



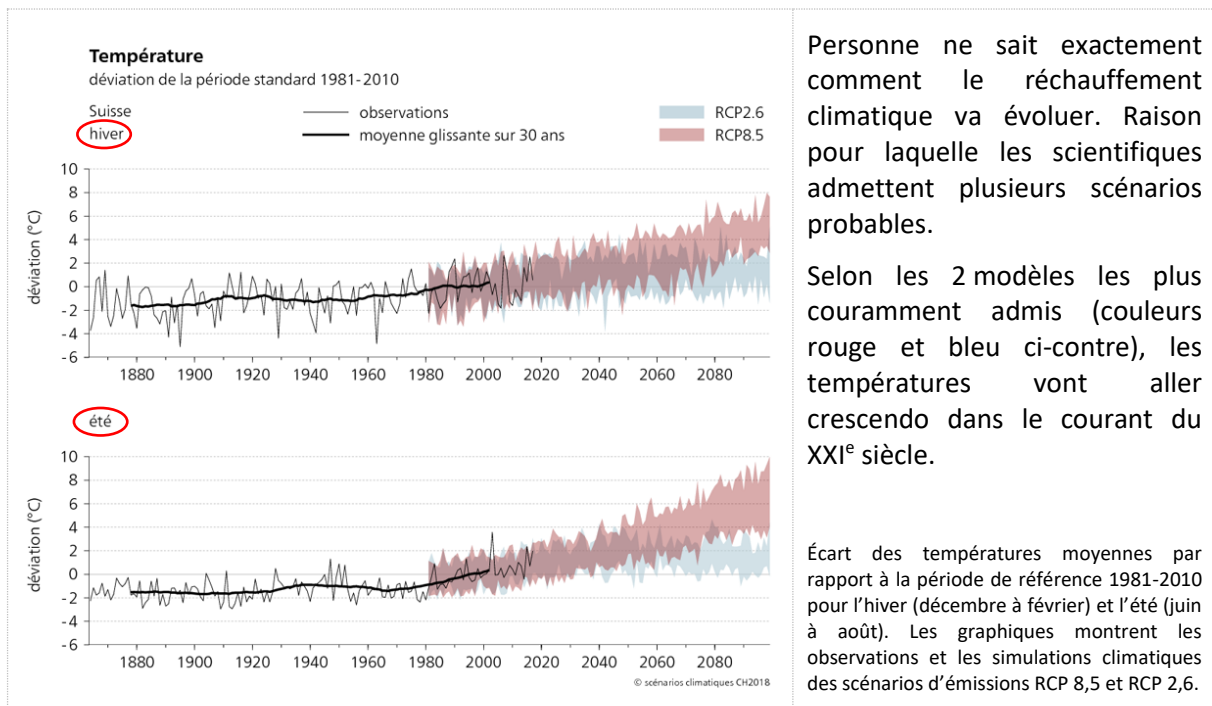
Sylviculture et changement climatique dans le canton de Neuchâtel, Recommandations aux propriétaires et gestionnaires forestiers

Un condensé de cette version est accessible sur www.ne.ch/sffn > Forêts > Plan de gestion forestier – Informations > Section Documents et outils. Les fiches-conseil relatives aux essences qui profiteront/pâtiront du changement climatique (chapitre 10) peuvent être téléchargées sur le géoportail (sitn.ne.ch, thème Forêts). Elles reflètent l'état des connaissances 2020 et sont susceptibles d'évoluer, selon les avancées de la recherche dans les domaines climatique et sylvicole.

1	CONTEXTE GÉNÉRAL.....	2
2	LE CHANGEMENT CLIMATIQUE À L'ÉCHELLE DU CANTON.....	2
3	L'ÉCOSYSTÈME FORESTIER, ADAPTATIF ET AUTO-PROTECTEUR.....	4
4	LES ÉTAGES DE VÉGÉTATION PRENNENT L'ASCENSEUR	4
5	LES TYPES DE STATION, FIL À PLOMB DU SYLVICULTEUR.....	6
6	SOLS ET HUMUS, FACTEURS STATIONNELS PRÉPONDÉRANTS	7
7	CARTE DES TYPES DE STATION	7
8	ECOGRAMMES.....	9
9	PROJECTIONS FUTURS DES TYPES DE STATION	10
10	CONSEILS POUR LE CHOIX DES ESSENCES	11
11	PRINCIPES POUR RENFORCER LA CAPACITÉ ADAPTATIVE DES FORÊTS	14
12	ATTITUDE SUITE À DES ÉVÉNEMENTS MÉTÉOROLOGIQUES EXTRÊMES.....	17
13	ATTITUDE LORS DU MARTELAGE DES COUPES NORMALES	18
14	INDISPENSABLE ÉQUILIBRE FORÊT-GIBIER	19
15	CONCLUSION	19
	BIBLIOGRAPHIE	21

1 Contexte général

Le climat change... tant à l'échelle mondiale que locale. Dans notre pays, les températures annuelles moyennes ont augmenté de 1,8 °C environ depuis 1864, alors que les précipitations n'ont pas dénoté de tendance générale. Selon les recherches menées dans le cadre du programme « Forêts et changements climatiques » de l'OFEV et du WSL (Pluess et al., 2016), les changements seront nettement plus marqués au XXI^e siècle que durant le XX^e : d'ici à 2100, la hausse des températures moyennes estivales (juin à août) atteindra jusqu'à 5 °C, tandis que les précipitations estivales diminueront de 5 à 25%, selon les modèles.



Personne ne sait exactement comment le réchauffement climatique va évoluer. Raison pour laquelle les scientifiques admettent plusieurs scénarios probables.

Selon les 2 modèles les plus couramment admis (couleurs rouge et bleu ci-contre), les températures vont aller crescendo dans le courant du XXI^e siècle.

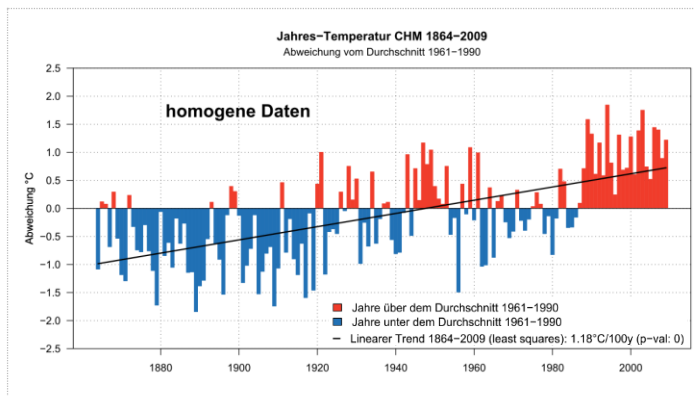
Écart des températures moyennes par rapport à la période de référence 1981-2010 pour l'hiver (décembre à février) et l'été (juin à août). Les graphiques montrent les observations et les simulations climatiques des scénarios d'émissions RCP 8,5 et RCP 2,6.

Le réchauffement du climat aura pour conséquence une montée en altitude des étages de végétation... Cela va occasionner un **changement progressif, mais néanmoins drastique de notre végétation**. Un changement graduel certes, avec toutefois quelques imprévisibles soubresauts, telles les recrudescences d'arbres morts observées chez nous, par exemple après les années 1947-49 (sécheresses), 1976 (sécheresse), 1999 (tempête), 2003 (canicule + sécheresse), 2018 (canicule + sécheresse).

2 Le changement climatique à l'échelle du canton

Même si les objectifs de réduction des émissions de CO₂ convenus au niveau international sont atteints, les forêts neuchâteloises changeront considérablement de visage au cours des décennies à venir. Une hausse de 2,5 à 3,1 °C correspond à un **décalage en altitude des étages de végétation de 400 à 500 m** (Pluess et al., 2016).

Pour se faire une idée concrète du climat futur dans notre canton, une étude menée à l'échelle régionale par les climatologues (MétéoSuisse, 2013) relève les parallèles suivants : Le Chasseral (1599 m d'altitude) pourrait durant un été typique de 2060 avoir une température comparable à La Frétaz (1205 m d'altitude) aujourd'hui. La température estivale moyenne à La Chaux-de-Fonds (1018 m d'altitude) avoisinera celle enregistrée aujourd'hui 400 m plus bas. Neuchâtel est susceptible d'atteindre des températures au-moins aussi élevées que Lugano et Locarno aujourd'hui d'ici à 2060.

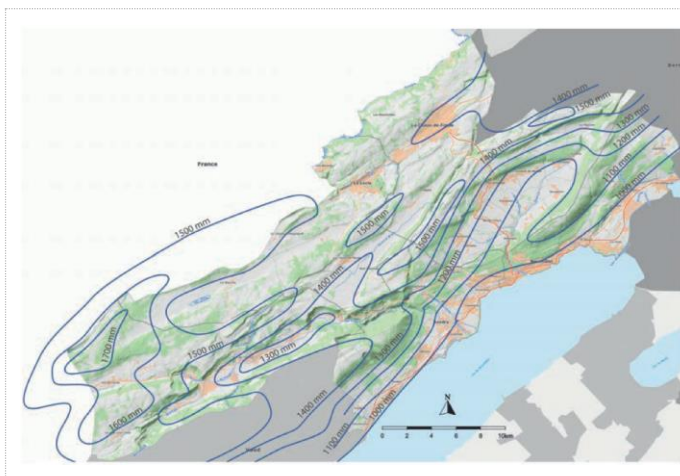


Evolution des températures moyennes annuelles (1864 - 2009) à **Chaumont**.

En 100 ans, la température annuelle moyenne a augmenté de 1,18°C à Chaumont. A l'échelle suisse, pour la même période, cette augmentation est de l'ordre de 1,3°C.

Source : www.meteosuisse.admin.ch/home/climat/le-climat-suisse-en-detail/donnees-homogenees-depuis-1864.html

Selon MétéoSuisse¹, depuis le début des mesures en 1864, aucun changement significatif dans les **quantités annuelles de précipitations** n'est observé dans notre canton. Par contre, il semble que celles-ci sont plus faibles en été et plus abondantes en hiver, et les pluies sont plus intenses mais de moindre durée. Il faut donc s'attendre à des périodes de sécheresse plus longues en été. Ainsi, la répartition future des précipitations – dans le temps et dans l'espace – jouera un rôle déterminant pour la végétation. A cela s'ajoute le fait que, dans l'hypothèse de quantité de précipitations plus ou moins inchangées, mais avec des températures plus élevées, l'alimentation hydrique des plantes se détériorera (évaporation accrue). En principe, lorsque la température augmente, les arbres forment plus d'**accroissement**, à condition toutefois qu'ils disposent d'eau en suffisance. Cette règle laisse entrevoir un *recul progressif des accroissements en plaine*, dû à la diminution de l'alimentation hydrique. En altitude, par contre, les accroissements ligneux pourraient progresser, sachant que l'eau disponible devrait rester suffisante.



Carte pluviométrique du canton de Neuchâtel avec les isohyètes pour la période 1950 à 2000.

Source : MATTHEY, B. 1986. Les ressources en eau du canton de Neuchâtel dans le cadre de l'aménagement du territoire (situation 1984). Ed. B. Matthey, 2205 Montézinon, 324 pp.

La **durée de la période de végétation**, aujourd'hui comprise entre 180 et 240 jours, augmentera d'environ 40 jours à toutes les altitudes, atteignant, en 2060, une durée de l'ordre de 220 jours sur les crêtes, 260 jours dans les vallées et 280 jours sur le Littoral.

La forêt est à la fois soumise au changement climatique et en même temps partie de la solution pour le juguler. En effet, **les arbres sont nos meilleurs alliés pour contenir le réchauffement climatique**, tant ils sont efficaces pour capter le CO₂ atmosphérique, pour le transformer en oxygène et pour le séquestrer, dans la durée, sous forme de bois². On ne répétera jamais assez que le bois est une matière première géniale et polyvalente, providentielle même pour la santé de notre planète et que la forêt –

¹ <https://www.meteosuisse.admin.ch/home/climat/changement-climatique-suisse/evolution-de-la-temperature-et-des-precipitations.html>.

² L'élaboration d'une tonne de bois absorbe 1,6 t de CO₂ et rejette 1,1 t d'oxygène dans l'atmosphère. Ainsi, le carbone stocké dans le bois de construction apporte une judicieuse contribution à la lutte contre les changements climatiques.

notamment la **forêt productive** – est ce qu’il y a de mieux pour fixer le carbone et contenir le réchauffement climatique.

En plus de l’impact sur les étages de végétation, sur la répartition des essences, sur l’accroissement ligneux et sur la durée de croissance annuelle des plantes, le changement climatique apportera chez nous aussi son lot d’**événements et de perturbations** à même d’affecter l’écosystème forestier : sécheresses, canicules (vagues de chaleur), incendies, orages violents, grêle, forte insolation, coups de soleil, multiplications des pullulations de scolytes, expansion de nouveaux pathogènes...

3 L’écosystème forestier, adaptatif et auto-protecteur

La **forêt** est une communauté infiniment vivante ; un super-organisme à l’équilibre duquel participent animaux (y.c. les grands prédateurs), plantes, bactéries, champignons et l’homme bien entendu. La forêt – *écosystème* aux variations locales infinies – est en même temps un formidable *système de production*, formé du **sol, du peuplement et de l’atmosphère** ; un système à considérer dans son intégralité, au sein duquel tout est intimement imbriqué ; un système fascinant, autonome qui ne connaît pas la notion de déchet ; un système qui, grâce surtout au travail colossal des vers de terre, peut être qualifié d’« *autofertilisant* » ; un **système adaptatif capable d’évoluer, de s’ajuster et de se réorienter**, pour autant que le sylviculteur sache respecter son intégrité, son rythme et accompagner sa créativité, sans chercher à s’imposer.

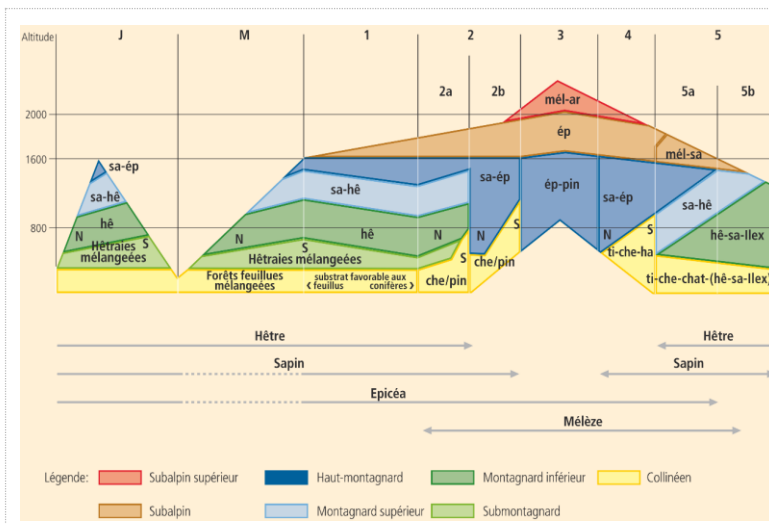
En forêt, *l’ombre* est une force et un atout auto-protecteur contre l’élévation des températures. Les observations de Leibundgut (1975), confirmée par les études de Remund (2016) révèlent que **le climat à l’intérieur d’un peuplement diffère nettement du climat en terrain ouvert** et que les écarts dépendent beaucoup du type et de la densité du peuplement. Sous couvert boisé, les températures maximales sont le plus souvent nettement plus basses (l’écart pouvant dépasser 5 °C) et l’humidité de l’air en général plus élevée. Ce constat parle en faveur des **futaies structurées, à couvert permanent**, telles que nous avons la chance d’en héberger de majestueuses dans le canton de Neuchâtel. Il parle aussi en faveur des **essences pionnières**, créant des conditions favorables à l’installation des autres espèces par l’amélioration des propriétés du sol et surtout par **l’ambiance micro-climatique** engendrée. Les pionniers regroupent notamment : les bouleaux, le tremble et autres peupliers, les saules, les aulnes, le pin sylvestre. A l’avenir, plus le climat se réchauffera, plus *l’ombre sera un service écosystémique apprécié* des utilisateurs de l’aire boisée. L’ombrage est un produit forestier facile à faire disparaître, mais toujours très long à reconstituer.

Les vieux chênes sont également dotés d’une faculté auto-protectrice, en formant, côté sud, une écorce épaisse, permettant au cambium d’éviter la surchauffe en période de forte insolation. Cette aptitude, développée au cours des millénaires, leur permet de supporter nettement mieux les canicules que les hêtres par exemple.

4 Les étages de végétation prennent l’ascenseur

Les **étages de végétation de l’arc jurassien**, sont définis selon le tableau et le croquis de la page suivante (NaiS, OFEV, 2005). Ces étages ne sont pas délimités par l’altitude, mais par l’essence ou les essences dominantes dans les forêts naturelles, selon la zonation altitudinale de la végétation. Pour l’arc jurassien, il s’agit actuellement – de l’aval vers l’amont – du hêtre, du sapin, puis de l’épicéa. Certaines plantes indicatrices permettent également de distinguer les différents étages (Frehner et al. 2009). L’exposition joue un rôle important dans la répartition altitudinale des étages de végétation. Le substrat géologique également : sur sol calcaire par exemple, le hêtre atteint des altitudes plus élevées que sur substrats acides.

Etage de végétation	Répartition altitudinale	Forêt naturelle
Haut-montagnard	Env. 1300 à 1600 m	Pessière-Sapinière
Montagnard supérieur	En général 900 à 1400 m	Hêtraie à Sapin
Montagnard inférieur	En général 600 à 1000 m	Hêtraie (souvent pure)
Submontagnard	En général 400 à 700 m	Hêtraie (souvent mélangée)

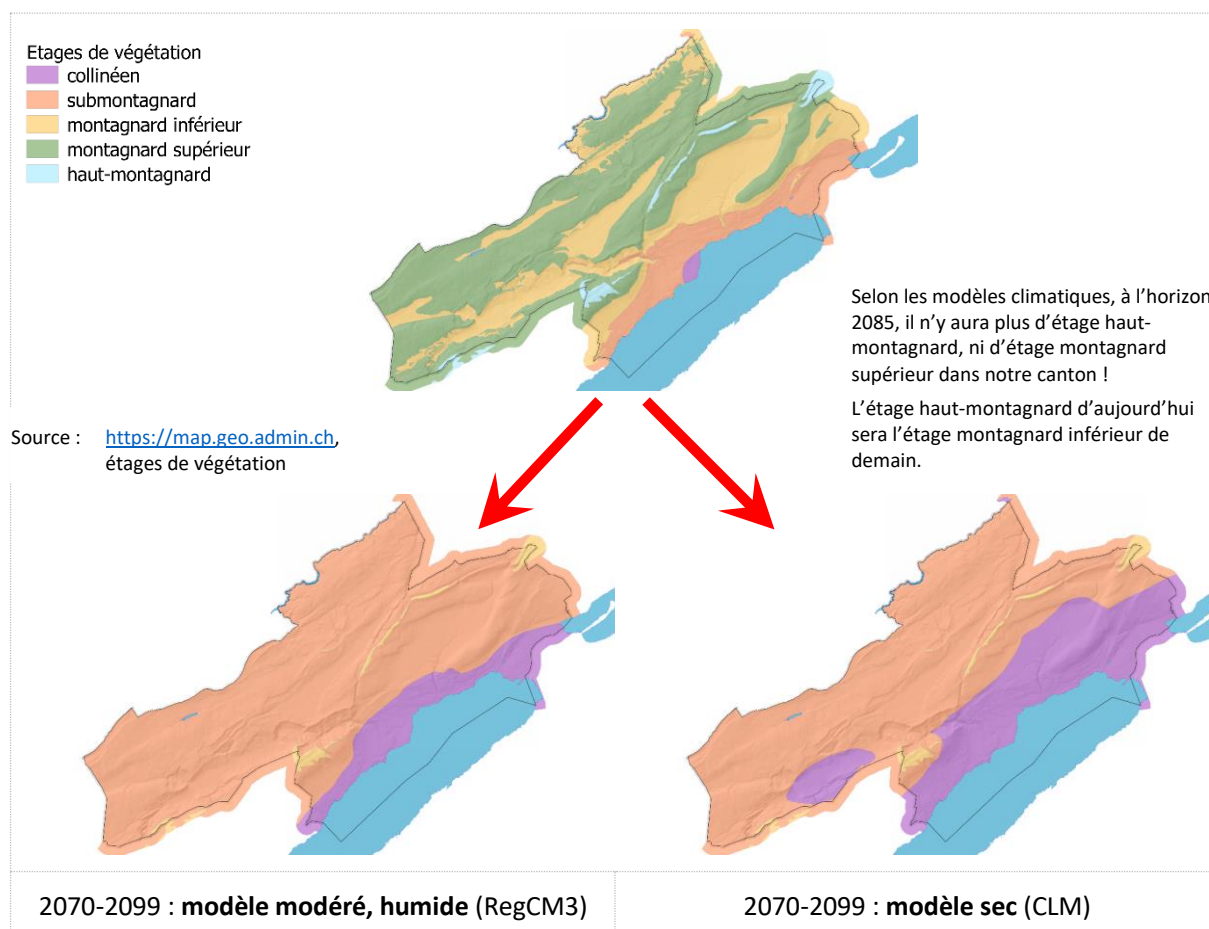


Représentation schématique des étages de végétation dans les différentes régions de Suisse (J = Jura).

L'étage collinéen, en aval de l'étage submontagnard, correspond à l'étage des **chênaies naturelles** et des vignes. Jusqu'à présent, cet étage discontinu dans notre pays, a souvent été intégré à l'étage submontagnard.

NaiS, OFEFP, 2005

Les cartes ci-dessous illustrent l'évolution attendue des étages de végétation dans le canton de Neuchâtel, à l'horizon 2070-2100, pour deux scénarios climatiques probables.



Source : <https://map.geo.admin.ch>, étages de végétation

2070-2099 : modèle modéré, humide (RegCM3)

2070-2099 : modèle sec (CLM)

La modélisation de la page précédente, établie à l'échelle nationale, est à prendre avec certaines précautions à l'échelle locale. Dans le Jura notamment, où l'eau du sol peut provenir de fort loin et réapparaître par place en surface, jouant un rôle déterminant pour la végétation qui y a accès. Les zones de sources seront moins impactées que les secteurs similaires sans apports d'eau souterraine. Les arbres, qui seront globalement de plus en plus stressés par la répétition des vagues de chaleur et par le manque d'eau estival, trouveront, à proximité des lieux d'émergence d'eau du sol, de quoi surmonter les périodes temporaires de sécheresse.

Le déplacement en altitude des étages de végétation aura des répercussions notables sur le cortège des essences, ainsi que sur les prestations de la forêt ; dans une mesure qui variera cependant en fonction des conditions stationnelles et de la naturalité de l'écosystème : **plus un peuplement sera mixte et proche de son état naturel, mieux il s'accommodera des changements.**

5 Les types de station, fil à plomb du sylviculteur

La **station** est la synthèse de toutes les conditions physiques et biologiques influençant la vie des plantes à l'endroit où elles poussent. Les principaux facteurs stationnels sont :

- le sol (substrat géologique, épaisseur, granulométrie, humus, éléments nutritifs, perméabilité...),
- le climat (température, précipitations, ensoleillement, vent...),
- la topographie (exposition, relief...),
- les processus gravitationnels (chutes de pierres p. ex.).

L'écosystème forestier est en réalité une juxtaposition de diverses stations ; une mosaïque plus ou moins fine de compartiments stationnels (= *types de station*)³ possédant chacun des caractères écologiques et structurels propres, ainsi qu'une dynamique spécifique.

Le type de station livre des informations primordiales sur le « fonctionnement » d'une forêt. Tout forestier, d'une manière ou d'une autre, s'y trouve confronté et a beaucoup à gagner en perfectionnant ses facultés d'analyse des stations. Mieux il connaîtra le « tempérament » et le « potentiel évolutif » d'une forêt, plus soigneusement il pourra la gérer, avec des incidences directes sur le taux de succès des interventions, mais aussi sur le bilan financier. La connaissance des stations, telle le fil à plomb pour le maçon, est un outil indispensable pour le sylviculteur, en même temps qu'une source d'inspiration pour la pratique d'une sylviculture proche de la nature.

Selon les principes sylviculturaux du canton de Neuchâtel (2016), la station permet :

- de mesurer la similitude du peuplement actuel avec « l'aplomb » donné par la forêt naturelle,
- de définir des buts sylvicoles réalistes (en termes de mélange, de qualité des produits, de structure des peuplements, de révolution, de rotation des coupes...),
- de connaître la dynamique naturelle des peuplements et en déduire la nécessité d'intervenir,
- d'évaluer l'effort sylvicole à fournir et estimer les chances de succès et les risques,
- d'optimiser ses investissements en temps et en argent.

La synthèse scientifique de plus de quarante projets de recherche (Pluess et al., 2016) relève notamment l'importance, dans la prise de décisions sylvicoles, de **tenir compte, encore plus que par le passé, des facteurs stationnels et de leur évolution**, surtout du régime hydrique, puisque l'eau pourrait devenir un facteur limitant sur nombre de stations.

Contrairement à une idée reçue, le « décalage vers le haut » des étages de végétation – et des types de stations associés – ne se résumera pas à une « translation linéaire ». En effet, chaque plante

³ Le guide pratique « Gestion durable des forêts de protection » (classeur NaiS; OFEFP, 2005/2009) définit ainsi la notion de **type de station** : « Description idéalisée d'une station, élaborée à partir de l'observation de stations réelles. Cette description permet d'identifier une station existante semblable. Le type de station est caractérisé par le cortège floristique, mais aussi par des propriétés écologiques et structurelles ».

constitutive d'une association végétale a ses propres exigences, sa propre tolérance aux changements, sa propre force de concurrence... Il faut donc compter avec des réactions individuelles qui pourraient conduire à l'apparition de nouveaux groupements végétaux. En hêtraie à sapin, par exemple, rien ne garantit que le hêtre et le sapin réagissent tous les deux de manière semblable à l'élévation des températures ou à des sécheresses prolongées. **La modestie reste de mise, tout comme le réexamen périodique des recommandations à la lumière des nouvelles connaissances.**

6 Sols et humus, facteurs stationnels prépondérants

La forêt s'accommode de presque tous les types de milieux. De ce fait, la diversité des sols forestiers est particulièrement vaste : des sols les plus pauvres, peu productifs, aux sols les plus épais qui permettent une sylviculture riche en options. Il est imposant d'observer combien la variété spatiale des sols forestiers est grande, combien ils forment une mosaïque complexe et combien les **plantes indicatrices**⁴ sont promptes à dévoiler la nature de cette immense hétérogénéité.

Éponge, tampon, filtre, lieu de germination et d'ancrage, source et refuge de vie, réservoir d'eau et d'éléments nutritifs... les sols forestiers sont une interface entre de nombreux cycles de matières, contribuant à réguler des processus vitaux tels que l'absorption des nutriments et la décomposition de la matière organique. Le sol est une véritable charnière fonctionnelle de l'écosystème.

La fertilité de la station dépend non seulement de la qualité des éléments nutritifs, mais aussi d'un réseau suffisant de pores bien connectés, permettant la circulation de l'air et de l'eau. Sur les meilleures stations par exemple, un sol forestier profond peut emmagasiner plus de 250 litres d'eau par mètre carré dans ses pores et canaux, soit un quart des précipitations annuelles⁵. De surcroît, la fertilité des sols forestiers est grandement améliorée par les *champignons mycorhiziens* qui permettent aux arbres d'absorber plus de nutriments et augmentent leur tolérance aux différents stress environnementaux, notamment à la sécheresse⁶.

Les **formes d'humus** (mull, moder, humus brut) fournissent des indications sur l'intensité de l'activité biologique du sol. Comme le souligne Duchaufour (1950), plus le sol est riche en formes de vie, plus actifs sont les processus de transformation de la matière organique et meilleures sont les conditions pour la végétation : « *On peut donc affirmer que l'humus forestier est d'autant plus favorable à la nutrition minérale et azotée des arbres, et notamment des jeunes semis, que sa décomposition est plus rapide* ». Il relève par ailleurs qu'on observe toujours une activité biologique plus élevée dans un peuplement mélangé qu'en peuplement pur, les microorganismes du sol étant favorisés par une nourriture variée. Les **espèces qui fournissent une excellente litière**, à très bonne décomposition, sont : *les ormes, les aulnes, le frêne, le robinier, les merisiers, le charme, le châtaignier, les érables et les tilleuls*. Il est heureux de relever que ces **espèces « améliorantes »**, sont aussi, dans leur grande majorité, des essences particulièrement bienvenues dans le contexte du changement climatique en raison de leur grande tolérance au chaud et au sec (voir chapitre 10).

7 Carte des types de station

En 1950, après une période de dépérissement surfacique de peuplements non en station sur le versant Sud-Est de la Montagne de Boudry, et afin d'orienter la sylviculture vers un meilleur respect des potentialités des milieux naturels, Paul-Emmanuel Farron, alors inspecteur cantonal des forêts, décida de faire réaliser une étude phytosociologique des forêts du canton de Neuchâtel. Cette étude fut confiée à Jean-Louis Richard, alors adjoint au Service cantonal des forêts, avec le soutien scientifique

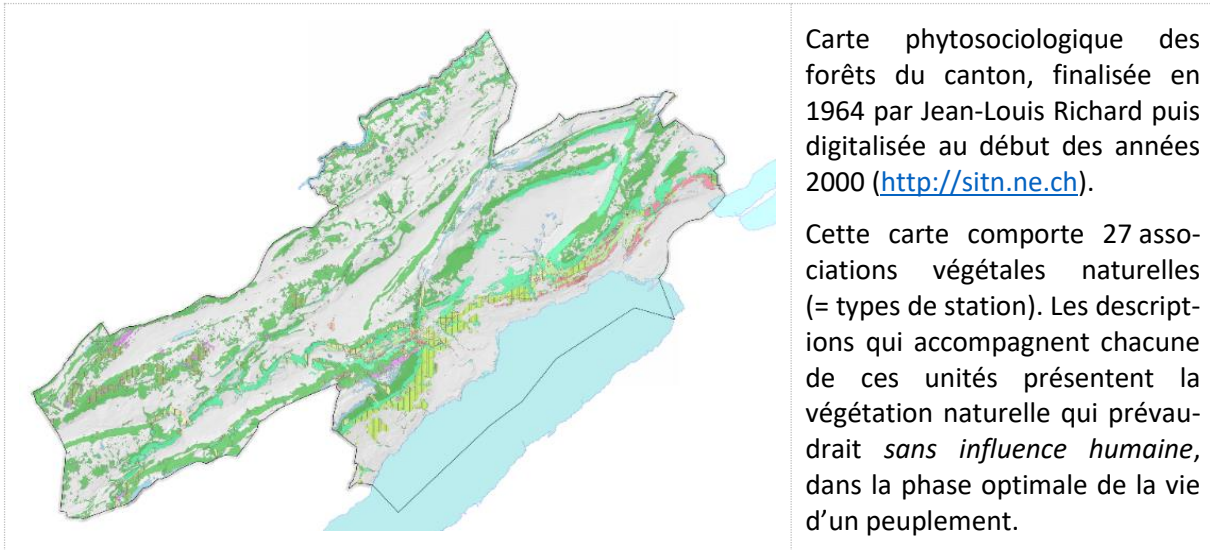
⁴ www.plantes-indicatrices.ch/index.php

⁵ <https://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=10129>

⁶ www.waldwissen.net/wald/baeume_waldpflanzen/oekologie/wsl_mykorrhiza_lebensgemeinschaft/index_FR

des Dr. Max Moor et Roman Bach. Cette œuvre colossale, réalisée entre 1951 et 1961, se concrétisa par le dessin, à la main, d'une carte des *associations végétales*⁷ à l'échelle du 1:10'000.

L'avènement de la **carte phytosociologique** (la première en Suisse couvrant tout un canton), permit au sylviculteur d'avoir une meilleure connaissance des associations végétales et des unités écologiques de fertilités différentes, lui permettant notamment d'adapter le mode de traitement, le mélange des essences ainsi que l'intensité et la fréquence de ses interventions en vue de garantir une gestion basée principalement sur les vocations naturelles des stations.



Actuellement, la Confédération et la grande majorité des cantons suisses utilisent dans leurs publications une typologie des stations issue de la classification proposée en 1972 par les professeurs Heinz Ellenberg et Frank Klötzli. Pour faciliter la transcription de la typologie établie par Jean-Louis Richard et celle, plus récente, d'Ellenberg & Klötzli (EK), une notice, fort utile, a été rédigée en 2014 par Jacques Doutaz⁸. Celle-ci représente également, pour la première fois, les types de station du canton sous forme d'écogrammes par étages de végétation (chapitre 8). Un tableau comparatif des systèmes de classification cantonaux a été établi lors de la rédaction du classeur NaiS (OFEFP, 2005/2009, Annexe 2A, p. 91)⁹.

Bien qu'âgée d'une soixantaine d'année, la carte phytosociologique des forêts du canton est toujours une référence. Elle accompagne au quotidien les décisions sylvicoles, indiquant les essences qui se trouveraient – naturellement – dans les différentes parties de nos forêts. Née pour apporter une réponse aux graves effets forestier de la première hausse sévère des températures de l'ère industrielle, à la fin des années 1940, elle aurait aujourd'hui besoin d'une mise niveau partielle : **cinq types de station mériteraient un ajustement aux standards actuels**, afin de rendre plus pertinentes et précises les recommandations qui s'y rapportent (voir chapitre 10), il s'agit de :

- la Hêtraie à Sapin (NE 12) qui se décline dans la nomenclature EK en 5 unités bien distinctes (18, 18*, 18M, 19 et 20) ;
- la Hêtraie à Luzules (NE 8) qui regroupe les unités EK 1, 2 et 6 ;
- la Hêtraie à Laïches (NE 9) englobant les unités EK 10, 12e, 14 et 15 ;
- la Hêtraie typique (NE 11) qui comprend les unités EK 7a, 7s, 8a, 8s, 9, 11, 12a et 12s, et
- la Frênaie à Erable s.l. (NE 2) réunissant les unités EK 26, 26h, 27, 27h, 29 et 30.

⁷ Comme la végétation seule ne suffit pas à expliquer et à caractériser les « associations végétales naturelles », on préfère aujourd'hui appeler ces entités « type de station ».

⁸ [www.waldbau-sylviculture.ch/publica/2014 Stations NE EK.pdf](http://www.waldbau-sylviculture.ch/publica/2014%20Stations%20NE%20EK.pdf)

⁹ [www.gebirgswald.ch/tl_files/gebirgswald/fr/02 NaiS/02A-Determination des types de stations/01 Teile/2a 9 Comparaison de la classification NaiS ave celles des cantons.pdf](http://www.gebirgswald.ch/tl_files/gebirgswald/fr/02%20NaiS/02A-Determination%20des%20types%20de%20stations/01%20Teile/2a%209%20Comparaison%20de%20la%20classification%20NaiS%20ave%20celles%20des%20cantons.pdf)

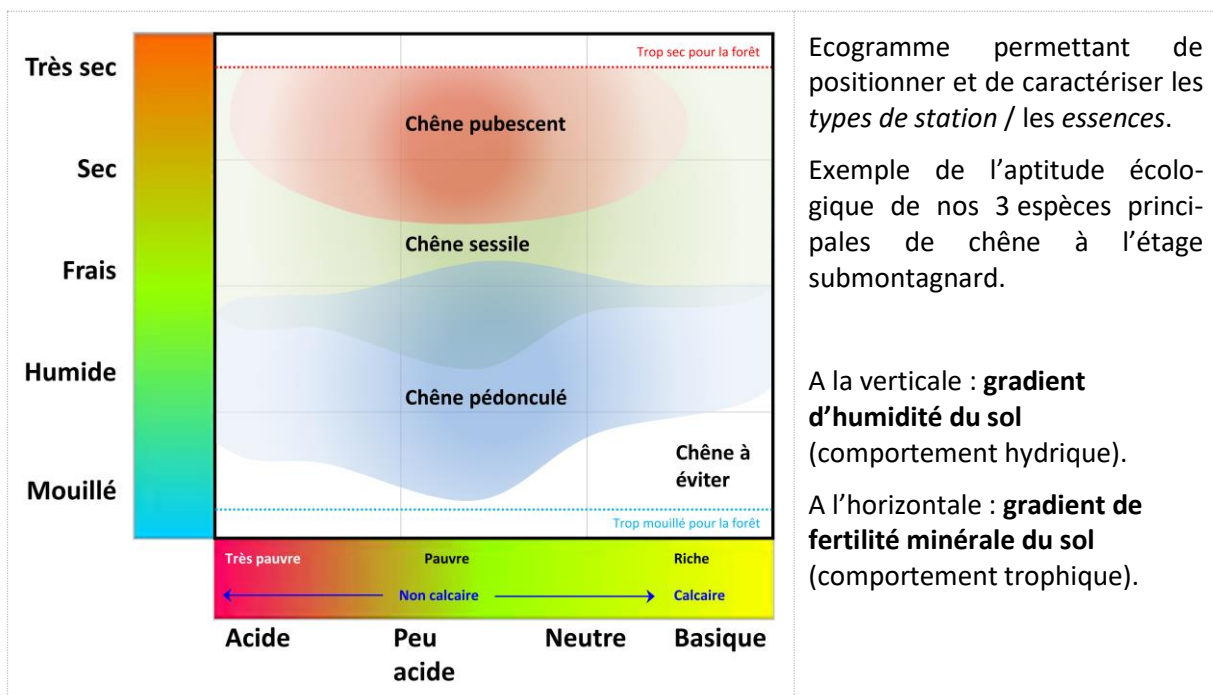
Une mise à jour de la carte phytosociologique pourrait en outre conduire à une meilleure prise en compte de certaines particularités locales, telles les zones de source (selon remarque exprimée au chapitre 4, p. 6).

8 Écogrammes

L'aptitude d'un milieu pour les plantes dépend principalement de trois facteurs écologiques :

- la richesse chimique du sol ou niveau trophique,
- l'humidité du sol ou niveau hydrique,
- la chaleur ou niveau thermique.

L'écogramme est un instrument très utile pour illustrer et comparer les types de stations, ainsi que le tempérament écologique des espèces. Il représente graphiquement la position relative des différents *types de station* / des diverses *espèces*, en fonction de l'humidité (axe vertical) et de l'acidité du sol (axe horizontal). Comme ces deux axes ne permettent pas de rendre compte du troisième facteur essentiel pour la station : l'altitude, autrement dit la température, la plupart des régions possèdent un écogramme propre à chaque étage de végétation.



La position d'une station / d'une espèce dans un écogramme est purement indicative et non le reflet de mesures précises ou de valeurs chiffrées. Elle se base sur l'expérience et l'avis d'experts.

Pour permettre de classer les types de station influencés par des facteurs écologiques particuliers, l'écogramme de base (à deux axes) est généralement assorti de colonnes supplémentaires, à sa droite, pour les *stations à humidité variable*, les *stations sur éboulis* et les *stations alluviales* (deux de ces colonnes sont illustrées sur les écogrammes de la page suivante).

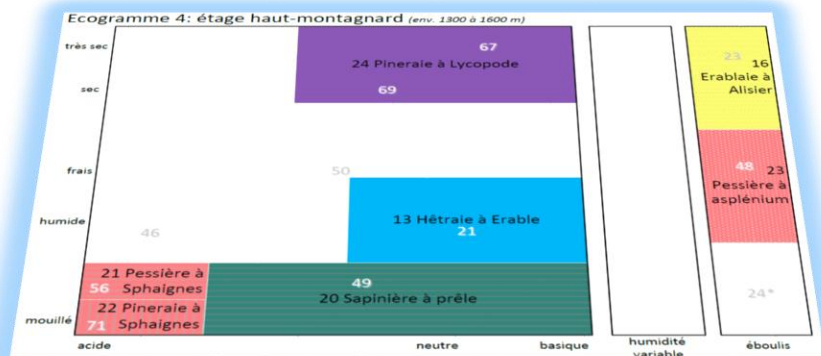
Les écogrammes du chapitre suivant, proposés par Jacques Doutaz (2014), facilitent la comparaison de la classification neuchâteloise avec la typologie selon Ellenberg & Klötzli en superposant les unités des deux systèmes. Ils permettent également d'illustrer les **trajectoires probables des types de station** suite à la migration altitudinale des étages de végétation.

9 Projections futurs des types de station

Etage haut-montagnard

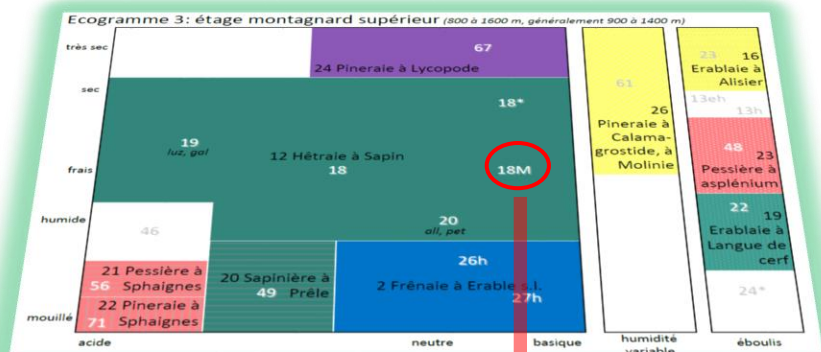
La végétation d'altitude (hêtraie à érable p. ex.) est appelée à disparaître, faute de pouvoir s'élever davantage dans le massif jurassien !

Numérotation des types de station :
En noir, selon J.-L. Richard
En clair, selon Ellenberg & Klötzli

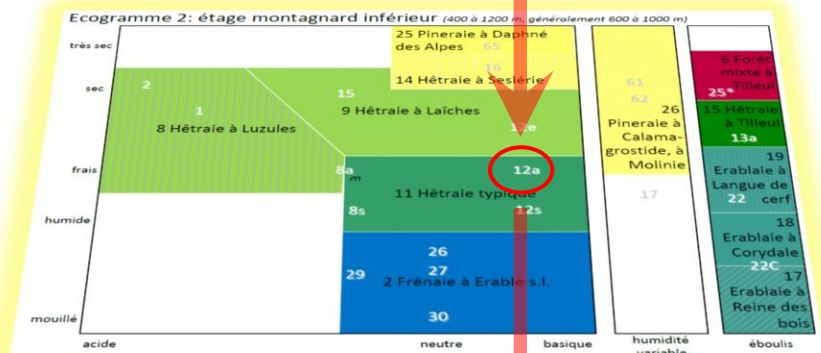


Etage montagnard supérieur

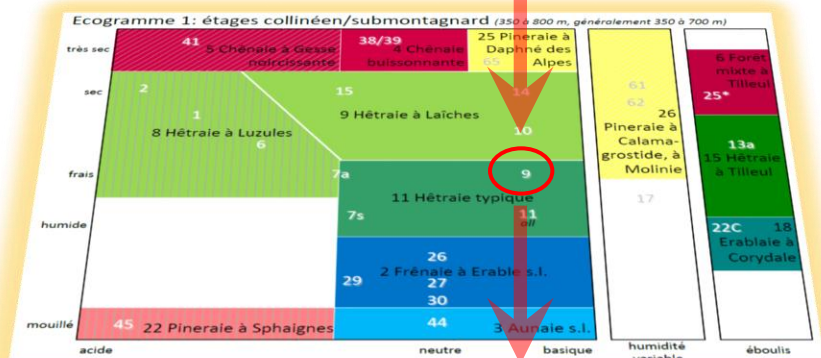
Les stations d'altitude du futur vont prendre des allures de stations de plaine d'aujourd'hui.



Etage montagnard inférieur



Etage submontagnard

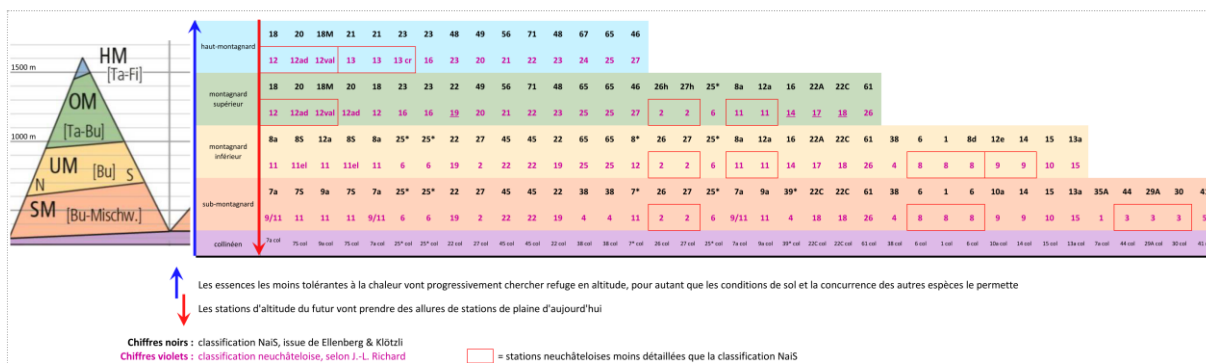


Etage collinéen

9a c

Pour imaginer comment les types de station se modifieront avec le changement climatique, et savoir quelles essences il est possible de recommander pour l'avenir, l'OFEV et le WSL proposent de s'inspirer des informations livrées par les écogrammes (WSL Berichte 69, 2018).

Connaissant le type de station actuel (p. ex. 18M, Hêtre à Sapin avec Adénostyle glabre) ainsi que l'étage de végétation et sa position dans l'écogramme, on regarde, aux mêmes coordonnées dans l'écogramme des étages futurs pour connaître les types de station probables pour l'avenir (12a, Hêtre à Dentaire typique puis 9a, Hêtre à Pulmonaire typique avec Gesse dans notre exemple de la page précédente). Cette démarche est qualifiée de **projection d'un type de station vers un type de station analogue**¹⁰ de l'écogramme futur (WSL Berichte 69, 2018).



Trajectoires probables pour les types de station du canton de Neuchâtel suite à la migration altitudinale des étages de végétation.

Les numéros 7 et 28 violets (classification NE) sont absents de ces projections, pour les raisons suivantes : l'association N°7 (Hêtre à Mélampyre) a finalement été regroupée par Jean-Louis Richard à la Hêtre à Luzules (N°8) et l'association N°28 (Mégaphorbiaie) n'est pas véritablement une station de forêt du fait que seuls des ligneux buissonnants peuvent s'y développer.

L'approche « écogramme » permet d'estimer les futures modifications des types de stations, et donc de **présager, dès aujourd'hui, des essences qui pourraient s'épanouir, selon toute vraisemblance, à la fin du siècle sur une station donnée.**

10 Conseils pour le choix des essences

Le choix des essences est une décision cruciale en sylviculture. Le décalage des étages de végétation vers le haut, aura notamment pour conséquence qu'il **faudra composer avec plus de feuillus à l'avenir**. Selon les résultats du programme de recherche « Forêts et changements climatiques » (Pluess et al., 2016), « ...de grandes étendues de forêts de résineux ou de forêts mixtes naturelles évolueront vers des forêts à dominance de feuillus ».

Pour savoir **sur quelles espèces il s'agit concrètement de table**, les conseils actuels s'appuient sur les recommandations d'essences forestières utilisées par les cantons. Ils s'inspirent du travail considérable réalisé durant les dernières décennies par de nombreux cantons, qui ont élaboré des recommandations sylvicoles pour chaque type de station (essences adéquates, proportion minimale de feuillus ou maximale de résineux, restrictions d'exploitation, particularités naturelles, etc.). Pour chaque type de station, toutes les essences proposées par les cantons ont été reprises. Des informations complémentaires sont issues de l'analyse des espèces ligneuses sur quelque 3000 placettes de l'Inventaire Forestier National (IFN), ainsi que de l'attribution d'essences par des experts des questions stationnelles. De plus, les listes d'essences ainsi obtenues ont été vérifiées par des spécialistes en écologie de la station et en sylviculture afin de repérer d'éventuelles incohérences.

Les cartes et tableaux de la page suivante montrent, à l'aide de 2 exemples, la façon dont les *recommandations pour le choix des essences* peuvent être formulées par type de station. La colonne de gauche illustre le cheminement vraisemblable pour le **Bois du Couvent**, au sud de La Chaux-de-Fonds, celle de droite, l'évolution probable pour la **forêt du Crêt du Parc** sur les hauts de Neuchâtel.

¹⁰ analogue = qui se trouve au même coordonnées hydrique et trophique dans les écogrammes actuel et futur.

Bois du Couvent

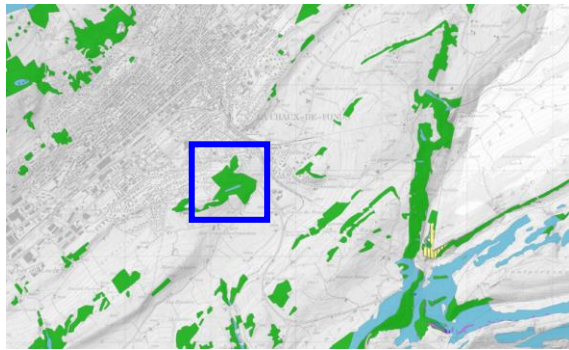
Altitude : 1'050 m

Etage de végétation actuel : *montagnard supérieur*

→ Etage de végétation 2085 : *submontagnard*
(pour les deux scénarios climatiques)

Type de station actuel : *Hêtraie à Sapin (EK 18)*

→ Type de station 2085 : *Hêtraie à Aspérule (EK 7a)*



Crêt du Parc

Altitude : 630 m

Etage de végétation actuel : *submontagnard*

→ Etage de végétation 2085 : *collinéen* (pour les deux scénarios climatiques)

Type de station actuel : *Hêtraie à Laiche (EK 14)*

→ Type de station 2085 : *nomenclature encore à définir (EK 14 collinéen)*



Climat	Climat 1981 - 2010	Chgt modéré et prononcé 2070 - 2099
Étage de végétation	montagnard supérieur	submontagnard
Type de station, NaiS	18	7a
Type de station, NE	12	9/11
Pourcent feuillus minimal***	20%	60%
Hêtre	a	a
Sapin	a	c
Erable sycomore	b	b
Epicéa	b	b
Frêne	c	b
Alisier blanc	c	c
Cerisier	c	c
Mélèze	c	c
Sorbier des oiseleurs	c	c
Tilleul à grandes feuilles	c	c
Tilleul à petites feuilles	c	c
Orme de montagne	c	c
Aulne blanc +	c	c
Bouleau pendant +	c	c
Saule marsault +	c	c
Tremble +	c	c
Douglas c	c	c
Chêne pédonculé		b
Chêne sessile		b
Erable plane		b
Charme		c
Erable champêtre		c
Houx		c
If		c
Noyer		c
Pin sylvestre		c
Robinier		c
Châtaignier - c		c
Aulne noir +		c
Chêne rouge c		c
Paulownia		c

* = Essence pionnière
- = Essence avec risque de maladie
c = Essence calcifuge

Conseils : Source : adapté de l'application Tree App (www.tree-app.ch)
Essences à promouvoir (essences avec maintien ou gain probable de compétitivité).
Essences à promouvoir avec mesure (aide ponctuelle ou plantation de futurs semenciers).
Essences envahissantes indésirables : Ailante.
Essences envahissantes indésirables : Ailante.

*** Données indicatives, selon "Commentaires sur les stations forestières BE-FR" (% du degré de recouvrement)

Climat	Climat 1981 - 2010	Chgt modéré et prononcé 2070 - 2099
Étage de végétation	submontagnard	collinéen**
Type de station, NaiS	14	14 collin
Type de station, NE	9	-
Pourcent feuillus minimal***	50%	90%
Hêtre	a	
Chêne sessile	b	a
Erable à feuilles rondes	b	b
Erable champêtre	b	b
Alisier blanc	b	c
Pin sylvestre	b	c
Frêne	b	c
Erable sycomore	b	c
Chêne pubescent	c	a
Tilleul à grandes feuilles	c	a
Tilleul à petites feuilles	c	a
Cormier	c	b
Robinier	c	b
Alisier torminal	c	c
Cerisier	c	c
Charme	c	c
If	c	c
Poirier sauvage	c	c
Pommier sauvage	c	c
Sorbier à larges feuilles	c	c
Sorbier des oiseleurs	c	c
Bouleau pendant +	c	c
Tremble +	c	c
Pin noir	c	c
Erable plane	c	
Houx	c	
Mélèze	c	
Orme de montagne -	c	
Saule marsault +	c	
Chêne vert, Yeuse		b
Charme houblon		c
Chêne chevelu		c
Frêne à fleurs		c
Noyer		c
Orme champêtre -		c

* = Essence pionnière
- = Essence avec risque de maladie
c = Essence calcifuge

Conseils : Source : adapté de l'application Tree App (www.tree-app.ch)
Essences à promouvoir (essences avec maintien ou gain probable de compétitivité).
Essences à promouvoir avec mesure (aide ponctuelle ou plantation de futurs semenciers).
Essences envahissantes indésirables : Ailante.
Essences envahissantes indésirables : Ailante.

** Conseil pour l'étage collinéen, selon l'état des connaissances 2020
*** Données indicatives, selon "Commentaires sur les stations forestières BE-FR" (% du degré de recouvrement)

Hyperliens utiles!

Les *pourcentages minimaux de feuillus*, indiqués à la 5^e ligne du tableau des fiches-conseil pour les essences, sont adaptés des commentaires qui accompagnent la clé de cartographie des stations forestières des cantons de Berne et Fribourg. Ce sont des *pourcents du degré de recouvrement* de l'ensemble du peuplement. La **proportion minimale de feuillus** est requise pour des raisons écologiques, afin qu'il n'y ait pas lieu de craindre des modifications négatives durables du sol (fertilité, inhibition de la germination, structure du sol minéral...).

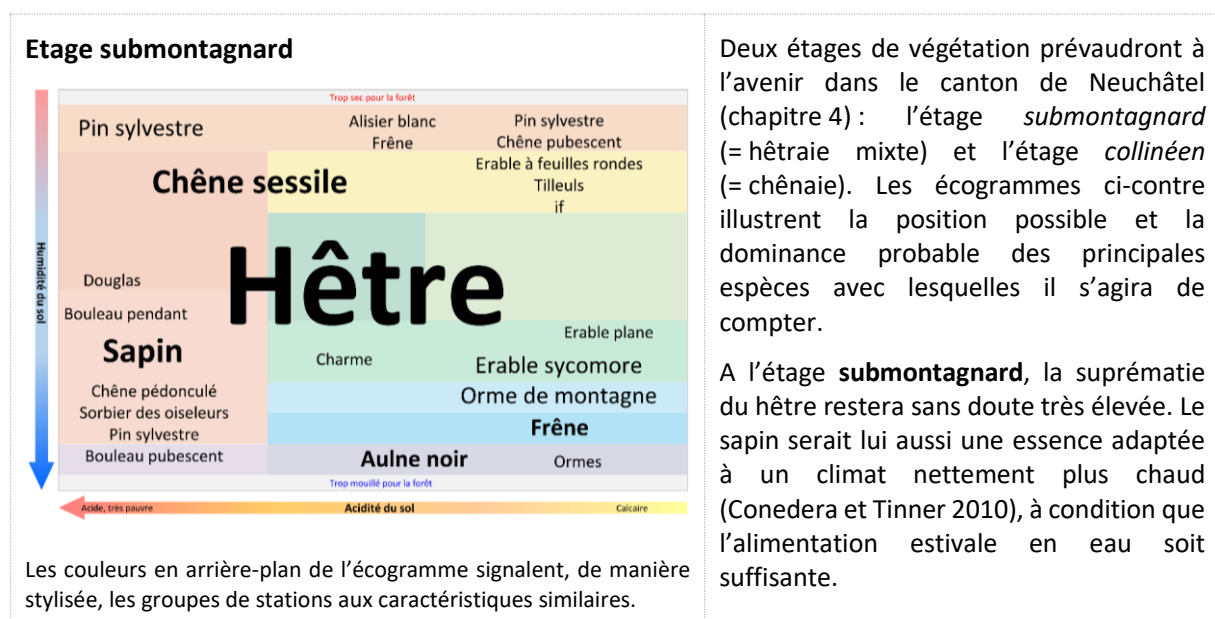
Les **conseils donnés pour chaque essence**, s'articulent en 3 niveaux, représentés par des couleurs différentes :

- **Les essences à promouvoir.** Il s'agit d'essences dont la compétitivité va soit se maintenir, soit aller crescendo dans les 2 scénarios climatiques adoptés, et qui seront à l'avenir probablement des espèces dominantes et importantes de la forêt naturelle.
- **Les essences à promouvoir avec mesure.** Il s'agit d'espèces bienvenues, tolérantes au chaud et au sec, mais dotées d'une force de concurrence moindre que les essences du groupe précédent.
- **Les essences qui vont perdre en compétitivité.** Espèces avec tolérance limitée au chaud et au sec, dont la force de concurrence va aller decrescendo à l'avenir.

Actuellement, l'Ailante est la seule essence ligneuse considérée comme *envahissante indésirable*. A l'instar d'autres *organismes nuisibles*, elle fait l'objet d'une directive édictée par la Confédération¹¹.

Les **hyperliens sur les numéros des types de station NaiS** renvoie sur leur description, publiée dans le classeur NaiS (OFEFP, 2005/2009, Annexe 2A). L'activation des **hyperliens sur les numéros des types de station NE**, permet d'accéder aux descriptions originales des associations végétales naturelles, telles que les a formulées Jean-Louis Richard en 1964. Un clic sur les **hyperliens des pourcents minimaux de feuillus** renvoi aux fiches – très instructives – de description des stations forestières des cantons de Berne et Fribourg. Les **hyperliens sur les essences** pointent sur leur description, publiée par la fondation infoflora.

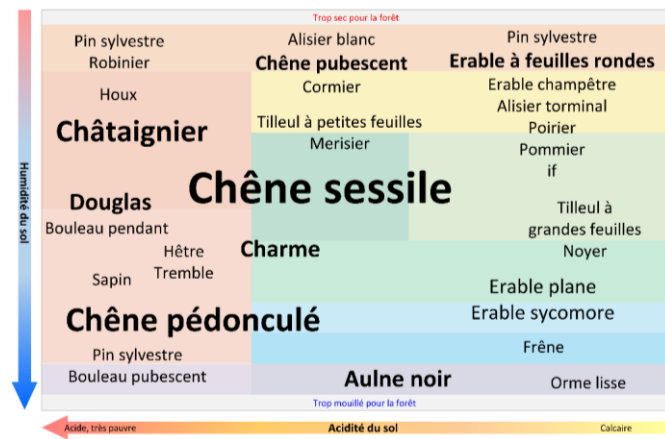
Les conseils sylvicoles relatifs au choix des essences dans le contexte du changement climatique (tableaux de la page précédente), ainsi que l'évolution prévisible des étages de végétation (cartes de la page 5) sont accessibles sur le géoportail du SITN, thème « Forêts »¹².



¹¹ www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/publications-etudes/publications/vollzugshilfe-waldschutz.html

¹² <https://sitn.ne.ch/theme/forets>

Etage collinéen, écogramme possible



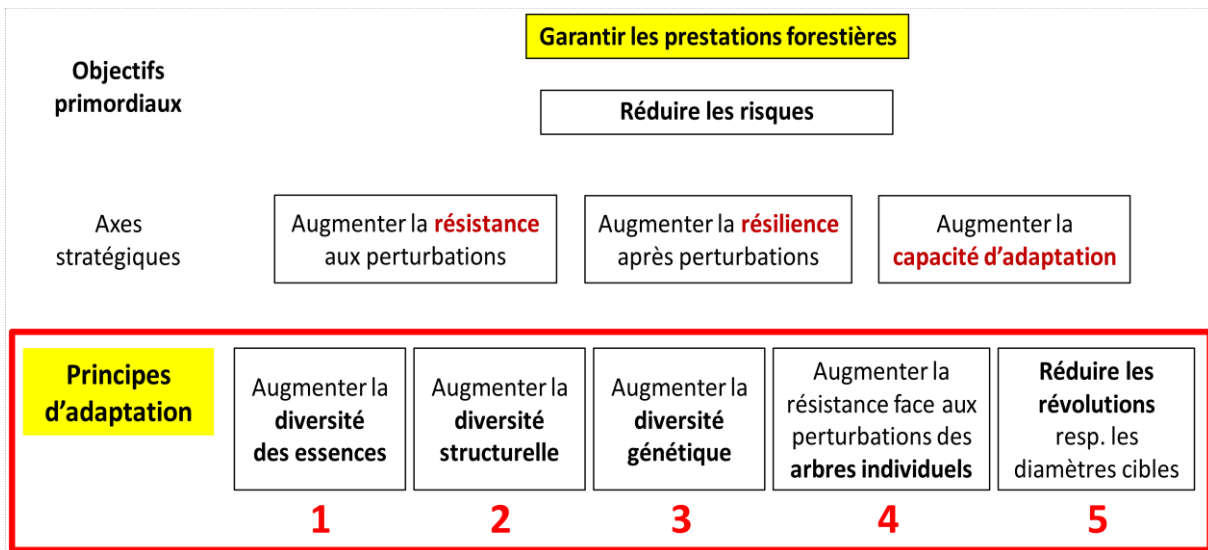
Végétation à l'étage collinéen, selon l'état des connaissances 2020

A l'étage **collinéen**, le climat va devenir de plus en plus contraignant pour le hêtre, en particulier par ses épisodes caniculaires et ses périodes de sécheresse toujours plus marquées et fréquentes.

La perte de vigueur du hêtre laissera place à une large palette d'espèces, feuillues pour la plupart. Cela ne signifie toutefois pas qu'il ait dit son dernier mot. Parmi la foison de faînes qui germent actuellement, il se trouvera sans doute bon nombre de hêtres qui sortiront endurcis de la pression sélective des étés chauds et secs à venir. Leur dominance sera moindre et leur hauteur plus modeste, en rapport avec les réserves en eau du sol.

11 Principes pour renforcer la capacité adaptative des forêts

Face aux changements climatiques, il est évident que la sylviculture doit s'adapter. Les 5 principes actuellement préconisés pour renforcer la capacité adaptative des forêts sont énoncés dans le schéma ci-dessous (Brang et al., 2016) :



La forêt n'a pas à être « transformée » de manière surfacique par des mesures interventionnistes telles que les plantations de grande emprise. Ce serait extrêmement coûteux et risqué. À l'heure actuelle, on ne sait d'ailleurs pas jusqu'où le changement climatique ira et quelles espèces seront les mieux adaptées aux conditions futures. Il serait malvenu de procéder à une transformation en profondeur, tant l'écosystème forestier dispose de mécanismes d'adaptation efficaces (chapitre 3), mais aussi pour des raisons économiques (limiter les prises de risque dans les investissements). L'objectif est de soutenir les processus d'adaptation naturels par des mesures sylvicoles éprouvées, à même de prévenir les évolutions défavorables et les situations de blocage.

La traduction des 5 principes d'adaptation en *recommandations concrètes*, à l'échelle du peuplement, est exposée ci-dessous. Les mesures préconisées s'appuient largement sur les **concepts bien connus de la sylviculture proche de la nature**, en soulignant spécialement les rôles fondamentaux joués par les *essences pionnières*, le *rajeunissement naturel* et la présence de *semenciers*.

Recommandations pour la mise en œuvre concrète des 5 principes d'adaptation :

1. Accroître la *diversité des essences* :

- *Rajeunissement naturel* délibéré en faveur des espèces d'ombre et de lumière.
- Varier les *modes de traitement* de la forêt et les *durées de régénération*.
- Procéder ponctuellement à des *plantations complémentaires* là où le rajeunissement naturel d'espèces d'avenir fait défaut. La *protection de rajeunissement naturel* sensible à la dent du gibier (chêne, if p.ex.) a préséance sur la plantation.
- Privilégier la diversité des essences lors du *choix des arbres de place* (diversité avant qualité).
- Promouvoir, à dessein, des *semenciers d'espèces adaptées* dans le réseau des arbres de place.

2. Augmenter la *diversité structurelle* :

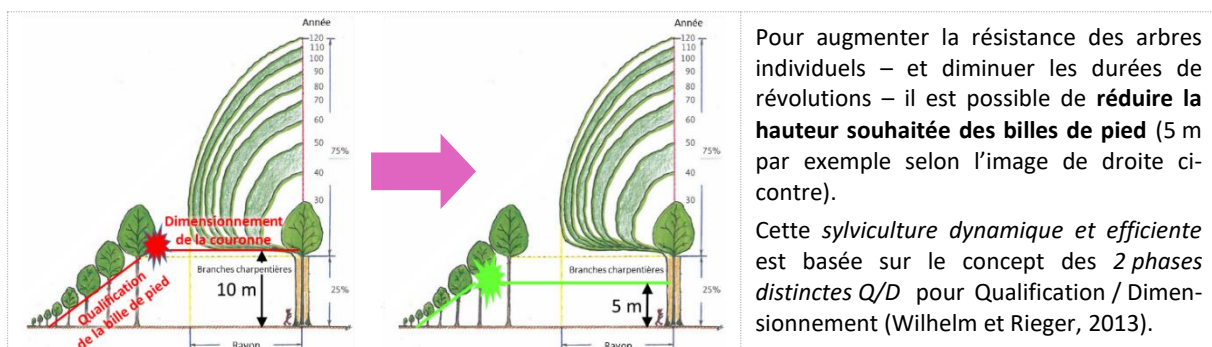
- *Rajeunissement naturel et continu* des peuplements.
- Varier délibérément la *taille des trouées* et la *densité des peuplements*, y compris en forêts pérennes. Volontairement ne pas faire partout la même chose. La *sylviculture en mosaïques* telle que définie dans nos *Principes sylviculturaux* (2016), à mi-chemin entre le jardinage et la coupe progressive, offre d'intéressantes possibilités de varier situativement les structures en s'affranchissant des contraintes inhérentes aux autres modes de traitements.
- Ne pas homogénéiser !
- Utiliser l'*autodifférenciation, aucune sélection négative*.
- Intégrer les réserves sur coupe, les arbres du peuplement préliminaire, les pionniers, les bois blancs, les buissons, les arbres biotopes et les bois morts.
- Les *processus naturels* conduisent également à une augmentation de la diversité structurelle. Des éléments qui sont (ou étaient) souvent perçus négativement à court terme s'avèrent positifs à long terme. Par exemple les plages de ronce, les trouées causées par les bris de neige ou les scolytes, les secteurs de bois blancs ou de buissons (noisetier p.ex.) augmentent, à terme, la diversité structurelle. A l'échelle de l'arbre également, le maintien de spécimens particuliers (préexistants, rustres...), contribue à la diversité structurelle. Il s'agit souvent de mesures qui n'engendre aucune dépense, qui visent sciemment et simplement le respect d'éléments et de processus structurants, grâce auxquels, dans la plupart des cas, il résulte même des économies.

3. Augmenter la *diversité génétique* :

- *Rajeunissement naturel*, avec des durées de régénération longues et courtes.
- *Mélange de graines* de différents millésimes et différentes provenances.
- Utilisation de matériel de reproduction de *diverses origines*.
- Utilisation de *sauvageons*.

4. Augmenter la *résistance des arbres individuels* face aux perturbations :

- *Rajeunissement naturel* d'essences adaptées à la station.
- *Autodifférenciation*, sélection naturelle des plus vigoureux durant la phase de qualification.
- Eclaircie d'arbres de place, avec comme critères : **vitalité** avant *qualité* avant *espacement*.
- Dimensionnement spécifique des couronnes des arbres de place, différencié selon les espèces.
- *Protection des sols, récolte respectueuse des bois, maintien de la fertilité des stations* (les branches et ramilles restent en forêt ; excepté aux endroits exposés, avec risque d'incendie).



Pour augmenter la résistance des arbres individuels – et diminuer les durées de révolutions – il est possible de **réduire la hauteur souhaitée des billes de pied** (5 m par exemple selon l'image de droite ci-contre).

Cette *sylviculture dynamique et efficiente* est basée sur le concept des 2 *phases distinctes Q/D* pour Qualification / Dimensionnement (Wilhelm et Rieger, 2013).

5. Réduction des révolutions resp. des diamètres cibles :

- Ne pas chercher à réduire de manière générale les révolutions pour toutes les essences. Pour disposer d'une structure favorable, le système de production a besoin d'un petit nombre de gros bois. C'est la pléthore qu'il faut empêcher. Economiquement aussi, les gros bois exempts de défaut sont précieux. Tant qu'ils sont vigoureux, ils prennent exponentiellement de la valeur.
- Éviter les risques liés aux peuplements denses et âgés. Le maintien de volumes sur pied non excessifs (200 à 500 sv/ha), adaptés aux contextes stationnels, permet d'abaisser le temps d'exposition aux risques et les dommages en cas de perturbation.
- Anticiper les exploitations forcées (en particulier avec l'épicéa, là où il n'est pas en station).
- Adopter des rotations raccourcies entre les coupes. Des *prélèvements moins volumineux associés à des rotations plus courtes* permettent de ne pas déstabiliser le système en contexte de stress hydrique, et d'adapter les décisions sylvicoles à l'évolution du risque climatique (mobilisation des arbres avant de perdre leur valeur marchande, recrutement précoce de nouvelles essences...).

Recommandations économiques :

- Ne consentir à des investissements sylvicoles qu'avec prudence en raison des incertitudes élevées.
- N'utiliser de « nouvelles » espèces d'arbres qu'à petite échelle et en combinaison avec la régénération naturelle.

Importance des semenciers

Les **semenciers** sont essentiels pour permettre l'adaptation naturelle, gratuite et créative des peuplements. Leur préservation / promotion ciblée est de première importance. Il s'agit de les intégrer, dès à présent, dans les critères de choix des arbres de place lors des soins à la jeune forêt. En plus d'aider le développement des couronnes des futurs semenciers – « *postes avancés du changement climatique* » –, il est tout aussi judicieux de laisser sur pied un nombre suffisant de porte-graines adultes au-delà de la durée de révolution du peuplement (réserve sur coupe). Les **espèces adaptées au climat futur** (chênes, tilleuls, érables, charme, merisier, alisiers, noyer, if, douglas p. ex.) méritent l'attention du sylviculteur, indépendamment de leur valeur économique et de leur qualité. Pour produire des graines à grande échelle, un semencier devra être suffisamment vigoureux et **faire partie des dominants**. Les connaissances, spécifiques à chaque espèce, concernant la *maturité de floraison*, le *rythme des fructifications* et le *mode de dispersion des graines* aideront les sylviculteurs à n'intervenir qu'en faveur d'un nombre optimal de semenciers, sans excès.

Dans les surfaces malmenées par les chablis, il est possible de réduire considérablement la durée nécessaire à l'émergence d'une nouvelle forêt, en ménageant le **rajeunissement préétabli** et en respectant les **arbres survivants encore sur pied**, afin qu'ils puissent fournir des graines pour l'ensemencement futur.



Exemple de **semencier** qui mériterait d'être encore davantage aidé lors du prochain passage en coupe : *alisier torminal* dans un peuplement de hêtre, sapin et chêne, sur station de hêtraie à mélampyre et à luzule (EK 1).

12 Attitude suite à des événements météorologiques extrêmes

Les événements extrêmes en milieu naturel peuvent être multiformes voire très diversifiés. Il ne se reproduisent jamais à l'identique dans leur nature, dans leur intensité, dans leur localisation..., ce qui rend d'autant plus difficile leur gestion et la capitalisation d'expérience ou de savoir-faire qu'ils procurent. Si, par exemple, après une **tempête** (ou autre perturbation subite) il est relativement aisé de se faire une idée de l'ampleur des dégâts, des effets secondaires possibles et des mesures à prendre, il en va tout autrement des chablis résultants de **stress hydriques ou thermiques**, qui peuvent se révéler peu à peu, sur plusieurs années et dont les effets sont souvent très hétéroclites en fonction des microstations. Effets, de surcroît, dont on ne sait pas s'ils vont se stopper !

La gestion d'événements météorologiques extrêmes invite d'abord à l'humilité.

Gérer les perturbations naturelles, c'est reconnaître que la nature dépasse l'homme et que ce dernier n'est pas le seul maître du jeu. Cette assertion vaut certes pour les tempêtes ; pour les stress dus aux canicules et aux sécheresses, par contre, il est affligeant de savoir combien ils sont liés – en toute impunité – à l'activité humaine.

*L'idée fondamentale suite à l'apparition de nombreux chablis n'est pas de déployer un travail agité de propreté, mais de **laisser le temps à l'écosystème d'exprimer sa créativité**. Pourquoi ne pas laisser la nature panser ses blessures par elle-même, à son propre rythme, avant de l'épauler ? 10 ans pour le sylviculteur, c'est comme 1 mois pour l'agriculteur !*

Suite à un événement extrême en milieu naturel, pour éviter toute réaction précipitée ou excessive, les consignes devraient être les suivantes :

1. **Sécuriser** les infrastructures et les lieux fréquentés
2. **Estimer** l'ampleur des dégâts et les conséquences directes de ceux-ci. Selon les volumes concernés, ordonner la suspension des coupes normales
3. **Inform**er les utilisateurs de l'aire boisée des risques accrus (p. ex. chute d'arbres et de branches ; danger d'incendie...). Les arbres qui ne sont pas dangereux et directement à proximité d'infrastructures sont bien sur pied. Appeler les promeneurs et autres utilisateurs à être particulièrement vigilant en forêt
4. **Inform**er les autorités et la population sur les causes et les effets de la perturbation (relations publiques)
5. Evaluer les possibilités d'instaurer des **réserves forestières** ou des **îlots de sénescence** (association végétale rare p. ex.)
6. Récolter uniquement les **chablis commercialisables**, de façon différenciée, en tenant compte de chaque contexte local (stations, fonctions de la forêt, desserte...)
7. Encourager la **solidarité** de l'économie forestière et de l'industrie du bois. L'utilisation locale du bois est judicieuse sur les plans économique et écologique
8. Respecter les arbres encore vigoureux – les **rescapés** – et les **espèces minoritaires** (y.c. les **espèces pionnières**), qui seront de précieux **semenciers**
9. Respecter le **sol** ainsi que le **rajeunissement naturel préétabli**. Bannir tout travaux de nettoyage laborieux
10. Faire preuve de **patience**, d'**humilité**, de réflexion et de méthode pour la reconstitution. **Laisser le temps à l'écosystème de s'exprimer** (10 ans p.ex.) avant de s'y ingérer ; quel défi !

11. Faire confiance prioritairement au **rajeunissement naturel**. Tolérer des espaces vides dans les rajeunissements
12. Oser **ponctuellement introduire des essences adaptées au climat futur** (semenciers pour l'avenir : chênes, tilleuls, érables, charme, if, douglas p. ex.)

13 Attitude lors du martelage des coupes normales

En toile de fond de toute décision et action sylvicoles, il est bien de se rappeler que *la forêt n'a pas besoin de l'Homme, c'est l'Homme qui a besoin de la forêt*. Le renforcement de la capacité adaptative des forêts nécessite un **personnel compétent**, spécifiquement formé dans ce domaine. Les *questions que le sylviculteur doit se poser* avant toute intervention dans un peuplement sont les suivantes :

1. Sur quel **type de station** se trouve-t-on ? (Altitude, sol, topographie, climat, contraintes...)
2. **Qu'est-ce que la nature ferait ici toute seule** ? (Evolution future sans intervention humaine)
3. Le **peuplement en place** est-il proche de la nature ? (Mélange, origine, âge, vigueur, stabilité...) ; présente-t-il des risques ? (Stress hydrique, scolytes, incendie...)
4. Quels sont ici les **fonctions attendues de la forêt** ? (Protection, production, social, biodiversité, qu'en est-il de la multifonctionnalité ?)
5. Quel est le **concept de desserte** pour le secteur en question ? (Chemins, pistes, layons, câbles, places de dépôt...)
6. Les **interventions réalisées jusqu'à présent** on-t-elles été pertinentes ? On-t-elles conduit à rendre l'écosystème plus proche de la nature et plus complexe ?
7. Le **but sylvicole** est-il réaliste ? (En termes de mélange, de qualité des produits visés, de rotation...)
8. Le **but sylvicole** tient-il compte du changement climatique ? (Migration de la végétation...)
9. Une intervention est-elle judicieuse ? (Si oui : où, quand, de quel type...). Y a-t-il moyen de varier volontairement les types de coupe, les ouvertures ?
10. Des secteurs sont-ils plus prioritaires que d'autres ? (Dans l'affirmative, fixer les priorités)
11. Des options sont-elles envisageables ? (Marge de manœuvre, défis, enjeux...)
12. Comment **promouvoir la propagation/le développement des espèces adaptées au climat futur** ? Présence de semenciers en nombre suffisant ?
13. Les **5 principes** propices à l'adaptation des forêts (facilitant le déplacement des habitats et de leurs espèces, chapitre 11) sont-ils suffisamment mis en œuvre ?

Plus généralement, les décisions favorables au renforcement de la capacité adaptative des forêts (= *sylviculture adaptative*) reposent sur les consignes et attitudes suivantes :

- Il est urgent d'agir, mais gardons-nous d'agir de manière excessive.
- Pas d'activisme, mais des interventions forestières bien pensées.
- Pas de schématisme, chaque forêt a ses propres caractéristiques.
- Prise en compte de l'ensemble des prestations forestières.
- Faire confiance aux processus naturels, leur donner le temps de s'exprimer.

- Les plantations à grande échelle ne sauveront pas l'écosystème ! Les plantations surfaciques péjorent au contraire l'intégrité (certains compartiments) du métaorganisme forestier, diminuant d'autant ses facultés d'adaptation.
- Accroître progressivement la proportion d'essences adaptées au climat futur en favorisant des semenciers et en plantant (ou semant), ponctuellement, des essences susceptibles de s'imposer sur la station concernée à la fin du XXI^e siècle.
- En phase de sélection, donner la préséance aux *arbres vigoureux* (arbres au houppier les mieux développés), et surtout ne pas se laisser leurrer par un excès de zèle qualitatif en jeunesse.
- La diversité des essences est plus importante que leur qualité. Intégrer les semenciers d'espèces adaptées dans le réseau des arbres de place.
- Échange d'expériences entre collègues.
- Faire preuve de modestie (se détacher de l'illusoire idée de maîtrise de l'écosystème).
- Mise à jour des connaissances, formation continue.

14 Indispensable équilibre forêt-gibier

Le rajeunissement naturel de nos forêts – sans artifices de protection et avec toute la palette des espèces adaptées aux divers types de station – n'est possible qu'en présence d'un cheptel équilibré d'ongulés sauvages. Une pression d'abrutissement excessive sur le recrû forestier naturel conduit à un « *démélange sélectif* », allant jusqu'à l'éviction des essences les plus appréciées des ongulés (if par exemple) et, par conséquent, à la surreprésentation d'espèces moins appétentes (épicéa, hêtre p. ex.). La *chasse*, couplée à la *présence de grands prédateurs* sont indispensables pour assurer, dans la durée, l'équilibre forêt-gibier.

L'expérience acquise dans notre canton depuis la réintroduction du lynx (dès 1974) montre que l'équilibre forêt-gibier ne s'améliore véritablement qu'en présence d'un nombre suffisant de grands prédateurs. La chasse à elle seule, ainsi qu'une faible densité de prédateurs, ne suffisent pas ! Les grands prédateurs (lynx pour réguler les chevreuils/chamois et loup pour les cerfs) sont la « *clé de voûte* » des équilibres inhérents à l'écosystème forestier.

Ainsi, les grands prédateurs – chez nous en particulier le lynx – sont d'essentiels partenaires pour permettre à toutes nos essences, même les plus sensibles, de se régénérer naturellement, sans protection. La résilience future de l'écosystème forestier est fondamentalement tributaire de la capacité de renouvellement spontané des espèces bienvenues dans le contexte du changement climatique (sapin blanc, chênes, tilleuls, érables, if, douglas...).

15 Conclusion

La sylviculture évolue aujourd'hui dans un monde globalisé, qui se modifie rapidement. En plus des préoccupations liées au changement climatique, elle doit aussi composer avec les attentes multiples des propriétaires, les aspirations diverses et changeantes de la société, le marasme persistant du prix des bois, les défis liés à l'approvisionnement énergétique... Un contexte fait d'incertitudes, dans lequel la **santé du système de production**, sa **résilience** et son **adaptabilité** sont à placer au centre des réflexions et des décisions. Encore plus que par le passé, la forêt – cette prodigieuse communauté vivante – mérite d'être gérée de manière holistique et intégrative, en respectant l'ensemble des

processus qui s’y déroulent. Il en va de la santé du **sol**, de l’**atmosphère** et de tous les compartiments du **peuplement**.

Globalement, la sylve neuchâteloise, mélangée et irrégulière, offre de bonnes prédispositions pour continuer d’exercer ses multiples fonctions dans le contexte des scénarios climatiques futurs. Néanmoins, **l’image de la forêt va changer, plus ou moins drastiquement** selon les types de station et la texture actuelle des peuplements. Certaines espèces d’arbres qui dominent aujourd’hui vont perdre leur avantage concurrentiel, permettant à d’autres essences d’en profiter. Promouvoir les bonnes espèces en fonction des caractéristiques de chaque station : « *le bon mélange au bon endroit* », telle est la devise de toute sylviculture durable dans le contexte du changement climatique.

Les recommandations énoncées dans ce document ne chamboulent pas la gestion forestière actuelle, basée sur nos *Principes sylviculturaux*¹³. Elles **complètent la pratique existante**, apportant quelques **réflexions et conseils supplémentaires** en vue de renforcer la capacité adaptative de nos forêts. Le présent document intègre les connaissances du moment, il s’agira de le réviser périodiquement pour tenir compte de l’évolution effective du climat, des nouveaux résultats de la recherche et des avancées politiques.

« *L’avenir n’est jamais que du présent à mettre en ordre. Tu n’as pas à le prévoir mais à le permettre.* »
Antoine de Saint Exupéry

Boudry, le 18 novembre 2020

P. Junod

¹³ https://www.ne.ch/autorites/DDTE/SFFN/forets/Documents/2016_Principes%20sylviculturaux%20NE.pdf

Bibliographie

- Brang, Peter, et al. 2016 : Stratégies sylvicoles et changements climatiques. Forêts et changement climatique pp. 345-369.
- Canton de Neuchâtel, SFFN, Service Faune Forêts Nature, 2016. Principes sylviculturaux, 41 p. www.ne.ch/fne, documents téléchargeables.
- Conedera, M.; Tinner, W., 2010: Langzeit Feuerökologie der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 161: 424–432.
- Doutaz, Jacques, 2014 : Typologie des stations forestières : comparaison entre la classification neuchâteloise (NE) et la classification selon Ellenberg & Klötzli (EK). <http://www.waldbau-sylviculture.ch/publica/2014%20Stations%20NE%20EK.pdf>.
- Duchaufour, Ph. – 1950 : L’humus forestier et les facteurs de sa décomposition, Revue forestière française N° 9, 479-488.
- Ellenberg, Heinz et Klötzli, Frank, 1972 : Waldgesellschaften der Schweiz auf floristischer Grundlage. Birmensdorf : WSL, 1972.
- Frehner, M., Burnand, J., Carraro, G., Frey, H. U. & Lüscher, P., 2009 : Gestion durable des forêts de protection. Soins sylvicoles et contrôle des résultats: instructions pratiques. Annexe 2A. OFEV, Bern.
- Frehner, M.; Brang, P.; Kaufmann, G.; Küchli, C., 2018: Bases stationnelles pour la gestion forestière face au changement climatique. WSL. Ber. 69: 44 p.
- Leibundgut, H., 1975: Wirkungen des Waldes auf die Umwelt des Menschen. Eugen Rentsch Verlag, 186 p.
- MATTHEY, B. 1986. Les ressources en eau du canton de Neuchâtel dans le cadre de l’aménagement du territoire (situation 1984). Ed. B. Matthey, 2205 Montézillon, 324 pp.
- MétéoSuisse, 2013 : « Scénarios climatiques Suisse – un aperçu régional », rapport technique n° 243 MétéoSuisse, 36 pages.
- Pluess, A.R.; Augustin, S.; Brang, P. (eds), 2016: [Forêts et changements climatiques. Éléments pour des stratégies d’adaptation](#). Berne; Stuttgart, Office fédéral de l’environnement OFEV; Institut fédéral de recherches WSL; Haupt. 454 p.
- Remund, Jan et al., 2016 : Changements climatiques en Suisse – définition de paramètres climatiques relatifs à la forêt. Forêts et changement climatique pp. 23-38. [https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A10628/datastream/PDF/Remund-2016-Changements climatiques en Suisse --%28published version%29.pdf](https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A10628/datastream/PDF/Remund-2016-Changements%20climatiques%20en%20Suisse%20-%28published%20version%29.pdf).
- Richard, Jean-Louis, 1964 : Carte phytosociologique du canton de Neuchâtel. https://sitn.ne.ch/web/legendes/carte_phytosociologique.pdf.
- Wilhelm G. J., Rieger H., 2013 : Naturnahe Waldwirtschaft mit der QD-Strategie. Eine Strategie für den qualitätsgeleiteten und schonenden Gebrauch des Waldes unter Achtung der gesamten Lebewelt. Ulmer KG, Stuttgart (Hohenheim) Deutschland, 208 S.