

# Les Forêts de Franche-Comté face au Changement Climatique



SFFC

ÉDITION 2012



# Les Forêts de Franche-Comté face au Changement Climatique



<b>AVANT-PROPOS</b> .....	<b>3</b>
<b>CHAPITRE 1 - LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES : DES CONSTATS ALARMANTS</b> .....	<b>4</b>
L'EFFET DE SERRE : UN ALLIÉ OU UN ENNEMI ? .....	4
LES CHANGEMENTS GLOBAUX IMPACTENT NOTRE QUOTIDIEN ET NOS FORÊTS .....	5
Un réchauffement irrégulier mais incontestable .....	5
Des précipitations en légère hausse .....	6
D'autres faits marquants.....	6
<b>CHAPITRE 2 - LES PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION AU 21<sup>ÈME</sup> SIÈCLE</b> .....	<b>7</b>
ÉVALUER L'AMPLEUR DU CHANGEMENT CLIMATIQUE : UN EXERCICE DIFFICILE .....	7
ÉVALUER LA GRAVITÉ DES PHÉNOMÈNES .....	7
Localisation et importance du réchauffement .....	8
Incidences sur les précipitations .....	8
<b>CHAPITRE 3 - LES CONSÉQUENCES OBSERVÉES EN FORÊT</b> .....	<b>10</b>
LE FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES EST DÉJÀ IMPACTÉ .....	10
CHANGEMENT DE PRODUCTIVITÉ DES FORÊTS .....	11
CATASTROPHES.....	12
MODIFICATION DES AIRES DE RÉPARTITION DES ESSENCES FORESTIÈRES .....	12
DES INCONNUES : LA CAPACITÉ D'ADAPTATION LIÉE À LA GÉNÉTIQUE, LA COMPÉTITION ENTRE ESPÈCES.....	14
LE RELIEF, UN ATOUT POUR LA MIGRATION NATURELLE DES ESPÈCES ?.....	15
<b>CHAPITRE 4 - LES CONSÉQUENCES SUR LA GESTION FORESTIÈRE : ANTICIPER !</b> ....	<b>16</b>
L'AUTÉCOLOGIE DES ESSENCES FORESTIÈRES, PARAMÈTRE INCONTOURNABLE .....	16
UNE ANALYSE RENFORCÉE ET L'ADAPTATION DES OUTILS DE DIAGNOSTIC .....	16
Réaliser un bilan climatique précis, bien évaluer la ressource en eau actuelle et ses perspectives d'évolution .....	16
Approfondir l'analyse et anticiper l'évolution lors du diagnostic stationnel .....	18
Identifier les zones à risque en fonction des essences .....	19
L'ADAPTATION DE LA GESTION SYLVICOLE EN FONCTION DU DIAGNOSTIC .....	19
Application du "principe de précaution" .....	19
Principes généraux et conseils particuliers .....	19
Précautions complémentaires.....	20
Réfléchir avant de drainer.....	20
Préserver les sols.....	20
Maîtriser les équilibres forêt-grande faune .....	21
Accroître la surveillance phytosanitaire .....	21
Gestion des peuplements existants .....	22
Diagnostic des peuplements et perspectives d'avenir.....	22
Conseils en matière d'itinéraires sylvicoles .....	22
Renouvellement des peuplements .....	24
Diagnostic.....	24
Choix des essences objectif.....	25
Conseils en matière d'itinéraires sylvicoles .....	25
Essais en cours.....	27
<b>CHAPITRE 5 - QUELQUES CAS PRATIQUES</b> .....	<b>28</b>
RÉSINEUX À BASSE ALTITUDE .....	28
TRANSFORMATION DES CHÊNAIES PÉDONCULÉES EN SITUATION "LIMITE" .....	28
CHÊNAIES-HÊTRAIES MENACÉES PAR LA DYNAMIQUE NATURELLE DU HÊTRE .....	29
FEUILLUS EN ALTITUDE .....	30
LIMITES AUX INTRODUCTIONS D'EXOTIQUES (Douglas, Mélèze, Cèdre, Pins laricio).....	30
Douglas.....	30
Mélèze d'Europe.....	30
Cèdre de l'Atlas .....	31
Pins laricio de Corse et de Calabre .....	31
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>32</b>



**L**e changement climatique et ses conséquences sur les écosystèmes mobilisent beaucoup d'énergie, et donnent matière à un nombre important de publications qu'il n'est pas toujours facile de s'approprier. Les débats restent ouverts, mais les scientifiques sont quasiment unanimes pour dénoncer les signes du réchauffement global de la Terre, du fait de l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre, et les modifications importantes attendues au cours des prochaines décennies.

Si le phénomène n'est pas nouveau pour notre planète, dont l'histoire est marquée d'alternances entre glaciations et réchauffements, les inquiétudes actuelles découlent essentiellement de la vitesse avec laquelle les phénomènes se produisent. Les forestiers sont directement concernés par ces perspectives, qui laissent à penser que les arbres plantés aujourd'hui connaîtront un climat sensiblement différent au moment de leur récolte ! Ils s'interrogent sur l'avenir de leurs peuplements, la capacité des essences à résister, s'adapter ou migrer..., sujet complexe auquel il est difficile de répondre avec certitude.

Sous l'égide de la Société Forestière de Franche-Comté, le Centre Régional de la Propriété Forestière et l'Office National des Forêts ont souhaité s'intéresser à cette question, en abordant l'évolution du climat et les changements globaux sous l'angle des précautions à observer pour s'adapter, sans céder au catastrophisme ni renoncer à produire du bois d'œuvre de qualité.

Réalisée avec l'aide financière du Conseil Régional de Franche-Comté, cette brochure n'a donc pas l'ambition de constituer un recueil de "recettes" pour les sylviculteurs, mais d'enrichir les outils de diagnostic pour les aider à anticiper, prendre des précautions pour limiter l'exposition aux risques, ou réagir plus facilement en cas de problème. Elle s'articule autour de quatre grands chapitres, visant à :

- dresser le constat des changements observés à ce jour,
- résumer les perspectives d'évolution climatique à l'horizon de l'année 2100, à partir des projections issues des recherches scientifiques,
- montrer que le fonctionnement des écosystèmes est déjà impacté, avec des conséquences favorables ou non pour la forêt et la production de bois,
- et surtout, élargir la réflexion pour permettre aux propriétaires et aux gestionnaires forestiers d'orienter leurs choix et d'adapter leurs itinéraires sylvicoles aux différents contextes régionaux.

Cet ouvrage complète la collection mise à disposition des sylviculteurs, qu'il s'agisse des guides techniques ou des recommandations pour le choix des essences en fonction des stations. Il ouvre un nouveau regard et élargit le champ de réflexion, notamment pour les documents les plus anciens dans lesquels la problématique du changement climatique n'a pas été évoquée.

En apportant son soutien à cette action, la Région Franche-Comté contribue à la gestion durable des forêts par l'évaluation et la prise en compte des risques, et l'incitation à la mise en place d'une sylviculture capable de s'adapter aux évolutions des peuplements et aux réactions des essences forestières.

**Bertrand de GUILLEBON**

*Président de la Société Forestière  
de Franche-Comté*

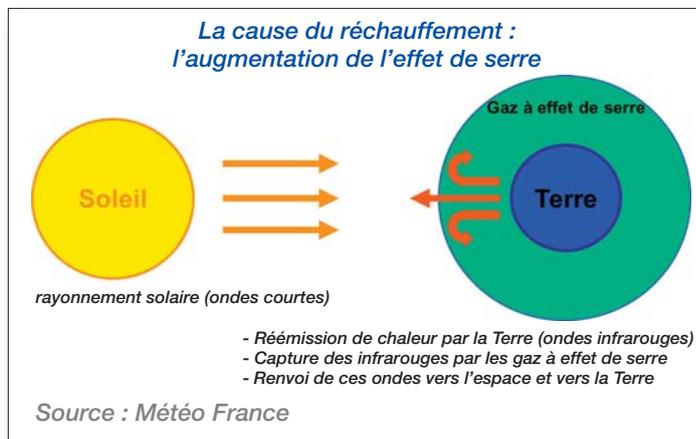


# CHAPITRE 1

## LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES : DES CONSTATS ALARMANTS

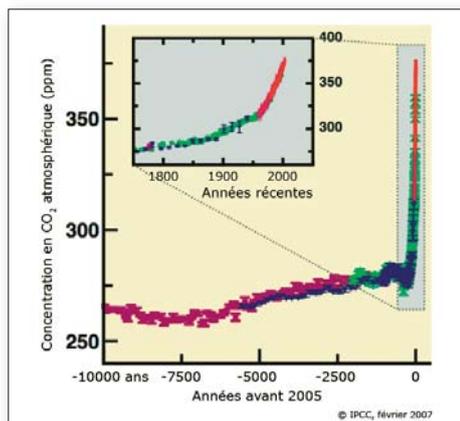
### L'EFFET DE SERRE : UN ALLIÉ OU UN ENNEMI ?

Le climat de la Terre dépend étroitement de l'effet de serre, produit par les gaz naturellement présents dans l'atmosphère. Après avoir laissé passer le rayonnement solaire, la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le dioxyde de carbone (ou gaz carbonique CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), les chlorofluorocarbones (CFC) et bien d'autres gaz piègent une partie de la réémission de chaleur de la Terre par rayonnement infrarouge. Ceci se traduit par un réchauffement de la partie inférieure de l'atmosphère, sans lequel la température moyenne sur terre serait très fortement abaissée, passant de 15°C à -18°C ! Mais si la concentration de ces gaz augmente, la température s'élève...



L'histoire de notre planète est faite d'alternances, selon les modifications de son orbite autour du soleil et les variations de concentration en gaz à effet de serre (GES). Depuis 335 000 ans, quatre longues périodes froides, avec un déficit de 8°C par rapport à la température moyenne de la période 1961-1990, ont ainsi été séparées par trois courtes périodes chaudes, avec un excédent de 2°C. L'étude des bulles d'air piégées dans les glaces fossiles des calottes glaciaires a montré une relation étroite entre la concentration des GES (notamment dioxyde de carbone et méthane) et l'évolution de la température depuis 420 000 ans !

Le réchauffement du système climatique mondial est actuellement sans équivoque. Il semble concordant avec l'augmentation rapide de la concentration en CO<sub>2</sub> (et autres gaz à fort impact sur l'effet de serre) constatée depuis le début de l'ère industrielle. Au-delà des émissions naturelles de ces gaz, les activités humaines et le recours massif aux énergies fossiles tiennent donc une part importante dans l'évolution que nous observons. Mais des phénomènes beaucoup plus complexes sont en cause...



*Évolution de la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique à partir des données des carottes de glace et de mesures récentes.*  
Source : Changements climatiques 2007 : les éléments scientifiques. Contribution du GT I au 4<sup>ème</sup> Rapport d'évaluation du GIEC. Fig. RiD.1. Cambridge University Press



*Vers des hivers moins rigoureux ?*



## LES CHANGEMENTS GLOBAUX IMPACTENT NOTRE QUOTIDIEN ET NOS FORÊTS

Les experts scientifiques réunis au sein du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) sont quasiment unanimes pour dénoncer l'évolution de notre climat et les changements globaux qu'elle induit. Leur quatrième rapport publié en 2007 (1)<sup>a</sup> met en évidence des observations qui le prouvent, tout comme les études conduites au niveau régional (source : "Images de Franche-Comté" N°44 – décembre 2011 (2)).

### ➔ Un réchauffement irrégulier mais incontestable

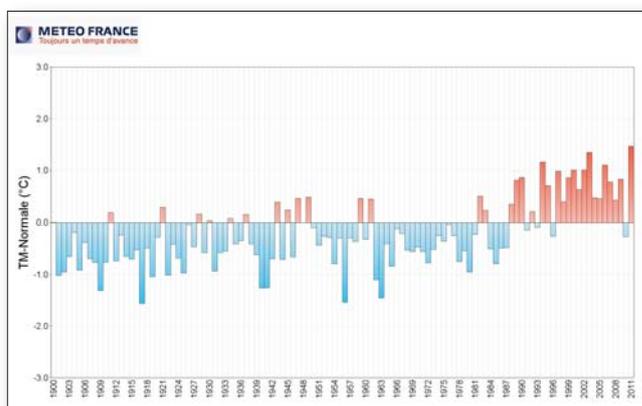
L'élévation des températures moyennes terrestres, sensible depuis plus d'un siècle avec un gain de 0,74°C entre 1906 et 2005 au niveau mondial (+0,9°C en France), s'accélère particulièrement depuis une trentaine d'années.

En France, la période 1994 – 2011 compte 12 années parmi les 14 les plus chaudes depuis 1900 !

À l'échelle régionale, les données de Météo France relatives aux températures traduisent bien le radoucissement du climat, en dégageant pour Besançon sur la période de 1890 à 2010 les tendances suivantes :

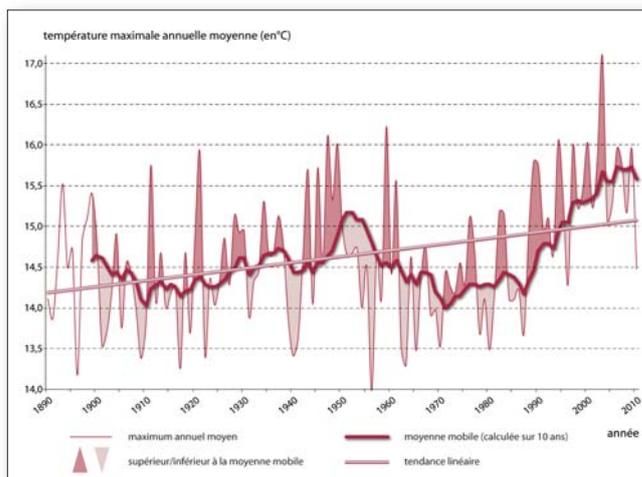
- les moyennes annuelles des températures minimales et maximales croissent également (sur 120 ans, +1,5°C pour les minimas et +1,75°C pour les maximas),
- le nombre de jours froids annuel (température minimale inférieure à 0°C) est lui aussi en diminution sensible, avec une moyenne qui passe de 85 à 60 jours,
- la durée de la saison froide perd environ 3 semaines sur un siècle.

En climatologie, les variations interannuelles peuvent être marquées et les tendances évolutives ne peuvent se dégager qu'avec l'analyse de séquences sur 30 ans (les normales) pour être pertinentes. À Besançon, les températures moyennes annuelles ont fluctué à plusieurs reprises sur de courtes périodes dans une fourchette de plus de 2°C (entre 1939 et 1949, 1956 et 1959...)



Évolution de la température moyenne en France sur la période 1900 – 2011 (excédent en rouge, déficit en bleu, par rapport à la moyenne de référence 1971-2000).

Source : Météo France



Variation des maximas annuels moyens de température à Besançon de 1890 à 2010. Source : Images de Franche-Comté/Météo France-CDM 25

<sup>a</sup> Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie détaillée en page 32



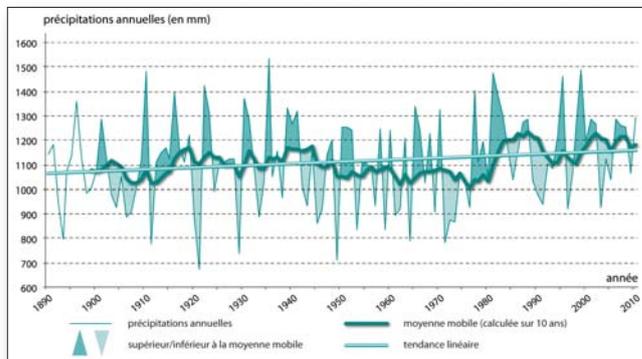
# CHAPITRE 1

## LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES : DES CONSTATS ALARMANTS

### ➔ Des précipitations en légère hausse

La quantité et le rythme des précipitations impactent également la vie végétale et animale. L'évolution des précipitations se produit différemment selon les endroits : tendance à l'augmentation sur le nord de l'Europe, mais à la diminution dans le bassin méditerranéen, le Sahel...

À Besançon, la moyenne des cumuls annuels de pluie et de neige a très légèrement progressé au cours des 120 dernières années, avec une diminution du nombre d'années peu arrosées après 1971. Mais les variations interannuelles et les écarts saisonniers restent forts ; certains épisodes marquants, comme la sécheresse de 2003 couplée aux températures caniculaires, peuvent être lourds de conséquence.



*Précipitations annuelles à Besançon de 1890 à 2010.  
Source : Images de Franche-Comté/Météo France-CDM 25*

### ➔ D'autres faits marquants

Plusieurs phénomènes montrent que cette évolution rapide du climat induit des changements globaux qui touchent différents écosystèmes :

- augmentation du niveau moyen mondial des mers,
- réduction de la couche neigeuse, recul des glaciers, de la banquise et des calottes polaires, accroissement du nombre et de l'étendue des lacs glaciaires,
- augmentation des événements climatiques extrêmes (notamment des cyclones tropicaux dans l'Atlantique nord) et de certaines maladies, progression de certains ravageurs (en France, par exemple, extension vers le nord de l'aire de présence de la chenille processionnaire du pin qui atteint désormais le Jura),
- modification des cycles saisonniers, précocité des événements printaniers (avancée très sensible des dates de floraison de la vigne et surtout des vendanges depuis une trentaine d'années, augmentation de la durée de la saison de végétation et de l'accroissement des forêts...).



*Le débourrement et la floraison sont plus précoces*

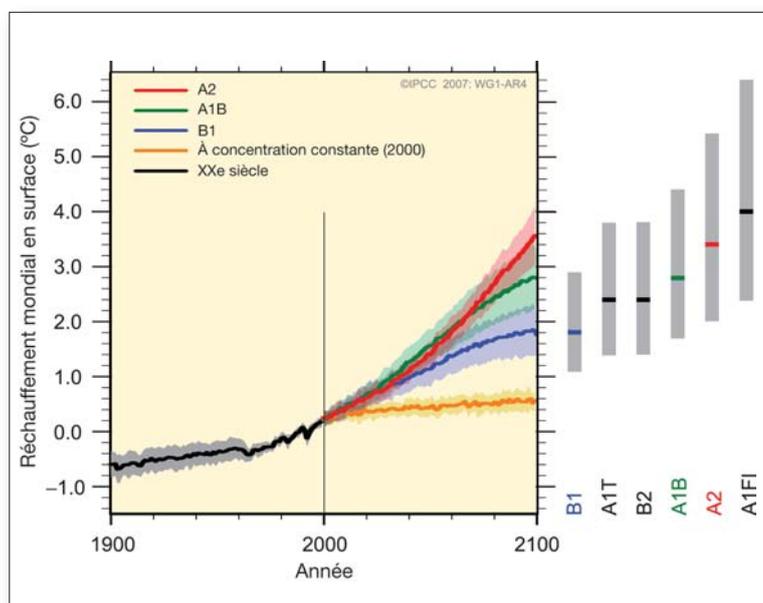


### ÉVALUER L'AMPLEUR DU CHANGEMENT CLIMATIQUE : UN EXERCICE DIFFICILE

Si le constat du réchauffement climatique et des changements qu'il induit sont mesurables, prévoir l'évolution à l'horizon de 2100 relève d'un exercice difficile. Les initiatives politiques et les grands rassemblements mondiaux se succèdent pour rechercher des solutions et s'engager fermement dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Mais l'activité économique et les besoins énergétiques limitent les efforts qui peuvent être fournis. A supposer que les émissions de dioxyde de carbone d'origine humaine cessent totalement, la grande inertie et la rémanence de ce gaz ne permettraient qu'une stabilisation de sa concentration dans l'atmosphère, les effets positifs de l'abaissement du taux n'intervenant qu'au bout de quelques siècles ! Si le changement climatique est certain pour les prochaines décennies, son intensité dépendra donc des efforts déployés pour le contenir.

Les experts du GIEC ont élaboré des scénarios différents selon des perspectives d'évolution démographiques et économiques, avec des hypothèses d'autant plus optimistes que la collaboration des États autour des problématiques environnementales viendrait à se renforcer. Ils sont référencés par des codes : A1, A2, B1, B2...

Pour simuler l'évolution du climat, ils ont construit des courbes retraçant son évolution depuis l'année 1000 et développé des modèles mathématiques permettant de se projeter dans l'avenir jusqu'en 2100. Dans tous les cas, l'augmentation de la température frappe par son ampleur et sa rapidité sans précédent : les valeurs les plus probables issues du rapport du GIEC de 2007 (1), supérieures à celles avancées en 2001, indiquent par rapport à la moyenne 1980 – 1999 une hausse de 1,8 à 4°C sur un siècle, la fourchette élargie variant de +1,1 à + 6,4°C ! Si les écarts à cette échéance sont bien marqués selon les scénarios, la plupart des projections du réchauffement de la Terre tablent sur une augmentation d'environ 0,2°C par décennie sur les 20 prochaines années. Et au rythme des évolutions constatées récemment, les perspectives du modèle le plus pessimiste pourraient être dépassées...



#### Évolution du réchauffement global de la surface de la Terre selon différents scénarios.

Source : Changements climatiques 2007 : les éléments scientifiques. Contributions du GT I au 4<sup>ème</sup> Rapport d'évaluation du GIEC. Fig. RiD.5. Cambridge University Press

### ÉVALUER LA GRAVITÉ DES PHÉNOMÈNES

Quel que soit le scénario, il ne suffit pas de considérer la valeur moyenne du réchauffement pour en déduire des règles générales : il ne se produira pas de manière homogène sur toute la planète. Le quatrième rapport du GIEC (1), les études de Météo France conduites au niveau national ou, pour la Franche-Comté, commandées par le Conseil Economique Social et Environnemental (3) apportent à différentes échelles des précisions à cet égard.



# CHAPITRE 2

## LES PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION AU 21<sup>ÈME</sup> SIÈCLE

### Localisation et importance du réchauffement

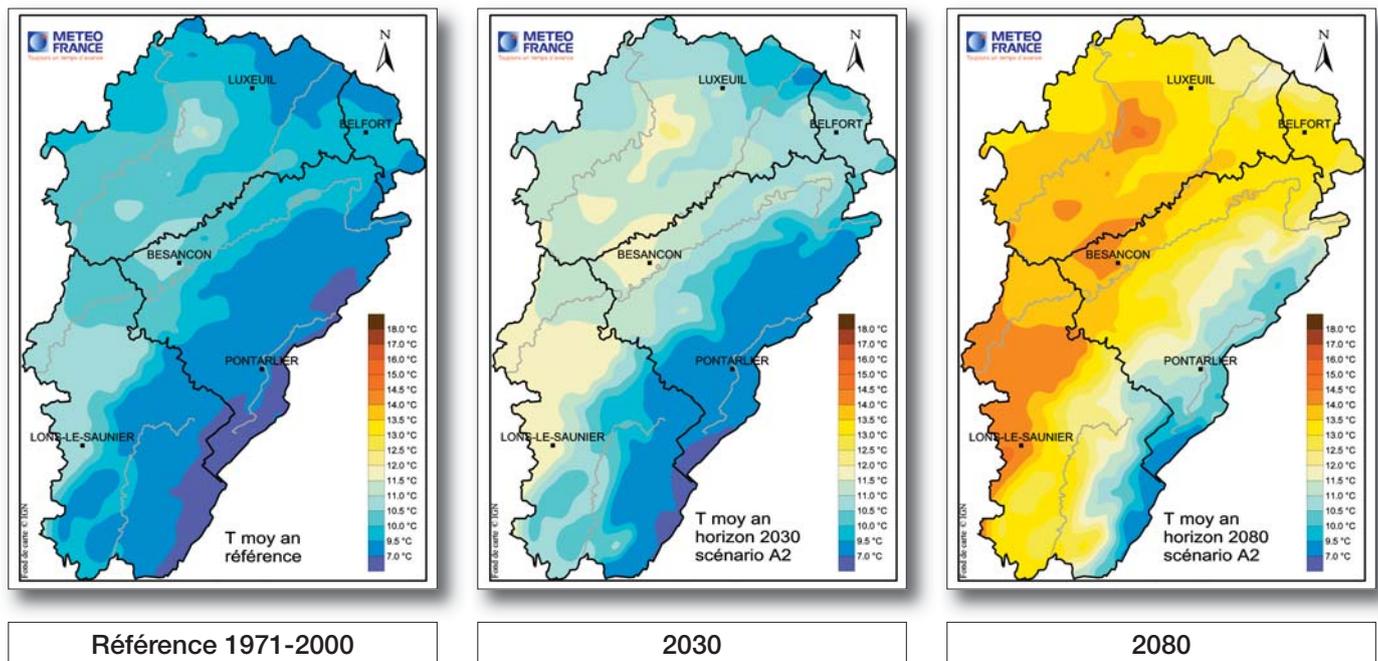
Le réchauffement sera supérieur sur les terres émergées et en général dans l'hémisphère nord. Il sera plus important pour la température moyenne estivale, mais touchera également la moyenne hivernale, avec en corollaire une réduction du nombre de jours de gel.

Une hausse de la fréquence des températures élevées est également très probable, avec des épisodes de canicule plus nombreux et plus intenses. Selon le scénario A2 du GIEC, pessimiste ou réaliste selon les avis, l'été de 2003 deviendrait un été moyen en 2070 en France ! En Europe, la zone méditerranéenne sera plus touchée par l'élévation des températures estivales que le nord du continent.

En Franche-Comté (3), au regard des moyennes trentenaires de 1971 – 2000, le réchauffement dépasserait légèrement 1°C à l'horizon 2030, pour atteindre près de 2°C à 3,5°C en 2080 selon les scénarios. Le nombre de jours de gelées serait en forte diminution mais très hétérogène au sein de la région.

*Évolution de la température moyenne annuelle en Franche-Comté selon le scénario A2 du GIEC.*

*Source : Le climat change, la Franche-Comté s'adapte – CESER de Franche-Comté/Météo France*



### Incidences sur les précipitations

À l'instar des températures, les précipitations et par conséquent la disponibilité en eau devraient s'accroître aux plus hautes latitudes, mais diminuer dans la plupart des terres émergées subtropicales. En Europe, les régions du bassin méditerranéen connaîtraient davantage de sécheresse, étant encore plus déficitaires en eau qu'aujourd'hui. En France, la répartition annuelle devrait se modifier :

- en hiver, avec des précipitations, des jours de forte pluie et des risques d'inondation en hausse sur la façade océanique et les massifs montagneux de l'est,
- en été, avec une baisse globale des précipitations et une augmentation du nombre de jours sans pluie, particulièrement sensible dans l'ouest et le sud, l'est restant davantage épargné malgré un léger durcissement des conditions.

Étudiées plus précisément à l'échelle régionale, les précipitations en saison froide évoluent peu selon les projections ; une légère diminution semble toutefois se dessiner à l'horizon 2080, y compris dans les Hautes Chaînes du Jura.



Cette répartition différente des apports, couplée à une évaporation plus importante et à la hausse des sécheresses estivales, ne sera évidemment pas sans conséquence sur les arbres et les écosystèmes en général.

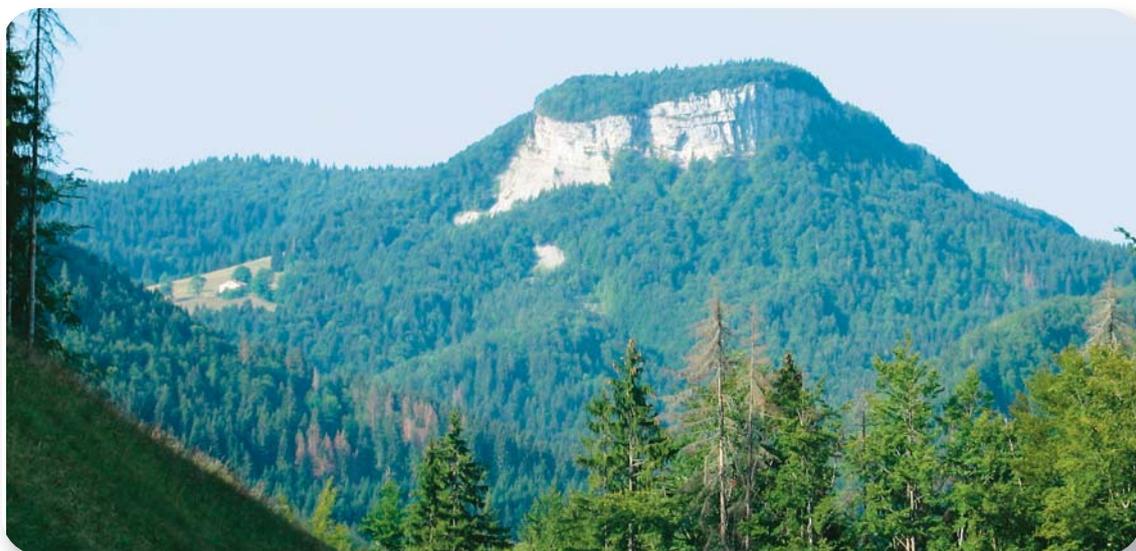
Selon le scénario A2 du GIEC, le climat de Besançon à l'horizon 2030 pourrait ressembler à celui de Lyon aujourd'hui, puis à celui de la

Toscane italienne en 2050 et enfin, avec une incertitude plus forte, à celui du nord-ouest de la Grèce à l'horizon 2080 (3).

En conséquence des modifications attendues sur les températures et les précipitations, les événements extrêmes pourraient s'accroître et devenir plus fréquents : inondations, vagues de chaleur et canicules, sécheresse... Par contre, l'augmentation du risque lié aux tempêtes n'est pas confirmée (en France, 9 grandes tempêtes au 18<sup>ème</sup> siècle contre 8 au 20<sup>ème</sup>).



*Été 2003 : les forêts souffrent, les différences de stations apparaissent dans le paysage*



*Les résineux des Hautes Chaînes sont également victimes de la chaleur et de la sécheresse*



### LE FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES EST DÉJÀ IMPACTÉ

L'impact des changements se traduit par différents constats, qui montrent déjà que :

- la saison de végétation, période pendant laquelle les conditions météorologiques sont favorables au développement des plantes, a gagné 10 jours entre 1962 et 1995 (4) principalement par avancement de la date du débournement des arbres, mais aussi par retard sur la chute des feuilles (observations faites en jardins botaniques, à confirmer pour la forêt). Les floraisons et les maturations des fruits sont avancées, comme en témoignent les vendanges qui gagnent 10 à 15 jours en Franche-Comté sur les 30 dernières années (3) ;
- les taux de concentration du CO<sub>2</sub> et les dépôts azotés sont en augmentation ;
- les phénomènes de stress hydrique sont plus fréquents (par exemple le rougissement physiologique sur résineux en fin d'hiver), tout comme les dégâts dus aux fortes chaleurs ;
- les cycles de vie des ravageurs et de leurs parasites sont modifiés. Exemples :
  - la Processionnaire du pin colonise progressivement le territoire français depuis le sud,
  - l'Oïdium du chêne est favorisé par la douceur hivernale,
  - le climat a également un effet direct bien établi sur la progression de la maladie de l'Encre (châtaigner, chêne pédonculé).

Le développement de certains insectes est favorisé par une augmentation de la température : on constate une accélération des processus physiologiques, un développement plus rapide des larves, une augmentation du nombre de générations par saison, une réduction des mortalités, une augmentation des déplacements. En revanche, cela peut déboucher sur un décalage dans le temps des stades de développement, nuisible pour l'hôte ou pour l'insecte selon les cas, et les effets du réchauffement peuvent avoir un impact direct sur les agresseurs : la chenille processionnaire du pin, par exemple, a vu en 2003 sa remontée régulière vers le nord ralentie par la chaleur estivale.



*Les gelées tardives du printemps pourraient être plus dommageables avec l'avancée des dates de débournement*

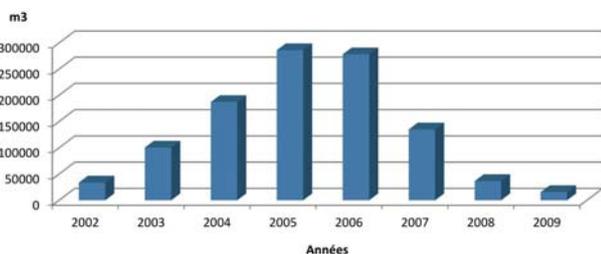


*Développement d'Oïdium sur semis de chêne*

Les phénomènes de dépérissement ont toujours existé, sans être forcément liés à des évolutions climatiques (stations défavorables à certaines espèces, absence de distinction entre les chênes sessile et pédonculé alors que leurs exigences sont différentes...). On constate toutefois leur multiplication sous forme de crises (dégâts conséquents sur une période relativement courte), ou de dégradation plus progressive parfois durable, parfois réversible ; exemples : le sapin pectiné et l'épicéa en Franche-Comté après 2003, le hêtre à Chizé (Poitou) et à Fontainebleau, le sapin pectiné et le pin sylvestre en zone méditerranéenne, le chêne pédonculé à Vierzon et, entre 1989 et 1997, plusieurs essences dans le massif de la Harth (Alsace)...



**Volume d'épicéa scolyté récolté en forêt publique en Franche-Comté.** Source : DSF N-E/ONF



**Dépérissement du sapin et attaques de scolytes de l'épicéa en Franche-Comté**

Suite aux déficits de précipitation des années 2003, puis 2005 et 2006, les volumes de bois récoltés à partir d'épicéas scolytés et de sapins dépérissants ont atteint des records dans la région. Les problèmes ont même concerné les aires naturelles de présence de ces espèces, impactant des peuplements considérés "à leur place".



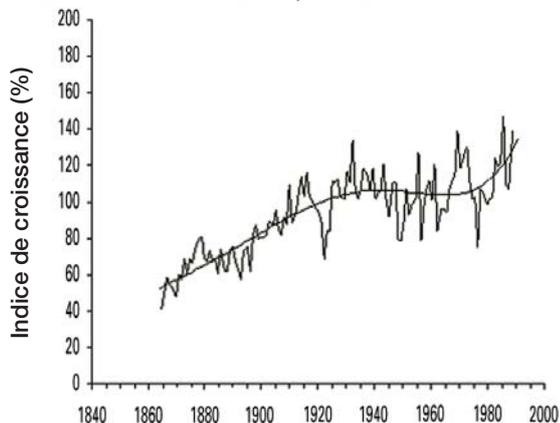
Attaque de scolytes sur épicéa

## CHANGEMENT DE PRODUCTIVITÉ DES FORÊTS

La croissance des arbres s'est accélérée du fait de l'allongement des saisons de végétation, de l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> et des dépôts azotés... Le hêtre dans le nord-est a par exemple connu en un siècle un doublement de son accroissement annuel en hauteur ainsi qu'en surface terrière (Michel Becker, 1987), et une réduction de 40 % des durées de révolution (un diamètre de 60 cm est atteint à 90 ans au lieu de 150 ans). Il convient cependant de noter pour cette essence une stabilité de croissance dans la dernière décennie (Bontemps, 2006).

**Augmentation de la croissance de 1850 à 2000 pour le sapin dans le Jura.**

Source : INRA - Becker et al., 1994



Une forêt saine et vigoureuse



## CHAPITRE 3

# LES CONSÉQUENCES OBSERVÉES EN FORÊT

*A contrario*, les événements climatiques exceptionnels tels que la sécheresse de 2003 provoquent des à-coups et s'accompagnent d'une réduction significative de la croissance pouvant, selon les essences, s'étaler sur plusieurs années.

C'est pourquoi, les difficultés annoncées dans l'alimentation en eau des arbres et les stress hydriques qu'elles induisent devraient limiter cette augmentation générale de la croissance à partir de 2050 (les modèles prédisent une stabilité, puis une baisse de la productivité).

## CATASTROPHES

Les éléments climatiques extrêmes tels que pluies violentes, vagues de chaleur, vents forts, pourraient conduire à une augmentation des risques de chablis, d'incendies, et peut-être des risques biotiques<sup>b</sup> (insectes et champignons).

Le risque d'incendie devrait connaître une progression vers le nord et s'accroître sur une grande partie du territoire national en cas d'aléa sévère tel que sécheresse et canicule, à l'instar de 2003.

L'augmentation des risques de tempêtes n'est pas démontrée, mais les volumes de bois abattus ou cassés du fait de vents forts pourraient être plus importants, en raison d'une plus grande vulnérabilité des forêts liée à l'accroissement :

- des surfaces boisées depuis les années 50,
- de la hauteur moyenne des peuplements, les rendant moins stables,
- de la production et du capital sur pied.

Les sols détrempés par les fortes pluies hivernales pourraient également accentuer l'instabilité des arbres soumis aux grosses rafales de vent.



Les tempêtes de décembre 1999 avaient provoqué des dégâts considérables

## MODIFICATION DES AIRES DE RÉPARTITION DES ESSENCES FORESTIÈRES

En France, le déplacement des zones de végétation pourrait atteindre 150 à 550 km en latitude vers le nord et 150 à 550 m en altitude,

ce qui signifierait la disparition de nombreuses espèces... et l'apparition de nouvelles selon leur capacité de migration !

La répartition des végétaux est déjà modifiée : il a par exemple été constaté une forte augmentation de la fréquence du houx dans les Ardennes entre 1987 et 2007 (*Dupouey, 2011*) et une remontée des espèces en altitude dans les montagnes françaises, de 30 m pour les ligneux et de 90 m pour les herbacées (*Lenoir et al., Science, 2008*).

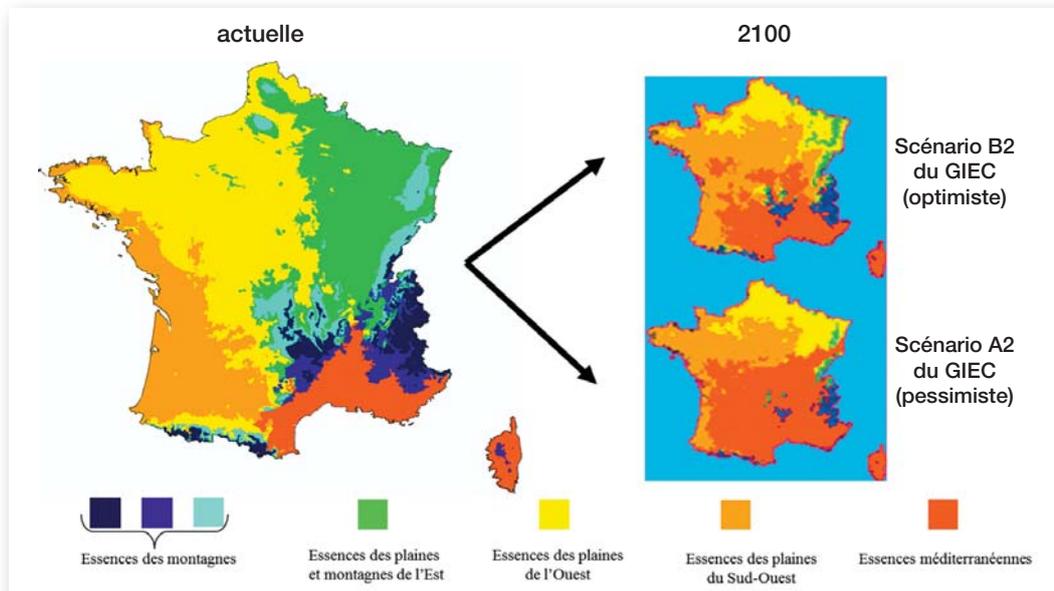
Mais ces évolutions restent encore limitées, bien inférieures aux perspectives que les scientifiques entrevoient. À l'aide de modèles mathématiques qui s'appuient sur les connaissances actuelles (données de l'Inventaire Forestier National, aires de distribution géographique et autécologie<sup>c</sup>), ils ont étudié les modifications possibles des zones de présence climatiquement adaptées aux différentes espèces, sans préjuger de leur capacité de migration. Ils ont ainsi élaboré les **cartes des aires de répartition potentielle des principales essences forestières et des différents groupes biogéographiques d'ici 2100 (5)**, montrant des évolutions parfois très importantes dans un laps temps proche de la durée de vie d'un peuplement !

<sup>b</sup> Liés aux organismes vivants

<sup>c</sup> Exigences des espèces au regard des facteurs écologiques (préférences stationnelles et limites de tolérance)



*Évolution de l'aire potentielle de groupes biogéographiques d'essences.*  
 Source : CARBOFOR, Badeau et al., 2005



Une carte de vulnérabilité climatique du **chêne pédonculé** (n'intégrant pas les différences de qualité des substrats géologiques et des sols) a été publiée récemment (6).

Elle montre, pour la Franche-Comté :

- une zone de vulnérabilité faible comprenant le Territoire de Belfort, le Doubs, une grande partie du Jura (est et sud) et, en Haute-

Saône, la Vallée de la Saône et la frange nord-est du département,

- une zone de vulnérabilité modérée comprenant une grande partie de la Haute-Saône et la partie nord-ouest du Jura,
- une petite zone de vulnérabilité élevée dans la région Doloise (dont le grand massif de Chaux).

Selon le scénario B2 du GIEC (optimiste), l'aire climatique potentielle du **hêtre** (5) devrait se réduire aux zones montagneuses et aux Ardennes. En Franche-Comté, la probabilité de présence de cette essence dans les plaines et sur les plateaux calcaires de l'est de la région est inférieure à 30 % en 2100. Elle est supérieure à 50 % sur les plateaux du Jura et encore plus forte dans la Haute Chaîne.



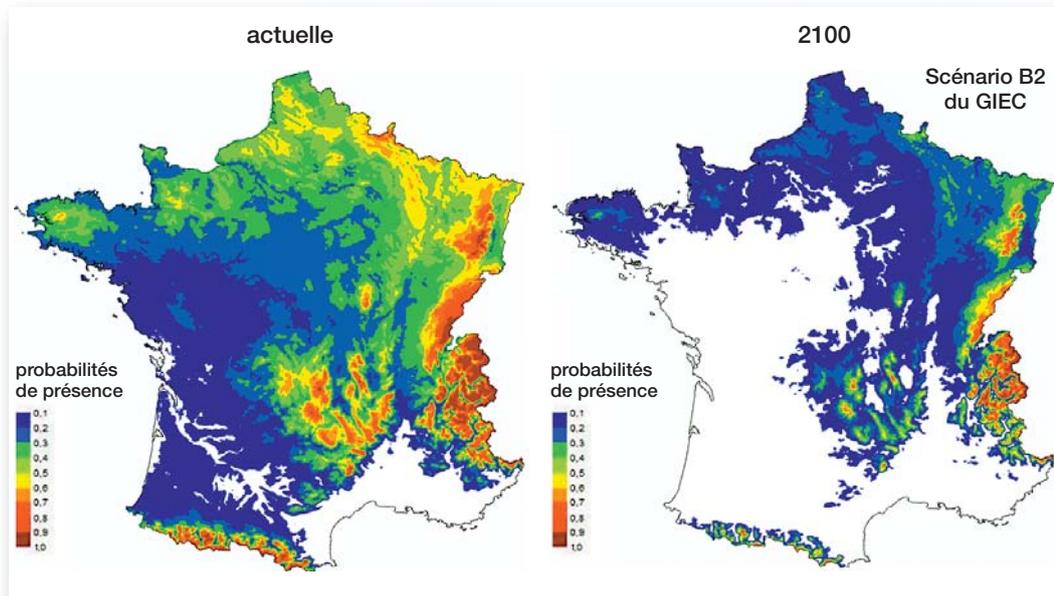
*Dépérissement de hêtre*



## CHAPITRE 3

# LES CONSÉQUENCES OBSERVÉES EN FORÊT

Évolution de l'aire potentielle du hêtre. Source : CARBOFOR, Badeau et al., 2005



Selon le même scénario, les aires potentielles du sapin pectiné et de l'épicéa en 2100 se limiteront essentiellement au 2<sup>ème</sup> Plateau du Jura et à la Haute Chaîne.

## DES INCONNUES : LA CAPACITÉ D'ADAPTATION LIÉE À LA GÉNÉTIQUE, LA COMPÉTITION ENTRE ESPÈCES

Les cartes des aires de répartition potentielle des principales essences forestières ne prennent pas en compte la diversité génétique des individus au sein d'une même espèce, ni les éventuelles mutations de ce patrimoine pour s'adapter aux évolutions en cours. En Franche-Comté par exemple, le hêtre trouve des conditions idéales sur des sols frais, bien drainés mais régulièrement alimentés en eau, de préférence en présence d'une humidité atmosphérique élevée. Il se développe également sur des versants sud, sous forme de hêtraies sèches, certes moins productives mais dans lesquelles il s'accommode de conditions beaucoup plus contraignantes. Par conséquent, la prévision de réduction de l'aire de présence d'une espèce et sa disparition éventuelle de certaines zones pourraient être contredites dans les faits, l'essence étant susceptible de subsister en s'adaptant, au mieux avec une production moindre, au pire dans une seule logique de survie source de biodiversité.

On ne connaît pas, en pratique, la capacité de résilience<sup>d</sup> des forêts et on ne sait pas si les évolutions futures seront liées à des mortalités ou à des échecs de régénération des essences victimes des nouvelles conditions. Certes, la capacité d'adaptation via la régénération naturelle apparaît comme un facteur clé, mais la compétition interspécifique pourrait également évoluer et modifier à l'avenir la composition des peuplements :

- par régression ou disparition de la concurrence exercée actuellement par une ou plusieurs espèces sur les autres, lesquelles peuvent alors se développer plus largement,
- *a contrario* par renforcement de la compétition, qui peut faire disparaître certaines espèces,



Des espèces en compétition dans une régénération naturelle dynamique et diversifiée

<sup>d</sup> Capacité à retrouver progressivement leur état d'origine après destruction totale ou partielle par un aléa naturel ou une perturbation



- par expansion d'espèces plastiques (à faibles exigences) ou particulièrement résistantes,
- par apparition naturelle de nouvelles espèces, ou par disparition d'autres inféodées à des milieux particuliers et déjà menacées.

Les connexions entre massifs forestiers ont également un rôle important à jouer ; elles doivent être développées pour faciliter la migration des espèces.

**Les évolutions floristiques vont aussi impacter la biodiversité des massifs**, dont le risque de réduction dans un contexte de crise biologique est aggravé par le réchauffement :

- certains habitats particuliers vont peut-être disparaître,
- risque d'introduction d'espèces exotiques (allochtones) au détriment des espèces indigènes (autochtones),
- risque de développement de certaines espèces invasives,
- craintes que les actions curatives - ou certaines actions médiatiques telles que la plantation d'arbres pour créer un puits de carbone - soient à court terme plus pénalisantes pour la biodiversité que les changements climatiques.



*Espèce emblématique des Hautes Chaînes, le Grand Tétrás est particulièrement menacé...*



*... mais c'est plus largement la biodiversité qui risque d'être impactée*

## LE RELIEF, UN ATOUT POUR LA MIGRATION NATURELLE DES ESPÈCES ?

En plaine, le front de progression naturelle des espèces est freiné par les distances importantes à parcourir pour atteindre des zones aux conditions climatiques différentes (en moyenne 0,5°C pour 100 km de latitude).

En montagne, la colonisation peut être favorisée par le relief, qui permet aux espèces de rencontrer des évolutions climatiques rapides des basses altitudes vers les sommets (abaissement de la température moyenne de 0,6°C par tranche de 100 m d'altitude, augmentation des précipitations annuelles et estivales, notamment sous forme d'orages plus fréquents). *A contrario*, le relief peut constituer dans certains cas une barrière infranchissable par certaines espèces.

*Le relief, atout ou barrière pour la migration des espèces ?*



## CHAPITRE 4

# LES CONSÉQUENCES SUR LA GESTION FORESTIÈRE : ANTICIPER !

Si une part d'incertitude subsiste à moyenne et longue échéance sur l'évolution du climat et les changements induits, **les constats et les perspectives à court terme n'autorisent plus le sylviculteur à ignorer ces phénomènes et leurs impacts forestiers**. Les travaux de la recherche et des organismes professionnels nourrissent déjà les réflexions, tandis que les études en cours visent à renforcer les outils de diagnostic.

### L'AUTÉCOLOGIE DES ESSENCES FORESTIÈRES, PARAMÈTRE INCONTOURNABLE

Les exigences écologiques des principales essences de production pour la Franche-Comté sont assez bien connues. Les travaux se poursuivent pour mieux cerner leur comportement sous l'effet des événements climatiques extrêmes, notamment les longues périodes de déficit hydrique.

Le comportement en présence d'épisodes secs et caniculaires varie en effet selon les essences, avec une régulation plus ou moins précoce de l'évapotranspiration. Sur certains sols, la stagnation de l'eau en fin d'hiver et au printemps constitue un frein au développement des espèces sensibles à l'asphyxie des racines en début de période de végétation. L'augmentation des précipitations hivernales et printanières, évoquée par certains modèles climatiques, pourrait amplifier ce phénomène et impacter la répartition des essences sur les stations concernées.

Le tableau page suivante récapitule **les caractéristiques des principales essences objectif ou d'accompagnement en Franche-Comté** (en italique celles qui sont ou pourraient être introduites), **au regard de leurs exigences climatiques et stationnelles**. Leurs besoins en lumière sont donnés par les codes de couleur, selon qu'elles nécessitent un éclaircissement fort (fond beige clair), acceptent un léger ombrage ou le tolèrent assez bien dans le jeune âge (fond beige moyen), ou supportent l'ombre (fond beige foncé).

Pour chaque essence, l'influence des évolutions climatiques a été estimée en fonction des connaissances actuelles, mais demande encore à être précisée, ou réorientée si nécessaire. Trois facteurs sont évalués : élévation des températures moyennes (hors canicule, toujours défavorable), augmentation des précipitations hivernales et printanières, donc des risques d'engorgement, et accroissement des sécheresses estivales. Le code = correspond à l'indifférence, le - à un handicap (- - lorsqu'il est fort) et le + à un bénéfice (++ lorsqu'il est élevé).

### UNE ANALYSE RENFORCÉE ET L'ADAPTATION DES OUTILS DE DIAGNOSTIC

Les conditions dans lesquelles les arbres sont introduits ou se développent doivent être soigneusement étudiées pour orienter les choix d'essences à favoriser et les itinéraires sylvicoles : relief, altitude, exposition, climat local, nature et caractéristiques des sols... L'utilisation des outils de diagnostic doit notamment être adaptée pour tenir compte des changements annoncés.

#### ➔ **Réaliser un bilan climatique précis, bien évaluer la ressource en eau actuelle et ses perspectives d'évolution**

Un bilan climatique s'impose pour ne pas se contenter des valeurs moyennes annuelles des précipitations et des températures :

- répartition mensuelle des précipitations, mise en évidence des éventuelles périodes déficitaires durant lesquelles les apports d'eau sont inférieurs à l'évapotranspiration potentielle,
- analyse plus fine des températures, des risques de canicule, de gelées tardives ou précoces susceptibles de nuire à certaines essences en raison de l'allongement de la saison de végétation,
- impacts du changement climatique, évalués sur la durée de vie du peuplement.

Au-delà de la fréquence et de l'abondance des précipitations, la réserve utile qu'un sol est capable de stocker puis de restituer à la végétation (selon sa texture, sa richesse chimique, sa profondeur, la présence ou non d'une nappe...) influence fortement la production forestière : une réserve limitée mais régulièrement rechargée par les pluies et les orages est plus favorable qu'une réserve moyenne soumise à une longue période sans précipitations. Il importe également de tenir compte :

- des impacts de la topographie sur le drainage latéral (pertes par ruissellement dans les versants, apports complémentaires en bas de pente et dans les bas-fonds...),
- de l'exposition (dessèchement plus ou moins rapide, confinement...).



	Essence	Autécologie	Influence des facteurs		
			Température	Engorgement	Sécheresse
Feuillus	Alisiers, cormier	Collinéen à montagnard ; sols riches, basiques à légèrement acides (ou acides pour le cormier), sur matériaux plus ou moins caillouteux (A. torminal plus plastique accepte l'engorgement temporaire), tolérants à la sécheresse	=	=	=
	Aulne glutineux	Plutôt collinéen ; sols plus ou moins riches mais constamment alimentés en eau	=	=	--
	Charme	Collinéen ; préfère les sols riches en bases mais tolérant à une acidité moyenne, sols secs à frais non engorgés	=	-	-
	Chêne pédonculé	Collinéen jusqu'à la base du montagnard ; large amplitude, des sols riches en bases à acides, mais profonds et bien alimentés en eau (adapté à l'engorgement temporaire mais craint les sécheresses estivales)	=	=	--
	Chêne sessile	Collinéen jusqu'à la base du montagnard ; très plastique avec optimum sur sols filtrants, épais, légèrement acides, tolérant à l'engorgement temporaire (pseudogley)	=	=	-
	Érable champêtre	Collinéen ; sols riches en bases et en azote, pas trop humides	=	-	=
	Érable plane	Collinéen à montagnard ; sols riches en bases et en azote, frais et bien aérés, plus plastique que E. sycomore	=	-	-
	Érable sycomore	Collinéen mais plutôt montagnard, climat frais à humidité atmosphérique élevée, résistant aux gelées tardives ; sols profonds, aérés, frais et bien drainés	-	-	-
	Frêne commun	Collinéen à montagnard ; sols riches en bases à légèrement acides, frais à humides et bien drainés, mais supporte les sols secs en forêt ouverte (taille et vigueur réduites). <b>Atteint par la Chalarose qui compromet fortement son avenir en forêt de production</b>	-	=	--
	Hêtre	Collinéen à montagnard, précipitations annuelles supérieures à 750 mm et humidité atmosphérique élevée ; assez large amplitude quant à la profondeur et la richesse du sol (enracinement superficiel), craint l'hydromorphie, sensible aux coups de soleil et à la sécheresse estivale	--	-	--
	Merisier, pommier, poirier	Collinéen à montagnard ; assez large amplitude, des sols riches en bases à légèrement acides, bien alimentés en eau mais non hydromorphes	=	-	-
	Noyers commun, noir et hybrides	Collinéen ; sols surtout légers, assez profonds, riches en bases à légèrement acides, frais et bien drainés	=	-	-
	Peupliers	Collinéen en zone de vallées ; sols riches en bases à légèrement acides, profonds et bien alimentés en eau en été mais sans nappe permanente proche de la surface (> 40 cm)	=	-	--
Tilleuls	Collinéen à montagnard ; sols assez riches en bases à légèrement acides (T. à grandes feuilles) voire acides (T. à petites feuilles), supportant les sols compacts mais pas trop humides	=	=	=	
Résineux	Épicéa commun	Montagnard à subalpin, très résistant au froid ; plastique mais craint les sols riches en carbonates et les sols compacts, préfère l'humidité atmosphérique, très sensible à la sécheresse estivale	--	-	--
	Pin sylvestre	Collinéen à subalpin ; frugal mais réussit mal sur sol carbonaté et peu tolérant aux sols compacts ou hydromorphes, résistant à la sécheresse estivale et au froid (mais casse sous le poids de la neige)	=	-	=
	Sapin pectiné	Montagnard à subalpin inférieur ; indifférent à la richesse chimique mais craint les sols compacts ou hydromorphes et les sols superficiels, exige une humidité atmosphérique élevée et constante (sensible à la sécheresse estivale)	-	-	-
Introductions	Cèdre de l'Atlas	<i>Introduction à l'étage bioclimatique du chêne pubescent ; sols variés non compacts sans hydromorphie (idéal sur éboulis calcaires), tolère les sols superficiels si la roche est fissurée, supporte les fortes sécheresses mais craint les fortes gelées</i>	++	-	=
	Douglas	<i>Introduction aux étages collinéen et montagnard inférieur ; sols profonds et filtrants, frais et pas trop humides, exigeant une bonne pluviosité annuelle en supportant assez bien les étés secs, résiste assez bien au froid</i>	=	-	-
	Mélèzes d'Europe et hybride	<i>Introduction aux étages collinéen et montagnard inférieur ; assez plastiques si sol filtrant bien et régulièrement alimenté en eau (craignent le sec et l'excès d'eau), ne tolèrent pas les sols superficiels ou trop calcaires, supportent le froid mais sensibles aux gelées tardives</i>	=	-	--
	Pins laricio de Corse et de Calabre	<i>Introduction dans l'étage montagnard sous influence méditerranéenne ; assez plastiques sauf sols carbonatés et hydromorphie marquée (surtout variété Corse), supportent les étés secs mais craignent le froid</i>	+	-	=
	Robinier	<i>Introduction dans l'étage collinéen ; très plastique et très rustique au regard du sol : profond ou superficiel, riche ou pauvre..</i>	=	=	=
Sapin de Nordmann	<i>Introduction à l'étage collinéen de préférence au sapin pectiné ; indifférent à la richesse chimique, peu exigeant à l'égard du sol (de superficiel à peu compact non hydromorphe), très résistant au froid et aux gelées tardives, moins sensible à la sécheresse</i>	=	-	=	



## CHAPITRE 4

# LES CONSÉQUENCES SUR LA GESTION FORESTIÈRE : ANTICIPER !

### ➔ Approfondir l'analyse et anticiper l'évolution lors du diagnostic stationnel

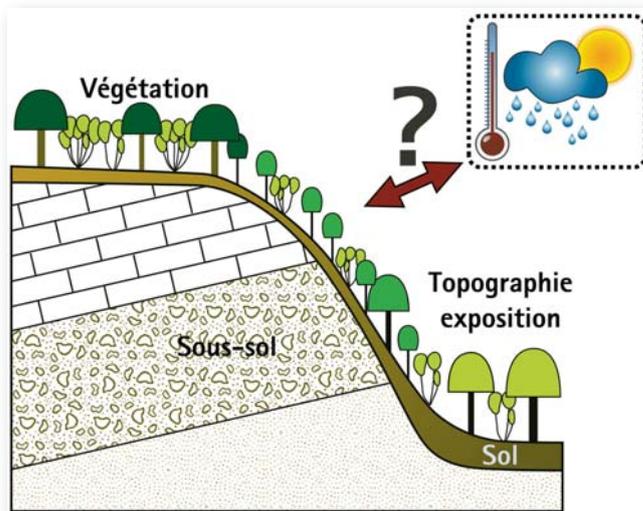
Être attentif au choix des essences mais ne pas céder à la panique !

Adapter la lecture des catalogues de stations et guides pour le choix des essences en intégrant le diagnostic prospectif des stations : identifier les futurs facteurs limitants et la sensibilité des essences pour orienter la composition des peuplements.

La Franche-Comté dispose d'un grand nombre de catalogues de stations, le plus souvent déclinés en guides pour le choix des essences par grandes régions naturelles. Si les ouvrages les plus récents abordent sommairement les risques liés au changement climatique, la plupart demandent aujourd'hui une réflexion complémentaire pour intégrer ces paramètres et renforcer la pertinence des orientations sylvicoles.

Pour éviter des erreurs importantes, le choix des essences à introduire ou à favoriser dans les jeunes peuplements ne peut plus se satisfaire d'une simple définition de la station. Le diagnostic doit tenir compte des évolutions observées et annoncées, en considérant notamment les caractéristiques des sols (épaisseurs minimale et maximale pour une station donnée...), qui influencent directement le bilan hydrique et la réserve en eau disponible pour la végétation en cas de déficit de précipitations estivales :

- immédiatement, au regard des écarts qui peuvent exister au sein d'une station car la variation de l'épaisseur du sol, du simple au double dans certains cas, oblige à reconsidérer la place de certaines essences lorsque l'on s'approche des conditions les moins favorables ; le merisier et le mélèze d'Europe devront par exemple être écartés des sols moyennement profonds sur calcaire dont l'épaisseur se rapproche de la borne inférieure des 20 cm, alors qu'ils ne devraient pas trop souffrir du déficit de précipitations estivales lorsque la profondeur de sol atteint le seuil supérieur de 40 cm ;
- à court et moyen termes, afin d'intégrer les perspectives d'évolution auxquelles le jeune peuplement sera confronté avant d'atteindre *a minima* une dimension économique permettant de rentabiliser les investissements.



Le diagnostic stationnel prospectif.

Source : S. Gaudin, CRPF Champagne-Ardenne



Fosse pédologique dans un sol hydromorphe



## ➔ Identifier les zones à risque en fonction des essences

Une étude a été engagée en 2011 en Franche-Comté, à l'initiative de l'ONF et du CRPF, afin de renforcer les outils de diagnostic et d'aider les sylviculteurs à identifier les couples stations – essences à risque. Ce travail repose sur la combinaison de plusieurs paramètres et nécessite de :

- cartographier la composition et la structure des peuplements,
- dresser la carte des stations, évaluer leurs perspectives d'évolution et les facteurs limitants pour les différentes essences selon leurs exigences,
- croiser ces données pour cibler les peuplements à risque, déterminer et planifier les priorités d'intervention selon le degré d'urgence.

L'analyse peut déjà être mise en œuvre à l'échelle d'une parcelle ou d'une propriété pour déterminer le niveau de sensibilité selon 3 grandes catégories (fort, moyen, faible ou nul) et orienter les décisions.



*Certains peuplements semblent plus sensibles aux phénomènes climatiques*

## L'ADAPTATION DE LA GESTION SYLVICOLE EN FONCTION DU DIAGNOSTIC

### ➔ Application du “principe de précaution”

Faire face aux évolutions attendues ne signifie pas céder au catastrophisme et renoncer à la production de bois d'œuvre de qualité, mais prendre des précautions pour limiter l'exposition aux risques ou rebondir en cas de problème !

Certes, plus la récolte finale est proche, plus les impacts des changements seront faibles ; la surveillance sanitaire et la réaction aux attaques ou phénomènes de dépérissement mettant en péril le capital bois acquis constituent à l'évidence les sages mesures à observer.

La situation se complique d'autant plus que la date de récolte du peuplement est lointaine et que des investissements restent à réaliser. Il convient alors d'apprécier chaque contexte particulier pour apporter des réponses différenciées au regard :

- des conditions stationnelles et de leur évolution probable sur la durée de vie du peuplement,
- du niveau de vulnérabilité des essences,
- du stade de développement du peuplement,
- des actions déjà entreprises.

### ➔ Principes généraux et conseils particuliers

Les conseils qui peuvent être prodigués dans les peuplements existants reposent sur une évaluation pertinente du niveau de risque (diagnostic stationnel prospectif, couples stations-essences menacées, stabilité du peuplement...) et une transition plutôt qu'une modification brutale.



*Une forêt claire, structurée et mélangée : un atout pour l'avenir ?*



## CHAPITRE 4

# LES CONSÉQUENCES SUR LA GESTION FORESTIÈRE : ANTICIPER !

En règle générale, une révolution plus courte diminue les périodes d'exposition aux risques. Il convient donc de tendre vers une réduction des diamètres d'exploitabilité et de tenir compte de l'activation de la croissance des arbres, qui permet de les atteindre plus rapidement. Cela n'exclut pas les cas particuliers, tels que les productions de bois de haute qualité justifiant des récoltes à des diamètres élevés apportant une valorisation maximale. De plus, cela ne doit pas se faire au détriment de la biodiversité : il convient de conserver en parallèle des très gros et vieux bois (en îlots et/ou de manière disséminée), ainsi que des sujets sénescents et morts dès lors qu'ils ne présentent aucun danger.

**Pour limiter les risques, mettre en place une gestion réversible, capable de s'adapter aux évolutions et aux réactions des essences forestières :**

- dynamiser la sylviculture, adapter les itinéraires sylvicoles,
- réduire l'évaporation et améliorer la disponibilité en eau pour les arbres, en diminuant la densité sur station sensible au déficit hydrique, y compris dans le sous-étage,
- rechercher un capital producteur modéré générant les meilleurs profits,
- cibler les interventions et maîtriser les dépenses, en travaillant en faveur d'un nombre restreint de tiges sur lesquelles la qualité se concentrera dans les billes de pied,

- accroître la stabilité des peuplements, en limitant les phases de forte concurrence entre les tiges, en favorisant les arbres les plus équilibrés, en privilégiant des interventions précoces et fréquentes, en étant attentif à la gestion des lisières,
- favoriser le mélange d'essences et privilégier l'étagement de la végétation (strates), pour améliorer la résilience des peuplements et mieux affronter les catastrophes naturelles,
- autant que possible, préparer le peuplement à un renouvellement par régénération naturelle, notamment par une réduction suffisamment forte et précoce des semenciers d'espèces qu'il n'est pas souhaitable de conserver au regard des évolutions annoncées.

### ➔ Précautions complémentaires

#### Réfléchir avant de drainer

Sur les stations hydromorphes à pente faible, une réflexion s'impose avant d'entreprendre des travaux de drainage, dont l'intérêt et la pertinence doivent absolument être évalués. En effet, ceux-ci peuvent facilement se montrer excessifs ou totalement inappropriés, et fragiliser les peuplements adaptés à l'engorgement sans apporter de solution alternative satisfaisante pour d'autres essences.

#### Préserver les sols

Le sol doit bénéficier de précautions particulières pour éviter une altération durable ou irréversible de ses caractéristiques physiques (tassement) et chimiques (export minéral pouvant conduire à une baisse de la fertilité), mais aussi pour éviter des travaux de restauration coûteux qui, de toute façon, ne permettront pas de revenir à l'état initial.



*Ornières et tassements de sol : à éviter !*



### Accroissement du risque de tassement du fait des engorgements hivernaux plus prononcés :

Si la sensibilité d'un sol au tassement est liée à plusieurs facteurs, dont la charge en cailloux, la texture et l'hétérogénéité des différentes couches (horizons), c'est le degré d'humidité qui constitue le facteur déterminant. Un sol peut se montrer très vulnérable lorsqu'il est gorgé d'eau et supporter le passage d'engins lourds lorsqu'il est parfaitement "ressuyé" ou gelé. Le choix de la période d'intervention est donc primordial.

Dans la très grande majorité des cas, les cloisonnements sur lesquels doivent impérativement circuler tous les engins forestiers pour le débardage et la plupart des travaux sylvicoles constituent la réponse adaptée pour que la mécanisation préserve les sols forestiers.

### Augmentation du risque d'appauvrissement par export minéral, lié à une plus forte demande de bois de feu :

Les feuilles, aiguilles et branches fines de l'année concentrent une part très importante des éléments minéraux des arbres (azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium). La récolte intensive de ces produits s'accompagne donc d'une forte exportation minérale, d'où un risque d'appauvrissement des sols. Elle doit être raisonnée :

- exclue pour les sols à sensibilité forte (sols sableux ou limoneux et humus acides),
- limitée à une fois tous les 30 à 40 ans, selon le contexte, dans les autres cas.

### Maîtriser les équilibres forêt-grande faune

La pression exercée par les populations de cerfs, de chevreuils ou de chamois peut rendre plus difficile le renouvellement des forêts, nécessitant de protéger les plantations (voire les semis) d'essences appétentes. Cela peut poser des problèmes techniques (clôtures...) et impacter directement le coût des renouvellements de peuplements.

La régulation des populations d'ongulés par des plans de tirs adaptés s'impose d'autant plus que les changements climatiques vont parfois contraindre les sylviculteurs à orienter la composition des forêts avec des essences plus sensibles aux dégâts. C'est par exemple le cas du passage du hêtre vers le chêne en plaine, ou de l'épicéa vers le sapin en montagne...

### Accroître la surveillance phytosanitaire

Il est essentiel de suivre en continu les effets des changements globaux. Les organismes forestiers contribuent à la surveillance générale du territoire, à travers :

- leur participation au réseau des correspondants-observateurs du Département de la Santé des Forêts (DSF), pour les signalements et les diagnostics sanitaires,
- leur implication dans les réseaux nationaux de suivi des écosystèmes forestiers, constitués de placettes observées régulièrement.

En complément, il convient que chacun soit particulièrement attentif aux phénomènes de dépérissement, qu'ils soient diffus, progressifs ou brutaux sous forme de crise, afin de les prendre en compte dans la gestion et de relayer l'information vers les organismes professionnels.



Frottis de chevreuil



Écorçage de cerf



La surveillance phytosanitaire par les correspondants-observateurs du DSF



## CHAPITRE 4

# LES CONSÉQUENCES SUR LA GESTION FORESTIÈRE : ANTICIPER !

### ➔ Gestion des peuplements existants

#### Diagnostic des peuplements et perspectives d'avenir

Pour être pertinents, les objectifs et programmes sylvicoles doivent être définis au regard de plusieurs paramètres :

- stade de développement, temps nécessaire pour atteindre la maturité, à défaut une bonne valorisation de la production, au pire une dimension minimale pour la commercialisation d'une partie du volume en bois d'œuvre,
- risques de perte de production ou de valeur des produits en cas de dépérissement,
- composition, mélange d'essences : évaluer le potentiel des essences minoritaires pour maintenir un mélange ou augmenter leur part dans le peuplement à venir, favoriser le brassage génétique,
- vulnérabilité aux aléas (peuplement déstabilisé, exposé suite à une coupe...) et aux problèmes sanitaires à caractère épidémique (scolytes de l'épicéa notamment),
- capacité de régénération naturelle, intérêt et perspectives de mise en valeur des semis.

Le choix de retarder des échéances incontournables peut engendrer de lourdes conséquences économiques pour le propriétaire : perte de valeur par dépréciation de la qualité ou engorgement du marché, augmentation brutale des surfaces en renouvellement et concentration sur une même période des investissements associés (avec baisse des recettes en parallèle)... Il importe donc de hiérarchiser les priorités : renouvellement des peuplements les plus fragilisés, puis les plus exposés, en favorisant au maximum les transitions progressives basées sur l'observation attentive de l'évolution de la situation.

#### Conseils en matière d'itinéraires sylvicoles

##### Futaie irrégulière

La dynamisation de la sylviculture va conduire à ne pas dépasser les objectifs de surface terrière préconisés dans les guides. La plupart du temps, les règles sylvicoles sont simplement ajustées pour tenir compte des menaces induites par le changement climatique : veille sanitaire, récolte prioritaire des bois marchands d'essences vulnérables, maintien de la dynamique naturelle en favorisant les essences adaptées et le mélange, éventuelles plantations d'enrichissement pour augmenter la diversité et introduire des essences non présentes dans la régénération...

En cas de menace forte ou de problèmes sanitaires touchant la ou les essences dominantes du peuplement, des coupes plus conséquentes pourraient s'avérer indispensables et, par conséquent, conduire à ajuster le mode de traitement. Des phases de reconstitution pourraient être nécessaires (cf. itinéraires en futaie régulière).

##### Futaie régulière

Des peuplements éclaircis vigoureusement et suffisamment tôt, ainsi que des peuplements mélangés, où les essences secondaires représentent 20 à 30 % du couvert tous étages confondus, ont toutes les chances de mieux résister aux épisodes climatiques extrêmes (hauteur totale moindre, meilleur enracinement, compétition pour l'eau réduite...) et de présenter ensuite une meilleure résilience (retour plus rapide à une production soutenue après perturbation).



*Futaie irrégulière feuillue, mélangée et structurée*



*Éclaircie précoce et dynamique dans une plantation d'épicéa*



## Peuplement proche de la maturité (récolte < 20 ans)

Sain

Coupes d'amélioration légères et régulières jusqu'à la récolte

Problèmes sanitaires

### Menace limitée

Suivi de l'évolution, coupes sanitaires régulières en essayant de ne pas déstabiliser le peuplement

### Menace forte

Coupe rase en cas de risque élevé de perte de production et/ou de valeur ; reconstitution par régénération naturelle d'essences adaptées à la station si le potentiel existe, sinon par plantation

## Peuplement adulte en cours d'accroissement

Sain

**Menace faible ou nulle à moyen terme**  
Sylviculture favorisant la production de bois de qualité et le mélange d'essences : coupes d'amélioration dynamiques et régulières ; conversion possible en futaie irrégulière

### Menace forte à moyen terme

Coupes d'amélioration dynamiques ou conversion en futaie irrégulière, en favorisant dans le peuplement et la régénération naturelle les essences les plus adaptées à la station, et en valorisant la qualité

Problèmes sanitaires

### Menace limitée

Suivi de l'évolution, coupes sanitaires régulières en essayant de ne pas déstabiliser le peuplement, coupes d'amélioration au profit des tiges de qualité parmi les essences les moins sensibles, en favorisant leur croissance

### Menace forte

Renouvellement rapide du peuplement par coupes progressives, ou coupe rase en cas de risque élevé de perte de production et/ou de valeur ; reconstitution par régénération naturelle d'essences adaptées à la station si le potentiel existe, sinon par plantation

## Jeune peuplement en phase d'éducation (âge < 20 ans)

Non menacé à moyen et long terme

Travaux sylvicoles puis éclaircies dynamiques favorisant la production de bois de qualité et le mélange d'essences

Menacé

### Menace faible

Sylviculture dynamique en favorisant les essences les plus adaptées sur la base du diagnostic stationnel prospectif

### Menace forte à long terme

Sylviculture dynamique permettant de concentrer la production sur les tiges les plus vigoureuses et les moins vulnérables, afin d'atteindre le plus rapidement possible des diamètres commercialisables en bois d'œuvre

### Menace forte à court terme

Si possible, transition progressive permettant d'utiliser le peuplement pour installer d'autres essences plus adaptées à la station, en cherchant à atteindre une dimension commercialisable ; si aucune perspective économique et pas de rôle éducateur du peuplement en place, élimination et renouvellement par plantation d'essences adaptées en enrichissement ou en plein

## CHAPITRE 4

# LES CONSÉQUENCES SUR LA GESTION FORESTIÈRE : ANTICIPER !

### ➔ Renouveau des peuplements

#### Diagnostic

L'analyse avec une projection sur le long terme des peuplements âgés et/ou dépérissants, à faible durée de survie, peut conduire à décider :

- de conserver et régénérer naturellement les essences en place,
- de tirer profit de la régénération naturelle des essences adaptées et améliorer la diversité par des plantations complémentaires d'essences nouvelles,
- de changer d'essences par transformation (par exemple : pessière pure située en dehors de l'aire actuelle de répartition de l'épicéa, chênaie à dominante de pédonculé dans une zone où cette essence est qualifiée de très vulnérable au titre des évolutions climatiques...) ; on aura alors recours à de nouvelles essences, généralement par plantation, sinon par semis direct en forêt.

Cette transformation, nécessaire à moyen terme, ne se justifie pas toujours économiquement à court terme. On pourra ainsi, en présence d'une régénération abondante, choisir à juste titre de conserver une essence que l'on estime menacée en optant pour un cycle court (obtenir rapidement des produits commercialisables, sans atteindre obligatoirement le diamètre optimal), en minimisant les risques, et en s'efforçant de faire évoluer le mélange par des éclaircies fortes. C'est notamment l'itinéraire qui peut être retenu avec le sapin pectiné sur un sol superficiel du premier plateau du Jura.

Il convient également d'être attentif pour ne pas généraliser trop rapidement un diagnostic ponctuel : certains peuplements peuvent, au sein d'un secteur critique, bénéficier de conditions écologiques très locales plus favorables grâce à des phénomènes de compensation : zones confinées, sols plus profonds...



*Une belle dynamique naturelle*

#### Nouveau matériel végétal introduit par plantation :

- le choix des provenances est à raisonner en intégrant les nouvelles connaissances sur les changements climatiques,
- les critères de sélection pour l'amélioration génétique sont à élargir en conséquence (tests en cours sur certaines essences),
- des placeaux d'essais comparatifs d'essences et de provenances sont à installer dès aujourd'hui.



*Transformation par plantation après coupe d'épicéas scolytés*



## Choix des essences objectif

Pour augmenter la résilience des forêts, il faut **privilégier autant que possible les mélanges d'essences**, notamment dans les zones où l'espèce principale risquera de régresser. Une stratégie de précaution, qui relève essentiellement du bon sens, doit être mise en œuvre dans ce but lors de la reconstitution des peuplements :

- installer les essences sensibles au stress hydrique (sapin pectiné, hêtre, chêne pédonculé, épicéa commun, douglas...) dans l'optimum de leurs exigences écologiques au regard de la réserve en eau du sol, de l'humidité atmosphérique et du risque de sécheresse estivale ; il convient de vérifier, au cas par cas, la bonne adéquation entre les essences et les stations dans la perspective des changements climatiques,
- travailler en faveur des essences plus tolérantes au stress hydrique dans les stations à alimentation en eau limitée (chêne sessile, alisiers, tilleuls, pins...),
- profiter du processus de reconstitution pour substituer des essences en limite de leurs conditions écologiques ; ce sont par exemple les cas du hêtre installé dans des régions sèches à précipitations annuelles inférieures à 650 mm, ou du chêne pédonculé dans des stations à déficit hydrique estival marqué,
- **ne pas se précipiter pour introduire massivement des essences exotiques dont on ne connaît pas bien l'écologie, la sylviculture...**



Une belle futaie mixte

Le mélange des essences s'obtient selon plusieurs modalités :

- **mélanges par bouquets ou parquets** pour les peuplements mixtes feuillus-résineux ou les essences de stratégies de comportement différentes (chêne-pin sylvestre, douglas-hêtre, sapin pectiné-hêtre-épicéa) ; cette technique présente les avantages de constituer des unités bien repérables sur le terrain pour les entretiens ultérieurs, et d'améliorer la qualité des tiges par la compétition au sein d'une même essence,
- **mélanges plus intimes** pour les essences ayant une stratégie de comportement proche avec une tolérance assez semblable à l'ombrage (hêtre-sapin, pin-bouleau, hêtre-érable), ou une différence de vitesse de

croissance importante si l'essence à croissance plus lente peut supporter l'ombrage ; à noter que les fruitiers sont également capables de croître de façon isolée au milieu des essences sociales si la station et la densité du peuplement le permettent ;

- **mélanges par strates** quand l'essence objectif est moins tolérante à l'ombrage que les autres, ou que cette tolérance est très différente entre deux essences objectif (mélèze-hêtre, pin sylvestre-sapin pectiné).

Un mélange de petites parcelles monospécifiques bien réparties sur une propriété est également intéressant. Toutefois, sur versant à sensibilité paysagère, on évitera le mélange par lignes ou par blocs géométriques "à effet de damier" (raisons esthétiques).

## Conseils en matière d'itinéraires sylvicoles

L'objectif est d'installer une forêt bien adaptée, qui optimise les potentialités de la station pour une production soutenue de qualité, tout en protégeant les sols, capital-vie de la forêt.



## CHAPITRE 4

# LES CONSÉQUENCES SUR LA GESTION FORESTIÈRE : ANTICIPER !

### Régénération naturelle des essences en station

Le renouvellement des massifs s'inscrit le plus souvent dans le sens de la dynamique locale de végétation. Il convient de l'observer et de la contrôler, en privilégiant systématiquement la régénération naturelle des essences en station et en tirant profit des accrues pour doser la composition du peuplement, protéger et gagner les tiges d'avenir. Cela nécessite de se donner du temps afin de laisser faire la nature pour mieux agir, et de ne réaliser que les interventions strictement nécessaires pour parvenir aux objectifs fixés.



Régénération naturelle mixte et mélangée

Pour les espèces non menacées par l'évolution des conditions stationnelles, la régénération naturelle présente des avantages précieux :

- bonne adaptation des semis à la station, en profitant du patrimoine génétique des parents souvent acquis sur plusieurs générations successives (adaptation progressive

et sélection sylvicole),

- bon enracinement, sans crise de transplantation,
- non importation d'organismes ravageurs ou de pathogènes,
- meilleure vigueur des individus, en particulier moindre sensibilité que les plants à certains insectes ou champignons.

### Techniques utilisables pour la substitution d'essences

L'augmentation de la diversité ou la modification de la composition d'un peuplement en phase de reconstitution nécessitent d'introduire des espèces nouvelles ou minoritaires, selon différents niveaux d'intervention :

- régénération naturelle assistée par des plantations complémentaires dans les trouées nonensemencées ou comportant des essences inadaptées (enrichissements),
- plantation à faible densité ou par îlots, lorsque des semis naturels et/ou une végétation d'accompagnement complètent le renouvellement et contribuent à l'ambiance forestière,
- plantation par placeaux ou par bandes ; cette dernière technique est utilisable en dehors des zones à sensibilité paysagère forte,
- plantation (ou éventuel semis direct en plein), si une substitution totale et non progressive est nécessaire.

La plantation constitue également la seule solution pour bénéficier des progrès continus de la recherche génétique et introduire des provenances améliorées.



Plantation protégée contre les dégâts de gibier



## ➔ Essais en cours

À plus long terme, l'ampleur des changements annoncés imposera probablement de recourir à des déplacements volontaires d'espèces ; il faut déjà s'y préparer, en maintenant et valorisant les essais de provenance et les arboretums. Ils peuvent en effet nous apporter de précieuses informations sur les essences de reboisement utilisables en cas de dépérissements massifs.

Ainsi, des **essais comparatifs d'introduction de cèdres de l'Atlas et du Liban, pins laricio de Calabre et noir d'Autriche, sapins pectiné (provenance Alpes sèches), de Bornmüller et de Nordmann** ont été installés depuis plusieurs années en Petite Montagne jurassienne (Moirans et Lavancia) et sur la côte bourguignonne (Couchey). Dans les contextes difficiles des stations sèches et chaudes, il s'agit de trouver une alternative aux épicéas (victimes des scolytes), aux sapins pectinés (problèmes de reprise et de sensibilité à la sécheresse), alors que les tentatives de valorisation par les pins se montrent décevantes (sensibles aux neiges lourdes). De bons résultats sont observés pour la croissance des pins laricio de Calabre et noirs d'Autriche et du cèdre de l'Atlas, tandis que les autres essences se situent nettement en retrait. Ces essais ont montré que le cèdre mérite d'être étudié dans ces régions comme une alternative à la plantation de pins. Ils restent à élargir pour tester le comportement de ces essences sur des stations plus favorables à la production forestière.

**Un essai testant 7 provenances de cèdre de l'Atlas** en dehors de la zone méditerranéenne a été installé sur plusieurs sites (Doubs, Jura, Côte-d'Or, Alpes). Deux provenances (Côte-d'Or et Doubs) ont été choisies en raison d'une latitude analogue aux sites d'implantation retenus. Avec une troisième (Issole), elles peuvent présenter d'ores et déjà une adaptation à des conditions climatiques plus septentrionales et/ou plus montagneuses (résistance à des gelées tardives, nébulosité plus importante qu'en climat méditerranéen...).

L'installation d'essais testant plusieurs provenances améliorées de douglas est prévue en 2014.



*Cèdre de l'Atlas en forêt de Baume-les-Dames (25)*



# CHAPITRE 5

## QUELQUES CAS PRATIQUES

### RÉSINEUX À BASSE ALTITUDE

L'épicéa qui avait été introduit en plaine et sur le premier plateau du Jura, en particulier depuis 1946 avec l'aide du Fonds Forestier National, a connu une très forte régression suite aux années sèches de 2003 à 2005 et aux fortes attaques de scolytes qui ont suivi. À ce jour, l'avenir de nombreux boisements et reboisements en situation critique est fortement menacé.

Une modélisation récente (7) a montré que, dans le sud du massif vosgien, le sapin pectiné connaîtra une forte diminution de ses zones favorables au cours du 21<sup>ème</sup> siècle, du fait de l'évolution négative du bilan hydrique :

- actuellement, la limite basse de distribution de cette espèce se situe vers 500 mètres d'altitude quelle que soit l'exposition ;
- le modèle prévoit, pour la fin du 21<sup>ème</sup> siècle, une diminution des habitats potentiels à basse altitude : la zone de présence régulière du sapin remonte à 1100 m d'altitude en versant sud et, en versant nord, débute dans les combes fraîches au-dessus de 750 m d'altitude.



Dépérissement de sapin pectiné

### TRANSFORMATION DES CHÊNAIES PÉDONCULÉES EN SITUATION "LIMITE"

Même si elles sont très proches sur le plan génétique, les deux principales espèces de chêne ont un comportement et des exigences écologiques nettement différenciés.

Le **chêne pédonculé** est une espèce qui, en peuplement, tolère difficilement la concurrence et apprécie des sols riches et constamment alimentés en eau (mais supporte manifestement les sols acides lorsque l'alimentation en eau n'est pas contraignante) ; elle doit donc être cantonnée aux stations alluviales, fertiles et toujours fraîches, les stations hydromorphes avec présence d'une nappe d'eau en surface à la reprise de végétation et dessèchement en été étant propices aux dépérissements. Inversement, le **chêne sessile** est plus social ; il résiste mieux aux sécheresses estivales et trouve son optimum dans les milieux assez acides à acides, mais ne supporte pas les sols très hydromorphes.



Chêne sessile



Chêne pédonculé



Chêne sessile



Chêne pédonculé



Sur les stations à hydromorphie temporaire qui risquent de connaître des sécheresses estivales avec l'évolution du climat, la question reste donc de savoir si le chêne sessile supportera mieux l'engorgement du sol que le pédonculé les épisodes secs...

Aujourd'hui, du fait de la sylviculture passée (essentiellement en taillis-sous-futaie, sylviculture très claire avec une préférence donnée au meilleur producteur de glands) et du caractère pionnier de l'espèce, le chêne pédonculé déborde largement de son optimum stationnel.

Dans les peuplements denses où les deux essences co-existent sur des stations favorables au chêne sessile, ce dernier est naturellement avantagé grâce à son aptitude à mieux supporter la concurrence. Le sylviculteur doit clairement aider cette tendance naturelle, en favorisant de manière continue le chêne sessile lors des éclaircies et des coupes de régénération. La présence de seulement 25 % de chêne sessile suffit à installer un peuplement dans lequel il pourra être majoritaire à terme, d'autant plus que le croisement des deux arbres fournirait une descendance plus importante en chêne sessile.

Dans les cas extrêmes d'absence de chêne sessile sur station peu favorable au chêne pédonculé, on peut être amené à envisager la substitution d'essence par plantation. Cette option, qui renchérit fortement le coût des travaux, pourra dans certains cas être abandonnée au terme d'une analyse poussée du risque (accepter alors de travailler pour une régénération naturelle pas totalement adaptée à l'évolution du contexte stationnel).

## CHÊNAIES-HÊTRAIES MENACÉES PAR LA DYNAMIQUE NATURELLE DU HÊTRE

Dans les ensembles stationnels de chênaie-hêtraie (charmaie), la dynamique du hêtre est très forte. Une régénération lente, justifiée par des considérations paysagères ou économiques (afin de laisser le temps à toutes les tiges d'atteindre leur diamètre d'exploitabilité), risque fort de faire perdre au chêne sessile son statut d'essence prépondérante, du fait de l'irrégularité des glandées et de la forte concurrence exercée par le hêtre.

Les semis de chêne doivent en effet bénéficier très tôt d'un important apport de lumière. La conduite de la régénération doit être rapide si l'on veut renouveler la chênaie. Les schémas retenus par le guide de la chênaie continentale (8) conduisent à des régénérations dont la durée varie de 4 ans (chêne pédonculé) à 12 ans (chêne sessile). Il est parfois possible de passer directement de la coupe d'ensemencement à la coupe définitive.



*Fourré de hêtre*



# CHAPITRE 5

## QUELQUES CAS PRATIQUES

### FEUILLUS EN ALTITUDE

En altitude, les feuillus sont plutôt considérés pour leur rôle cultural. Actuellement, ils ne sont que rarement favorisés par la sylviculture et ne fournissent pas de bois d'œuvre de qualité. Les changements climatiques ouvrent d'autres perspectives, mises en évidence par les déplacements des aires de présence des feuillus vers les Hautes Chaînes du Jura. De jeunes tiges vigoureuses et bien conformées pourront être favorisées par des éclaircies régulières permettant l'expansion du houppier et une croissance plus soutenue. Des soins culturaux leur apporteront une meilleure qualité du bois (élagage...). La part de futaies mixtes pourrait ainsi augmenter en altitude (mélange épicéa, sapin, hêtre, érable sycomore, merisier, alisiers...).



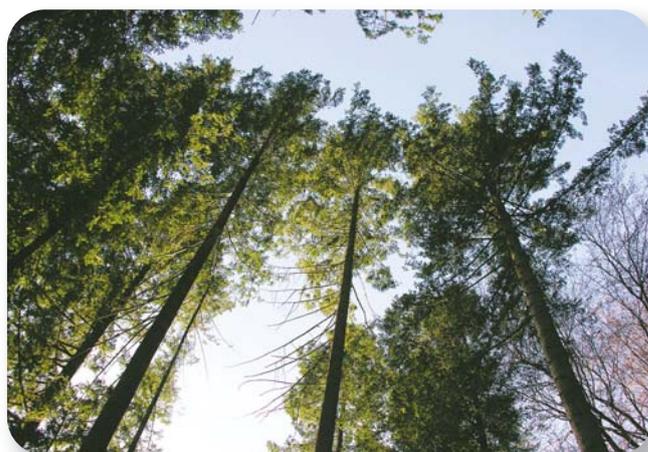
*Futaie mixte résineux-feuillus*

### LIMITES AUX INTRODUCTIONS D'EXOTIQUES (DOUGLAS, MÉLÈZE, CÈDRE, PINS LARICIO)

#### ➔ Douglas :

Les stations "limites" à éviter sont les suivantes :

- celles qui présentent un déficit hydrique estival, quelle qu'en soit la cause,
- les sols non filtrants sensibles aux phénomènes d'engorgement,
- les sols à horizon carbonaté à faible profondeur (moins de 50 cm),
- les situations de grandes expositions aux vents,
- les stations où les gelées précoces ou tardives sont très fréquentes (prudence au-dessus de 900 m d'altitude).



*Beaux douglas sur les plateaux du Doubs*

#### ➔ Mélèze d'Europe :

Cette essence :

- a des besoins en eau importants (précipitations supérieures à 800 mm/an) car elle transpire beaucoup plus que les autres résineux ; le déficit hydrique estival doit donc être limité, ou compensé par une forte réserve en eau du sol,
- est une pionnière, qui exige la pleine lumière et craint la concurrence,
- ne doit pas être installée sur des sols engorgés, des dalles rocheuses compactes, ou en situation confinée et/ou propice aux brouillards.

*Plantation de mélèze d'Europe avec une sylviculture dynamique*



### ➔ Cèdre de l'Atlas :

Encore peu développée en Franche-Comté, cette essence ne peut être introduite massivement et justifie d'observer les précautions suivantes :

- les implantations en bouquets seront préférées aux plantations en plein sur de grandes surfaces ; le but de la première génération consiste à installer des bouquets essaimeurs, susceptibles de produire en deuxième génération une régénération naturelle de qualité (exemple du peuplement de cèdres du domaine de La Trouhaude, près de Dijon),
- son terrain de prédilection correspond à celui du chêne pubescent, assez peu représenté actuellement dans la région,
- en raison des fortes gelées (- 20 à - 30° C) enregistrées occasionnellement tous les 15 ou 20 ans en Franche-Comté, il faut exclure les plantations au-delà de 600 m d'altitude (voire 400 m) et, aux altitudes inférieures, éviter aussi les fonds de vallon et trous à gelées ; les expositions sud sont plus favorables,
- les sols argileux, compacts et hydromorphes sont à proscrire, ainsi que les sols calcaires superficiels non fissurés,
- en présence de plaques calcaires disposées horizontalement, un sous-solage profond préalable à la plantation est favorable à la reprise et à la croissance,
- la plantation d'automne en utilisant systématiquement des plants en godet (420 cm<sup>3</sup>) améliore la reprise, surtout sur des sols difficiles,
- enfin, en raison de la très petite taille et du démarrage lent des plants, il est nécessaire d'évaluer préalablement à toute plantation l'importance et la vigueur de la concurrence ligneuse, susceptibles de pénaliser fortement les coûts de dégagement (cas constaté sur un essai en présence de rejets de frêne).



*Plant de cèdre de l'Atlas*

### ➔ Pins laricio de Corse et de Calabre :

Essences rustiques et assez plastiques de l'étage montagnard méditerranéen, les pins laricio de Corse et de Calabre sont présents en Franche-Comté essentiellement sur des essais. Aussi, il convient de rester prudent et de limiter les introductions à de petites surfaces, en observant les précautions suivantes :

- ils supportent les sécheresses estivales et les sols à faible réserve en eau,
- ils préfèrent les sols acides, sains et facilement prospectables (enracinement pivotant), tolèrent les substrats calcaires décarbonatés (notamment pour le Calabre), mais craignent les sols lourds (le Calabre supportant mieux l'hydromorphie que le Corse),
- ils exigent la pleine lumière, une plantation soignée de préférence avec des plants en godet (forte sensibilité à la dessiccation et à la transplantation en racines nues, reprise catastrophique en cas de crosse racinaire...),
- ils ont une croissance initiale lente, puis assez rapide,
- ils ont tendance à développer des fourches et des grosses branches (le Calabre davantage que le Corse) et nécessitent un élagage artificiel, voire un défourchage vers 6 m de hauteur,
- ils se montrent sensibles aux parasites (chenille processionnaire, scolytes, problèmes pathologiques...),
- ils peuvent être introduits en mélange, avec le cèdre de l'Atlas notamment.



## Ouvrages cités en référence dans le texte (renvois numérotés) :

- (1) GIEC : *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, 2007 ([www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)).
- (2) Y. Fouquart : *Le réchauffement climatique : les certitudes, les incertitudes, les conséquences* ; D. Joly, C. Gresset-Bourgeois, B. Vermot-Desroches : *Évolution du climat à Besançon de 1890 à 2010* ; J. Zgonc, D. Joly : *L'évolution du climat prévue par les modèles en Franche-Comté* ; in Images de Franche-Comté N° 44 - décembre 2011 (<http://thema.univ-fcomte.fr/ifc/>).
- (3) Conseil économique et social de Franche-Comté, P. Bouquet et al. : *Le climat change, la Franche-Comté s'adapte*, juillet 2010 ([www.cese.franche-comte.fr](http://www.cese.franche-comte.fr)).
- (4) A. Menzel et P. Fabian : *Growing season extended in Europe* ; in Nature 397, février 1999.
- (5) V. Badeau, J-L. Dupouey, C. Cluzeau, J. Drapier : *Aires potentielles de répartition des essences forestières d'ici 2100* ; in Forêt Entreprise N° 162, avril 2005.
- (6) J. Lemaire : *L'autécologie du chêne pédonculé est mieux cernée* ; in Forêt Entreprise N° 201, novembre 2011.
- (7) C. Piedallu, V. Perez, J-C. Gégout, F. Lebourgeois, R. Bertrand : *Impact potentiel du changement climatique sur la distribution de l'épicéa, du sapin pectiné, du hêtre et du chêne sessile en France* ; in Revue Forestière Française, juin 2009.
- (8) T. Sardin : *Guide des sylvicultures des chênaies continentales*, ONF, 2008.

## Autres ouvrages :

- *Aléas et changements climatiques : conséquences sur nos forêts*. J. Pargade, CRPF Nord-Pas de Calais-Picardie, 2008.
- *Analyse de l'adéquation actuelle et future des arbres à leur station en forêt de Soignes Bruxelloise*. J. Daise, S. Vanwijnsberghe, H. Claessens, Forêt Wallonne N°110, janvier/février 2011.
- *Autécologie des essences forestières*. G. Masson, 2005.
- *Changement climatique : préparer l'avenir*. Dossier de Forêt Entreprise N° 182, septembre 2008.
- *Changement climatique : quelques outils pour comprendre et anticiper*. Dossier de Forêt Entreprise N° 204, mai 2012.
- *Comment anticiper le changement climatique ?* Dossier de Forêt Entreprise N° 196, janvier 2011.
- *Flore forestière française, tome 1, Plaines et collines*. J-C. Rameau, D. Mansion, G. Dumé, IDF, 1989.
- *Guide de gestion des forêts en crise sanitaire*. Coordination X. Gauquelin, MAAP/ONF/CNPF-IDF/INRA, 2011.
- *Guide de reconstitution des peuplements scolytés du premier plateau jurassien et des pentes intermédiaires*. ONF, 2006.
- *La forêt face aux changements climatiques*. Dossier de Forêt Entreprise N° 162, avril 2005.
- *La forêt face au changement climatique - Adapter la gestion forestière*. Synthèse de l'atelier ONF/INRA du 20 octobre 2005 - M. Legay, F. Mortier, ONF, Les dossiers forestiers, 2006.
- *La prise en compte des changements climatiques dans les guides de stations*. S. Gaudin, Forêt Entreprise N° 180, mai 2008
- *Le changement climatique et la forêt : une réalité*. P. Riou-Nivert et C. Moussu, Forêts de France N° 509, décembre 2007.
- *Le changement climatique, mythe ou réalité ? Quelles conséquences pour la forêt comtoise*. P. Riou-Nivert, Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté N° 6, juin 2007.
- *Le climat change. Les forestiers agissent et anticipent*. J. Lemaire, Forêts de France N° 552, avril 2012.
- *Premières orientations en matière d'adaptation de la gestion forestière face au changement climatique*. Instruction ONF INS-09-T-66 du 3 mars 2009.
- *Tendances à long terme observées dans la croissance de divers feuillus et résineux du nord-est de la France depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle*. M. Becker et al, Revue Forestière Française N° 4, 1994.
- *Reconstitution des forêts après tempête*. Guide ONF, 2001.
- *Vocabulaire forestier*. Y. Bastien et C. Gauberville, coordinateurs, AgroParisTech/CNPF-IDF/ONF.

## Sites internet :

- Forêt privée française et Réseau Mixte Technologique AFORCE : [www.foretriveefrancaise.com](http://www.foretriveefrancaise.com)
- Météo France : <http://climat.meteofrance.com>
- Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC) : [www.developpement-durable.gouv.fr/-Impacts-et-adaptation-ONERC-.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Impacts-et-adaptation-ONERC-.html)



**Ce document a été réalisé par :**

**Centre Régional de la Propriété Forestière de Franche-Comté**

Maison de la Forêt et du Bois

20, rue François Villon

25041 BESANCON CEDEX

Tél. 03 81 51 98 00 - Fax 03 81 51 98 10

[franche-comte@crpf.fr](mailto:franche-comte@crpf.fr) - [www.foretpriveefrancaise.com/franche-comte/](http://www.foretpriveefrancaise.com/franche-comte/)

**Office National des Forêts**

14, rue Plançon - B.P. 51581

25010 BESANCON CEDEX 03

Tél. 03 81 65 78 80 - Fax 03 81 83 27 55

[dt.franche-comte@onf.fr](mailto:dt.franche-comte@onf.fr)

**L'édition est réalisée par :**

**Société Forestière de Franche-Comté**

Maison de la Forêt et du Bois

20, rue François Villon

25041 BESANCON CEDEX

Tél. 03 81 51 98 00 - Fax 03 81 51 98 10

**Auteurs :** Dominique ABT (ONF) et Patrick LECHINE (CRPF, coordinateur)

**Crédit photos :** CRPF de Franche-Comté (Patrick ADAMI, Charles ALLEGRINI, Patrick LECHINE, Louis ROSEAU), ONF (Jean-Michel MOUREY, Alain ZIPPER, Pôle R&D de DOLE), Xavier LACROIX, Thomas LEPLAIDEUR

**Conception - réalisation :** PHOTOTEXT - 03 81 50 91 87

**Impression :** Néo-Typo, sur papier certifié PEFC 100 %, PEFC / 10-31-1375



Un comité de lecture, composé de Thomas LEPLAIDEUR (Chambre d'Agriculture), Rosane BOISTOT-PAILLARD, Sylvie BOVET, François JANEX et Sandra PEROUX (CRPF), Philippe RIOU-NIVERT (IDF), Daniel JOLY (Laboratoire ThéMa - CNRS - Université de Franche-Comté), Julien ZGONC (Météo France), Jean-François CERF et Marie-Claire MARECHAL (ONF) et Eric LUCOT (Université de Franche-Comté), a collaboré à la conception de cet ouvrage.

Les auteurs remercient également le Conseil Économique, Social et Environnemental (CESER) de Franche-Comté, le CNPF, le DSF, le GIEC, la rédaction de Images de Franche-Comté, l'INRA, Météo France et Sylvain GAUDIN (CRPF de Champagne-Ardenne), pour leur aimable autorisation à reproduire les illustrations issues de leurs travaux.



MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
DE L'ALIMENTATION  
DE LA PÊCHE  
DE LA RURALITÉ  
ET DE L'AMÉNAGEMENT  
DU TERRITOIRE

