, mais pouvant présenter des sols humides dans leurs légères dépressions, en raison d'un drainage interne déficient dû à la présence d'un horizon compact et imperméable (fragipan ou plancher argileux).

4. LES SOLS ARDENNAIS

La combinaison des phénomènes de solifluxion, de cryoturbation et d'érosion, en relation avec le relief, explique en grande partie les grands types de sol de l'Ardenne et leur distribution.

Ainsi, les sols limono-caillouteux sont de loin les plus fréquents (figure 4, bruns et jaune). Ils proviennent du « manteau de solifluxion » relativement épais issu du brassage des loess avec les éléments rocheux arrachés au socle, à la faveur des glissements de solifluxion opérés lors des dernières glaciations.

Toutefois, l'intensité de la solifluxion étant liée au relief, on observe encore de grandes plages de sol limoneux peu à non caillouteux, assez profonds (> 80 cm), dans les zones planes du centre du plateau. Elles sont largement cultivées (figure 4, rouge).

Des plages de sols humides occupent les légères dépressions du plateau, là où l'eau a tendance à s'accumuler en raison du mauvais drainage interne du sol ardennais (figure 4, bleu et noir). En effet, le socle rocheux de l'Ardenne est peu perméable, et, de surcroît, la compacité du fragipan limite la percolation de l'eau.

Par contre, sur les versants orientés vers la Famenne et la Lorraine, et dans les pentes des grandes vallées (Semois, Lesse, Ourthe, etc.), qui sont soumises à l'érosion, les sols sont moins profonds et plus caillouteux, la roche y affleure même parfois. Ils sont souvent occupés par la forêt et sont intégrés aux sols limono-caillouteux sur la figure 4.

Dans les vallons, les fonds de vallées et les bas de versants, les accumulations de colluvions et alluvions, arrachées aux pentes par l'érosion, forment des sols relativement plus profonds, plus ou moins caillouteux (non visibles sur la figure 4). Par leur position topographique, ils sont bien alimentés en eau. Bien qu'acides en raison de la lithologie ardennaise, ce sont des sols à bonne alimentation minérale, les plus riches du massif.

Fertilité chimique

La nature de la charge des limons caillouteux est en lien avec la nature du socle sous-jacent. Les limons à charge schisto-phyladeuse (fi) et schisto-gréseuse (r) sont largement dominants, devant les charges schisteuses (f), quartzo-phyladeuses (fq) et gréseuses (q). L'Ardenne est donc caractérisée par des sols siliceux acides et oligotrophes, parfois carencés en certains minéraux (calcium, magnésium notamment). Cette pauvreté chimique représente une contrainte pour le développement d'essences exigeantes comme le frêne, le merisier ou dans une moindre mesure, les érables, et est à l'origine du caractère acidophile de la végétation spontanée.

La proportion de sols schisto-gréseux augmente vers les plateaux de la haute Ardenne, tandis que les schistes et phyllades se concentrent par contre en majorité en basse et moyenne Ardenne et à l'ouest du massif, expliquant pour partie la meilleure fertilité des sols de basses altitudes.

Mais ce n'est que dans les bas de versants et les vallées, là où se concentrent les alluvions et colluvions enrichis par les éléments minéraux perdus par le lessivage des plateaux et des pentes, que le niveau trophique est nettement supérieur. Il permet localement le développement de riches végétations alluviales, tranchant avec le caractère acidophile des forêts des alentours.

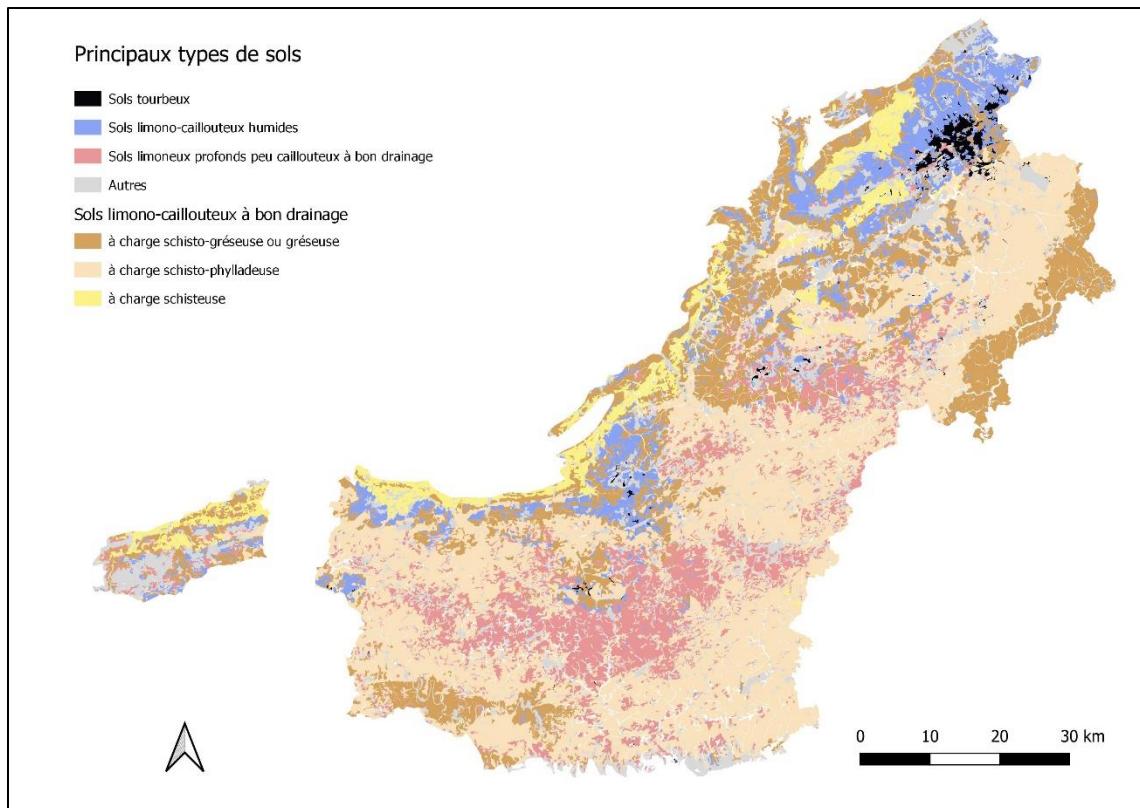


Figure 13 : Principaux types de sols rencontrés en Ardenne.

[Améliorer graphisme des figures 14, 15 et 16]

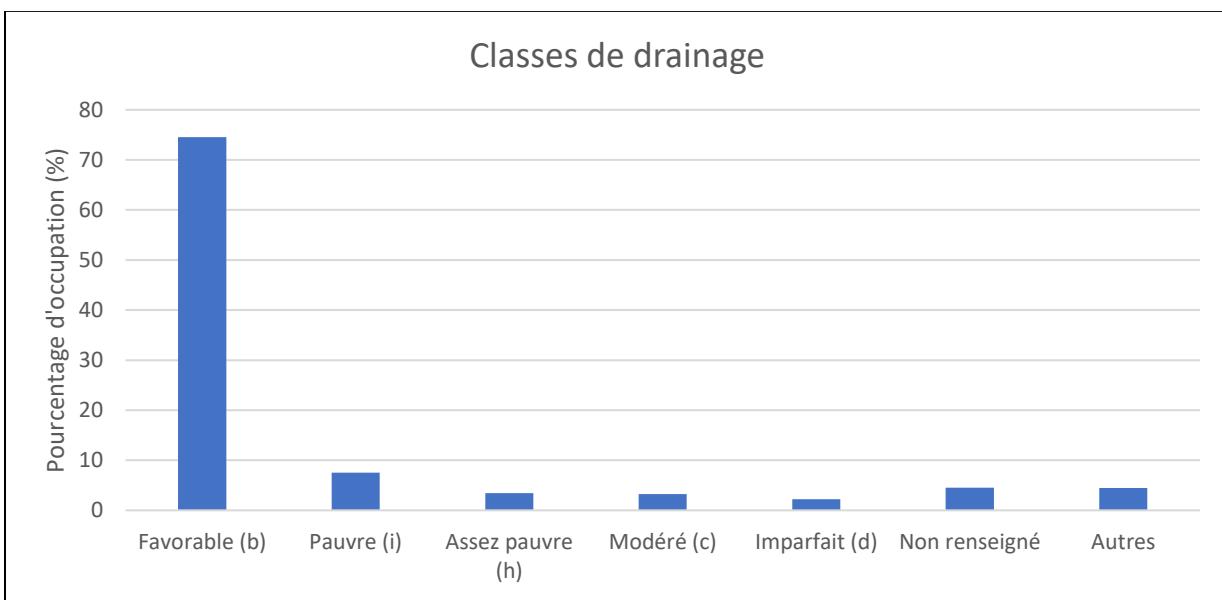


Figure 14 : Pourcentage des surfaces forestières d'Ardenne occupées par type de drainage, selon la carte numérique des sols de Wallonie.

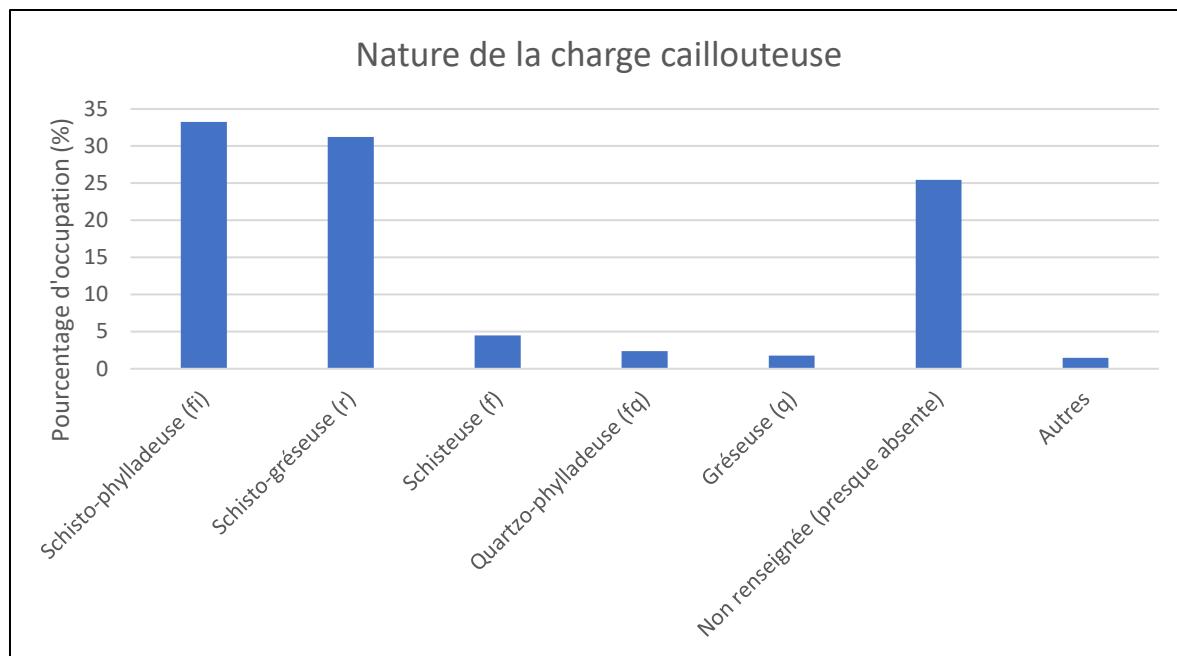


Figure 15 : Pourcentage des surfaces forestières d'Ardenne occupées par type de charge, selon la carte numérique des sols de Wallonie.

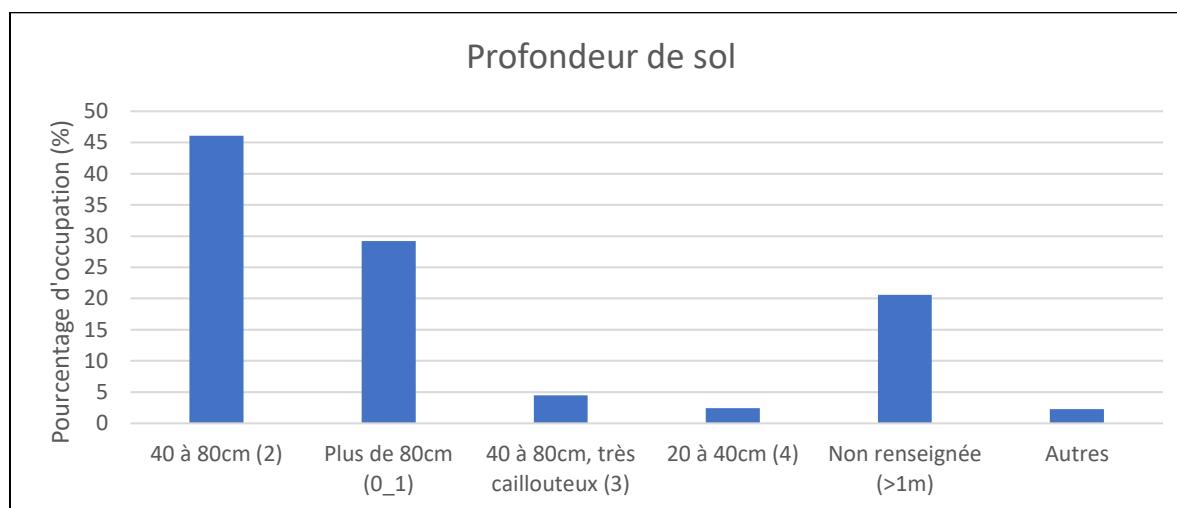


Figure 16 : Pourcentage des surfaces forestières d'Ardenne occupées par phase de profondeur, selon la carte numérique des sols de Wallonie.

Économie en eau

D'une manière générale, à l'exception de ceux des fortes pentes au sol superficiel, les sols ardennais sont relativement bien pourvus en eau en raison de leur profondeur moyenne et de la pluviosité élevée de l'Ardenne. Cependant, le socle rocheux ardennais étant peu perméable, tout comme le fragipan formé lors des épisodes interglaciaires, l'humidité a tendance à s'accumuler sur les surfaces planes, et principalement dans les légères dépressions du plateau, là où le drainage latéral n'est pas efficace. Cela explique les larges plages de sols hydromorphes (« argiles blanches », tourbières) qui caractérisent souvent les zones de plateaux à travers l'Ardenne : plateaux des Fagnes, des Tailles, de Saint Hubert ou de la Croix Scaille.

5. LE CLIMAT ARDENNAIS

I. Climat passé

Par sa position au sein du continent européen, la Belgique est majoritairement sous l'influence de la dépression d'Islande, qui projette durant une partie importante de l'année des masses d'air froides et humides à travers l'Atlantique. L'Ardenne constitue le premier massif élevé que rencontrent ces masses d'air, lorsqu'elles entrent sur le continent par les plaines du nord et de l'ouest. Cette position est de surcroît la plus septentrionale de l'Europe moyenne, au contact des avancées des flux d'air boréal. En conséquence, le climat de l'Ardenne est particulièrement frais et arrosé. Bien que l'hiver ne soit pas particulièrement rude (la température moyenne du mois le plus froid n'est pas négative), le manque de chaleur pendant la saison de végétation est la contrainte climatique principale pour beaucoup d'essences. Celle-ci est courte (150 à 160 jours) et sa température peu élevée (température moyenne du mois le plus chaud de 14 à 15 degrés).

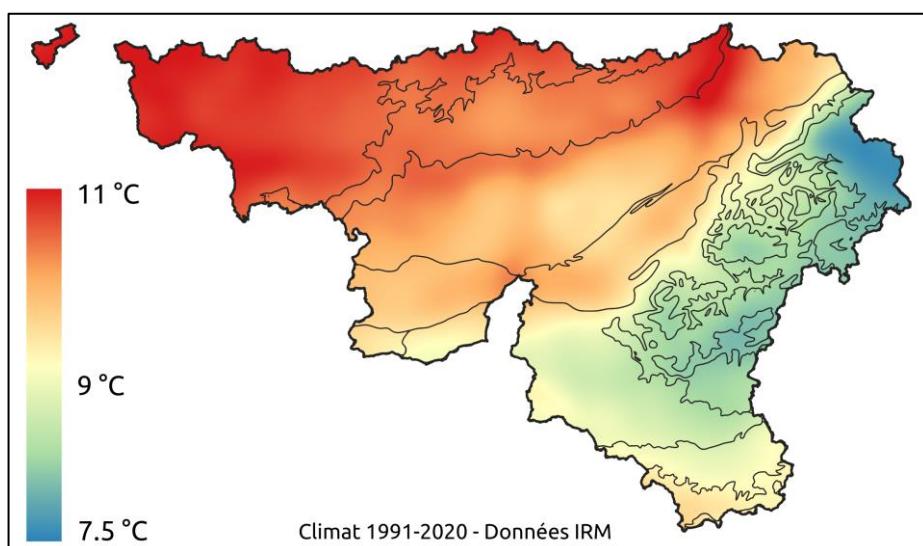


Figure 17 : Températures moyennes annuelles (°C) observées en Wallonie entre 1991 et 2020.
(source : observations à 5km de résolution, Institut Royal Météorologique).

Par contre, les précipitations sont élevées, de l'ordre de 1000 à 1400 mm, et équitablement réparties sur l'année, de telle sorte que l'Ardenne présente globalement un bilan hydrique pendant la saison de végétation² qui est positif, et donc favorable à la végétation (figure 19). L'Ardenne ne présente actuellement que très localement un déficit hydrique (bilan hydrique négatif), et ce uniquement pour des années particulièrement sèches.

² Le bilan hydrique est un indice qui prend en compte à la fois les précipitations et les besoins en eau de la végétation (évapotranspiration), qui sont déterminés par la température, la radiation solaire et l'humidité de l'air. Nous utilisons le bilan hydrique d'avril à septembre comme indicateur de stress hydrique

Toutefois, au sein de l'Ardenne, le climat varie en fonction de l'altitude et de la position dans le massif, au regard des vents dominants notamment. Les hauts plateaux de l'Est sont ainsi caractérisés par un climat nettement plus froid que les basses vallées, et en conséquence par une saison de végétation nettement plus courte.

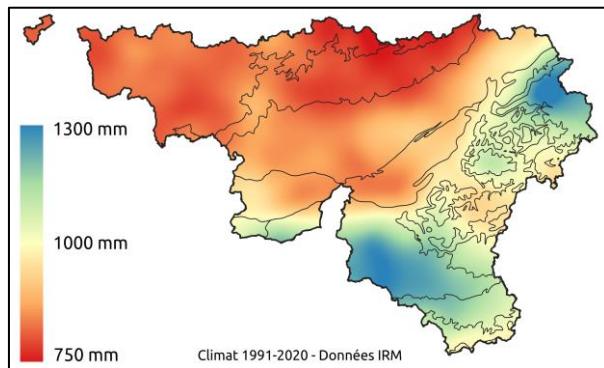


Figure 18 : Précipitations moyennes annuelles (mm) observées en Wallonie entre 1991 et 2020 (IRM).

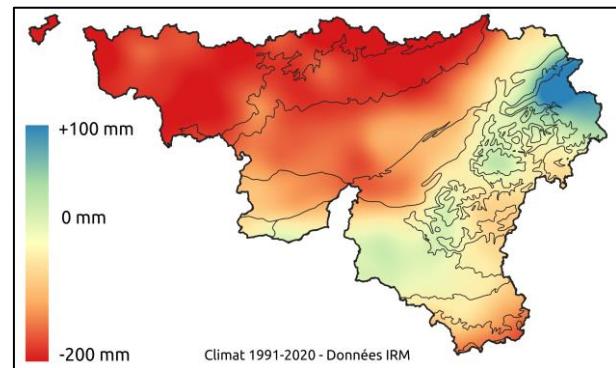


Figure 19 : Bilan hydrique estival (mm) observé en Wallonie entre 1991 et 2020 : différence entre les précipitations et l'évapotranspiration potentielle, calculée sur la période d'avril à septembre. Une valeur négative indique un déficit.

On constate aussi que la pluviométrie évolue par zone. En moyenne sur l'année, les hauts plateaux de l'Est et les premiers contreforts de l'Ouest s'avèrent nettement plus arrosés que le centre de la région. Cependant, les pluviométries plus importantes observées dans la zone Ouest sont contrebalancées par des températures plus élevées qui augmentent l'évapotranspiration, ce qui se traduit par un bilan hydrique estival plus favorable sur les hauts plateaux que dans les basses régions de l'Ouest.

Sur les hauts plateaux, la neige est fréquente. Elle est généralement lourde et collante, ce qui cause régulièrement des dégâts, essentiellement aux plantations résineuses.

Ces nuances climatiques ont conduit à distinguer trois zones bioclimatiques pour l'Ardenne, en lien avec le gradient altitudinal rencontré, et discriminées sur base d'un ensemble de variables en relation avec la croissance des arbres (Van der Perre et al., 2015) :

- La haute Ardenne, définie par une altitude supérieure à 500m ;
- L'Ardenne centro-orientale ;
- la basse et moyenne Ardenne ; la limite entre ces deux dernières zones étant établie à 470 mètres pour les régions situées au sud et à l'ouest de Libin, et à 400 mètres pour les régions situées au Nord (le basculement se situe sur la ligne de partage des eaux entre la Lesse et la Lomme).

Tableau 3 : Comparaison par région de plusieurs paramètres climatiques sur les périodes 1961-1990 et 1991-2020. Les indices climatiques couvrant la période de végétation considèrent les six mois d'avril à septembre inclus. Source : observations de l'Institut Royal Météorologique (IRM). Le nord du sillon Sambre et Meuse comprend les régions de l'Hesbino-Brabançon et des Plaines et vallées scaldisiennes, au sens de Van der Perre et al. (2015).

	Précipitation (mm)		Bilan Hydrique (mm)	Température (°C)				Nombre de jours		
	Annuelles	Avril à sept.	P-ET0 avril à sept.	Moy.	Max	Min	Moy. Avril à sept.	Dépassant 30 °C	Dépassant 35 °C	Jours de gel
Période trentenaire 1961-1990										
Nord du sillon Sambre et Meuse	803	396	-80,97	9,5	37,5	-21,8	14,1	5,2	0,3	48,4
Basse et moyenne Ardenne	1113	504	36,37	8,0	36,1	-24,8	12,7	3,5	0,0	74,5
Ardenne Centro-Orientale	1054	493	28,72	7,6	35,6	-24,5	12,4	3,0	0,0	80,0
Haute Ardenne	1158	540	82,73	7,0	35,4	-23,2	11,8	2,3	0,0	86,8
Période trentenaire 1991-2020										
Nord du sillon Sambre et Meuse	819	397	-141,45	10,6	41,1	-20,6	15,3	9,6	0,8	36,9
Basse et moyenne Ardenne	1132	489	-16,51	9,0	39,9	-21,2	13,8	6,1	0,4	60,3
Ardenne Centro-Orientale	1057	478	-20,32	8,4	38,0	-21,9	13,2	5,0	0,3	68,0
Haute Ardenne	1156	522	38,07	8,0	37,3	-21,4	12,8	4,0	0,2	70,4

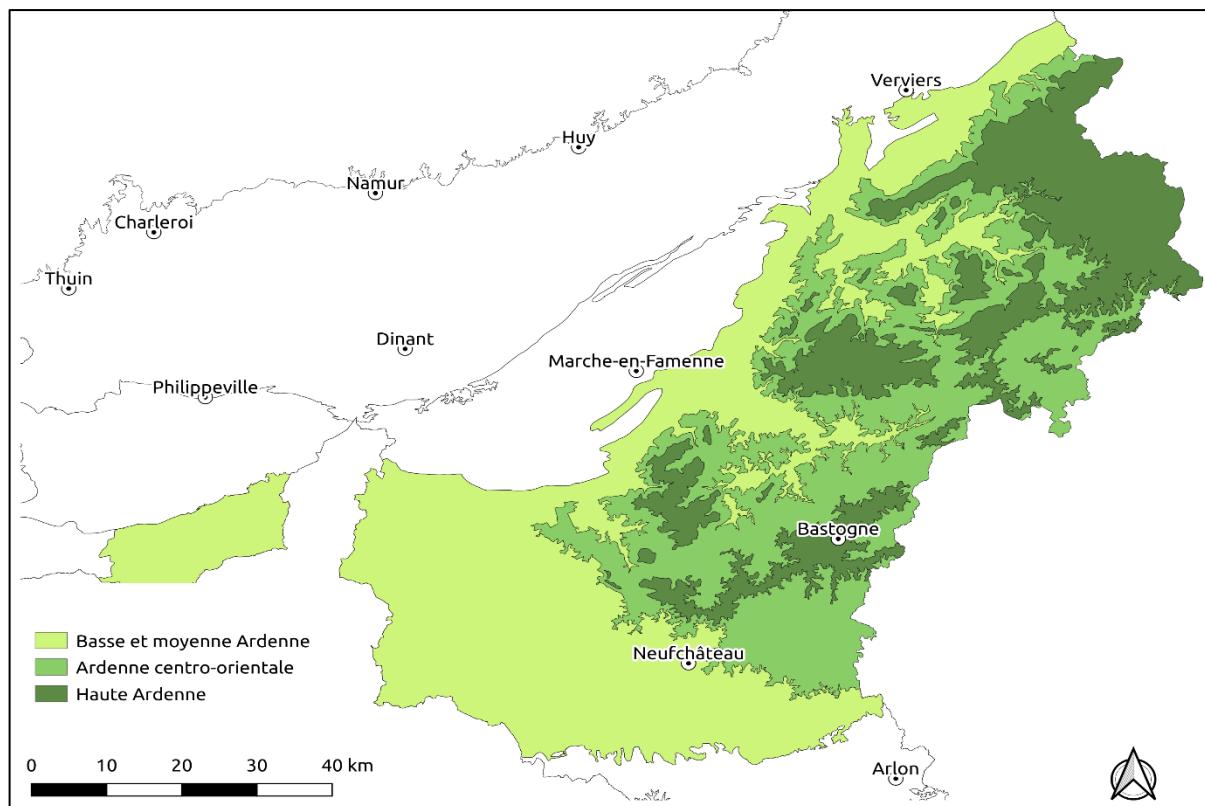


Figure 20 : Zones bioclimatiques d'Ardenne (Fichier écologique des essences).

II. Microclimats

Le climat régional (macroclimat) est susceptible d'être modifié sous l'influence des conditions topographiques locales. Ainsi, par rapport à une situation de plateau, les versants marqués se caractérisent par un surplus ou un manque de radiation selon leur orientation par rapport au soleil. D'autre part, dans les fonds des vallées encaissées, l'ombrage et la stagnation de froid et d'humidité produisent des conditions microclimatiques potentiellement dangereuses pour certaines essences sensibles (gelées hors saison, manque de chaleur, brouillards). Partant de ces constats, quatre positions topographiques modulent le climat régional en autant de microclimats (les valeurs seuil correspondent aux conventions de Delvaux et Galoux, 1962) :

- Les *plaines, plateaux et faibles pentes* (sous-secteur neutre). Ces situations, qui n'induisent pas de microclimats particuliers, sont considérées sans effet sur le climat général ;
- Les *versants chauds* (sous-secteur chaud). Les versants présentant une pente marquée ($>12^\circ$, soit 20%) orientées vers le Sud (125 à 285°) reçoivent un surplus de radiation, ce qui se traduit par des écarts de températures plus marqués entre le jour et la nuit ainsi que par une atmosphère plus chaude et sèche. Ces conditions provoquent une évaporation plus importante qui vide plus rapidement les sols de leur réserve hydrique.
- Les *versants frais* (sous-secteur froid). A l'inverse des versants chauds, les versants pentus ($>12^\circ$, soit 20 %) orientés vers le Nord (285 à 125°) présentent une atmosphère plus fraîche, plus humide et plus tamponnée. Cette situation est plutôt favorable à la conservation de l'eau dans l'écosystème et à la végétation, notamment aux espèces à caractère montagnard (hêtre, épicéa, sapins, etc.) ;
- Les *fonds de vallées encaissées* (également sous-secteur froid). Dans les vallées encaissées, le fond de vallée est généralement ombragé. De plus, il est sujet à l'accumulation et à la stagnation de l'air froid au cours de la nuit (brises de nuit), qui peut provoquer de sévères gelées tardives à l'aube. L'humidité atmosphérique s'y accumule aussi ; elle est à l'origine de fréquents brouillards qui favorisent le développement de maladies cryptogamiques (chancres, maladies foliaires, etc.).

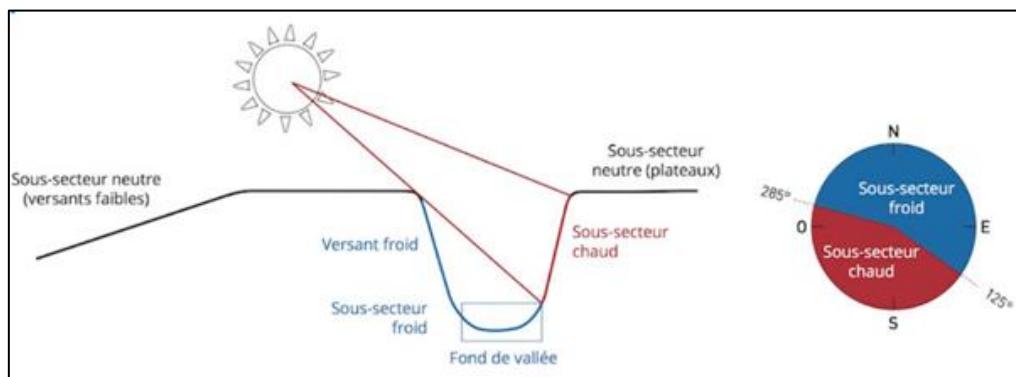


Figure 21 : Représentation des sous-secteurs topographiques, induits par les microclimats locaux (Delvaux et Galoux, 1962).

Une attention particulière doit également être apportée aux situations topographiques qui provoquent des accumulations d'air froid, communément appelées « trous à gelées ». Ces situations ne sont pas formalisées sur la coupe topographique de la figure 21 (page 49) car elles peuvent être très diverses et relèvent de spécificités locales (dépressions, plateaux, concavités, etc.) ; il est néanmoins essentiel d'identifier ces situations en regard de la sensibilité des essences aux gels hors saisons.

Enfin, outre ces considérations purement microclimatiques, on note en Ardenne que bien souvent, les situations de pentes fortes s'accompagnent d'une profondeur de sol réduite (bien que ceci ne soit pas systématique), induisant de ce fait un risque pour les espèces à fort besoin en eau.

III. Climats futurs³

Les changements climatiques sont devenus réalité : sécheresses estivales récurrentes, températures records, stress hydriques ou douceur hivernale sont autant d'événements marquants, et désormais palpables en Wallonie, dont la fréquence d'observation ne fait qu'augmenter depuis plusieurs décennies, tout particulièrement depuis les années 2000-2010. Principalement influencés par les activités humaines qui émettent des gaz à effet de serre, les changements climatiques ont déjà entraîné en Belgique une augmentation de la température moyenne de 2 °C depuis la période préindustrielle (1850-1900). Le tableau 3 (page 48) illustre ces changements en comparant par région les moyennes trentenaires de plusieurs variables climatiques sur deux périodes succinctes du passé : 1961-1990 et 1991-2020. Les chiffres dévoilent une tendance claire : réchauffement global avec augmentation nette des températures moyennes et extrêmes, aggravation généralisée du déficit hydrique et diminution du nombre de jours de gel. La rapidité d'évolution en seulement 60 ans interpelle et pose question pour l'avenir : **anticiper les changements futurs** (déjà bien en cours!) semble indispensable si nous voulons être en mesure de nous adapter aux défis qui se profilent pour le siècle à venir.

Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) évalue depuis 1988 l'importance des changements climatiques et étudie leurs répercussions potentielles ainsi que les stratégies permettant leur atténuation. Dans leur sixième rapport d'évaluation (Masson-Delmotte et al., 2021), le GIEC présente cinq scénarios socio-économiques (page 51) permettant d'effectuer des simulations du climat futur jusqu'en 2100 au moyen de modèles climatiques. Ces scénarios varient en fonction de l'évolution de nos émissions de gaz à effet de serre : les deux premiers (SSP1-1.9 et SSP1-2.6) prévoient une diminution des émissions dans le futur proche avec pour effet la limitation du réchauffement global sous la barre des 1,5 et 2 degrés Celsius respectivement, par rapport au climat moyen de la période préindustrielle de 1850-1900. Vu l'inertie de nos sociétés face au changement et le manque de cohésion dans la mise en place de stratégie globale pour limiter ces émissions, ces deux scénarios sont de plus en plus irréalistes. Le troisième scénario (SSP2-4.5) projette le climat futur en considérant que les gouvernements respecteront tous leurs engagements climatiques actuels, ce qui aurait pour conséquence une diminution de nos émissions à moyen terme et donc une atténuation du

3 Paragraphe écrit sur base des projections climatiques réalisées par Xavier Fettweis (Climatologie et Topoclimatologie, Uliège) à l'aide d'un Modèle Atmosphérique Régional forcé par trois modèles globaux (MIROC 6, MPI -ESM1 et NorESM2).

réchauffement à long terme. Les quatrième et cinquième scénarios (SSP3-7.0 et SSP5-8.5) tablent sur une augmentation de nos émissions au cours du 21^{ème} siècle, avec le plus pessimiste (SSP5-8.5) qui considère qu'elles continueront au rythme actuel en engendrant une augmentation globale des températures d'environ +5°C en 2100, toujours par rapport à la période de référence 1850-1900. Au vu de la faible réaction des politiques climatiques que l'on observe depuis des décennies, ces deux scénarios sont aujourd'hui les plus probables. En effet, depuis que le GIEC établit des scénarios, nous avons toujours suivi le scénario le plus pessimiste.

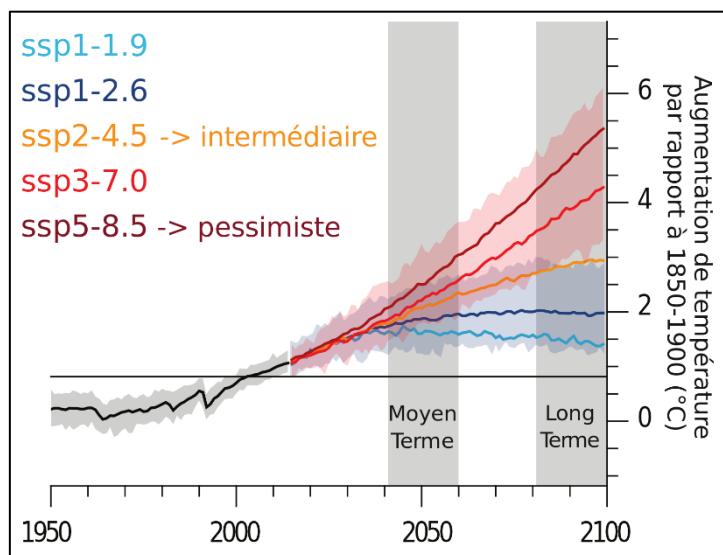


Figure 22 : Projections de l'augmentation de la température moyenne du globe selon les 5 scénarios futurs établis par le GIEC dans leur 6ème rapport d'évaluation, adapté de Masson-Delmotte et al. (2021).

Aussi pertinents soient-ils, ces scénarios fonctionnent à très large échelle et sont conçus pour indiquer les tendances planétaires. Or, l'intensité des changements climatiques n'est pas la même partout dans le monde. Par conséquent, il est difficile d'extrapoler leurs résultats à des régions plus petites, comme la Wallonie ou l'Ardenne, qui passent inaperçues dans les modèles globaux. Pour pallier à cela, nous avons utilisé, en collaboration avec l'Unité de Climatologie et Topoclimatologie de l'Université de Liège, un Modèle Atmosphérique Régional (MAR, Doutreloup et al., 2022) sur trois périodes futures (2021-2050, 2051-2080, 2081-2100). Ce modèle nous permet d'adapter les scénarios globaux (établis à une résolution d'environ 100km) à une échelle bien plus fine (résolution de 5km), qui rend les projections utilisables et spécifiques aux contextes locaux. Les résultats des projections régionales, réalisées en fonction des scénarios SSP2-4.5 (intermédiaire) et SSP5-8.5 (le plus pessimiste), sont présentés au tableau 4 et à figure 23 (page 52).

L'augmentation des températures annuelles moyennes est la plus frappante (figure 23) et, selon le scénario le plus pessimiste, nous atteindrons environ +5°C en moyenne sur la période 2081-2100. Au lieu d'être confrontée une grande partie de l'année aux masses d'air froid et humide en provenance de la dépression d'Islande, la Belgique subira en effet l'influence de plus en plus marquée de l'anticyclone des Açores, avec des remontées d'air chaud et sec venant du sud. A titre d'illustration, la figure 24 montre que les températures moyennes annuelles de la Basse et moyenne Ardenne, de l'Ardenne centro-orientale et de la Haute Ardenne deviendront comparables à la température actuelle du nord du sillon Sambre et Meuse vers 2030, 2050 et 2060 respectivement.

Tableau 4 : Projections des variables climatiques sur l'Ardenne (fusion des trois régions bioclimatiques de Basse et moyenne Ardenne, Ardenne centro-orientale et Haute Ardenne) obtenues par utilisation d'un Modèle Atmosphérique Régional selon les scénarios SSP2-4.5 et SSP5-8.5 (GIEC) sur 3 périodes futures (2021-2050, 2051-2080, 2081-2100) et comparaison avec les données du climat passé sur la période 1991-2020. Les données en gras proviennent de l'IRM (Institut Royal Météorologique), les autres proviennent des simulations.

	Période	1991-2020	2021-2050		2051-2080		2081-2100	
			Scénario GIEC	SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP2-4.5
Précipitations (mm)	Annuelles	1114	1069	1042	1005	1079	1013	1078
	Avril à septembre	492	494	486	469	464	450	439
Bilan hydrique (mm)	Avril à septembre	62	40	31	11	4	-3	-28
Températures (°C)	Moyennes annuelles	8,7	9,1	9,3	9,7	10,6	10,0	12,2
	Maximum	39,9	39,8	40,1	41,1	44,6	43,3	45,4
	Minimum	-21,9	-24,8	-25,5	-25,7	-24,8	-21,8	-20,3
	Moyennes (Avr. - Sept.)	13,4	14,1	14,2	14,7	15,5	15,0	17,0
Nombre de jours	Dépassant 30°C	5	4	5	6	9	7	15
	Dépassant 35°C	0,32	0	0	1	1	1	3
	Jours de gel	64,73	41	38	34	25	32	10

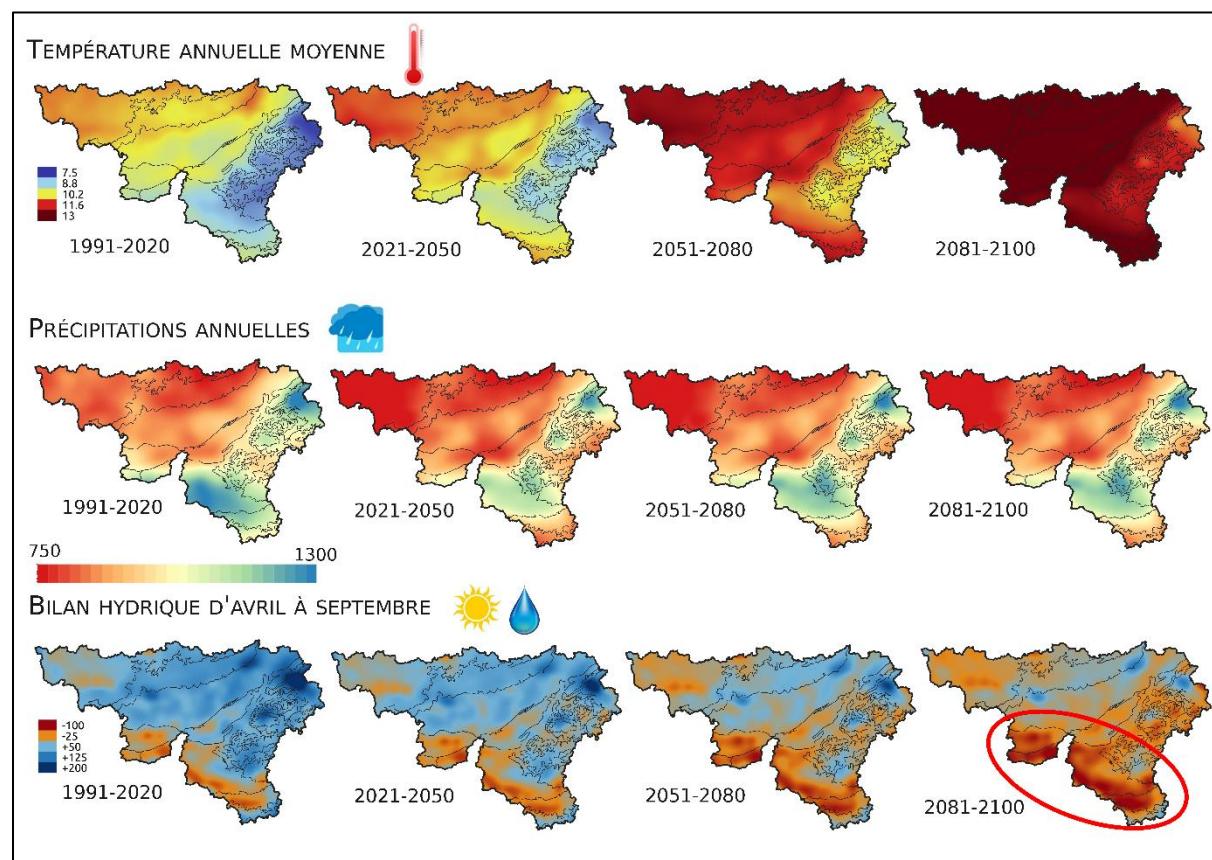


Figure 23 : Evolution de trois indices climatiques en région wallonne selon le scénario du GIEC le plus pessimiste (SSP5-8.5), dont : la température moyenne annuelle (haut), les précipitations totales annuelles (milieu) et le bilan hydrique durant la saison de végétation (bas). Les changements climatiques seront plus importants dans les parties sud et sud-ouest de la Wallonie, où l'augmentation des températures et de l'ensoleillement sera la plus conséquence.

Au niveau des précipitations, les résultats sont plus mitigés. D'une part, celles-ci sont plus difficiles à modéliser et, d'autre part, les variations régionales et intra-annuelles sont très importantes. On s'attend à une légère augmentation des précipitations annuelles moyennes mais elles seront moins bien réparties sur l'année, avec des épisodes de pluies intenses plus fréquents. Le volume de précipitations hivernales devrait augmenter, mais celui des précipitations estivales devrait quelque peu diminuer à long terme.

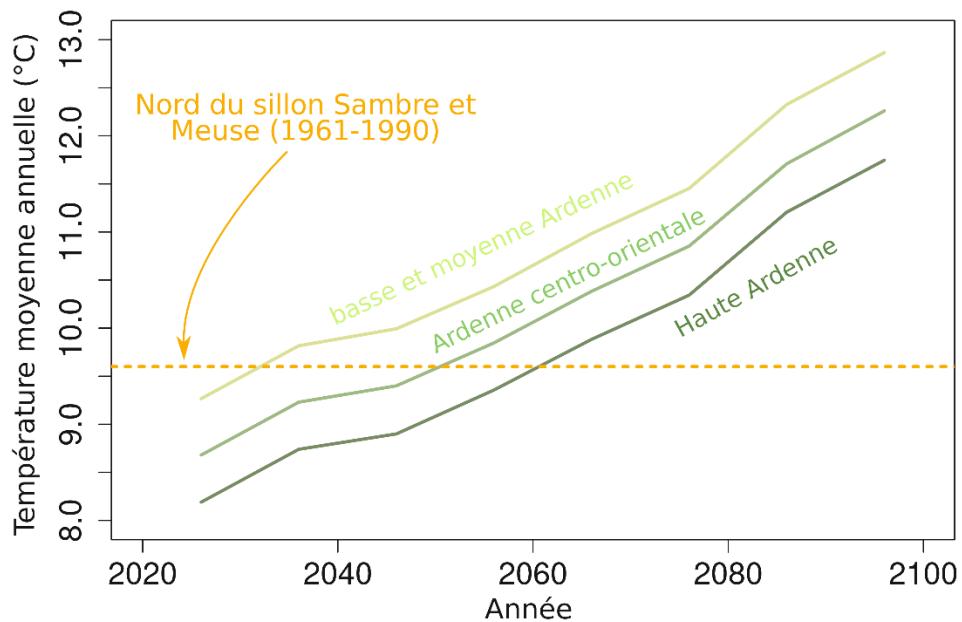


Figure 24 : Evolution des températures moyennes annuelles sur les régions de Basse et moyenne Ardenne, Ardenne centro-orientale et Haute Ardenne selon le scénario SSP5-8.5 et comparaison avec la température moyenne annuelle du nord du sillon Sambre et Meuse sur la période 1961-1990.

En revanche, les projections du bilan hydrique (avril-septembre) sont particulièrement explicites : elles indiquent une augmentation générale du déficit hydrique à travers la Wallonie, mais en particulier sur la moitié sud. A l'inverse du bilan hydrique présenté à la figure 19 et au tableau 3 (pages 47 et 48) qui considère la consommation en eau due à l'évapotranspiration potentielle d'un gazon, ces simulations du bilan hydrique prennent en compte la végétation en place pour le calcul de l'évapotranspiration. La Basse et Moyenne Ardenne sera la région la plus impactée, et présente déjà aujourd'hui les écarts climatiques les plus conséquents par rapport au 20^{ème} siècle. C'est dans le sud - sud-ouest de la Wallonie que l'augmentation des températures et des radiations solaires sont et seront les plus fortes, engendrant une évapotranspiration importante des forêts feuillues de cette région. Dans le nord de la Wallonie, l'augmentation des températures et de l'ensoleillement sera moindre, et la forêt, très consommatrice d'eau, n'y occupe pas autant de surface.

D'autres évolutions climatiques impactantes pour le domaine forestier peuvent être relevées (tableau 4, page 52), à savoir :

- Une augmentation de la durée et fréquence des épisodes caniculaires (nombre de jours > 30°C), qui risque d'aggraver les stress hydriques estivaux ;

- Une augmentation du nombre de jours particulièrement chauds (nombre de jours > 35°C), qui risquent d'affecter les essences les moins résistantes à la chaleur ;
- Une diminution du nombre de jours de gel, qui pourrait se révéler positive pour les essences qui y sont sensibles, en diminuant les risques associés aux gelées tardives et précoces (mais attention aux microclimats locaux en fonction de la topographie). A l'inverse, la diminution des gelées pourrait aussi atténuer la régulation naturelle des parasites par le froid.

Il existe une incertitude sur la validité des prédictions des modèles climatiques. Toutefois, la rapidité des changements a jusqu'à présent excédé les projections précédemment réalisées par le GIEC. C'est pourquoi nous pensons que ces prédictions méritent d'être prises au sérieux. Pour limiter les erreurs d'interprétations, les chiffres présentés ici ne doivent pas être retenus en valeur absolue, c'est leur tendance évolutive qui doit être considérée. Une incertitude existe aussi sur le scénario (GIEC) que nous emprunterons. Nous suivons actuellement le pire (SSP5-8.5) mais, avec les efforts consentis et si les gouvernements respectent leurs engagements, nous pourrions nous diriger vers le scénario intermédiaire (SSP2-4.5) pour la seconde moitié du 21^{ème} siècle.

Ce qui est certain, c'est que ces changements climatiques auront de sévères impacts sur le milieu forestier. Au plus tôt nous adapterons notre gestion en les intégrant, au plus la forêt wallonne aura une chance d'y résister. Voici quelques tendances auxquelles nous pouvons nous attendre (liste non-exhaustive) :

- Dépérissements importants sur les essences qui souffrent du déficit hydrique ;
- Dépérissements importants sur les essences montagnardes, qui souffrent de l'augmentation des températures et de l'allongement des événements caniculaires ;
- Augmentation de la fréquence des feux de forêt et des inondations (événements climatiques extrêmes), dont les impacts peuvent être limités en adaptant les plans d'aménagement (prévision de coupe feu, restauration des milieux alluviaux, ...);
- Avantage très significatif des peuplements diversifiés (âges, hauteurs, essences) par rapport aux peuplements monospécifiques, dont la résilience aux perturbations climatiques (et autres) est nettement plus faible ;
- Apparition de nouvelles crises sanitaires, notamment causées par la fragilisation des peuplements en place, par l'émergence ou la migration de nouveaux bioagresseurs (maladies, insectes ravageurs), ou du fait de l'évolution de la relation essence x bioagresseur.

Si le tableau dressé ici n'est pas des plus réjouissant, il ne doit certainement pas mener à l'inaction ou au fatalisme. Exposer ces éléments nous semble particulièrement important, non pas pour décourager les forestiers, mais pour les avertir et les inciter à prendre des mesures adéquates aux conditions qui se profilent. C'est d'ailleurs à nos yeux un des intérêts de ce guide puisqu'il propose des choix d'essences et des recommandations de gestion qui, dans la mesure du possible, prennent en compte ces prévisions, à la fois au niveau des essences en elles-mêmes, des stations et des couples (essence x station)

6. PAYSAGE FORESTIER DE L'ARDENNE

I. Genèse

Comprendre le paysage forestier de l'Ardenne impose de s'intéresser à son histoire. Probablement largement dominée par la hêtraie avant l'installation de villages, la forêt originelle ardennaise a subi de nombreuses pressions anthropiques au cours du dernier millénaire. Les pratiques sylviculturales et surexploitations se sont succédées selon des critères socio-économiques propres à chaque époque, et elles impactent encore actuellement la composition et la structure des forêts. Le millénaire passé a été celui du chêne, qui était la ressource multi-usage par excellence (charpente, menuiserie, charronnerie, tonnellerie, tannerie, glandage, charbon de bois, etc.) et celui de l'exploitation intensive des forêts en taillis et taillis sous futaie. Au fur et à mesure de l'explosion démographique et de l'industrialisation, la pression a été de plus en plus intense sur les forêts, tant pour les besoins d'espace pour l'agriculture que par l'exploitation de ses ressources, notamment en énergie. Au milieu du 19^e siècle, la surface des forêts a connu son minimum au profit de landes, de prairies et de cultures. A ce moment, le paysage du plateau ardennais était largement ouvert, couvert de landes, tandis que les forêts, encore strictement indigènes, ne se maintenaient que sur les reliefs plus mouvementés ou à l'occasion de domaines réservés à la noblesse et au clergé. La carte dressée par Ferraris dans les années 1770 atteste clairement de cet état de fait (figure 7). Les régimes du taillis et du taillis sous futaie ont éradiqué le hêtre inadapté au recépage, au profit du chêne, du charme et du bouleau ; ce dernier supportant les rythmes effrénés des coupes de taillis et recolonisant les espaces vides.

Le milieu du 19^e siècle marque alors un tournant radical dans la gestion du territoire ardennais. Victime de la mondialisation, l'élevage du mouton dans les landes n'est plus rentable face à la production australienne, tandis que le « charbon de terre », puis plus tard le pétrole, remplacent le charbon de bois comme source d'énergie, dans la sidérurgie notamment. Le gouvernement belge opte alors pour la remise en production de ces landes et forêts « ruinées » par la surexploitation, en soutien aux besoins de l'économie en plein essor : bois de construction, poteaux, traverses de chemin de fer, et surtout : bois de mine⁴. Suit alors une campagne de reboisement et de transformation de la forêt, qui donne la part belle aux résineux, d'abord le pin sylvestre, puis l'épicéa, encore plus productif et plus facile à cultiver, à la manière d'une culture agricole. Après la seconde guerre mondiale, la mécanisation et l'intensification de l'agriculture libère les terres marginales (prairies humides, terres éloignées) au bénéfice de plantations d'épicéas. Le résultat est un redéploiement significatif de la forêt (+ 40 %) et une modification de la composition forestière. Au terme de ces reboisements, l'inventaire forestier de 1980 montre que la forêt ardennaise couvre 58% du territoire, qu'elle est devenue majoritairement résineuse (2/3 des surfaces, à 80% d'épicéa) tandis que les forêts feuillues résiduelles qui ont subsisté, essentiellement à base de chênes et de hêtres, représentent moins d'1/3 de la forêt. La zone agricole, quant à elle, s'est repliée sur les meilleures terres, planes et bien drainées, à proximité des villages.

⁴ Au milieu du 20^e siècle, de l'ordre de 2 millions de m³ de bois de soutènement étaient enfouis annuellement dans les galeries de mine. Cela représentait plus que la production nationale.

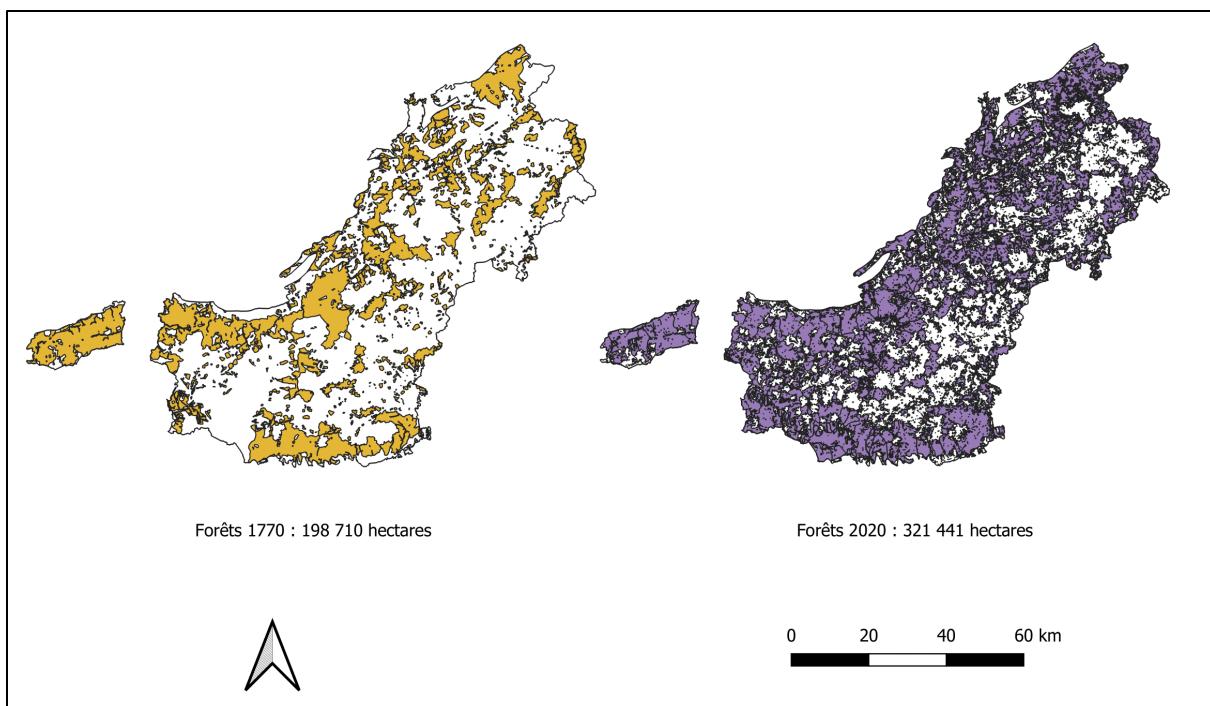


Figure 25 : Comparaison des surfaces forestières en Ardenne au 18ème (gauche : carte de Ferraris 1770) et au 21ème siècle (droite : Forestimator).

II. Paysage actuel

La distribution et la composition des forêts ardennaises (figure 8) n'est pas indépendante de la configuration géomorphologique du massif et des grands types de station qui en découlent. Globalement, les zones de limons peu caillouteux du plateau ont été largement déforestées au profit de l'agriculture et de l'élevage extensif (landes), tandis que les forêts sont restées sur les terrains plus mouvementés et trop caillouteux des vallées et sur les rebords du plateau.

Au cours de la phase de reboisement, l'épicéa a été planté sur une partie des terres agricoles (les terres les plus éloignées ou les plus humides dans les fonds de vallées), conférant au plateau un paysage d'alternance abrupte de pâtures et de pessières. Il a aussi envahi les anciennes landes, formant de grands massifs, surtout sur le haut plateau de l'est, et remplacé les forêts feuillues les plus dégradées par la surexploitation (forêts claires, taillis, etc.), notamment dans les grands versants. Une particularité de la pessière est son emprise sur les sols humides (tourbières, « argiles blanches », zones de source, etc.), sur lesquelles les forêts indigènes avaient moins résisté à la surexploitation (landes humides, forêts très pauvres).

[Ajout photo : alternance pâture/pessière – typique de l'est de l'Ardenne]

[Ajout photo : versant feuillu – Semois par ex.]

Et finalement, ce sont sur les sols plus caillouteux et moins profonds des grandes vallées et des bordures du plateau qu'ont pu se maintenir les forêts feuillues résiduelles qui ont traversé les temps. Elles sont devenues minoritaires et la surexploitation diminuant, elles évoluent progressivement vers la hêtraie, qui représente la végétation dite climacique de l'Ardenne.

[Ajout photo : hêtraie climacique typique]

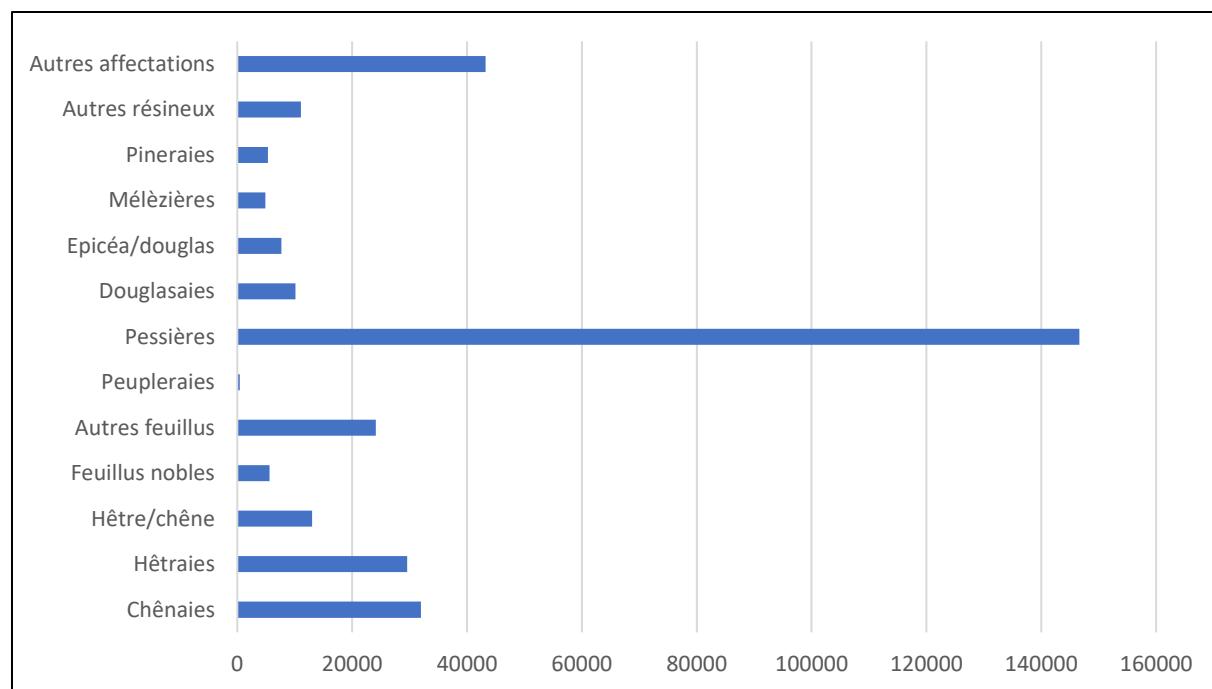


Figure 26 : Surfaces occupées par les principales essences de production en Ardenne, pour la période 1994-2012 (Alderweireld et al., 2015).

[Améliorer figure 26 : classer par ordre décroissant + 2 couleurs pour feuillus/résineux + surfaces totales feuillus (104750 ha – 36%) et surf tot résineux (185850ha – 64%)]

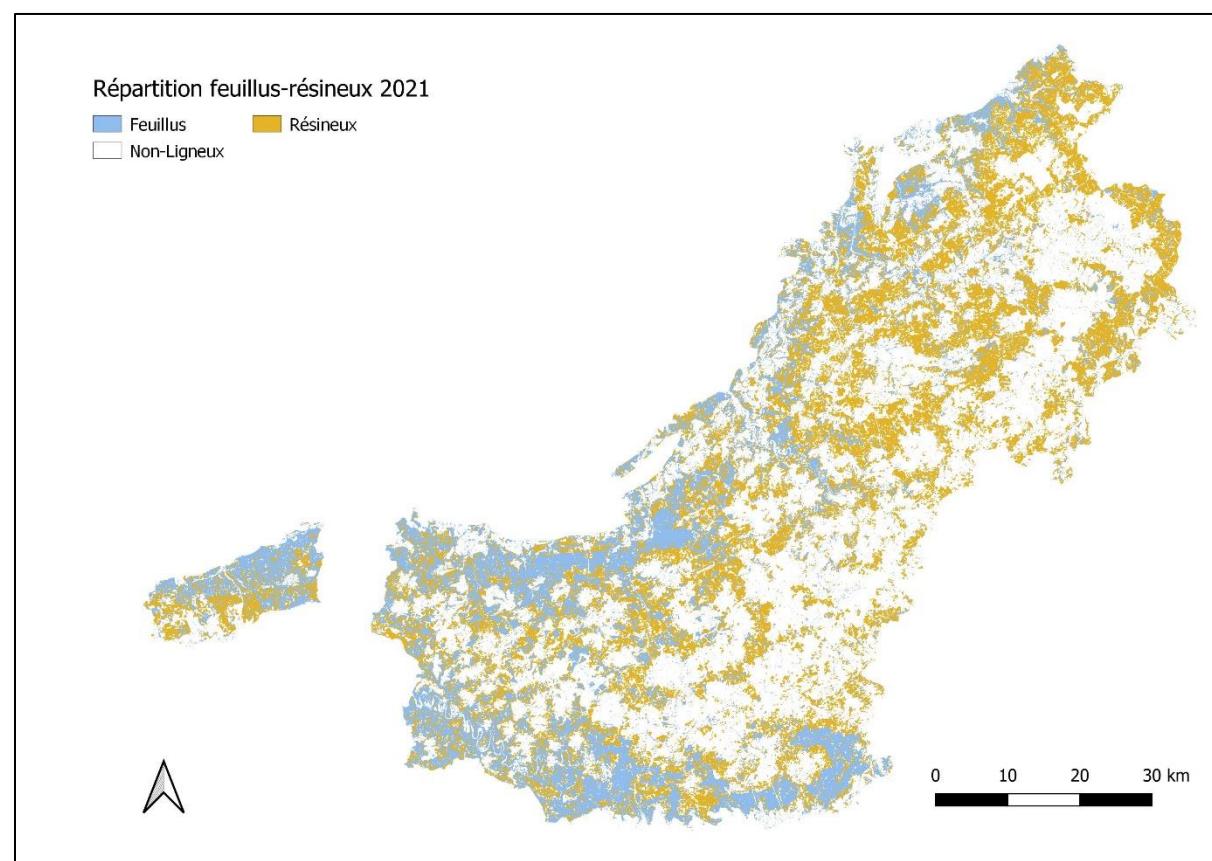


Figure 27 : Répartition des surfaces forestières à dominance feuillue ou résineuse (Bolyn et al., 2019)

Il est manifeste que les changements climatiques sont en train de bouleverser à nouveau ce paysage, dans le sens où, tant l'épicéa qui domine actuellement avec ses 125.000 ha, que le hêtre qui recolonise ses milieux d'origine, ne sont pas bien armés face au réchauffement du climat.

La proportion de feuillus ré-augmente progressivement. Etablie pour l'Ardenne à 36% par Alderweireld et al. (2015) sur la période 1994-2012, les modèles de télédétection récents (Bolyn et al., 2019), montrent que cette proportion serait passée à environ 42% sur l'Ardenne (figure 9).

7. VÉGÉTATIONS ET HABITATS FORESTIERS

La végétation de l'Ardenne a une identité forte en raison des particularités climatiques (influence montagnarde) et lithologiques (roches acides) du massif. Le fond floristique acidophile est omniprésent, formé des groupes écologiques indicateurs de la germandrée et de la myrtille, en particulier : la luzule blanche, le polytric élégant, la fougère aigle, la canche flexueuse, la houlque molle et la germandrée scorodoine. La majorité du territoire, couverte de sols limono-caillouteux assez profonds et bien drainés correspond aux exigences écologiques d'une hêtraie acidophile (voire dans les rares milieux plus riches, d'une hêtraie neutrophile). En l'absence d'interventions humaines, ce type de végétation couvrirait l'essentiel de l'Ardenne, sans doute les 3/4 du territoire. Les autres types de végétation sont relégués dans les milieux plus contraignants où le hêtre n'arrive pas à dominer. Par ordre d'importance :

- Les sols humides du plateau, influencés par le fragipan imperméable, domaine des chênaies-boulaies ;
- Les sols très secs et acides, notamment sur les pentes orientées au sud, domaine des chênaies sessiflores ;
- Les riches sols alluviaux, partiellement engorgés et soumis aux inondations, domaine des forêts alluviales et des chênaies à bistorte ;
- Les tourbières et marais, domaines respectifs des boulaies tourbeuses et des aulnaies marécageuses ;
- Les rares éboulis dans les grandes vallées ombragées, domaine des érablières de ravin.

[Ajout photos : la luzule blanche, le polytric élégant, la fougère aigle, la canche flexueuse, la houlque molle et la germandrée scorodoine]

Les conditions écologiques spécifiques de ces différentes végétations dites climaciques peuvent être synthétisées dans l'écogramme « hydro-trophique » du fichier écologique des essences.

Cependant, ces végétations originelles ont subi de nombreuses pressions anthropiques.

La plupart des hêtraies ont été déboisées pour l'agriculture ou transformées en chênaies (ou chênaies -charmaies sur les sols les plus riches) pour les besoins de la population. Les dégradations ont parfois été telles que seuls les bouleaux ont subsisté grâce à leur tempérament colonisateur et leur aptitude

à rejeter de souche. La forêt ardennaise comporte donc beaucoup de chênaies dites « secondaires » ou « de substitution ».

Les plantations résineuses (surtout des pins, puis des épicéas), qui ont reforesté les landes, les terres agricoles marginales et transformé les taillis et forêts feuillues appauvries, ont formé de nouveaux types de végétation, et développé avec eux les végétations des coupes forestières associées à la gestion des pessières par coupe rase. On reconnaît ainsi différents habitats résineux selon le type de station où ces résineux ont été plantés (Noirfalise & Thill, 1975).

Plusieurs systèmes de classification de la végétation coexistent. Trois sont d'usage courant en Wallonie :

- La classification phytosociologique de Noirfalise (1984) qui est la référence scientifique ;
- La classification phisyonomique WalEunis, qui est l'outil opérationnel pour la gestion forestière par l'administration (aménagements forestiers, Inventaire permanent des ressources forestières de Wallonie, études d'impact environnemental, etc.), la plus praticable sur le terrain (Dufrêne & Delescaille, 2005). C'est une déclinaison wallonne de la classification européenne EUNIS ;
- La liste des habitats Natura 2000 (EUR 27), qui est la référence européenne pour le monitoring des habitats d'intérêt communautaire. Ces habitats sont présentés en détail dans les cahiers d'habitats (Claessens & Wibail, 2022).

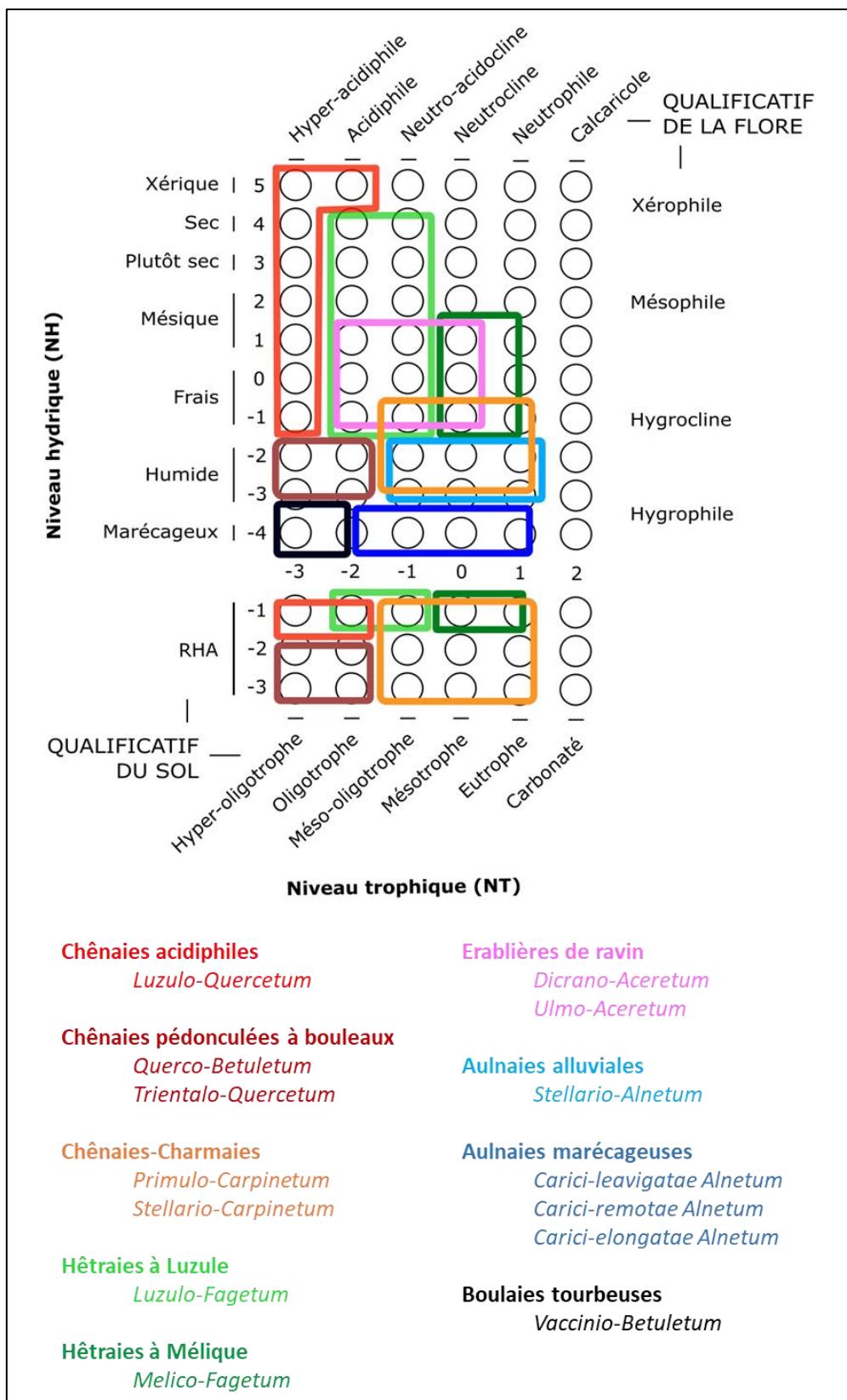
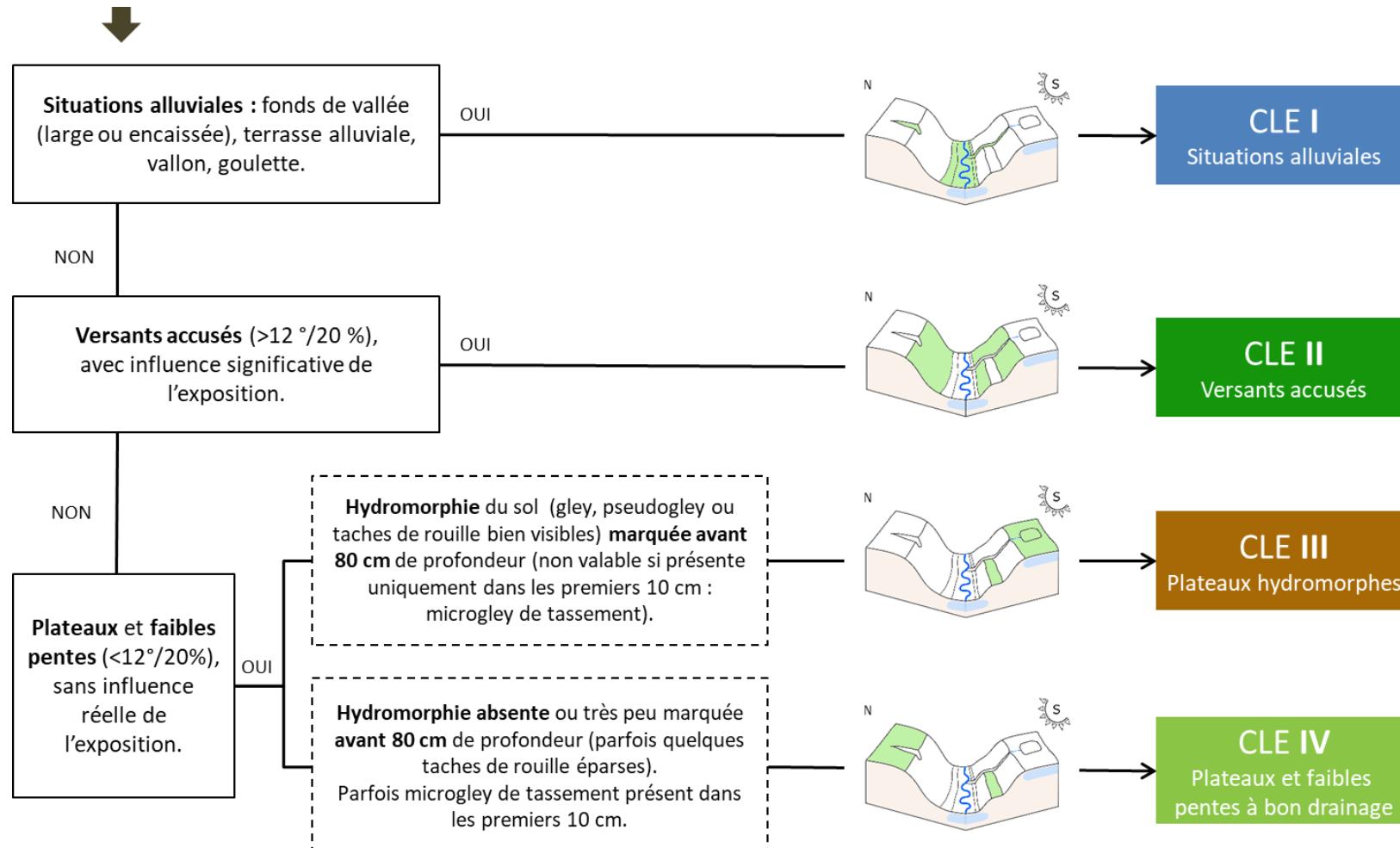


Figure 28 : Position générique dans l'écogramme des associations phytosociologiques rencontrées en Ardenne belge (classification de Noirfalise, 1984).

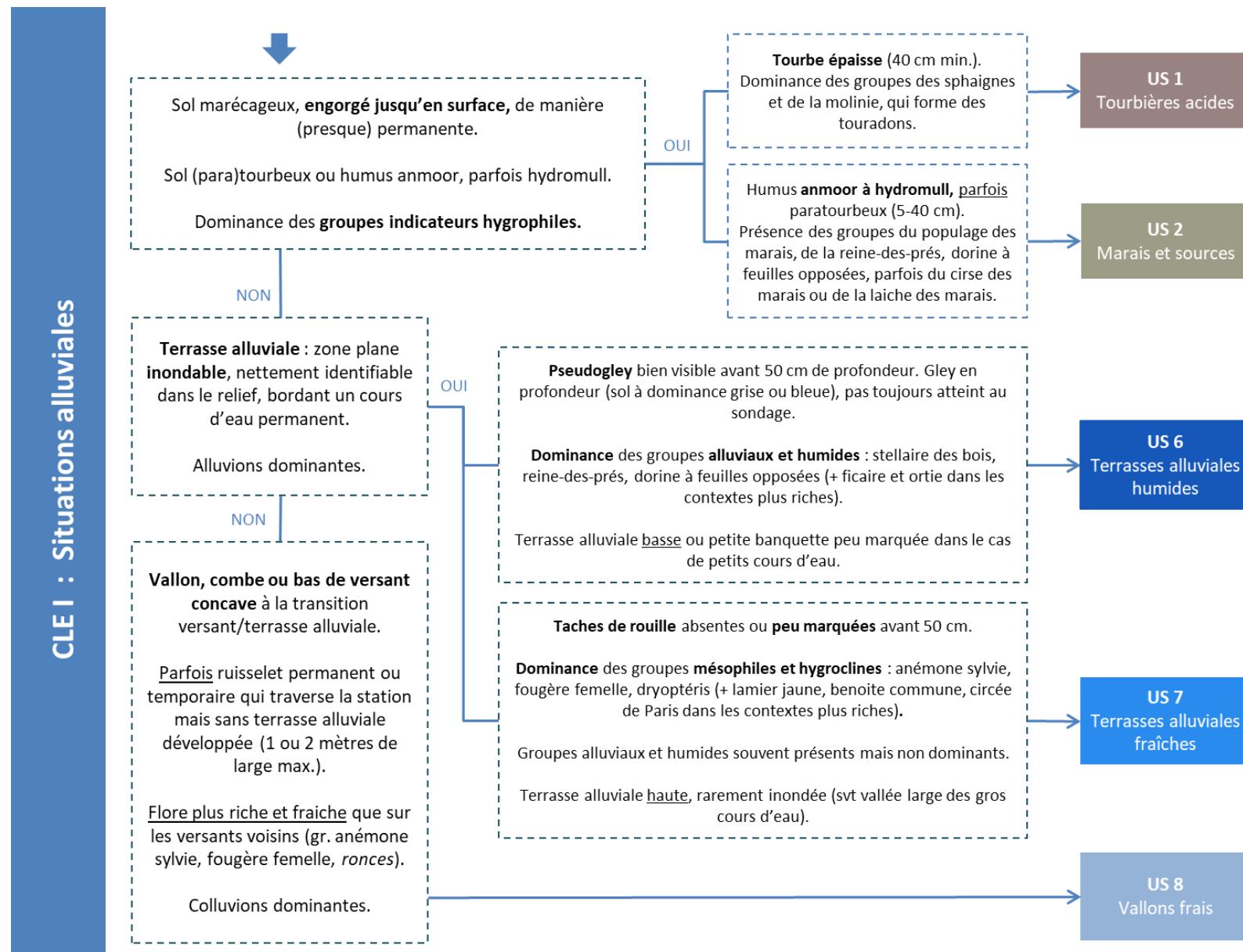
Détermination du type de station

DETERMINATION DU TYPE DE STATION

1. CLÉ D'IDENTIFICATION DES TYPES DE STATION

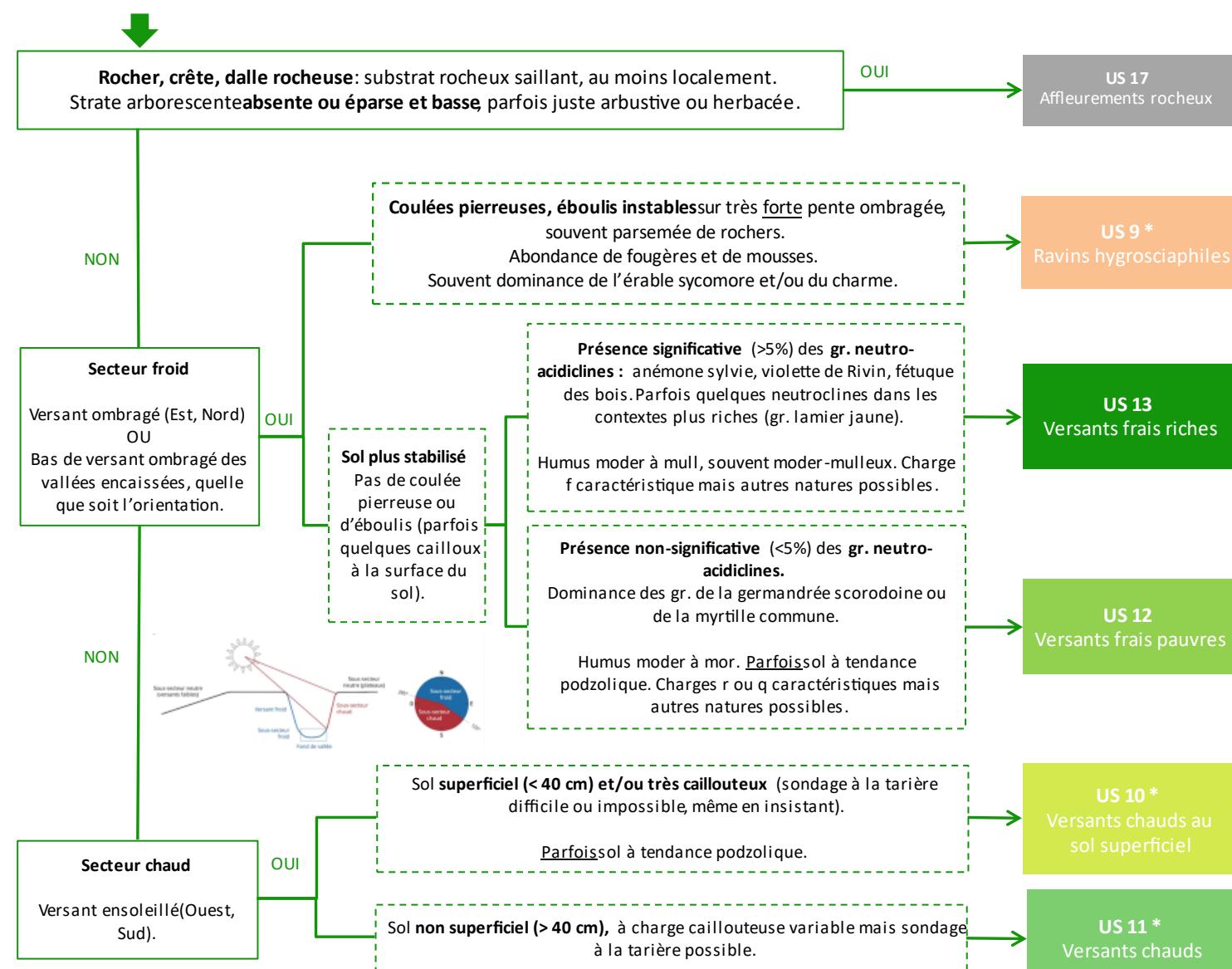


CLE I : Situations alluviales



DETERMINATION DU TYPE DE STATION

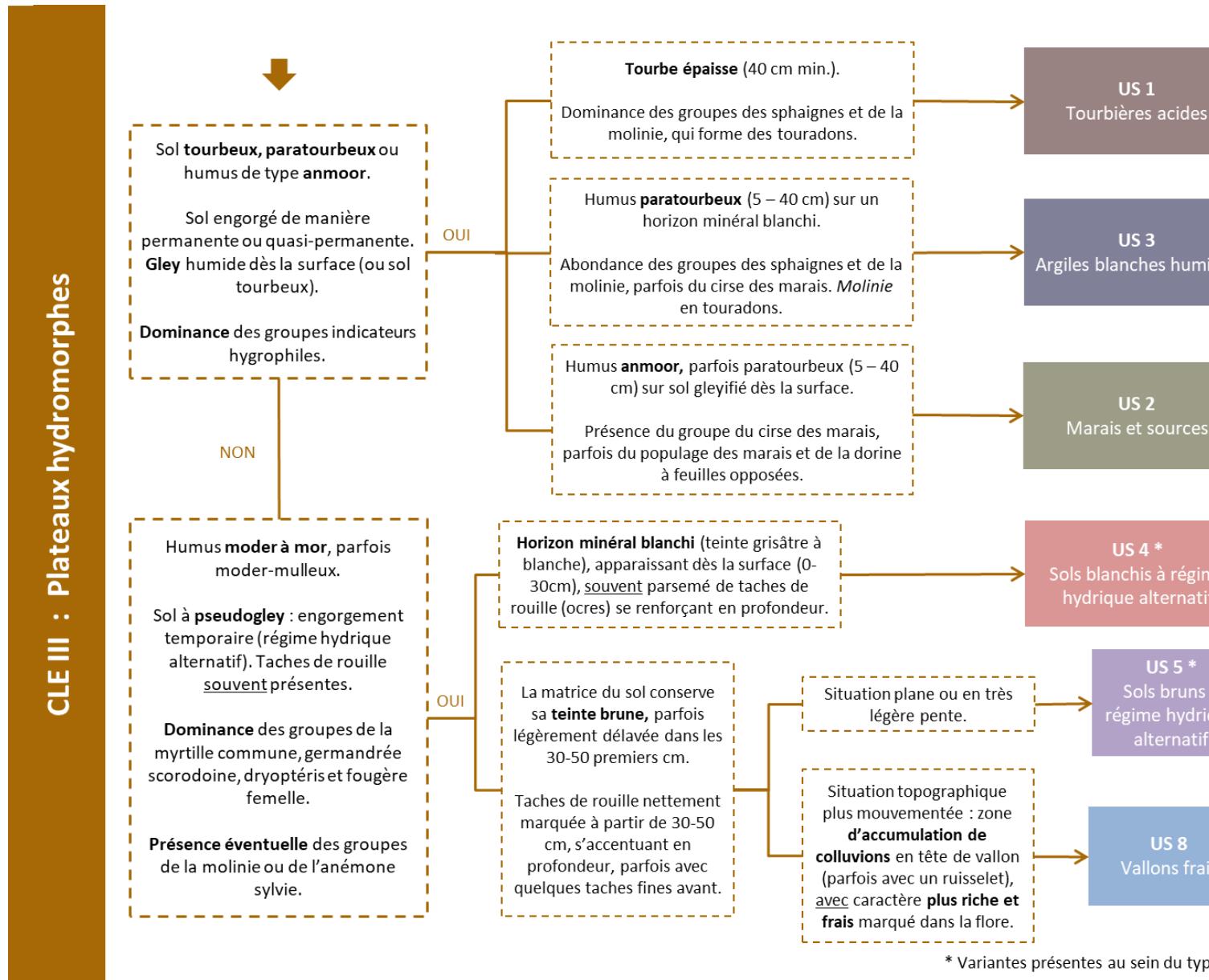
CLE II : Versants accusés (> 12° / 20 %)



* Variantes présentes au sein du type de station

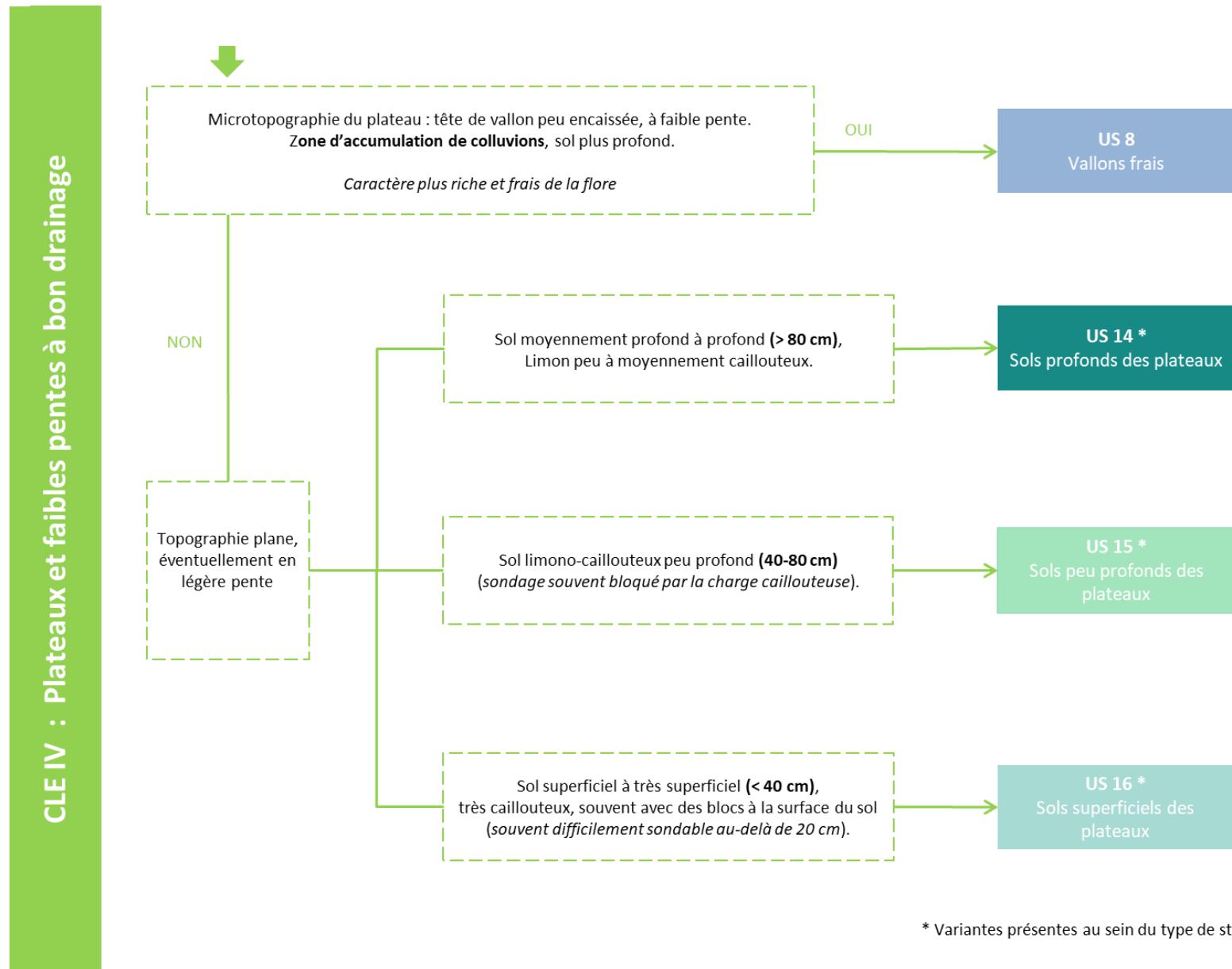
DETERMINATION DU TYPE DE STATION

CLE III : Plateaux hydromorphes



* Variantes présentes au sein du type de station

DETERMINATION DU TYPE DE STATION



* Variantes présentes au sein du type de station

DETERMINATION DU TYPE DE STATION

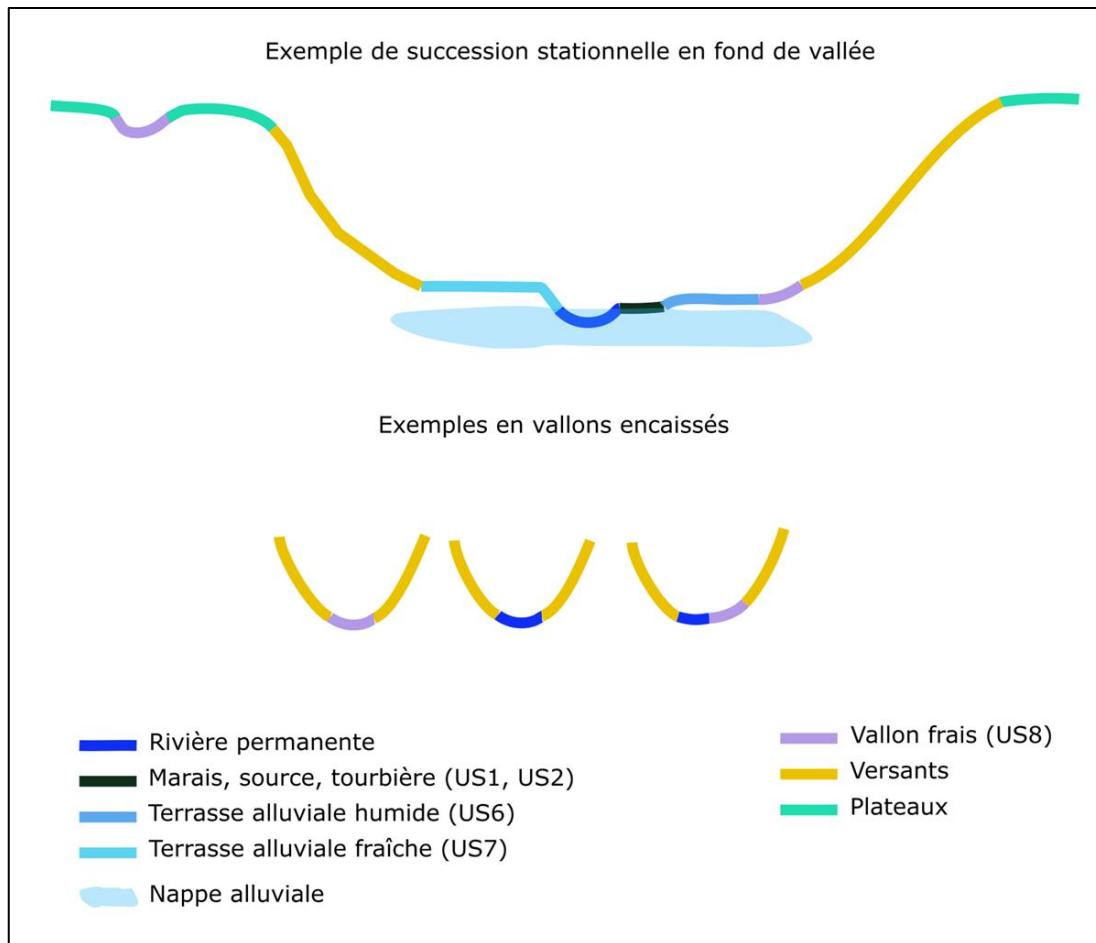
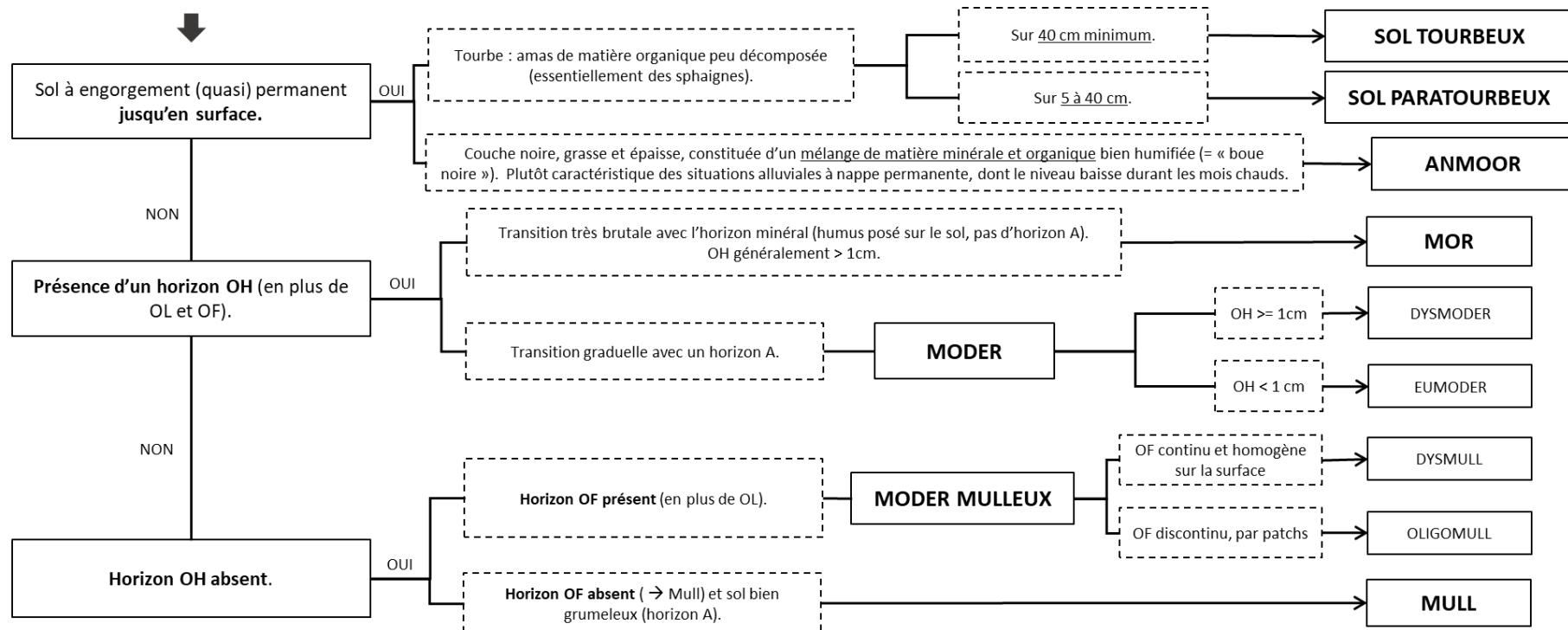


Figure 29 : Représentations schématiques des localisations des types de station de fond de vallée, notamment pour faciliter la différentiation entre les stations de terrasses alluviales (US6 et 7) et les vallons frais (US8).

Mise en forme à discuter avec l'éditeur.

DETERMINATION DU TYPE DE STATION

2. CLÉ D'IDENTIFICATION SIMPLIFIÉE DES TYPES D'HUMUS



Définitions (dans l'ordre d'apparition dans le profil du haut vers le bas) :

OL (L=litière) : Débris végétaux non ou peu dégradés. Leur forme originelle (feuilles, brindilles,...) est aisément reconnaissable.

OF (F=fragmentation) : Mélange de résidus végétaux (visibles à l'œil mais forme originelle non reconnaissable, svt mous et collés entre eux) et de matière organique fine (amas de particules millimétriques noirâtres).

OH (H=humification) : Horizon contenant plus de 70% de matière organique fine (amas de particules millimétriques noirâtres). Aspect de terreau brun-rougeâtre à noir, très léger, doux à l'état sec et gras à l'état humide.

A : Horizon organo-minéral composé d'un mélange de matière minérale (>70%) et organiques. Reconnaissable par sa couleur souvent plus foncée, caractéristique de la MO, que l'horizon minéral sous-jacent.

NB : Le préfixe « HYDRO » est ajouté lorsque de l'hydromorphie se marque dès l'horizon A (exemple : hydromull) pour caractériser des sols qui s'engorgent temporairement jusqu'en surface.

DETERMINATION DU TYPE DE STATION

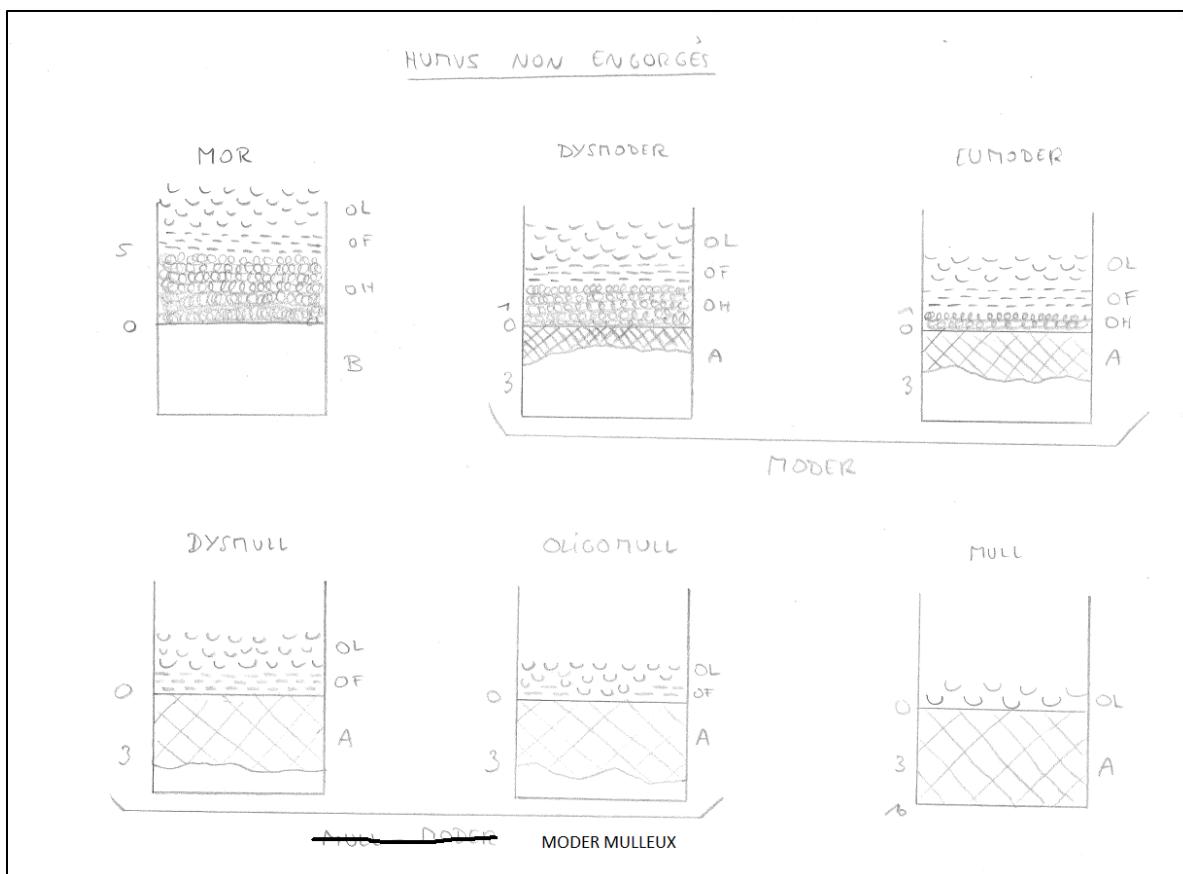
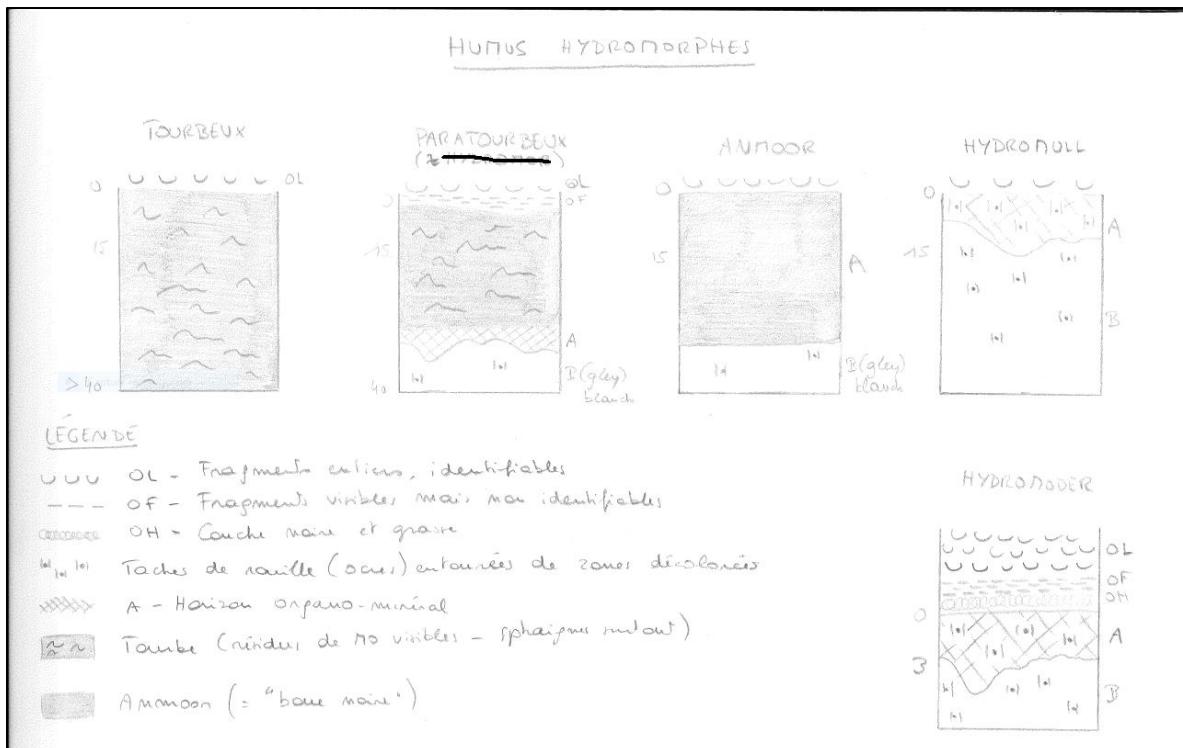
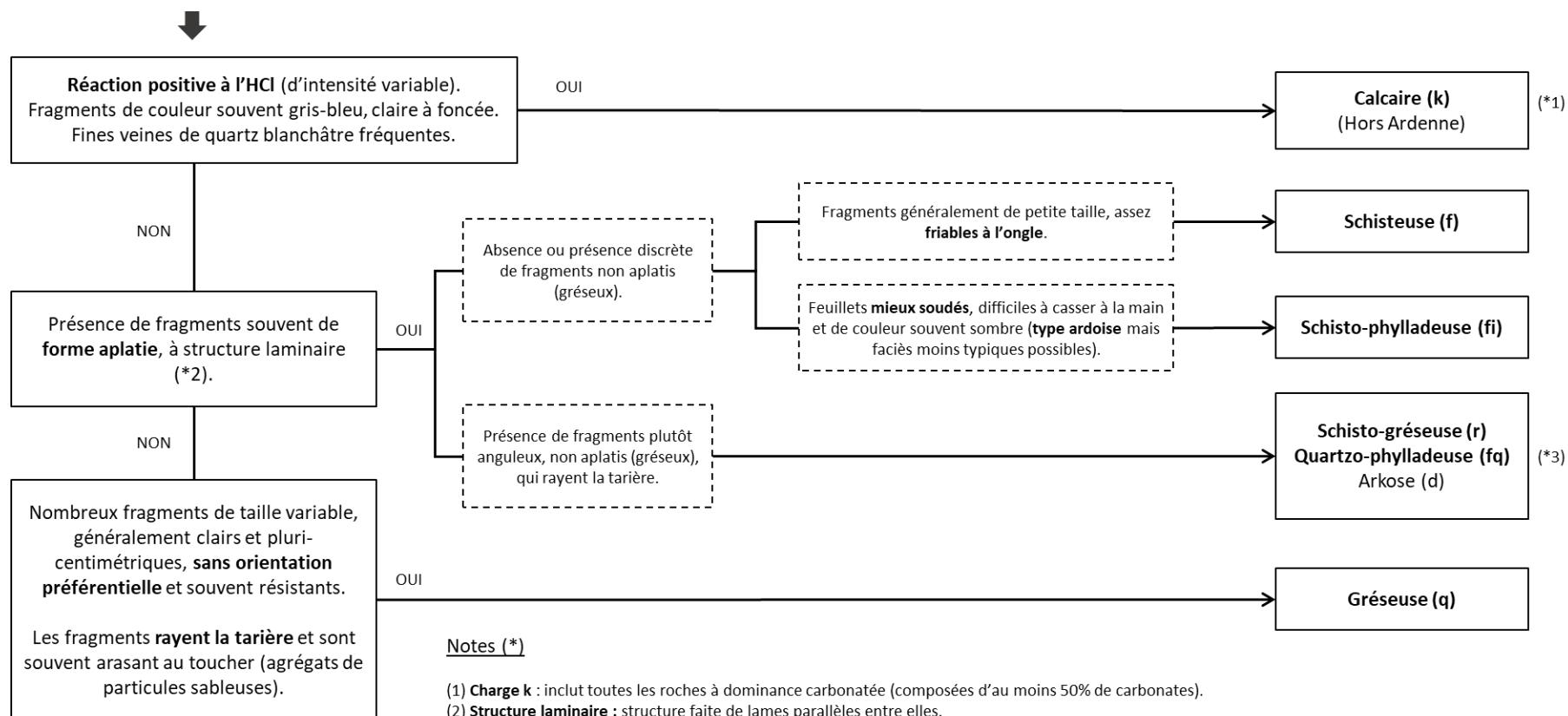


Figure 30 : Dessins schématiques des formes d'humus, hydromorphes et non-hydromorphes, utilisées dans ce guide.

Mise en forme (digitalisation ?) à discuter avec éditeur.

DETERMINATION DU TYPE DE STATION

3. CLÉ D'IDENTIFICATION SIMPLIFIÉE DES TYPES DE CHARGE



NB : Cette clé de détermination des types de charges a été construite pour satisfaire la curiosité des personnes intéressées par ce volet. Nous recommandons toutefois de faire confiance à la Carte des Sols de Wallonie pour leur identification. En effet, celle-ci est difficile à apprêhender sans formation spécifique en pédologie.

Description des grands contextes

1. SITUATIONS ALLUVIALES

Sous l'appellation « situations alluviales » se trouvent les stations étroitement liées au réseau hydrographique, depuis les petits vallons et ruisselets jusqu'aux terrasses alluviales des grandes vallées (figure 31).

Le guide des stations y distingue deux grands types de milieu dont les caractéristiques hydrologiques et pédologiques sont responsables de potentialités sylvicoles différentes :

- Les **milieux alluviaux** au sens strict, c'est-à-dire des stations qui occupent les terrasses alluviales, constituées des zones planes inondables en bordure des gros cours d'eau (= lit majeur), au sol relativement bien aéré en surface du fait de son drainage par le cours d'eau lui-même, donnant lieu à un humus de type mull ;
- Les **milieux marécageux** (US 2 : marais, et plus rarement US 1 : tourbières, décrits par ailleurs), occupant des microtopographies en dépression sur la terrasse (par exemple, un ancien bras mort comblé de matière organique), dont le sol est de ce fait totalement engorgé en permanence par la nappe phréatique de la vallée, donnant lieu à un gley dès la surface et un humus de type anmoor ou tourbe. Ces milieux marécageux peuvent aussi se développer ailleurs dans le relief, par exemple le long des ruisselets ou dans les dépressions de plateau (voir plateau hydromorphe).

Toutefois, au sein du fond de vallée, ces deux types de milieu peuvent s'organiser en mosaïque selon les variations de microtopographie de la zone alluviale.

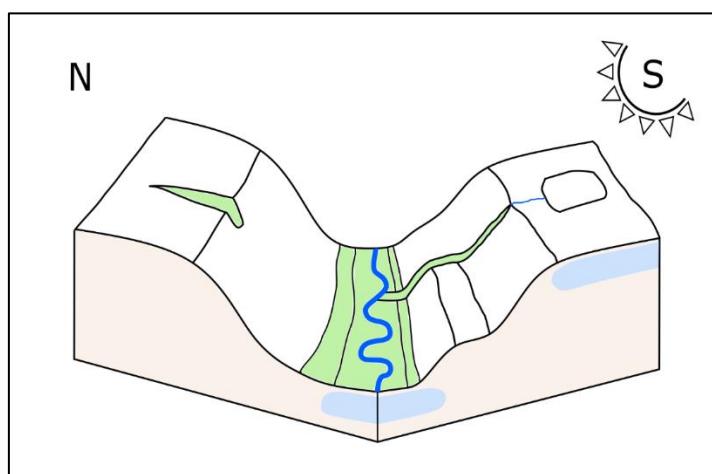


Figure 31 : Localisation topographique dans le paysage des stations des fonds de vallée.

Par ailleurs, en tête de vallée sur le plateau, les vallées des petits cours d'eau se dessinent moins nettement dans la topographie et se confondent avec les zones humides des alentours : tourbières (US 1), marais (US 2) et argiles blanches (US 3 et 4). Les profils de sol de ces stations (tourbe, gley, « argiles blanches ») et leur flore acidiphile (groupes de la molinie, des sphaignes, du cirse des marais) permettent toutefois de les distinguer des terrasses alluviales et vallons frais.

Les milieux alluviaux au sens strict

Situés sur les terrasses alluviales de gros ruisseaux ou de rivières, les milieux alluviaux sont donc caractérisés par une nappe phréatique permanente en profondeur. Selon leur position dans la vallée et leur élévation par rapport au niveau d'eau, ils sont plus ou moins inondables et leur sol est plus ou moins engorgé, laissant toutefois toujours un horizon de surface bien aéré (en dehors des crues) grâce au drainage du sol par le cours d'eau.

Développés sur alluvions et colluvions, ce sont des sols de haut niveau trophique, mésotrophes et nitrophiles, contrastant avec le niveau oligotrophe typique de l'Ardenne.

Les types de station alluviaux sont donc caractérisés à la fois par leur fertilité chimique, qui se reflète dans un humus de type mull, et leur disponibilité permanente en eau mais avec une bonne aération en surface.

Malgré ces caractéristiques communes, le guide distingue 3 types de station sur base de leur configuration topographique dans la vallée et de leurs niveaux d'humidité et d'aération du sol, qui sont des paramètres déterminants des sensibilités et potentialités sylvicoles de la station (figure 32) :

- **Les terrasses alluviales humides (US 6)** : terrasses alluviales peu élevées par rapport au niveau de l'eau, et de ce fait fortement hydromorphes et régulièrement inondées ;
- **Les terrasses alluviales fraîches (US 7)** : terrasses alluviales hautes, mieux drainées et rarement inondées, bordant les gros cours d'eau qui ont creusé profondément leur lit dans les alluvions épais du fond de vallée. Ce sont des sols profonds, parfaitement alimentés en eau mais aussi bien aérés ;
- **Les vallons frais (US 8)** : petits vallons qui se dessinent au bas des pentes et qui sont des zones d'accumulation de colluvions. Leur sol est frais grâce sa profondeur et aux apports d'eau variables venant des versants avoisinants. Toutefois, il ne comporte pas de nappe phréatique permanente, du moins proche de la surface, et n'est pas non plus fortement hydromorphe du fait d'une légère pente.

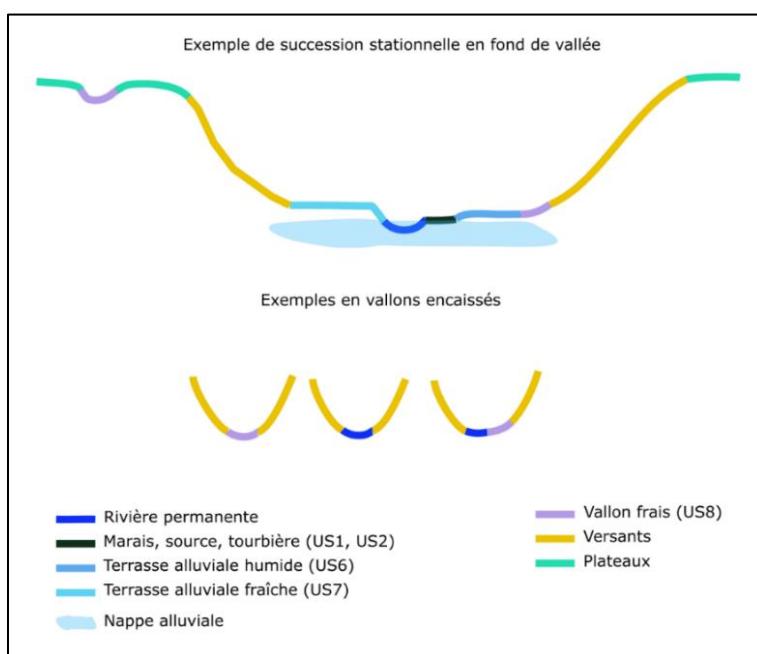


Figure 32 : Représentations schématiques des localisations des types de station de fond de vallée, notamment pour faciliter la différentiation entre les stations de terrasses alluviales (US6 et 7) et les vallons frais (US8).

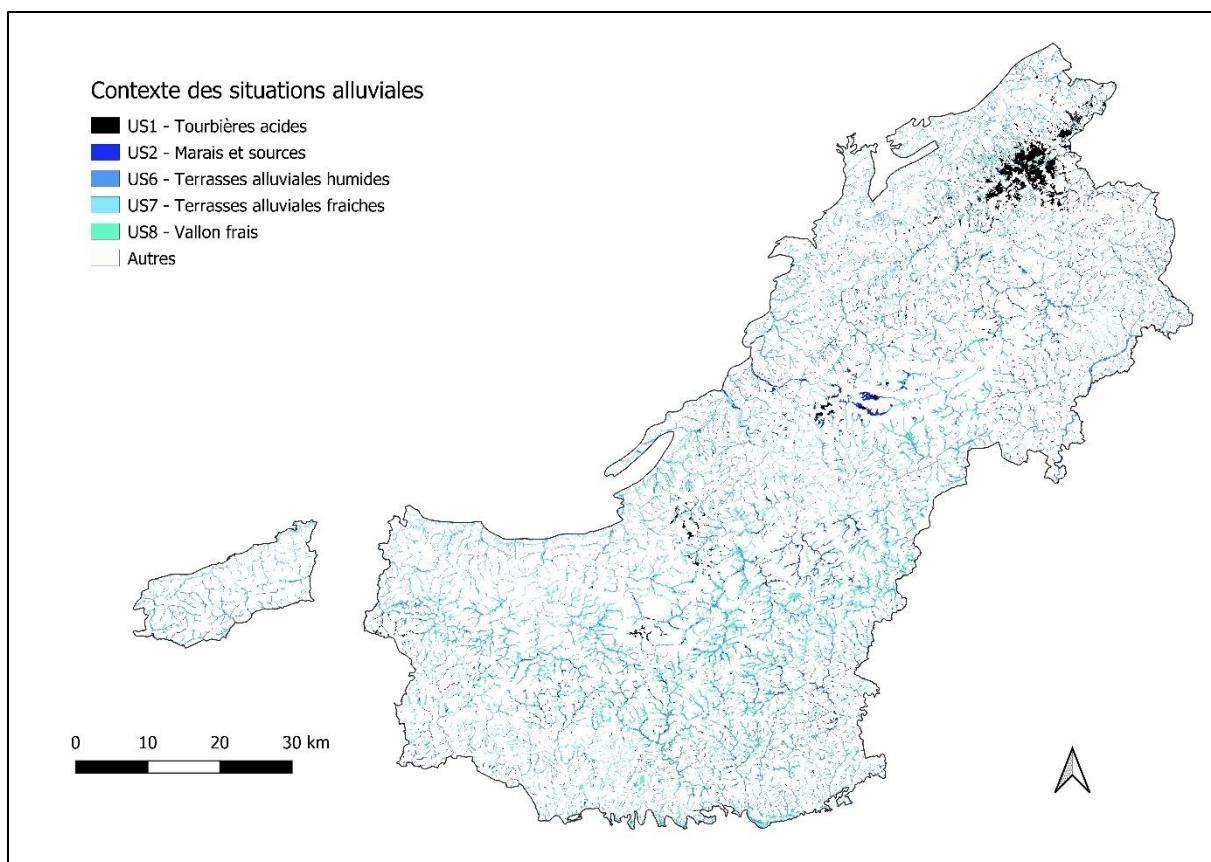
Distribution territoriale

Figure 33 : Répartition des stations alluviales et très hydromorphes en Ardenne.

Tableau 5 : Surfaces et pourcentages d'occupation des types de station alluviaux et très hydromorphes en Ardenne.

US	Nom US	Surfaces (ha)	Pourcentage du territoire (%)	Surfaces forestières (ha)	Pourcentage du territoire forestier (%)
6	Terrasses alluviales humides	28038	5,0	16217	5,0
8	Vallons frais	25618	4,6	10675	3,3
1	Tourbières acides	6600	1,2	6600	2,1
7	Terrasses alluviales fraîches	9420	1,7	3385	1,1
2	Marais et sources	7314	1,3	3354	1,0

[Editeur : stats à représenter graphiquement]

2. VERSANTS ACCUSÉS

En s'enfonçant dans le plateau ardennais, les cours d'eau ont formé de grands versants abrupts aux conditions écologiques très différentes, tant entre eux qu'avec les plateaux avoisinants. Deux principaux facteurs sont à la base de leurs spécificités microclimatiques :

- **L'exposition aux radiations solaires** (microclimats), qui intensifie la chaleur sur les pentes orientées vers le Sud, stimulant l'évapotranspiration qui assèche aussi le sol, alors qu'au contraire, l'exposition tamponne la température sur les pentes Nord ombragées, globalement plus fraîches mais moins soumises aux chaleurs extrêmes ;
- **La pente**, qui provoque un drainage latéral intense et une instabilité du sol, qui, de ce fait, est rarement très profond et ne contient donc pas une grande réserve en eau.

Dans ce guide des stations, les types de station des versants accusés ont été définis prioritairement par rapport au facteur le plus déterminant, qui aura aussi un impact important sur les conditions écologiques des stations dans le climat futur : l'exposition au rayonnement solaire, qui donne lieu à une première distinction entre **versants chauds** et **versants frais**.

La valeur seuil de pente qui permet de distinguer les versants des autres situations a été fixée à 12° (20%), conformément au critère du fichier écologique des essences (défini par Delvaux et Galoux, 1962). Les versants chauds sont ceux qui sont orientés entre l'ESE et le WNW, les frais en sont le complément (figure 34).

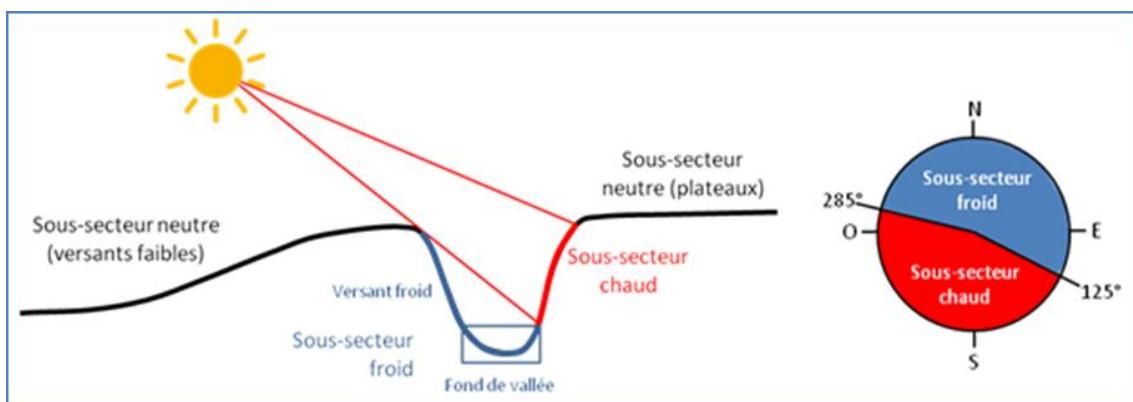


Figure 34 : Définition des versants chaud et frais selon les critères du fichier écologique des essences (définis par Delvaux et Galoux, 1962).

Sur les **versants chauds**, la végétation est soumise à des températures élevées lors des canicules et souffre rapidement de stress hydrique au cours de l'été. En effet, en absence de pluie, ce sont les réserves en eau du sol, dépendantes de sa profondeur, qui soutiennent la survie de la végétation. Ce type de station est de ce fait très sensible aux périodes de sécheresse et aux canicules qui s'intensifieront au cours des changements climatiques. La profondeur de sol est donc le second critère de distinction des types de station des versants chauds :

- Moins de 40 cm de profondeur : les versants chauds au sol superficiel (US 10)
- Plus de 40 cm : les versants chauds (US 11)

On notera toutefois qu'au sein des versants, la profondeur de sol peut considérablement varier au gré des variations topographiques locales. Les deux types de station de versant chaud ne sont donc pas toujours facilement distinguables, d'autant plus que la charge caillouteuse peut limiter la profondeur de sondage alors que la profondeur d'enracinement (= profondeur utile) est supérieure. Pour ces raisons, les cartographes ont souvent attribué un sigle « P » derrière le code, indiquant une profondeur variable sur forte pente.

Sur les **versants frais** par contre, la radiation est limitée, de sorte que l'hygrométrie de l'air est plus élevée et constante, et la demande en évapotranspiration, moindre. La profondeur de sol n'est donc plus aussi déterminante, d'autant plus qu'en général, les sols des versants nord sont plus profonds, et souvent, lorsqu'ils sont superficiels, c'est sûr de très fortes pentes préservées de la radiation directe et dont le microclimat est de ce fait nettement hygroscaphile. C'est plutôt le niveau trophique du sol qui est le second critère de définition des types de station des versants frais :

- Sols oligotrophe à hyper-oligotrophes (NT -2, voire -3) : les versants frais pauvres (US 12)
- Sols méso-oligotrophes à mésotrophes (NT -1, rarement 0) : les versants frais riches (US 13)

L'US 13 est plus fréquente en bas de versant car il existe souvent un enrichissement progressif du haut vers le bas de versant, jusqu'au contact du vallon (US 8) ou de la zone alluviale (US 7), qui sont plutôt méso-oligotrophes à mésotrophes.

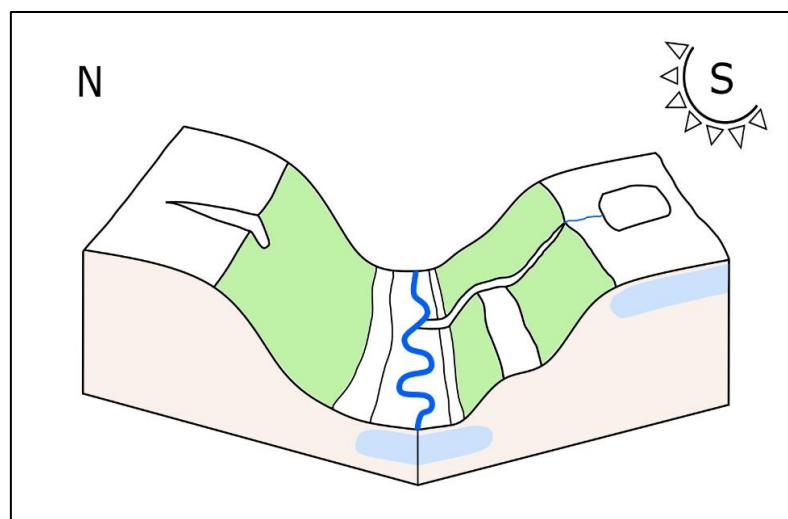


Figure 35 : Localisation topographique des versants accusés.

Plusieurs situations topographiques particulières peuvent aussi se présenter sous forme de patches au sein des 4 types de versants principaux. Bien que marginales en surface, il est important de les distinguer car elles induisent des contraintes de gestion spécifiques et accueillent des écosystèmes rares au sein des massifs forestiers, dans lesquels se réfugie une biodiversité spécifique. Il s'agit :

- **Des affleurements rocheux** (US 17) : gros rochers émergeant significativement de la pente ;
- **Des ravins hygroscaphiles** (US 9) : zones d'éboulis instables, souvent en aval de rochers, en bas de pente, ou le long de ravins étroits et pentus.

Distribution territoriale

Les US 9 et 17 étant marginales et difficiles à détecter cartographiquement, elles ont sans doute une surface sous-estimée.

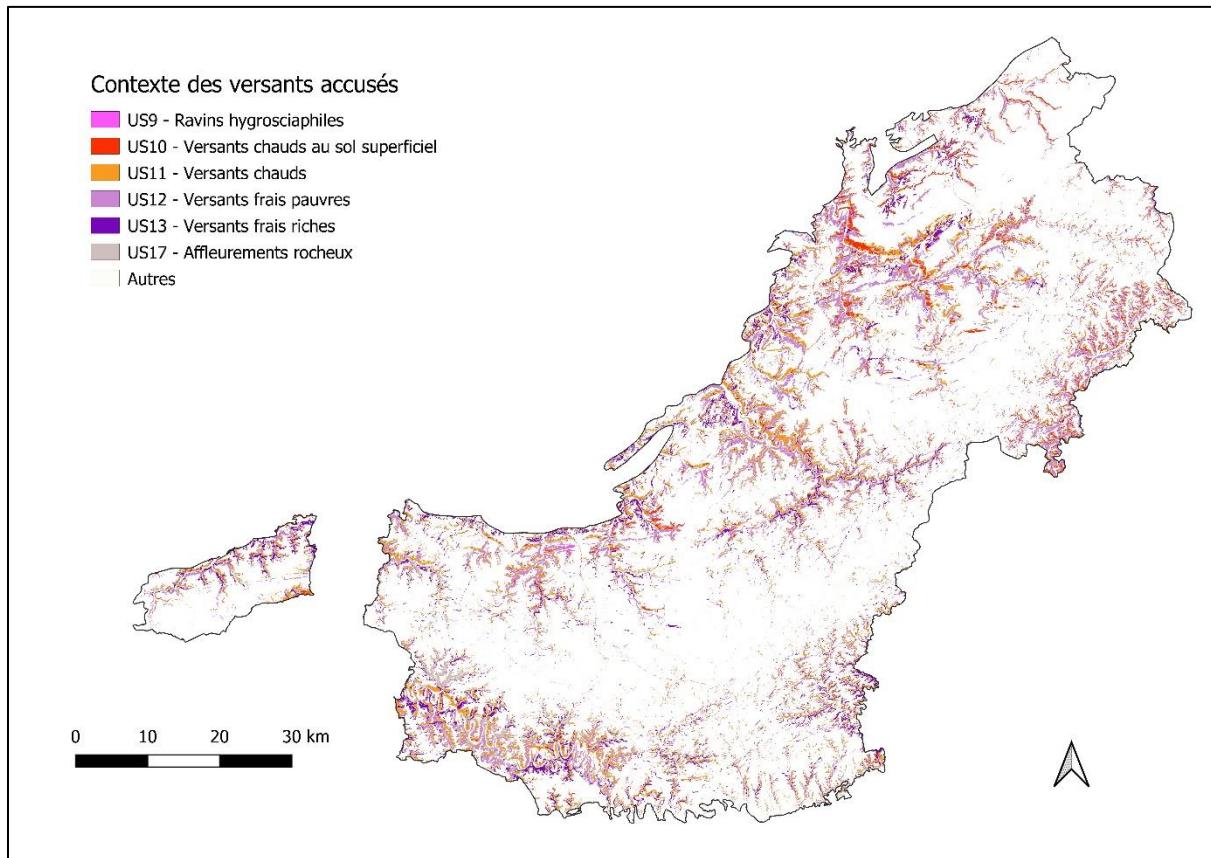


Figure 36 : Répartition des stations de versants accusés en Ardenne.

Tableau 6 : Surfaces et pourcentages d'occupation des types de station de versants accusés en Ardenne.

US	Nom US	Surfaces (ha)	Pourcentage du territoire (%)	Surfaces forestières (ha)	Pourcentage du territoire forestier (%)
12	Versants frais pauvres	39432	7	31452	9,8
11	Versants chauds	31127	5,53	25914	8,1
13	Versants frais riches	14117	2,51	11602	3,6
10	Versants chauds au sol superficiel	9931	1,76	8078	2,5
17	Affleurements rocheux	2673	0,47	2608	0,8
9	Ravins hygroscaphiles	634	0,11	632	0,2

[Editeur : stats à représenter graphiquement]

3. PLATEAUX HYDROMORPHES

Les plateaux hydromorphes sont des surfaces planes ou très faiblement inclinées (pente théoriquement inférieure à 20% en regard de la limite fixée pour les versants, mais souvent avec une pente bien plus faible). Contrairement aux plateaux et faibles pentes à bon drainage qui dominent nettement le paysage, ils apparaissent plutôt dans les inflexions du léger relief des plateaux (cuvettes et dépressions).

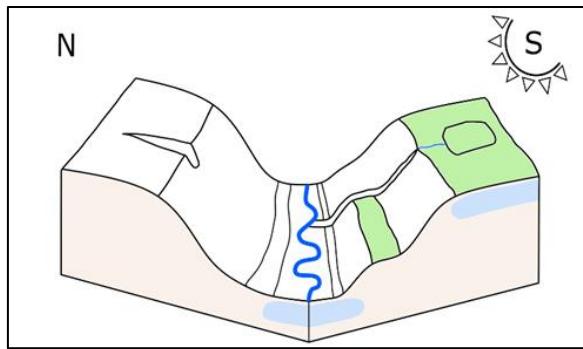


Figure 37 : Localisation topographique dans le paysage des plateaux hydromorphes.

Le guide des stations y distingue trois grands types de milieu au sein desquels les potentialités sylvicoles sont principalement influencées par la durée de l'engorgement du sol et selon la présence d'un plancher imperméable vers 30 à 80 cm de profondeur (le fragipan) qui empêche la percolation de l'eau et contraint l'enracinement des arbres.

- Les **sols à engorgement permanent** qui sont inondés en permanence jusqu'en surface par des apports d'eau constants (ruissellement, écoulement interne, sources), donnant lieu à du gley dès la surface. Il s'y développe des **tourbières** (US1) et des **marais** (US2) ; les premières se distinguent par la présence d'une épaisse couche de tourbe (> 40 cm). Il s'agit de sols asphyxiiques extrêmement contraignants que seuls les bouleaux et l'aulne glutineux peuvent supporter. *Ces milieux peuvent se rencontrer également en fond de vallée sous l'effet de la nappe alluviale affleurante (voir « Situations alluviales », page xx), mais sous une forme plus riche en raison des alluvions* ;
- Les **sols à régime hydrique alternatif (RHA)** du fait de la présence d'une nappe phréatique temporaire provoquée par un plancher imperméable à faible profondeur (30 à 80 cm). Le guide distingue 3 types de station selon l'intensité du phénomène : les **argiles blanches humides** (US 3), les **sols blanchis à RHA** (US 4), et les **sols bruns à RHA** (US 5). Leurs potentialités sylvicoles dépendent de la profondeur de l'horizon imperméable et de la durée de l'engorgement du sol ;
- Les **vallons frais** (US8), correspondant aux têtes de vallon, éventuellement occupées par un ruisseau temporaire ou permanent. Caractérisés par une accumulation de colluvions et bénéficiant d'apports d'eau variables venant des pentes avoisinantes par ruissellement, leur sol est profond et frais. Toutefois, la pente du vallon assurant un drainage latéral, ils ne comportent pas de nappe phréatique permanente, tout au plus un engorgement très temporaire pendant les périodes très pluvieuses, et n'est donc pas fortement hydromorphe. Ce sont des stations fertiles, généralement plus riches que les milieux avoisinants, et qui ont de bonnes potentialités sylvicoles.

Les types de station à engorgement permanent

Le catalogue distingue 2 types de station à engorgement permanent :

- **Les tourbières (US1)** : sol constitué d'une épaisse couche de tourbe (> 40 cm) sous le tapis de sphaignes. Le sol minéral sous-jacent (un fragipan) n'est pas toujours détecté au sondage (> 1 mètre) ;

Les marais et zones de sources (US 2) : sol minéral totalement gleyifié dès la surface, avec un humus de type anmoor. Sur le plateau, ils sont plutôt liés à des zones de sources.

Les types de station à régime hydrique alternatif

Le guide de stations distingue 3 types de station selon la durée et l'intensité de l'engorgement, qui se reflètent dans l'hydromorphie et le développement de profil du sol. Il faut toutefois garder en tête que dans les sols à régime hydrique alternatif, le cheminement de l'eau dans le sol, de même que la formation des nappes perchées, sont des phénomènes invisibles et méconnus, soumis à une grande variabilité locale, en relation avec la microtopographie de la station. Cela se traduit par un enchevêtrement souvent important des types de station, qui forment des mosaïques complexes au sein des dépressions humides (figures 38 et 39, pages 80 et 81). La flore est dans ce cas un indicateur déterminant et assez fin car l'abondance relative d'espèces hygrophiles et mésophiles reflète assez bien la durée d'engorgement du sol.

- **Les argiles blanches humides (US3)** correspondent à des sols très humides, à proximité de sources ou de tourbières, qui n'ont que de courtes périodes d'assèchement lors des épisodes climatiques secs de l'été. La décomposition de la litière est très lente et donne lieu à un humus épais (10 à 40 cm), humide et à tendance tourbeuse (paratourbe) qui repose sur un sol lessivé constamment humide, fortement gleyifié et blanchi sur plusieurs dizaines de cm. La flore y est hygrophile (bonne représentation des groupes de la molinie et des sphaignes). Elles se rapprochent de l'US 1 (tourbières) et de l'US 4 (sols blanchis à RHA) avec lesquelles elles se présentent souvent en mosaïque.
- **Les sols blanchis à régime hydrique alternatif (US 4)** sont des stations fortement impactées par le RHA, avec un engorgement total en hiver suite aux précipitations, mais avec un assèchement qui peut être très marqué en été du fait du pompage par la végétation. Comme les argiles blanches humides, le sol est blanchi dès la surface, mais l'humus, moins épais et non tourbeux, est de type dysmoder ou mor hydromorphe très foncé. On distingue ce type de station de l'US 3 par sa flore moins hygrophile (abondance des groupes de la myrtille et de la germandrée), surtout dans le cas des sols relativement préservés (non tassés). Ce sol est impénétrable pour les racines, d'autant plus que le fragipan apparaît rapidement, de telle sorte que les arbres souffrent à la fois de l'engorgement et de la sécheresse.
- **Les sols bruns à régime hydrique alternatif (US 5)** sont moins marqués par le régime hydrique alternatif, du fait de leur situation topographique intermédiaire et de la profondeur de sol utile (le fragipan n'apparaît qu'en profondeur, au-delà de 60 cm) qui permet le maintien d'une réserve d'eau non négligeable en saison de végétation. Au contraire des sols blanchis (US 3 et 4), le sol conserve une teinte brune, mais est parsemé de taches de rouille à partir de 30 à 50 cm, qui s'accentuent en profondeur, parfois avec une légère décoloration. Excepté dans les ornières et zones de tassement, la flore est plus mésophile (luzule blanche, fougère aigle,

canche flexueuse, polytric élégant, etc.), avec quelques hydroclines (canche cespiteuse, parfois molinie). Ce type de station possède de bonnes potentialités sylvicoles, même si l'hydromorphie peut être une contrainte à l'enracinement pour certaines essences, en particulier le hêtre.

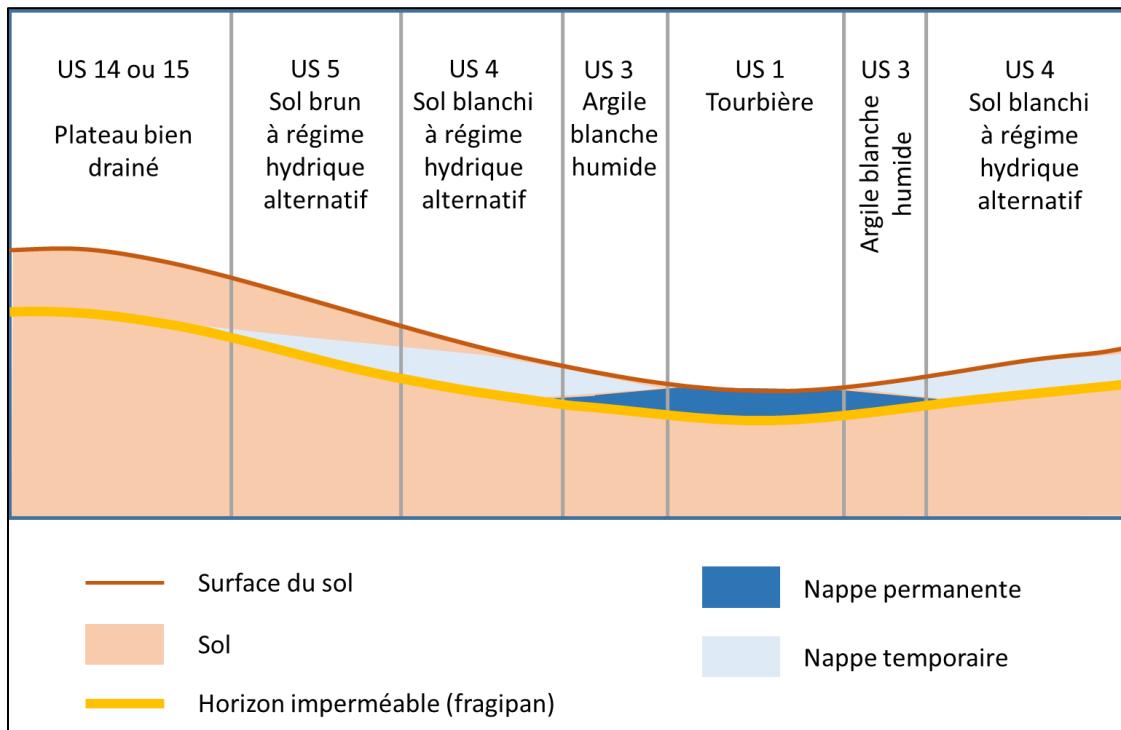


Figure 38 : Illustration d'un exemple de succession stationnelle dans une dépression de plateau en fonction de la formation de nappes permanente ou temporaire.

[Amélioration des figures 38 et 39 à voir avec l'éditeur]

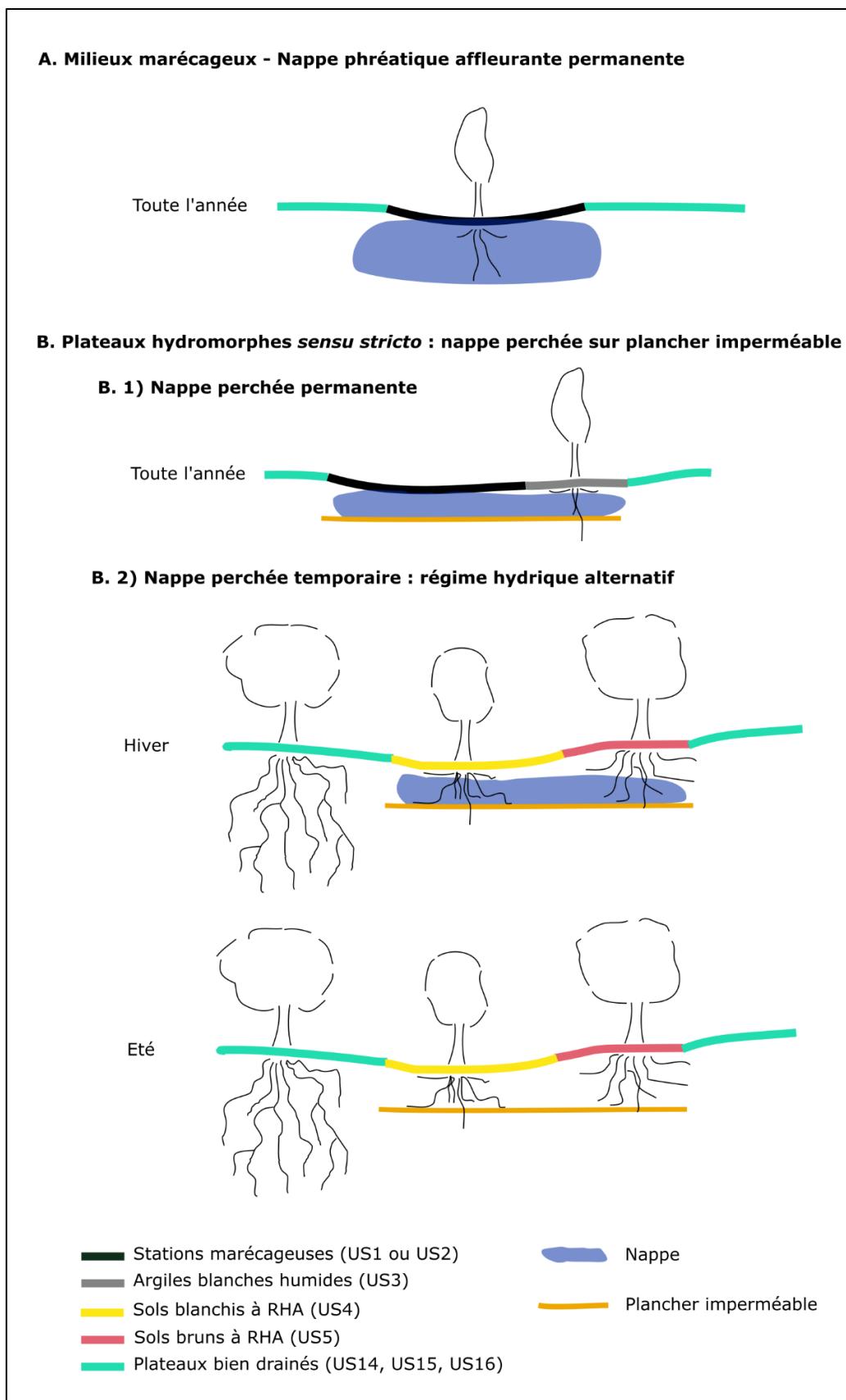


Figure 39 : Représentations schématiques des différents types de station des plateaux hydromorphes illustrant i) le type d'engorgement ii) la présence ou non d'un plancher imperméable iii) l'impact sur le développement racinaire et la croissance des arbres.

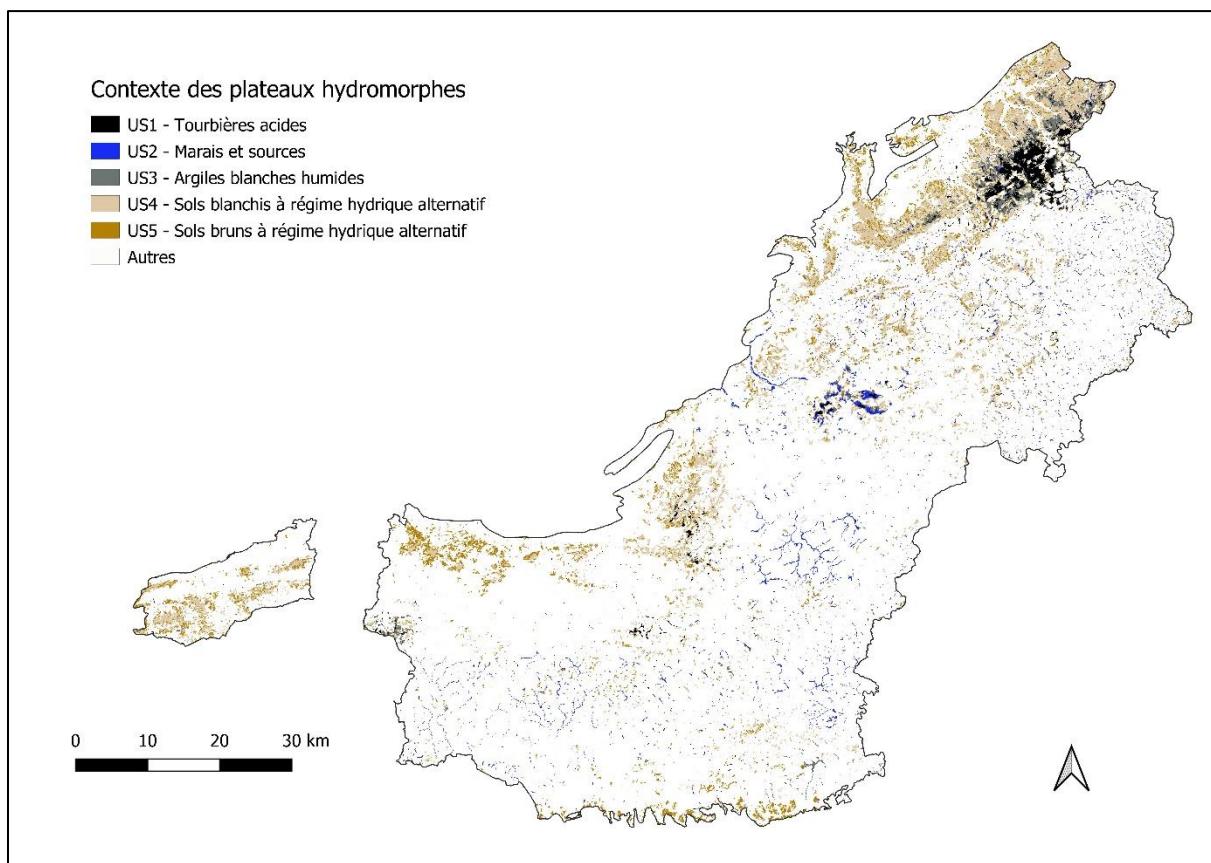
Distribution territoriale

Figure 40 : Répartition des types de station des plateaux hydromorphes en Ardenne.

Tableau 7 . Surfaces et pourcentages d'occupation des types de station des plateaux hydromorphes en Ardenne.

US	Nom US	Surfaces (ha)	Pourcentage du territoire (%)	Surfaces forestières (ha)	Pourcentage du territoire forestier (%)
4	Sols blanchis à régime hydrique alternatif	35791	6,4	25610	8,0
5	Sols bruns à régime hydrique alternatif	17961	3,2	10687	3,3
1	Tourbières acides	6600	1,2	6600	2,1
3	Argiles blanches humides	5886	1,1	3964	1,2
2	Marais et sources	7314	1,3	3354	1,0

[Editeur : stats à représenter graphiquement]

4. PLATEAUX ET FAIBLES PENTES À BON DRAINAGE

Les types de station des plateaux bien drainés sont des surfaces plutôt planes (pente inférieure à 20 %, en regard de la limite des versants, mais souvent avec une bien plus faible pente) dominant le paysage (contrairement aux reliefs planes des vallées ou même des dépressions du plateau), et dont le sol possède un bon drainage interne, de sorte qu'ils ne sont pas hydromorphes.

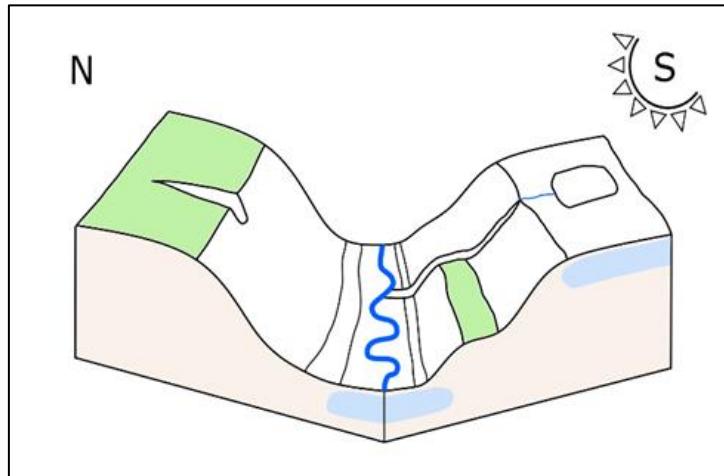


Figure 41 : Localisation topographique dans le paysage des plateaux bien drainés.

En relation avec la genèse de la géomorphologie de l'Ardenne, le centre du massif, sur l'axe Bièvre – Libramont – Bastogne, au relief mollement ondulé, est plutôt constitué de plateaux riches en limons éoliens, généralement peu caillouteux et relativement profonds (de l'ordre du mètre), que l'érosion et la solifluxion ont peu atteint. Par contre, sur les bordures du massif, les plateaux sont moins étendus et fortement entaillés de profondes vallées (Lesse, Ourthe, Amblève sur la retombée Nord ; Our, Sure sur la retombée Est ; Semois au Sud). De ce fait, ils ont été plus fortement soumis à l'érosion et à la solifluxion : les sols y sont moins profonds et plus caillouteux, parfois même superficiels.

Si, en raison du climat frais et pluvieux de l'Ardenne (excédent hydrique climatique de 50 à 100 mm d'eau selon les régions biogéographiques), ces nuances de profondeur ne sont pas nettement déterminantes pour les potentialités des stations, on peut penser que leur importance augmentera à l'avenir au fur et à mesure que les saisons de végétation deviendront de plus en plus sèches (on prévoit déjà à moyen terme un déficit estival) et solliciteront davantage les réserves hydriques du sol, qui, sur les plateaux, sont strictement dépendantes de la profondeur utile et des précipitations.

Dans ce contexte, le guide des stations distingue trois types de station selon cette profondeur de sol :

- **Les sols profonds des plateaux (US 14)** : sols profonds (au moins 1 mètre), souvent peu caillouteux, généralement planes, sur de larges plateaux ou des pentes douces. Ils possèdent une grande réserve utile (de l'ordre de 150 mm) qui permet à la végétation de surmonter les périodes de sécheresse estivale. De surcroît, ils sont rarement très pauvres grâce à leur grande teneur en limon. Ces sols sont très favorables à la forêt, mais pour les mêmes raisons, la plupart sont devenus agricoles.
- **Les sols peu profonds des plateaux (US 15)** : sols peu profonds (40 à 80 cm), nettement caillouteux, qui occupent les plateaux moins étendus à l'interfluve entre des gros cours d'eau. Leur réserve utile est plus faible, de l'ordre de 50 à 100 mm, mais avec une incertitude quant à la capacité des arbres à mobiliser l'eau en profondeur en fonction de la capacité d'enracinement dans le manteau caillouteux parfois impénétrable, ou, le cas échéant, dans les fissures de la roche-mère. Le niveau trophique du sol est plus étroitement en relation avec la lithologie, souvent oligotrophe, parfois hyper-oligotrophe en contexte gréseux ou schisto-phylladeux, voire méso-oligotrophe en contexte schisteux.
- **Les sols superficiels des plateaux (US 16)** : sols superficiels (< 40 cm), généralement très caillouteux, souvent avec des blocs à la surface du sol. Il s'agit de sommets de collines plus étroites, de bordures de plateau, etc. liés à des zones au relief mouvementé. C'est un type de station peu fréquent mais qui mérite d'être considéré à part, car, avec sa faible réserve utile (moins de 30 mm), il est fortement exposé à la sécheresse. Dans ce cas aussi, la profondeur utile dépendra de la capacité de l'enracinement à se faufiler entre les cailloux (sigle 3 : sols peu profonds très caillouteux) ou de la fissuration de la roche-mère (sigles 4, 5, 6 : superficiel à très superficiel). Bien que ce type de station ne soit pas lié à une lithologie particulière, on les retrouve souvent sur schistes ou schisto-phyllades en-dessous de 500 mètres d'altitude. Les sols sont alors plutôt oligotrophes à méso-oligotrophes. La variante plus acide (hyper-oligotrophe) se retrouve plutôt sur les charges gréseuses et schisto-gréseuses des hauts plateaux. Toutefois, vu le caractère limitant de leur sécheresse estivale, le niveau trophique n'est pas le plus important à prendre en compte.

Sur les plateaux, on peut aussi trouver des têtes de vallon dont la pente n'est pas forte (< 20 %) mais où les colluvions et les eaux de ruissellement peuvent se concentrer (**US 8 : vallons frais**). Ces stations sont donc plus fraîches en raison de leur alimentation en eau et d'un sol relativement plus profond. Elles se reconnaissent à leur microtopographie, mais souvent aussi à leur flore plus luxuriante, plus hydrocline, et notamment à l'abondance des ronces.

Distribution territoriale

Les stations de plateaux à bon drainage couvrent la moitié des sols forestiers d'Ardenne. Les plateaux au sol superficiels (US16) sont les plus rares ; les 2 autres types (US 14 et 15) se partagent l'essentiel du plateau en fonction du relief.

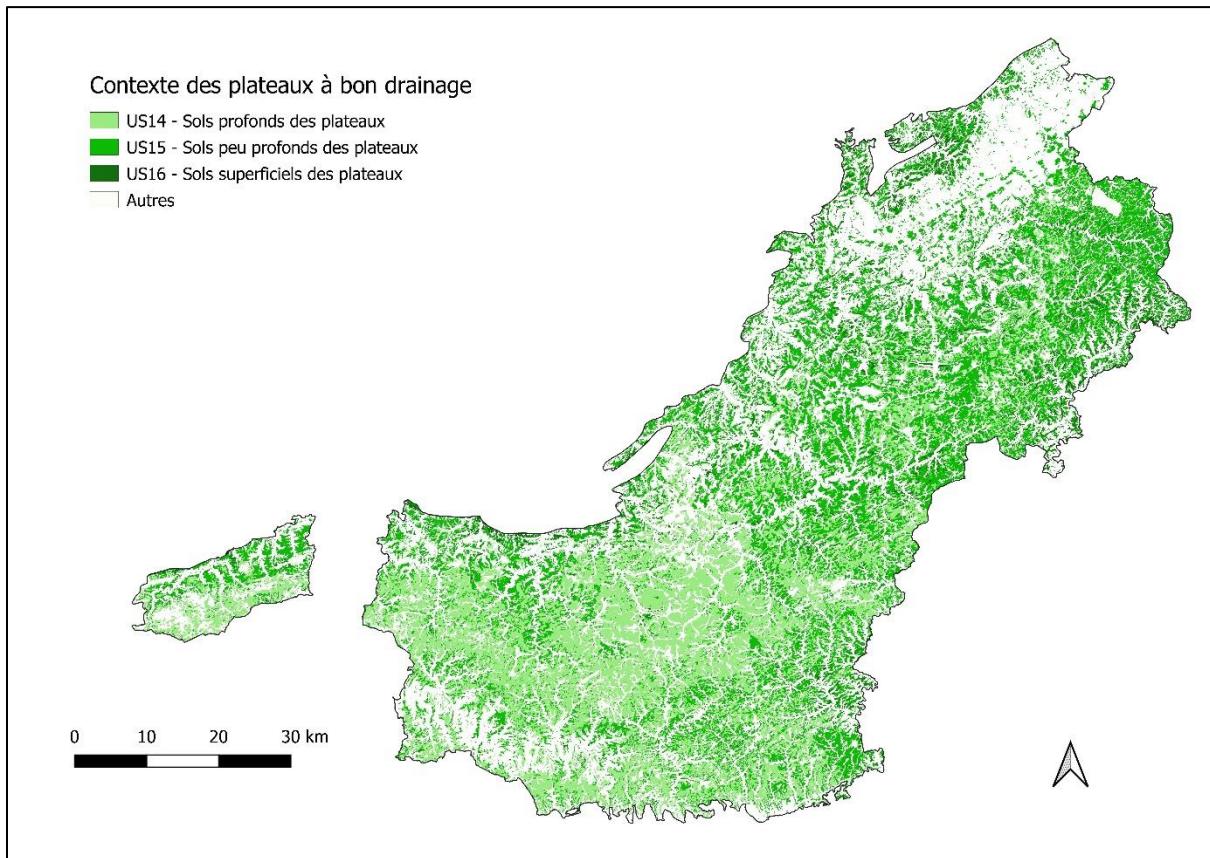


Figure 42 : Répartition des types de station de plateaux et faibles pentes à bon drainage en Ardenne.

Tableau 8 : Surfaces et pourcentages d'occupation des types de station des plateaux et faibles pentes à bon drainage en Ardenne.

US	Nom US	Surfaces (ha)	Pourcentage du territoire (%)	Surfaces forestières (ha)	Pourcentage du territoire forestier (%)
14	Sols profonds des plateaux	136966	24,3	77087	24,0
15	Sols peu profonds des plateaux	149711	26,6	74937	23,3
16	Sols superficiels des plateaux	19884	3,5	8777	2,7

[Représentation graphique avec les stats]