

Préparer les forêts françaises au changement climatique

**Rapport
à MM. les Ministres**

de l'Agriculture et de la Pêche

et

**de l'Ecologie, du Développement et de
l'Aménagement Durables**

Bernard ROMAN-AMAT
Décembre 2007

Sommaire

RÉSUMÉ.....	7
1 Introduction.....	11
2 Le changement climatique attendu et ses conséquences probables sur les forêts françaises.....	11
2.1 L'évolution récente des paramètres du climat en France (d'après Moiselein et al., 2002).....	12
2.2 Les prévisions pour le 21e siècle	12
2.2.1 Les prévisions générales pour le climat de la France	13
2.2.2 Différences prévisibles entre régions.....	17
2.3 Impacts et conséquences sur les écosystèmes forestiers.....	17
2.3.1 Évolution des aires bioclimatiques potentielles des espèces	17
2.3.2 Impacts sur la phénologie et la reproduction des arbres.....	20
2.3.3 Impacts sur la croissance des arbres.....	20
2.3.4 Évolution des risques sanitaires	23
2.3.5 Augmentation des risques physiques	23
2.3.5.1 Augmentation du risque d'incendie	23
2.3.5.2 Augmentation de l'érosion dans la zone montagnarde et en zone méditerranéenne..	24
2.4 Commentaires et conclusions.....	24
2.4.1 Agir sans attendre.....	24
2.4.2 Mettre en place une stratégie révisable.....	24
2.4.3 Différencier les régions.....	25
2.4.4 Adopter des politiques publiques préventives à large spectre ou « sans regret » .	26
2.4.5 Associer pilotage et flexibilité.....	26
2.4.6 Être prêt pour l'exceptionnel.....	26
3 Plans d'action en vue d'adapter les forêts françaises métropolitaines au changement climatique.....	27
3.1 Plan d'action pour la recherche et le développement.....	27
3.1.1 Recherche	27
3.1.1.1 Les projets de recherche en cours.....	27
3.1.1.1.1 Projets de recherche	27
3.1.1.1.2 Autres activités de recherche.....	28
3.1.1.2 Remarques sur les programmes de recherche en cours.....	28
3.1.1.3 Propositions.....	30
3.1.1.3.1 Relations avec l'ANR.....	30
3.1.1.3.2 Pilotage d'ensemble des recherches liées au changement climatique en forêt au niveau national.....	30

3.1.1.3.3	Coordination de la recherche au niveau européen.....	31
3.1.2	Développement.....	32
3.1.2.1	Situation actuelle : des forces limitées réparties dans quelques organismes	32
3.1.2.1.1	Description de la situation	32
3.1.2.1.2	Commentaires	33
3.1.2.1.3	Quel impact du Changement climatique sur le développement forestier ?	33
3.1.2.2	Propositions.....	34
3.1.2.2.1	Améliorer l'articulation du développement avec la recherche au niveau national...34	
3.1.2.2.2	Renforcer numériquement le développement en forêt privée	35
3.1.2.2.3	Rechercher des complémentarités entre organismes de développement au niveau national	36
3.1.2.2.4	Stimuler et valoriser les actions conduites au niveau régional	36
3.1.2.2.5	Renforcer la formation continue des personnels du développement.....	37
3.2	Plan d'action concernant les risques.....	37
3.2.1	Risques sanitaires sur les arbres et les peuplements.....	37
3.2.1.1	Rappel du dispositif en place.....	37
3.2.1.2	Évaluation de la situation actuelle.....	38
3.2.1.3	Besoins qui résulteront probablement du changement climatique.....	39
3.2.1.4	Propositions	39
3.2.1.4.1	Renforcer la veille sanitaire à l'international	39
3.2.1.4.2	Renforcer la veille et la réactivité sur le territoire national	40
3.2.1.4.3	Créer un service d'épidémiologie-surveillance forestière en associant DSF et IFN.....	40
3.2.1.4.4	Intégration communautaire	42
3.2.2	Gérer le risque d'érosion en montagne.....	42
3.2.2.1	Outils : perfectionner le génie biologique.....	42
3.2.2.2	Dans les zones relevant de la Restauration des Terrains de Montagne.....	43
3.2.2.3	Les « zones vertes » des Plans de Prévention des Risques Naturels.....	44
3.2.3	Le risque d'incendie de forêts.....	45
3.3	Plan d'action pour les politiques publiques en matière de forêts de production	47
3.3.1	Cadre général.....	47
3.3.2	Les dispositifs d'aides à l'investissement forestier en France.....	47
3.3.3	Propositions	49
3.3.3.1	Promouvoir des pratiques sylvicoles adaptées.....	49
3.3.3.2	Augmenter la proportion du bois produit qui est effectivement récoltée.....	50
3.3.3.3	Mettre en place une politique de remplacement volontariste des peuplements inadaptés mais en situation favorable pour la production de bois.....	50
3.3.3.4	Mettre en oeuvre une politique de reboisement adaptée au changement climatique.	50
3.3.3.5	Encourager les boisements-reboisements novateurs.....	52
3.4	Plan d'action « Biodiversité ».....	52
3.4.1	Biodiversité remarquable : le Réseau dit « Natura 2000 » , partie forestière.....	53
3.4.2	Biodiversité ordinaire	54
3.4.2.1	Réserves biologiques intégrales	54
3.4.2.2	Tester les modalités d'installation et de fonctionnement de la « trame verte »	54
3.5	Plan d'action « Gouvernance publique».....	55
3.5.1	Coordonner au niveau inter-ministériel MEDAD MAP les actions de préparation des forêts au changement climatique.....	55
3.5.2	Communiquer en direction des professionnels et du grand public.....	55
3.5.3	Harmoniser les politiques forestières au niveau supra - régional adéquat.....	55

3.5.4 Les référentiels de gestion durable.....	56
3.5.5 Gouvernance de préparation aux crises	57
3.6 Note sur les forêts et l'atténuation du réchauffement climatique.....	58
3.6.1 Quelques points de repère relatifs à la fixation de carbone en forêt et dans le bois	58
3.6.2 La forêt face au changement climatique : perspectives, politique d'atténuation, politique d'adaptation.....	59
4 Le changement climatique en forêt abordé du point de vue de l'Union Européenne.....	61
4.1 Situation actuelle des pays de l'Union Européenne en matière d'adaptation au changement climatique.....	61
4.2 Pour une action de l'Union Européenne en faveur de l'adaptation des forêts au changement climatique	64
4.2.1 Faire progresser les bases de données communautaires sur les forêts.....	65
4.2.1.1 Santé des forêts	65
4.2.1.2 Coissance et production.....	65
4.2.2 Prévenir le risque incendie.....	65
4.2.3 Renforcer le soutien de l'UE au programme EUFORGEN.....	66
4.2.4 Protéger la biodiversité forestière en Europe.....	67
4.2.4.1 L'évaluation de la vulnérabilité du Réseau Natura 2000 au niveau communautaire ...	67
4.2.4.2 Une politique renforcée de lutte et de prévention contre les espèces invasives.....	67
4.2.5 Renforcer la recherche sur l'adaptation au changement climatique.....	68
4.2.6 L'adaptation de la PAC et des fonds structurels.....	69
5 Considérations finales.....	69
ANNEXES.....	70
Annexe 1 : Lettre de mission.....	71
Annexe 2 : Bibliographie.....	73
Annexe 3 : Liste des personnes contactées	85
Annexe 4 : Informations complémentaires de la partie sur le changement climatique et ses impacts sur la forêt française (Ch. 2).....	89
Annexe 5 : Recherches sur forêt et changement climatique.....	92
Annexe 6 : Réseau de suivi de l'état sanitaire de la forêt domaniale de la Harth (Haut-Rhin)....	99
Annexe 7 : Initiatives de pays étrangers en matière d'adaptation au changement climatique. .	101
Annexe 8 : Résultats de l'enquête régionale 2007 « forêts et changement climatique ».....	116

RÉSUMÉ

Le présent rapport répond à la commande passée en février 2007 par les ministres de l'Agriculture et de l'Écologie.

Les scénarios des climatologues annoncent un réchauffement de l'ordre de 1,5°C pour le milieu du présent siècle. Ensuite, selon le niveau des émissions de gaz à effet de serre, ce réchauffement pourrait se poursuivre ou se ralentir.

Les forêts métropolitaines seront fortement affectées par ce réchauffement sous de nombreux aspects : biodiversité, croissance, santé, régénération en particulier. Les risques naturels sur les espaces forestiers, et les espaces voisins, incendie et érosion notamment, devraient se trouver accrus. Les forêts de la moitié Sud du pays devraient être concernées les premières (elles semblent l'être déjà).

Il est recommandé que ces perspectives conduisent les pouvoirs publics à mettre en place un plan d'action spécifique essentiellement à but préventif. Ce plan d'adaptation devra être conduit dans la durée, et périodiquement révisé. 32 premières propositions ont été élaborées, dont la liste figure ci-dessous. La compatibilité de ces mesures avec les dispositifs d'atténuation du changement climatique a été examinée (§3.6). Le rapport se termine par une liste de domaines dans lesquels la France pourrait proposer aux autres états membres de prendre des initiatives, lorsqu'elle assurera la présidence de l'UE au second semestre 2008.

Les propositions sont présentées selon l'ordre des chapitres du rapport.

« Recherche et développement »

Proposition 1 : Renforcer dès 2008 le soutien par l'ANR des recherches sur le changement climatique en forêt en :

- obtenant un siège pour le MAP et le MEDAD au Conseil d'Administration, et pour le MAP au comité de pilotage du programme «Vulnérabilité» ;
- incitant les laboratoires forestiers à contribuer rapidement à l'établissement de la « liste d'acteurs forêt de l'ANR » courant 2008;
- diffusant dès que possible aux équipes concernées le nouvel appel ANR « Nouvelles technologies agricoles ». (p. 30)

Proposition 2 : En 2008, charger le GIP ECOFOR de la mission de coordonnateur national des recherches en matière de changement climatique en forêt : actualisation des besoins, préparation aux grands appels d'offres, montage d'appels d'offres, synthèse et diffusion de l'information scientifique. (p. 31)

Proposition 3 : Inciter les EPST, dans le cadre de leurs contrats avec l'Etat, à créer ou augmenter les postes d'interface recherche-gestion . (p.34)

Proposition 4 : Créer en 2008 deux réseaux Mixtes Technologiques, l'un sur les stations forestières, l'autre sur la variabilité génétique des arbres forestiers ; en préparer un troisième sur modélisation et sylvicultures. Obtenir le soutien financier de la CVO. (p.35)

Proposition 5 : Détecter des zones comportant des forêts publiques où la démarche « recherche action » semble une réponse pertinente ; demander à l'ONF de conduire cette recherche et la

reconnaître dans le cadre de son futur contrat avec l'État . (p.35)

Proposition 6 : Examiner la possibilité d'autoriser les CRPF à recruter de nouveaux personnels techniques, sur ressources propres. (p.36)

Proposition 7 : Inciter ONF et IDF à conclure, en 2008, une convention de partenariat de longue durée en matière de développement dans le domaine du changement climatique. (p.36)

Proposition 8 : Constituer dans chaque région, sous l'impulsion des services de l'État, une base de données partagée des expérimentations forestières (lancement en 2008, date butoir pour la création fin 2009). (p.37)

Proposition 9 : Mettre en place dans la durée un programme de formation continue national en matière de changement climatique, commun aux forêts privée et publique, à destination des agents du développement. (p.37)

« Les risques »

Proposition 10 : Individualiser au sein du DSF une « cellule de veille internationale », remplissant un rôle de surveillance, d'alerte et d'aide à la prévention ; si possible dès 2009. (p.40)

Proposition 11 : Renforcer les moyens de lutte contre les parasites nouvellement introduits sur notre sol :

- demander au DSF la mise en place d'un plan d'action : formation continue des correspondants observateurs en matière de ravageurs introduits ,
 - mise en place d'une politique systématique de détection et lutte sur le terrain et en pépinière forestière contre les foyers de nouveaux ravageurs (y compris la mise en place d'un fonds d'intervention agricole et forestier d'éradication précoce des nouveaux foyers).
- (p.40)

Proposition 12 : Constituer avant mi-2008 un groupe de projet « DSF – IFN » chargé de définir puis de piloter la mise en place du recueil par l'IFN d'observations sur la santé et la vitalité des peuplements . Demander un premier rapport d'avancement à ce groupe de projet fin 2008. (p41)

Proposition 13 : Préparer l'intégration du DSF au sein de l'IFN à l'horizon 2012. (p 42)

Proposition 14 : Favoriser la mise au point et le testage de méthodes de prévention de l'érosion par génie biologique (sur le modèle du « Plan Durance ») . (p.42)

Proposition 15 : Intensifier la gestion des forêts de montagne protégeant des enjeux rapprochés :

- étendre aux forêts communales de montagne la démarche de diagnostic du rôle de protection, si possible à partir de 2009-2010 ;
- favoriser, à partir de 2011, la programmation du renouvellement et la gestion des peuplements RTM prioritaires à des échelles suffisantes en concertation avec des acteurs d'autres disciplines (paysage, environnement). (p. 44)

Proposition 16 : Après l'achèvement de la proposition 15 :

- préparer le renouvellement des peuplements RTM protégeant des enjeux éloignés ;

- identifier les peuplements jouant un rôle de protection contre l'érosion et analyser les conditions de leur renouvellement. (p.44)

Proposition 17 : Évaluer d'ici 2009-2010, les modalités techniques, humaines et financières d'une étude systématique de l'intérêt de la délimitation de « zones vertes » lors de l'élaboration de PPR (p.45)

Proposition 18 : Souligner l'importance politique accordée à la protection et prévention des incendies de forêts :

- (a) en établissant un plan d'action visant à permettre l'approbation de l'ensemble des PPFCI prévus au 31 décembre 2008 comme prévu ;
- (b) en fixant une date limite pour l'élaboration des PPRIF prescrits dans la zone méditerranéenne; il semblerait réaliste de fixer un taux de réalisation de 90% en 2012, et 100% en 2015. (p.46)

« Forêts de production »

Proposition 19 : Susciter, à partir de 2008, la rédaction de guides pour une sylviculture dynamique et des peuplements mélangés des principales essences forestières . (p.49)

Proposition 20 : Réviser et si nécessaire compléter d'ici la fin 2009, par zone, les opérations sylvicoles éligibles aux aides de l'Etat pour favoriser une sylviculture dynamique et la constitution de peuplements mélangés. (p.49)

Proposition 21 : Inciter, à partir de 2010, à l'anticipation du remplacement de peuplements en zone de production mais vulnérables par une bonification du taux d'aide accordé au reboisement (p.50)

Proposition 22 : Mettre en place, à partir de 2010, une politique redéfinie d'aides au boisement/reboisement visant à créer des peuplements producteurs de bois en site restant favorable à terme, en recherchant le taux le plus élevé possible de réussite (p.51)

Proposition 23 : Consacrer au moins 10% des moyens publics à l'installation de reboisements pilotes créés et suivis dans un cadre collectif à partir de 2010 (p.52)

« Biodiversité »

Proposition 24 : Préparer l'adaptation du réseau « Natura 2000 » en France au changement climatique :

- (a) réaliser un diagnostic général prospectif du réseau « Natura 2000 » en France d'ici la fin 2009 ;
- (b) élaborer des propositions pour l'évolution de la partie française de « Natura 2000 », en vue de leur présentation au niveau communautaire. (p.53)

Proposition 25 : Proposer pour mi 2010 un complément au programme de réserves biologiques intégrales permettant de suivre l'impact du changement climatique en forêt hors gestion sur tout le territoire. (p.54)

Proposition 26 : Choisir au plus tard fin 2010 un groupe de situations pour tester en vraie grandeur la mise en place de la trame verte forestière (aux fins de connectivité générale et de

vieillessement localisé). (p.54)

« Gouvernance publique »

Proposition 27 : Confier, dès 2008, à un « binôme » MAP/MEDAD la mission de coordination des actions de préparation des forêts au changement climatique. (p.55)

Proposition 28 : Créer, d'ici la fin 2008, un site web présentant le plan d'action des pouvoirs publics sur le changement climatique et la forêt et son avancement. (p.55)

Proposition 29 : Harmoniser avant la fin 2009 à un niveau supra-régional les différentes mesures relatives à la préparation des forêts au changement climatique. (p.56)

Proposition 30 :

- (a) Demander pour la fin 2009 au plus tard aux systèmes de certification existant en France une réflexion de fond sur la prise en compte du changement climatique dans leurs référentiels;
- (b) Dans un deuxième temps, examiner les modalités de reconnaissance par les pouvoirs publics des référentiels « revus » de gestion durable forestière. (p.57)

Proposition 31 : Mettre en place à l'intention des personnels forestiers nationaux et régionaux des différents organismes forestiers une offre pérenne de formation à la gestion de crise ; niveau décideurs, niveau acteurs. (p.57)

Proposition 32 : Pour permettre de valoriser d'éventuelles récoltes exceptionnelles, soutenir financièrement les opérations régionales permettant de :

- généraliser et actualiser les réseaux de desserte forestière;
- maintenir les savoir faire de stockage et conservation des bois. (p.57)

oooooooooooo

Le tableau ci-dessous présente les propositions par ordre d'urgence et degré estimé d'importance (gras) .

Plans d'action	Dès 2008-2009	A partir de 2010 ou dans la durée
« recherche et développement »	Propositions 1, 2, 3, 4, 8	Propositions 5, 6, 7, 9
« risques »	Propositions 10, 11, 12, 18,	Propositions 13, 14, 15, 16, 17
« production »	Propositions 19, 20	Propositions 21, 22, 23
« biodiversité »	Propositions 24	Propositions 25, 26
« gouvernance »	Propositions 27, 28, 29, 30	Propositions 31, 32

1 Introduction

Le présent rapport répond à la lettre de mission que M. le Ministre de l'Agriculture et de la Pêche et Mme le Ministre de l'Écologie et du Développement Durable ont bien voulu m'adresser le 6 février 2007 (voir annexe 1).

Il a été préparé avec la collaboration de Mlle Sophie DIROU, Ingénieur forestier (FIF), que je remercie vivement pour le travail qu'elle a accompli. Un appui précieux m'a été apporté par les services du ministère de l'Agriculture et de la Pêche (DG FAR, DG ER) et par ceux du Ministère de l'Ecologie (DNP), ainsi que par la direction du GIP ECOFOR, à qui j'exprime ici ma gratitude. Ma démarche a procédé par une analyse de la documentation disponible, une enquête auprès des services forestiers dans les régions (cf annexe 8), des entretiens individuels et la participation à quelques réunions. On trouvera en annexe 2 la bibliographie consultée, qui sera prochainement accessible sur un site en cours de création à AgroParisTech – ENGREF Nancy. Je remercie également les personnes contactées, qui figurent à l'annexe 3, pour leur disponibilité et leur apport.

Le présent rapport fait suite à la synthèse remise en Avril 2007 par MM les ingénieurs généraux du GREF LERAT, BOURGAU et CAILMAIL. Compte tenu du court délai écoulé entre ces deux missions, peu d'éléments nouveaux sont intervenus sur le fond. La présente contribution a donc principalement pour ambition de compléter la réflexion présentée par les précédents missionnaires, et de proposer une ébauche de plan d'action pour préparer les forêts françaises au changement climatique annoncé. Ce plan d'action concerne la France métropolitaine (Corse incluse) et a bien entendu vocation à être complété et révisé au fur et à mesure que de nouvelles connaissances scientifiques seront disponibles, et en fonction des résultats procurés par les premières mesures mises en oeuvre.

2 Le changement climatique attendu et ses conséquences probables sur les forêts françaises

En février 2007, le quatrième rapport du GIEC confirme que le réchauffement mondial, dont l'intensité « au cours du 20^e siècle est sans précédent depuis 1000 ans et sans doute au-delà », est « très vraisemblablement » d'origine anthropique (IPCC, 2007 ; Moisselin et al., 2002). A titre d'illustration, onze des douze années les plus chaudes depuis 1850 sont comprises entre 1995 et 2006.

Cependant, l'incertitude sur l'avenir du climat et la vitesse de ce changement climatique est grande. Bien que la possibilité d'un réchauffement soit privilégiée, la convection Nord-Atlantique associée au Gulf Stream pourrait se réduire et entraîner une baisse de la température moyenne sur l'Europe de l'Ouest (cf. annexe 4). Dans le présent rapport, un tel phénomène est reconnu comme plausible, mais les recommandations faites pour adapter les forêts au changement climatique se réfèrent à l'hypothèse d'un réchauffement.

Ci-après, l'introduction rappelle les grands traits du changement des paramètres climatiques observés au 20^e siècle en France. Ensuite, les prévisions pour la France sont décrites, en insistant sur leur régionalisation. Enfin, une synthèse des conséquences et impacts du changement climatique prévus sur les écosystèmes forestiers est établie.

2.1 L'évolution récente des paramètres du climat en France (d'après Moisselin et al., 2002)



Illustration 1: Cartographie des tendances 1901-2000 (en °C/siècle) de la température moyenne (source : Moisselin et al., 2002).

« Pour mieux situer l'ampleur du réchauffement intervenu en un siècle en France, on peut faire l'analogie avec ce qu'aurait causé un déplacement en latitude du climat ». Le réchauffement des températures moyennes intervenu au 20^e siècle correspondrait en France à un déplacement du climat vers le Nord de 180 kilomètres environ.

En France, l'augmentation de la température moyenne a été comprise entre +0.7 et +1.1°C pour le siècle, ce qui est supérieur au niveau mondial (0.7°C /siècle). D'autre part, on observe une hausse plus importante des températures minimales (0.7 à 1.7°C /siècle) que des températures maximales (de 0 à 1.3°C). Le territoire métropolitain n'a pas connu une évolution uniforme des températures. Par exemple, l'augmentation des températures moyennes du Sud-Ouest a été la plus marquée du territoire (1,1°C).

En ce qui concerne l'évolution des précipitations, la pluviométrie moyenne est en hausse, sauf dans le Sud de la France (Sud de la Lozère, Gironde, Hautes Pyrénées et Bouches du Rhône). Cependant, aucune de ces baisses de pluviométrie enregistrées n'est significative. Malheureusement, « l'hétérogénéité de la répartition des séries pluviométriques disponibles (n'autorise) pas la cartographie ». Ceci vient confirmer les résultats du GIEC qui ont mis en évidence une hausse de 0,5% à 1% par décennie de la pluviométrie annuelle au cours du 20^e siècle aux moyennes et hautes latitudes continentales dans l'hémisphère Nord.

L'évolution des températures et des précipitations moyennes au cours du 20^e siècle a accentué les contrastes saisonniers : l'été s'est plus réchauffé que l'hiver, les précipitations hivernales sont significativement en augmentation dans un tiers des cas, tandis que les précipitations estivales sont en baisse mais non significativement. Enfin, l'évolution de l'indice de sécheresse de De Martonne met en évidence une sécheresse accrue au Sud du pays et une humidification au Nord.

2.2 Les prévisions pour le 21^e siècle

Les prévisionnistes du climat s'appuient sur des modèles décrivant le fonctionnement de la « machine climatique » terrestre. La concentration en gaz à effet de serre (GES) de l'atmosphère, qui est directement liée aux activités humaines, constitue l'une des principales variables d'entrée de ces modèles. Différents scénarios relatifs aux modalités du développement économique mondial au cours des décennies à venir sont étudiés (IPCC, 2007, a, b, et c). A l'échelle de la planète, tous les scénarios économiques conduisent à une augmentation de la concentration en GES ayant pour conséquence, avec les différents modèles climatiques, un réchauffement marqué du climat global. Même en cas de maintien de la concentration en GES à son niveau actuel, un réchauffement général se produirait, de plus faible ampleur cependant (illustration 2). Ces prévisions font l'objet d'un très large consensus dans la communauté scientifique.

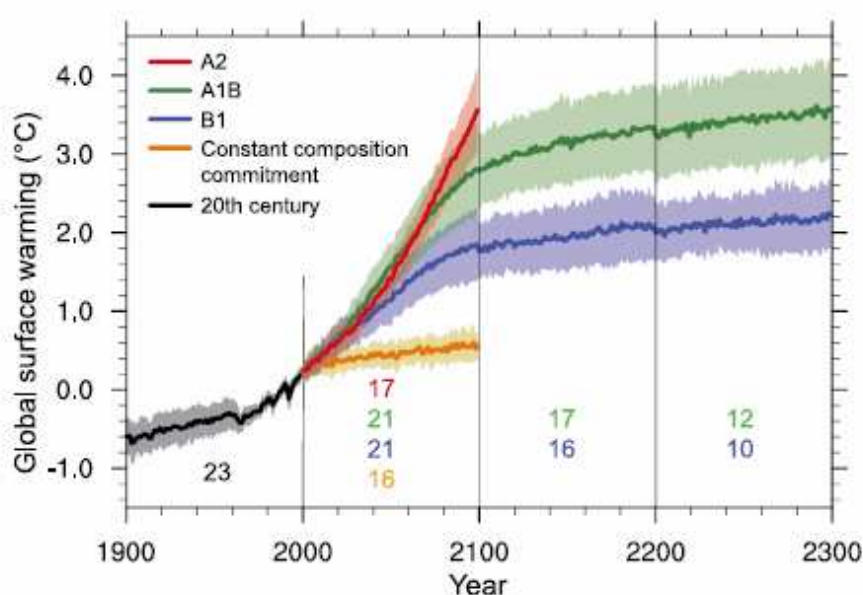


Illustration 2: Évolution de la température mondiale au cours des prochains siècles selon différents scénarios (moyennes de différents modèles) (source : IPCC, 2007d)

On remarque que la variabilité des prévisions de la température moyenne mondiale est fortement croissante jusqu'à la fin du XXI^e siècle. Si les niveaux de réchauffement prédits vers 2050 sont relativement voisins les uns des autres (0,5°C de différence environ), les écarts entre scénarios s'accroissent fortement vers la fin du siècle (2°C). En conséquence, il semble raisonnable de proposer une démarche par étapes : se préparer immédiatement aux conditions climatiques attendues pour 2050, et ajuster les mesures prises en fonction des tendances qui seront observées au cours du siècle.

2.2.1 Les prévisions générales pour le climat de la France

Les deux modèles français (cf encadré 1) prévoient les évolutions suivantes du climat en moyenne sur la France, quelque soit le scénario d'émission de Gaz à Effet de Serre (GES) (B2 : considéré comme « optimiste » ou A2 : « pessimiste ») :

- ➔ des vagues de chaleur estivales plus fréquentes, plus longues et plus intenses
- ➔ plus de précipitations intenses en hiver avec en contrepartie des périodes de sécheresse plus longues en été. (Planton, 2004)

Encadré 1 : Précision sur les modèles climatiques français (d'après Dufresne J.-L. et al., 2006)

Au niveau français, deux modèles climatiques ont été élaborés : le modèle IPSL-CM4 de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) (dont la composante atmosphérique est le modèle LMDZ-4) et le modèle CNRM-CM3 du Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM) de Météo-France (dont la composante atmosphérique est le modèle Arpège-climat V4). Les autres composantes de ces modèles climatiques sont la végétation, l'océan, et la glace de mer. Les mailles respectives des deux modèles CNRM et IPSL au niveau de la Méditerranée sont de 50 km et 160 km de côté.

« Les modèles climatiques n'ont pas une résolution suffisante pour décrire correctement le climat partout en France métropolitaine ». C'est pourquoi ils servent à donner des tendances mais les cartographies issues des modèles ne peuvent constituer des prédictions précises ou servir d'outils d'aide à la décision.

En annexe 4 §3 sont présentées quatre cartes, issues de la base de données du projet IMFREX (IMpact des changements anthropiques sur la FRéquence des phénomènes EXtrêmes de vent, de température et de précipitations). On peut y voir la variabilité des prévisions entre les deux modèles français. Ces cartes illustrent la difficulté de donner des prévisions précises sur le territoire métropolitain.

NB : Il existe d'autres modèles climatiques à l'étranger, notamment un du centre Hadley du *Met Office* (centre officiel de recherche sur le changement climatique du Royaume Uni) : HadCM3. Il est utilisé dans le présent rapport pour les prévisions de changement de bilan hydrique climatique. Sa résolution est d'environ 15x15km sur la France.

Les deux tableaux ci-après récapitulent les différences entre les deux scénarios pour les prévisions concernant la fin du siècle :

	Températures (+)			précipitations		
	<i>année</i>	<i>hiver</i>	<i>été</i>	<i>année</i>	<i>hiver</i>	<i>été</i>
Scénario B2	2 à 2,5°C	1,5 à 2°C	2,5 à 3,5°C	-5 % à 0	0 à +10%	-25 à -5 %
Scénario A2	3 à 3,5°C	2,5 à 3°C	4 à 5°C	-10% à 0	+5 à +20%	-35 à -2 0 %

Tableau 1: Évolution des températures et des précipitations en France entre la période 1960-1989 et 2070 - 2099 selon les scénarios A2 et B2. (source : Planton, 2004)

	Scénario B2	Scénario A2
températures moyennes annuelles	+ 2 à 2,5°C	+3 à 3,5°C
précipitations hivernales	Augmentation d'environ 25% des jours où précipitations > 10mm	
précipitations estivales	Diminution (plus importante pour A2)	
périodes de chaleur	7 jours/an où la température maximale dépasse 35°C	14 jours/an où la température maximale dépasse 35°C
sécheresses estivales	+ 4 jours/an de sécheresse	+ 9 jours/an de sécheresse

Tableau 2: Prévisions des modèles climatiques français en fonction des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre à la fin du 21^e siècle pour la France (source : Planton, 2004).

L'analogie faite par Moisselin (2002) entre une augmentation de la température moyenne et une translation de climat vers le nord pourrait être refaite ici. Avec les données précédentes, on obtiendrait donc un déplacement vers le Nord de 400 à 500 km pour le scénario B2 et de 600 à 700 km pour le scénario A2. En montagne, le gradient de température étant de 0,6°C pour 100 m (Dupouey, 2007), le réchauffement correspondrait donc à une « remontée du climat en altitude » de 300 m à 400 m pour le scénario B2, et de 500 à 600 m pour le scénario A2.

Il faudrait s'attendre à voir l'accentuation des contrastes saisonniers déjà observée au cours du XX^e siècle se poursuivre. En effet, l'augmentation prévisible des températures moyennes serait plus importante pour l'été que pour l'hiver. Il en serait de même pour la pluviométrie qui devrait continuer à augmenter en hiver et diminuer en été. D'autre part, la température moyenne de l'été 2003 serait celle d'un été moyen de la période 2070-2080 dans un scénario A2, de nombreux étés de la fin du 21^e siècle seraient donc plus chauds que celui de 2003. (Dufresne et al., 2006).

Les cartes de l'illustration 3 permettent de visualiser les prédictions de l'évolution des cumuls de bilan hydrique de la saison de végétation pour l'année moyenne 2065 (période 2050-2080) avec les données du modèle HadCM3 selon les deux scénarios B2 et A2 (cartes des valeurs absolues et cartes des anomalies). Elles prennent en compte seulement les données climatiques (évapo-transpiration potentielle ETP et précipitations) (explication de la construction de la carte en annexe 4).

L'ensemble du territoire métropolitain serait concerné par une nette diminution du bilan hydrique climatique (exceptés trois pixels non visibles sur la carte). Le déficit hydrique climatique s'aggraverait d'environ 140 à 200 mm dans la majeure partie du pays selon le scénario B2, et de 220 à 240 mm selon A2 (La réserve utile en eau d'un sol forestier est habituellement comprise entre 50 et 150 mm).

Enfin, les prévisions relatives à l'augmentation moyenne des températures ne doivent pas faire oublier que le climat devrait être caractérisé par de fortes variations inter-annuelles, avec notamment des étés exceptionnellement chauds et des hivers exceptionnellement froids. Même dans l'hypothèse d'un scénario A2, les jours de gels (printaniers et automnaux) ne devraient pas disparaître sur la France entière à la fin du 21^e siècle (cf. Annexe 4).

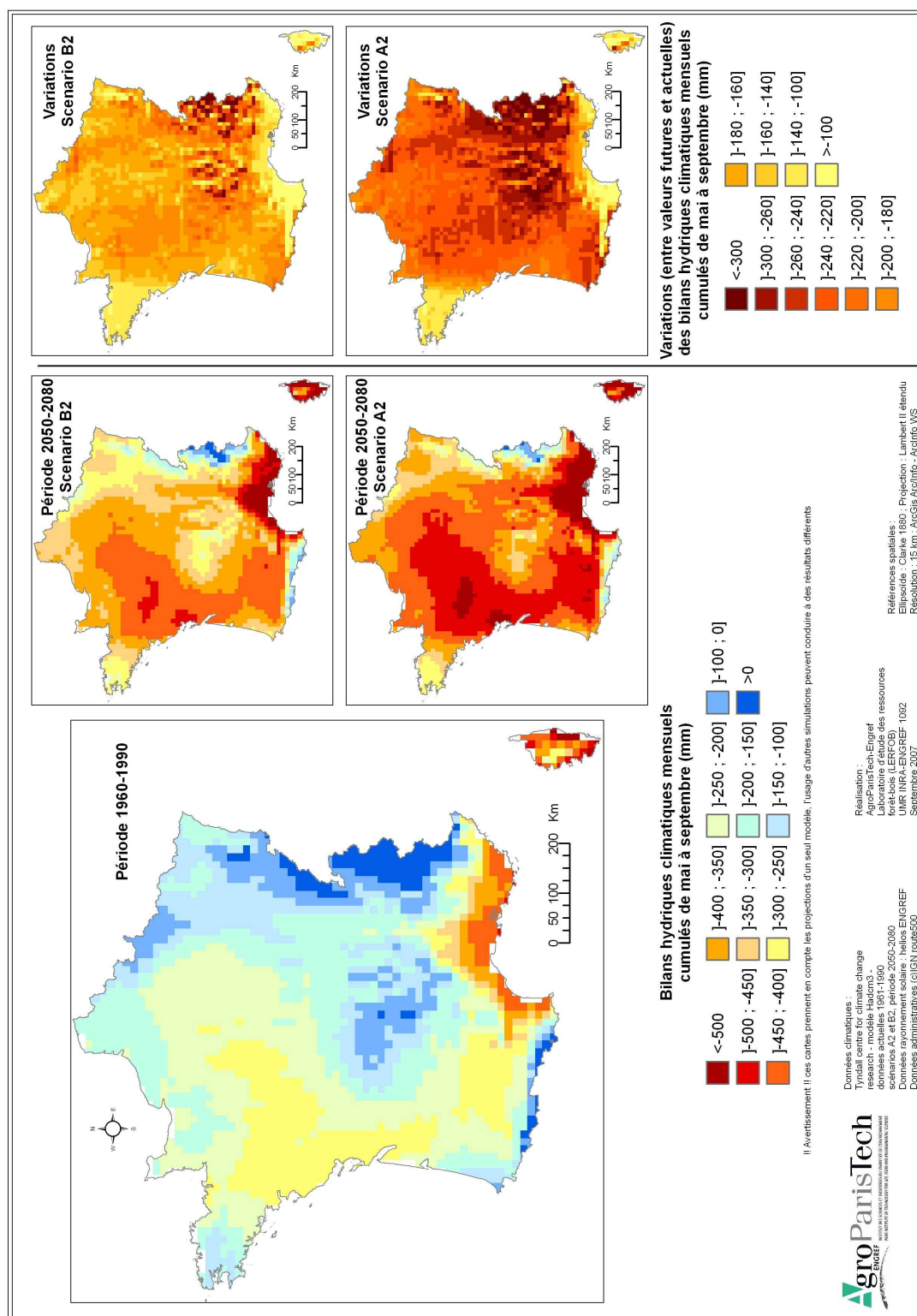


Illustration 3: Cartographie des cumuls de bilan hydrique climatique sur la saison de végétation (mai-septembre) actuel, en 2065 selon B2 (en haut) et A2 (en bas) et les variations entre ces deux périodes associées (données climatiques issues du modèle HadCM3) (source : com. pers. C. Piedallu, octobre 2007)

2.2.2 Différences prévisibles entre régions

La France est concernée par différentes variantes climatiques qui seront affectées différemment par les changements attendus. Non seulement, l'évolution des moyennes climatiques a des chances d'être différente selon les régions, mais il en va de même pour l'occurrence des événements extrêmes. Il faudrait s'attendre, par exemple, à ce que le nombre de jours secs consécutifs augmente plus au Sud-Ouest qu'au Nord-Est (Déqué, 2007). L'augmentation de la fréquence des tempêtes, probable selon Ducouso et Déqué (2005), pourrait être plus marquée au Nord qu'au Sud.

Malgré les limites des modèles climatiques, certaines spécificités régionales peuvent être prévues. Pour la région méditerranéenne (et éventuellement le Sud Ouest et le Sud du Massif Central), on pourrait s'attendre à une élévation de la température estivale ainsi qu'à une diminution des précipitations printanières plus importantes que dans le reste du pays (où les précipitations hivernales seront plus abondantes). De plus, la fréquence de périodes sèches ainsi que l'occurrence des fortes pluies pourraient s'accroître (Hoff et Rambal, 1998). Ces évolutions pourraient avoir des conséquences en termes de sensibilité de cette zone aux feux de forêts (Déqué, 2007) et certainement à l'érosion.

Dans les zones montagneuses, le changement climatique se traduirait par des premières neiges plus tardives, une réduction de la durée d'enneigement, ainsi que de l'épaisseur maximale de neige (Tessier, 2000). « Pour chaque degré d'augmentation des températures moyennes, la limite inférieure de la neige devrait remonter de 150m en altitude » (Beniston, 2003 cité dans PGRN-ONERC, 2007). Ces phénomènes seraient certainement plus prononcés à basses et moyennes altitudes et dans les Alpes du Sud que dans celles du Nord. Les processus érosifs seraient également accentués, entre autres, par le dégel des permafrosts qui laisserait à nu des terrains non encore végétalisés (PGRN-ONERC, 2007).

Les plus fortes dégradations du bilan hydrique climatique se localiseraient sur les Alpes et le Massif Central. Les secteurs méditerranéen, ligérien et aquitain seraient cependant les plus déficitaires sur la période 2050-2080.

On peut considérer que la zone méditerranéenne actuelle correspond environ à la région où le bilan hydrique climatique annuel est inférieur à -350 mm. Avec cette définition, et avec les données du modèle HadCM3, pendant la période 2050-2080, environ 60 % (B2) ou 80 % (A2) du territoire se trouveraient sous climat méditerranéen.

2.3 Impacts et conséquences sur les écosystèmes forestiers

2.3.1 Évolution des aires bioclimatiques potentielles des espèces

Avec les données du modèle ARPEGE de Météo-France en 2100 et selon les scénarios B2 et A2, Badeau et Dupouey (com. pers. 2007) ont établi des cartes de répartition potentielle de groupes d'espèces dont la présence/absence est liée aux conditions climatiques (cf. illustration 4). En 2100 selon le scénario A2, le groupe méditerranéen occuperait près de la moitié de la France (47,9%) jusqu'à la Loire et jusqu'en Alsace. Les groupes atlantique et aquitain étendus vers l'est couvriraient 47,2% du territoire. Les aires potentielles des autres groupes (continental et montagnards) seraient, sous les mêmes hypothèses, quasi absentes du territoire français.

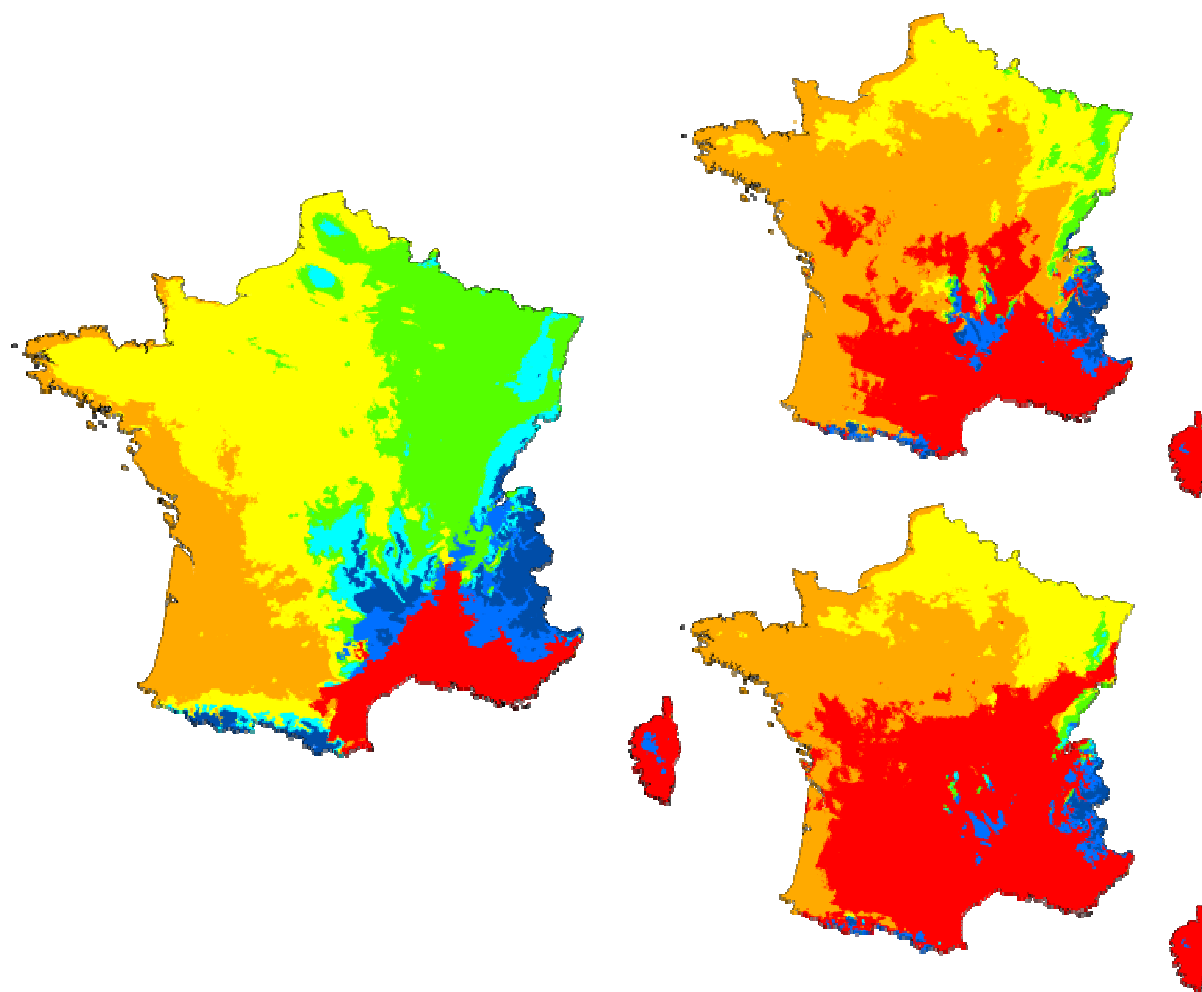


Illustration 4: Cartes de modélisation des aires de répartition des espèces arborées (à gauche : actuelle, en haut à droite : en 2100 selon B2, en bas à droite en 2100 selon A2) (source : com. pers. V. Badeau et J.-L. Dupouey, 2007)

		% actuel	% 2100 B2	% 2100 A2	
Montagnard	Groupe 1 (Pin cembro)	5.2	2.3	1.0	Dark Blue
	Groupe 2 (Aulne incana)	4.1	3.0	2.4	Blue
	Groupe 3 (Sapin blanc)	6.3	0.1	0.3	Cyan
Plus continental	Groupe 4 (Hêtre)	22.4	3.2	1.2	Light Green
Atlantique nord	Groupe 6 (Châtaignier)	35.6	17.4	16.4	Yellow
Atlantique sud	Groupe 7a (Pin maritime)	17.2	45.9	30.8	Orange
Méditerranée	Groupe 8 (Chêne vert)	9.1	28.1	47.9	Red

Tableau 3: Proportion du territoire couvert par les aires biogéographiques actuellement et selon les deux scénarios : A2 et B2 (communication personnelle du 4 septembre 2007, V. Badeau et J.-L. Dupouey). (la composition des groupes est en annexe 4)

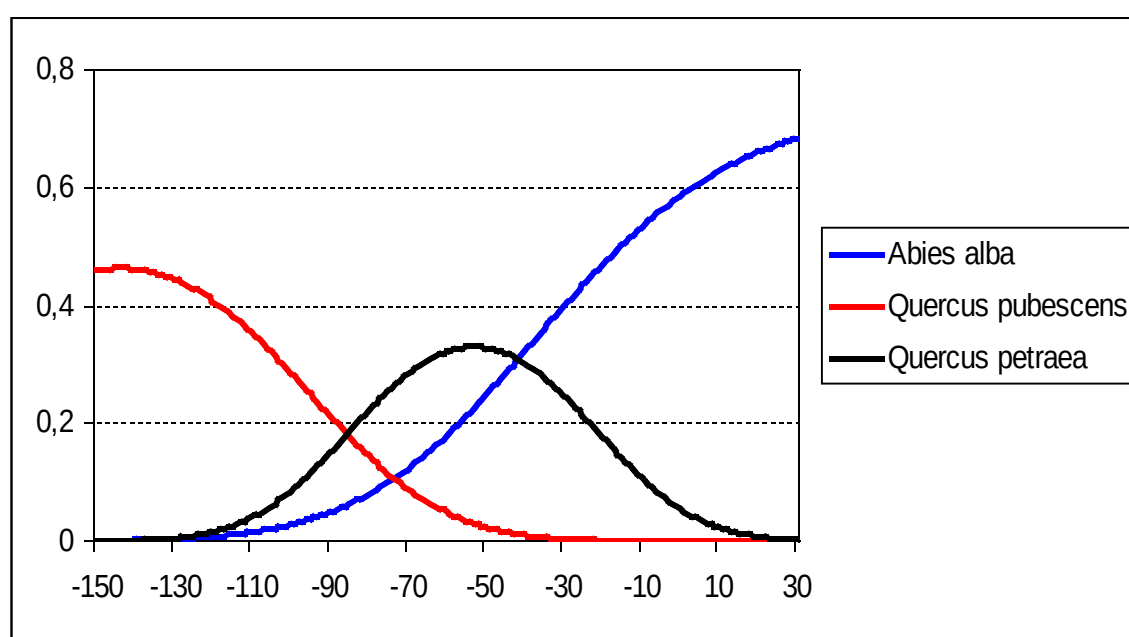
Le déplacement théorique des aires des espèces présentée à l'illustration 4 est très rapide :

- 20 km en direction Sud Nord en moyenne tous les dix ans pour le groupe méditerranéen sous le scénario B2) (32 sous le scénario A2);
- 55 km en direction Ouest Est tous les dix ans pour le groupe aquitain sous les deux scénarios.

Cette « vitesse imposée » de migration calculée est nettement plus élevée que celle qui a pu être mesurée par exemple lors de la dernière reconquête post-glaciaire¹, et la question se pose donc de la capacité réelle des espèces forestières à accomplir un tel déplacement à si bref délai.

Cependant, il convient de nuancer cette représentation schématique de l'évolution de la répartition spatiale des essences forestières. Tout d'abord, ces espèces sont en général capables de vivre sous une gamme assez large de conditions climatiques, grâce à la plasticité individuelle (un même individu peut survivre sous une certaine gamme de conditions climatiques) et à la diversité génétique infraspécifique (chaque espèce est composée de nombreuses populations dont chacune s'est adaptée à ses conditions de milieu). Ainsi, le chêne sessile se rencontre-t-il sous des climats dont la température moyenne annuelle varie de 7 à 15 °C, avec une médiane de 11°C (Gégout, 2006); l'illustration 5 fournit un autre exemple pour le comportement face à la sécheresse estivale.

Probabilité de présence de l'espèce



P-ETP moyen en mm du mois de juillet (1960-1990)

Illustration 5: Probabilité de présence de trois espèces autochtones en fonction du déficit hydrique climatique du mois de juillet (source: Gégout, 2006)

Par ailleurs, la variabilité climatique va se surimposer à la variabilité édaphique du territoire, le changement climatique ayant un effet plus important sur certaines stations que sur d'autres. Le déplacement de l'aire des essences sera également influencé par la concurrence des essences en place et par la fragmentation des paysages à coloniser (Koskela et al., 2007). Au total, la

1 Environ 500 m par an pour les chênes (A KREMER com pers)

possible migration des essences forestières sous l'influence de l'évolution climatique se réalisera donc plutôt selon le schéma « réaliste » de l'illustration 6.

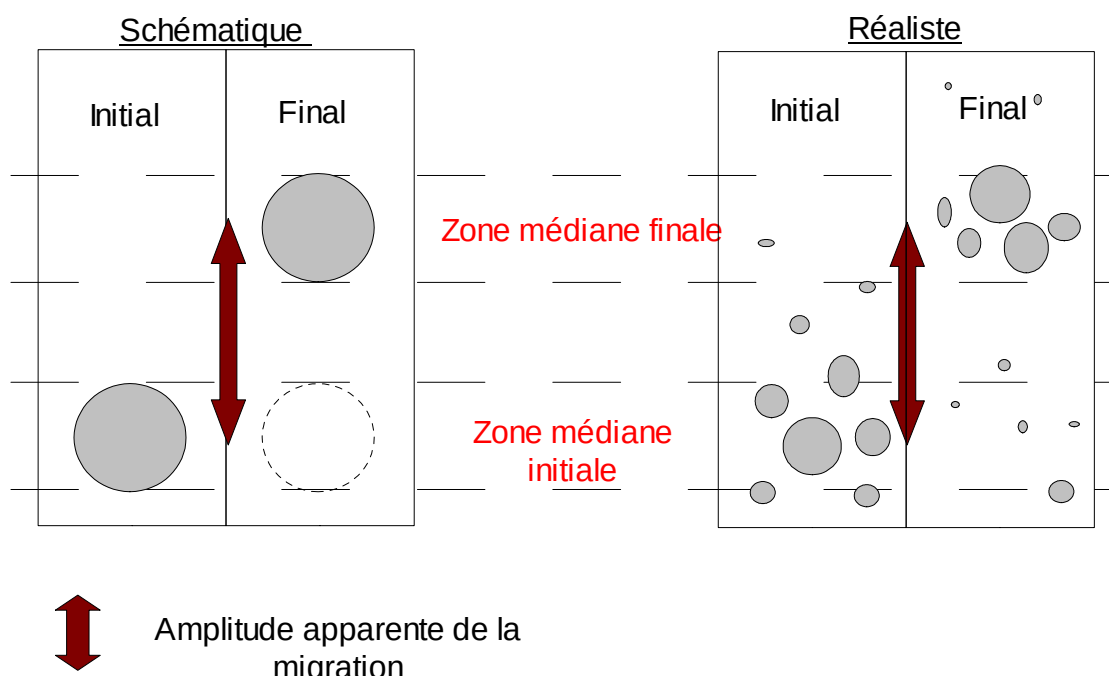


Illustration 6: Deux représentations de la migration des espèces forestières

2.3.2 Impacts sur la phénologie et la reproduction des arbres

Le réchauffement intervenu au XX^e siècle a déjà causé un allongement mesurable de la saison de végétation². Le réchauffement attendu devrait accentuer ce phénomène, conduisant à un débourrement plus précoce des arbres et à une chute plus tardive de leurs feuilles. Cette évolution devrait exposer les arbres aux risques de gelées « tardives » (se produisant après le débourrement au printemps) ou « précoces » à l'automne. On attend aussi une floraison plus précoce, également exposée aux gelées tardives, ainsi qu'une maturité des graines avancée en fin de saison. L'impact de ces évolutions du climat sur le cortège des parasites des fleurs et des fruits n'a pas encore été étudié de manière approfondie.

2.3.3 Impacts sur la croissance des arbres

Sous nos latitudes, la disponibilité en eau est le premier des facteurs du milieu qui contrôlent la croissance des arbres et donc la production de bois (la formation d'un gramme de carbone dans le bois nécessite la transpiration de 0,5 à 0,8 litre d'eau ; D .Loustau, com. pers.). Si elle se produisait, la substitution d'essences actuelles par des essences plus méridionales aurait à terme des conséquences importantes sur la production de bois des forêts françaises.

² B Seguin(2007) signale par exemple que les pommiers du Sud de la France fleurissent actuellement en moyenne 10 jours plus tôt qu'il y a trente ans.

A titre d'exemple, l'Inventaire Forestier National fournit les ordres de grandeur suivants pour la production moyenne, calculée sur l'ensemble du territoire, des principales essences forestières françaises en 2005/2006 :

- hêtre : 6 m³/ha/an
- chêne sessile : 5 m³/ha/an ,
- chêne pubescent : 2 m³/ha/an
- chêne vert : environ 1 m³/ha/an .

En utilisant ces valeurs moyennes de production, le remplacement sur la moitié de sa surface actuelle du hêtre par le chêne sessile entraînerait, à long terme, une baisse de la production de bois d'environ 670 000 m³/an .

Avant d'être éventuellement remplacées, les essences forestières seront confrontées *in-situ* à une évolution du climat dont les conséquences probables sont présentées au tableau 4.

	Conséquences	Impact sur la croissance
Augmentation des températures	Augmentation du risque de gelées tardives (printemps) pour les résineux (Bréda et al., 2006)	négatif
	Diminution du risque de gelées tardives pour les feuillus (printemps) (Bréda et al., 2006)	positif
	Augmentation de l'ETP et donc du stress hydrique estival (Bréda et al., 2006)	négatif
	Augmentation de la photosynthèse hivernale pour les résineux (Aussenac et Guehl, 2000)	positif (en particulier dans le nord-est et dans les zones montagneuses)
	Retardement des gelées précoces (automne) (Aussenac et Guehl, 2000)	positif pour les essences à période de croissance longue et tardive
	Augmentation du total de degrés-jours pendant la saison de végétation (Aussenac et Guehl, 2000)	positif sur la croissance en hauteur
	Diminution de la période hivernale d'enneigement	positif (en montagne)
Diminution des précipitations estivales	Augmentation de la sécheresse édaphique estivale (Aussenac et Guehl, 2000)	négatif sur sols à faible réserve utile (risque de dépérissement voire de mortalité lors de grande sécheresse)
Augmentation des précipitations hivernales	Augmentation de l'engorgement hivernal et risque d'augmentation de la contrainte hydromorphique sur certains sols	négatif sur sols à tendance hydromorphe

Tableau 4: Récapitulatif des impacts et conséquences du changement climatique sur la croissance et le développement des arbres.

On observerait donc potentiellement deux grandes tendances pour la croissance des peuplements :

- une tendance à l'augmentation là où la température est le facteur limitant principal (en particulier dans le Nord-Est et en montagne), conséquence de l'allongement de la saison de végétation et de la stimulation de la photosynthèse par la plus grande disponibilité du CO_2^3 atmosphérique, sous réserve que la disponibilité en eau et en azote ne devienne pas contraignante⁴ ;
- une tendance à la diminution sous l'effet de la contrainte hydrique, notamment sur les sols à faible réserve utile, d'abord marquée au Sud-Ouest, s'étendant ensuite vers le Nord et l'Est ; par exemple, sur Pin d'Alep en zone méditerranéenne, selon les sites, la perte estimée de production de bois occasionnée par l'aggravation attendue de la sécheresse varie de 2,5 à 5,75 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{an}$ (Guiot, 2007). À terme, sous les scénarios les plus pessimistes, la fonction de production de bois d'une grande partie de la forêt française pourrait être diminuée ;

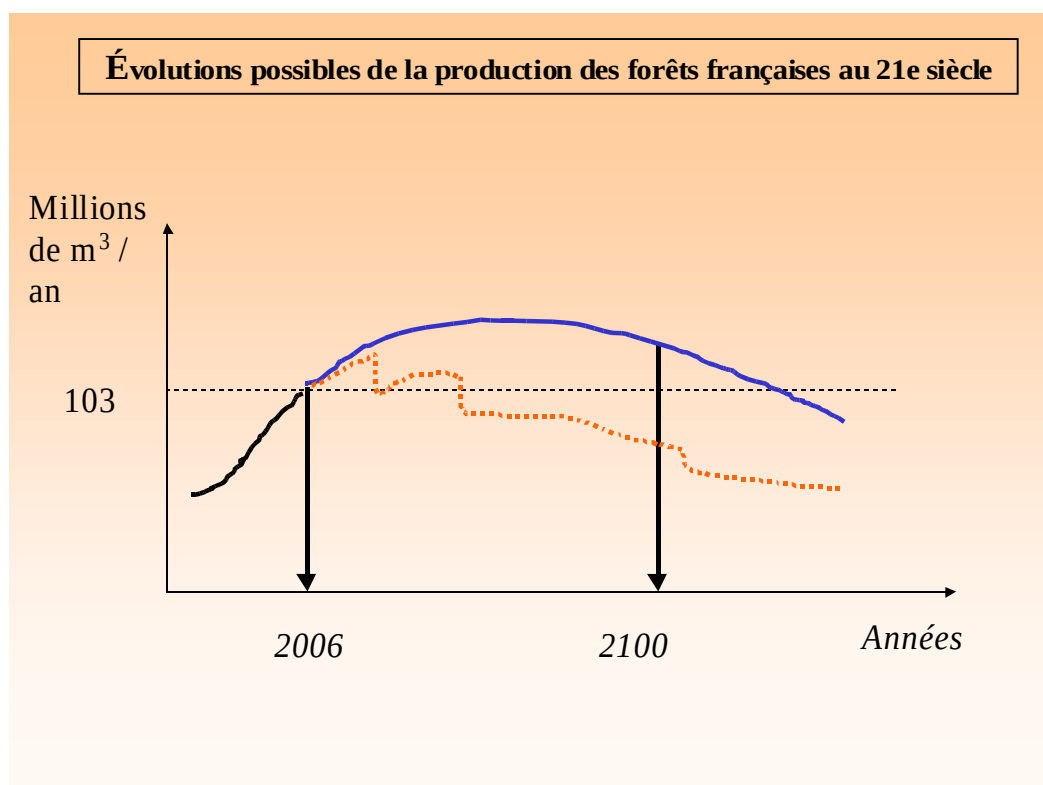


Illustration 7: Deux scénarios théoriques d'évolution de la production des forêts françaises au XXI^e siècle; trait plein : hypothèse d'évolution progressive; tiretés : hypothèse d'« accidents » aux environs de 2023 et 2048 .

Au total, comme esquissé sur l'illustration 7, la tendance à long terme serait celle d'une réduction

3 Actuellement, la concentration de CO_2 dans l'atmosphère est de 380 parties par million en volume et croît de 1,5 ppmv environ par an.

4 Il n'est pas possible à ce jour de formuler des hypothèses précises sur l'évolution (dates, niveaux) des dépôts atmosphériques azotés, qui semblent fortement impliqués dans l'augmentation généralisée de la croissance des peuplements forestiers intervenue au XX^e siècle. Une baisse notable de ces dépôts aurait probablement un effet négatif sur la croissance des peuplements forestiers.

de la production globale de bois de la forêt française; en l'absence d'accident (sécheresse exceptionnelle, incendies ...) cette réduction n'interviendrait que dans plusieurs décennies, et progressivement; des accidents pourraient l'accélérer notablement.

2.3.4 Évolution des risques sanitaires

Il est probable qu'il n'y aura pas une évolution générale commune pour tous les pathogènes et insectes forestiers, certains risquent d'être favorisés tandis que d'autres pourraient voir leur population diminuer (Jactel, 2004). Ainsi, par exemple, sous des climats plus chauds, l'oïdium et le chancre du chêne devraient être favorisés tandis que le chancre à *Xanthomonas* du peuplier pourrait disparaître.

Le réchauffement de notre climat peut permettre l'implantation en France de parasites (champignons, bactéries, virus, insectes ...) actuellement inconnus; des parasites non virulents peuvent le devenir. Par ailleurs, l'aire de répartition de certains des parasites déjà présents et limités par des seuils de température devrait s'étendre en suivant les isothermes (cf la chenille processionnaire du pin en Région Centre) : le réchauffement climatique pourrait alors augmenter alors la surface de la zone forestière touchée (notamment si l'homme contribue fortement à la dispersion du parasite : ce qu'il semble faire par exemple pour le *Phytophthora* du chêne (Marçais, 2007)). Enfin la sensibilité des arbres à certains parasites peut augmenter en situation de stress, hydrique notamment: c'est le cas du Pin laricio face à *Sphaeropsis sapinea*.

Au total, et en tenant compte du fait que chaque ensemble parasite-hôte-milieu est spécifique, les risques sanitaires semblent devoir être plutôt augmentés que diminués par le réchauffement climatique sous l'effet de trois phénomènes principaux : introductions de nouveaux parasites, extension de l'aire de présence (ou virulence) des parasites actuels, fort développement des parasites sur arbres stressés.

2.3.5 Augmentation des risques physiques

2.3.5.1 Augmentation du risque d'incendie

“ Le risque d'incendie recouvre à la fois :

- l'aléa défini comme “la probabilité qu'un phénomène naturel d'intensité donnée se produise en un lieu donné”.
- la vulnérabilité : conséquences particulières découlant de cet événement. (source : CEMAGREF).

Les précipitations, la température, l'humidité de l'air sont des facteurs naturels d'éclosion. La baisse des précipitations et l'augmentation de la température prévues auront donc un impact direct sur l'augmentation de l'aléa. De plus, ces facteurs vont avoir un impact sur la diminution de la teneur en eau des végétaux et donc sur l'augmentation de l'inflammabilité et la combustibilité de la végétation. On peut donc s'attendre à une augmentation du risque d'incendie.

Des simulations de changement climatique (augmentation de la température et de la durée de sécheresse) ont permis de calculer une diminution de la durée de retour du feu dans les formations forestières de *Pinus Pinaster* de 72 (climat actuel) à 62 ans (climat simulé). L'augmentation de la fréquence des feux entraîne de plus une régression des formations forestières au profit de formations arbustives (Mouillot et al., 2002).

L'évolution du climat devrait favoriser l'extension notamment vers le Nord des formations à pin d'Alep. Or inflammables et riches en combustibles, les pinèdes donnent plus facilement naissance à un incendie qu'une forêt de feuillus. De plus, les litières d'aiguilles de pins s'enflamment très vite. Les pinèdes génèrent aussi le maximum de "sautes" de feu d'un peuplement à un autre.

Par ailleurs, la poursuite prévue de la croissance de la population humaine dans les régions méridionales devrait entraîner une augmentation des zones d'interface entre forêts et zones urbanisées. Il existe ici un véritable enjeu d'aménagement du territoire.

Enfin, les cartes de cumul de bilan hydrique climatique (illustration 3) de 2065 selon A2 et B2, montrent que respectivement environ 80 % et 60 % du territoire auraient un cumul de bilan hydrique climatique sur la saison de végétation similaire à celui de la zone méditerranéenne actuelle. Il faudrait donc s'attendre à voir un fort risque d'incendie de forêt gagner une plus grande partie du territoire : en 2100 le tiers Sud selon le scénario B2, la moitié Sud selon A2.

2.3.5.2 Augmentation de l'érosion dans la zone montagnarde et en zone méditerranéenne

A haute altitude, « D'une manière générale, l'érosion risque d'être exacerbée par l'évolution de différents facteurs. Ainsi le dégel des permafrosts, les changements de végétation, le retrait glaciaire sont autant de phénomènes qui viennent renforcer l'érosion qui existe déjà sur les versants alpins » (PGRN-ONERC, 2007). Aux altitudes moyennes, l'érosion torrentielle serait diminuée en cas de proportion accrue des précipitations arrivant sous forme neigeuse, augmentée dans le cas contraire. Aux altitudes où l'enneigement deviendra faible ou nul, l'érosion torrentielle pourrait croître, notamment en hiver (Beniston, 2007). En Suisse, l'augmentation de la pluviométrie observée à la fin du 20^e siècle a entraîné une recrudescence des mouvements de terrain (Noverraz et al. 1998, cité dans PGRN-ONERC, 2007).

Par ailleurs, en montagne, sous climat méditerranéen ou le devenant, l'augmentation du risque d'incendie pourrait conduire à une proportion plus élevée de sol nu, et donc à un risque d'érosion plus important. Il semble que les deux phénomènes combinés feront des montagnes sous climat méditerranéen les zones les plus exposées à une augmentation de l'érosion.

2.4 Commentaires et conclusions

2.4.1 Agir sans attendre

Tous les scénarios climatiques annoncent une augmentation de l'ordre de 1 à 1,5 °C de la température moyenne en France d'ici 2050, soit 1,5 fois le réchauffement de la totalité du XX^e siècle. L'impact de ce réchauffement devrait être important sur les forêts, constituées de peuplements peu artificialisés (pas d'irrigation par exemple), dont la production se capitalise au fil des décennies, et dont le renouvellement se réalise à l'échelle du siècle. Il convient de faire face et sans attendre à ce réchauffement quasi certain à court terme, important et rapide.

2.4.2 Mettre en place une stratégie révisable

Au cours de la seconde moitié du XXI^e siècle, le réchauffement devrait se poursuivre, modérément en cas de fortes mesures d'atténuation, fortement sous les autres hypothèses. Les observations qui seront réalisées d'ici à 2015/2020 permettront d'affiner le scénario probable d'évolution climatique d'ici à la fin du siècle. Une prévision de poursuite rapide du réchauffement appellerait des mesures nouvelles. Les mesures d'adaptation devront donc être modulées selon l'évolution à

la fois constatée et prévue du climat. Une stratégie adéquate semble donc être l'adoption de plans d'action successifs, dont le contenu évoluera à la fois en fonction des résultats atteints et des prévisions actualisées d'évolution du climat.

2.4.3 Différencier les régions

Le changement climatique ne devrait pas avoir les mêmes conséquences sur tout le territoire français. La politique de préparation des forêts françaises ne devrait donc pas être uniforme, mais au contraire modulée en fonction des enjeux. Un zonage de la France s'inspirant des cartes d'évolution des aires potentielles (illustration 4) ainsi que de celle des variations de bilan hydriques (illustration 3) pourrait servir de base à cette adaptation de l'action publique. Une proposition de zonage est ici présentée à titre indicatif pour la période 2008-2030 (illustration 8).

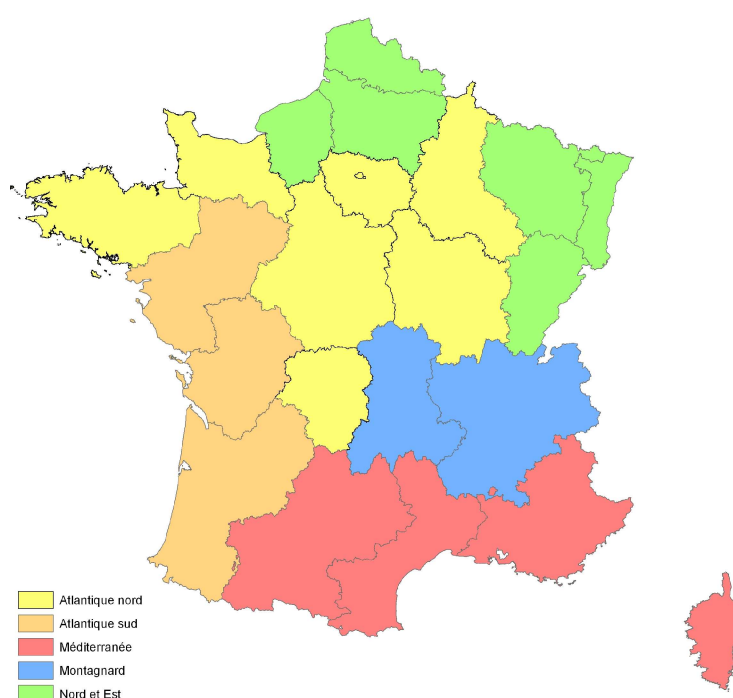


Illustration 8: Proposition de découpage de la France en zones homogènes face au changement climatique

Afin d'être pragmatique, le zonage respecte les limites administratives régionales, regroupant les régions dont les écosystèmes forestiers présentent à l'heure actuelle des similitudes et des vulnérabilités appréciées comme suffisamment proches. Soulignons que la zone montagnarde doit être scindée en deux sous-zones selon l'altitude.

Pour chaque zone, le tableau 5 explicite les principaux effets du changement climatique attendu pendant la période 2008-2030. Il permet de voir que les mesures prioritaires de préparation des forêts au changement climatique devront toucher en général plusieurs domaines dans chaque zone. Les zones qui seront probablement les plus affectées sont : la zone méditerranéenne, la zone « Atlantique Sud » et les altitudes basses et moyennes en montagne.

Ce zonage devra être remis en question à la périodicité de 5 à 10 ans, en fonction de l'évolution réelle de la situation.

Zone géographique actuelle	Substitution d'espèces	Croissance et vitalité	Incendies	Érosion
Atlantique Nord	--	--	-	-
Atlantique Sud	--	--	--	-
Nord et Est	-	-	-	-
Montagnard (basse et moyenne altitude)	- - -	- - -	--	- - -
Montagnard (haute altitude)	--	-	-	--
Méditerranée	- - -	--	- - -	- - -

Tableau 5: Impact estimé du changement climatique sur les écosystèmes forestiers selon la zone telle que définie à l'illustration 8 : - faible ou nul; -- moyen; - - - majeur.

2.4.4 Adopter des politiques publiques préventives à large spectre ou « sans regret »

Selon les économistes (Lecocq et Shalizi, 2007), face aux risques liés au changement climatique, les actions dites d'adaptation, préventives, ont toutes chances d'être moins coûteuses que des actions curatives. Et de nombreux arguments militent pour que les pouvoirs publics s'investissent dans des programmes d'adaptation, notamment : l'information imparfaite des acteurs, les freins à l'action collective, la divergence des intérêts des différents acteurs. En conséquence, des actions publiques d'adaptation sont justifiées au niveau national, à condition qu'elles aient un large spectre⁵. Naturellement, les actions d'adaptation qui seraient bénéfiques en toute hypothèse, changement climatique ou non, dites « sans regret », sont à promouvoir en priorité.

2.4.5 Associer pilotage et flexibilité

Les prévisions climatiques disponibles comportent une large part d'incertitude. L'impact des changements a toutes chances d'être variable dans l'espace. Et les évolutions seront rapides, appelant une réaction rapide. La réaction collective appropriée semble donc devoir être une association de pilotage stratégique de nature collective (orientations générales, cadre d'action) et d'initiatives individuelles (encouragées à condition que leurs résultats puissent être mutualisés).

2.4.6 Être prêt pour l'exceptionnel

Malgré la difficulté de leur modélisation, les extrêmes climatiques (tempêtes, pluies torrentielles, sécheresses et canicules) risquent de s'amplifier. Une politique de préparation des forêts au changement climatique doit donc comprendre deux volets :

- x une préparation à la tendance moyenne du changement climatique;
- x une préparation à la gestion de l'exceptionnel.

Cet aspect de la politique de préparation concerne beaucoup le mode de gouvernance.

5 Les actions d'adaptation d'intérêt local relèvent des autorités publiques régionales et des acteurs privés.

3 Plans d'action en vue d'adapter les forêts françaises métropolitaines au changement climatique

3.1 Plan d'action pour la recherche et le développement

3.1.1 Recherche

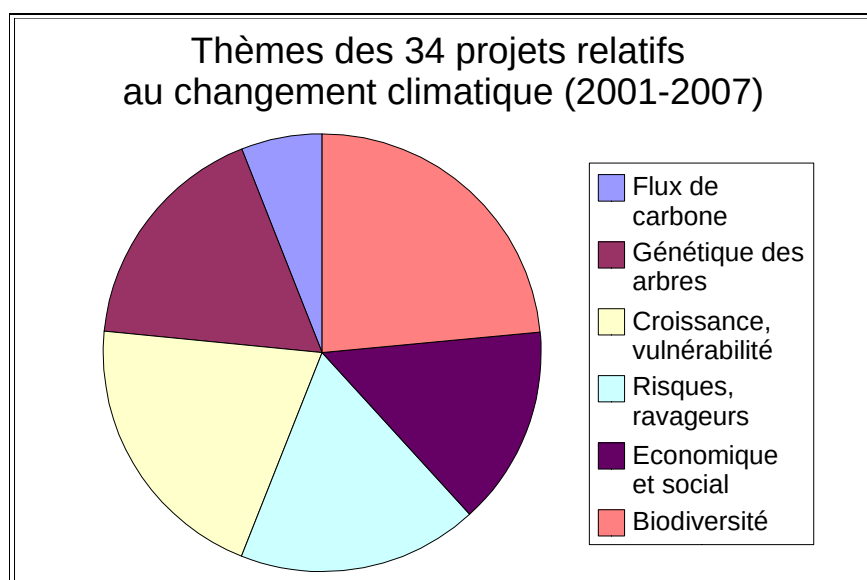
3.1.1.1 Les projets de recherche en cours

3.1.1.1.1 Projets de recherche

Le changement climatique tient une place importante parmi les priorités de l'Agence Nationale de la Recherche (en particulier les récents appels à projets " Biodiversité " et " Vulnérabilité "), et de l'Union Européenne dans le cadre de ses programmes cadres de Recherche et Développement, notamment le 6^e qui vient de s'achever et le 7^e qui débute (2007-2013). D'autres programmes apportent également des fonds (MEDAD-GICC, Bureau des Ressources Génétiques, programmes 'INTERREG' de l'UE ...). Un recensement des projets connus a été effectué lors de l'été 2007 par Mme P. BOSSARD (DG FAR) et M. J.-L. PEYRON (GIP ECOFOR) .

Les équipes de chercheurs français s'inscrivent activement dans les programmes nationaux et communautaires. Ainsi, depuis 2001, un total de 34 projets de recherche récemment terminés ou en cours relatifs au changement climatique en forêt ont été identifiés (cf. annexe 5), dont 14 à financement national, 20 à financement de l'UE.

D'importance très inégale, ces projets se répartissent en six domaines principaux comme indiqué sur le graphique ci-dessous :



Les projets soutenus par l'UE (fixation du carbone, incendies, génétique, politiques publiques par exemple) bénéficient souvent de budgets globaux de plusieurs millions d'euros, et les projets ANR ont aussi des financements importants ; la plupart des autres projets ont des budgets de quelques dizaines de milliers d'euros.

3.1.1.1.2 Autres activités de recherche

A ces projets, il faut ajouter trois réseaux d'observatoires continus des écosystèmes forestiers, servant de support à des travaux de recherche :

- en France, F-ORE-T, l'Observatoire de Recherche en Environnement sur la Forêt, qui comporte six sites ateliers en France métropolitaine et deux outre-mer⁶ ;
- au niveau européen, le réseau d'observation des forêts qui comprend deux niveaux; le « niveau 1 » (dit aussi « 16 x 16 ») concerne seulement l'état de santé des arbres ; les données de la partie française de ce réseau sont analysées par le Département de la Santé des Forêts, assisté de quelques experts ; le « niveau 2 » comporte en France une centaine de placettes faisant l'objet de mesures très variées : il est géré par l'ONF sous le nom de « RENECOFOR »(coordonné avec F-ORE-T) ;
- au niveau mondial, le réseau « Fluxnet » qui comprend 400 sites de mesure en continu à long terme des échanges gazeux des forêts.

3.1.1.2 Remarques sur les programmes de recherche en cours

L'analyse des principaux projets de recherche réalisés ou en cours conduit à trois séries d'observations.

- ➔ D'une part, les travaux concernent inégalement les diverses régions françaises : ils sont les plus nombreux dans les Alpes et en région méditerranéenne, le reste du territoire étant moins intensément couvert. De même, certaines espèces sont fréquemment étudiées (Chênes vert et pédonculé, Hêtre, Pins d'Alep et maritime) tandis que d'autres le sont beaucoup moins ou pratiquement pas (Chênes pubescent et, dans une moindre mesure, sessile, Châtaignier, Pin laricio, Cèdre, Sapin, Epicéa).
- ➔ D'autre part, les travaux en cours couvrent peu les domaines importants suivants :
 - Connaissances scientifiques à portée générale et finalisée
 - ✓ biodiversité : facteurs et modalités de l'adaptation, de l'évolution et de la migration (notamment effets des traits de vie et flux de gènes) des espèces et des communautés ; ces connaissances sont indispensables pour la conception de politiques de préservation dynamique de la biodiversité (cf les réflexions en cours sur la « connectivité » écologique), y compris les ressources génétiques des espèces forestières autochtones ;
 - ✓ bases génétiques et physiologiques de la plasticité ; comportement des essences d'arbres forestiers face aux stress, liés notamment à la sécheresse, aux températures élevées, aux agents biotiques : bases physiologiques et génétiques, relations avec les autres caractères ; les enjeux ici sont à la fois la sylviculture des peuplements ayant subi des stress, l'introduction d'essences exotiques nouvelles, le testage des matériels de base existants et la création éventuelle de nouvelles variétés améliorées (*) ;
 - ✓ modélisation de la croissance des peuplements forestiers de différentes structures et compositions, sous l'effet conjugué des facteurs climatiques, atmosphériques (concentration en CO₂, apports azotés) et sylvicoles ; les modèles à établir devraient intégrer l'effet des stress intenses et les périodes de « convalescence » qui les suivent ; ils sont indispensables comme base des nouveaux guides de sylviculture, incluant les peuplements mélangés, qui doivent

6 : Hesse (57), Fougères (35), Fontainebleau (77), Breuil(58), Bray (40), Puechabon (34) et Fontblanche (13) ; des sites sont aussi suivis en Guyane et au Congo.

être préparés ; ils permettront aussi des études par modélisation de l'évolution des ressources ligneuses (*) ;

- ✓ modélisation de l'impact économique du changement climatique ; à l'échelle de la filière, le niveau et la mobilisation de la ressource semblent prioritaires ; le coût de la prévention des incendies, et l'impact économique du changement climatique sur les politiques liées aux fonctions de protection (sols, eaux, biodiversité) semblent aussi importants (*) ;
- ✓ outils et méthodes pour le suivi de l'état sanitaire - au sens large - des forêts, à l'échelle régionale ou nationale, et dans la durée ; il s'agit de rechercher des avancées en matière de techniques de télédétection et de cartographie multicritères pour progresser en épidémiologie et déboucher sur la modélisation de l'extension spatiale de dépérissements ou de la colonisation des forêts par les agents biotiques (*) ;

Les propositions marquées (*) ci-dessus correspondent aux objectifs du programme stratégique de recherche français pour le secteur « forêt bois papier », publié en juillet 2007 dans le cadre de la « Plate-forme Technologique Forêt Bois Papier (www.forestplatform.fr)

- Connaissances à portée principalement finalisée
 - ✓ développement d'indices de vulnérabilité des peuplements forestiers, à destination des gestionnaires ; ces indices devraient intégrer la réserve utile en eau du sol, actuellement mal connue, les autres facteurs du milieu, l'autécologie de l'espèce (ou de la variété) forestière en place, l'histoire, l'âge et la structure du peuplement, le nombre actuel et futur de semenciers efficaces ;
 - ✓ développement de méthodes pratiques de valorisation et de conservation de la diversité génétique des espèces forestières pour faire face au changement climatique, y compris par des évolutions de la réglementation : choix des matériels de base et des matériels forestiers de reproduction recommandés pour les reboisements, conduite des régénérations naturelles, conservation des ressources génétiques forestières⁷ ;
 - ✓ intégration des nouveaux modèles de croissance et de l'évaluation des risques au niveau de la parcelle pour établir de nouveaux guides de sylviculture (futaie claire, conduite des mélanges, taillis en zone limite de survie de l'espèce, zones exposées aux tempêtes ...).

Les huit axes ci-dessus pourraient servir à structurer les priorités du MAP et du MEDAD en matière de politique de recherche sur le changement climatique et la forêt pour les dix prochaines années.

- ➔ Enfin, beaucoup de projets de recherche ne débouchent pas sur des résultats directement utilisables en gestion en raison soit de leur caractère mono-disciplinaire affirmé, soit de leur portée très générale (cas de programme à caractère économique et social). Il apparaît donc important de mettre l'accent sur la réalisation de recherches finalisées, de recherches en prise directe avec les questions des gestionnaires, et sur la mise en application des connaissances obtenues dans le cadre de la gestion.

⁷ La section « Arbres forestiers » du CTPS et la Commission des Ressources Génétiques Forestières ont formalisé des propositions concertées courant 2007.

3.1.1.3 Propositions

3.1.1.3.1 Relations avec l'ANR

Au niveau national, l'ANR joue désormais un rôle essentiel dans la distribution des moyens de recherche. Elle fonctionne par programmes de durée définie pour les deux tiers, et pour un tiers sans orientation prédéfinie en fonction de la seule qualité des projets qui lui sont soumis. Sur des problématiques importantes comme le changement climatique, plusieurs programmes sont envisageables.

Selon son décret constitutif du 1er Août 2006, l'ANR est dotée d'un Conseil d'Administration auquel siègent des représentants de divers ministères (Recherche, Enseignement supérieur, Industrie, Budget) mais où ni le MAP ni le MEDAD ne sont représentés. Par ailleurs, chaque programme de l'ANR est doté d'un comité de pilotage, qui propose les projets à retenir après avis du comité d'évaluation. Le ministère de l'Agriculture, représenté par son DGER au comité de pilotage du programme « Biodiversité », ne siège pas dans celui du programme « Vulnérabilité ».

Il serait par ailleurs très utile que l'ANR réalise rapidement, comme elle le fait pour d'autres secteurs (ex : la mer) une synthèse transversale des équipes scientifiques engagées sur la forêt, afin de se constituer sa « liste d'acteurs » dans ce domaine. Les acteurs concernés pourraient se mobiliser pour la constitution de cette liste, par exemple sur incitation du GIP ECOFOR.

Actuellement, l'ANR prépare une fiche programme (2008-2010) sur les « Nouvelles technologies agricoles et aquacoles ; gestion intégrée des écosystèmes et territoires ». La gestion intégrée et durable des forêts est citée parmi les enjeux écologiques de ce programme et les problématiques liées au changement climatique peuvent tout à fait y trouver place. Dès que ce dernier aura été validé, il paraît donc indispensable d'en avertir rapidement les équipes pouvant être concernées.

Proposition 1 : Renforcer dès 2008 le soutien par l'ANR des recherches sur le changement climatique en forêt en :

- obtenant un siège pour le MAP et le MEDAD au Conseil d'Administration, et pour le MAP au comité de pilotage du programme «Vulnérabilité» ;
- incitant les laboratoires forestiers à contribuer rapidement à l'établissement de la « liste d'acteurs forêt de l'ANR » courant 2008;
- diffusant dès que possible aux équipes concernées le nouvel appel ANR « Nouvelles technologies agricoles »

3.1.1.3.2 Pilotage d'ensemble des recherches liées au changement climatique en forêt au niveau national

La diversité des sujets à aborder et des modes de financement à mobiliser conduit à préconiser la désignation d'un « Monsieur Recherche pour le changement climatique en forêt ». Ce « chef d'orchestre » devrait disposer d'étroites connexions avec les organismes de recherche, en particulier le CNRS, l'INRA, le CEMAGREF et le Muséum. Il devrait pouvoir consacrer au moins un mi- temps à ce sujet .

Les missions de ce coordonnateur pourraient être les suivantes :

a) En liaison avec les ministères concernés et les milieux professionnels de la filière forestière, il établirait et actualiserait régulièrement la liste des domaines dans lesquels un effort de recherche serait jugé prioritaire.

b) Préparation des propositions aux « grands appels d'offres »

Compte tenu de la large ouverture des appels à propositions de l'ANR et de l'UE en matière d'impact du changement climatique sur les forêts, nombre des sujets cités § 3112 ci-dessus devraient pouvoir être intégrés dans les appels d'offres de l'ANR, ou faire l'objet de propositions de projets dans le cadre des projets européens. Il convient cependant de s'assurer que des projets traitant des domaines prioritaires, tels que proposés ci-dessus, et ayant de bonnes chances d'être retenus, seront effectivement déposés ; des travaux préparatoires, de « défrichage scientifique » et de mise en place de collaborations entre équipes seraient très utiles ; le coordonnateur pourrait être chargé de ce rôle « d'incubateur de projets scientifiques ».

c) Préparation d'appels d'offres nationaux dédiés

L'existence d'un guichet national spécifique est importante pour des projets ne trouvant pas leur place dans les « grands appels d'offres », soit parce qu'ils sont particuliers, soit parce qu'ils comportent une part finalisée ; l'outil de l'appel d'offres dédié, comme ceux qui ont été pilotés par le GIP ECOFOR, est bien adapté et permet de gérer des priorités dans la durée, de fédérer les équipes de divers organismes et de mutualiser des fonds de diverses origines. Le premier champ à couvrir en matière de changement climatique en forêt pourrait être identifié à l'automne 2008, après que les résultats des appels à projets ANR et UE de 2008 seront connus.

d) Par ailleurs, le fonctionnement par programmes tend à fragmenter les résultats de la recherche, d'autant plus qu'une partie des publications ne sont que des rapports à diffusion limitée. Le coordonnateur serait chargé de la politique de diffusion de l'information scientifique par la réalisation de synthèses périodiques (tous les deux ans par exemple) sur le thème du changement climatique. La publication de ces synthèses pourrait servir de support à l'organisation de colloques auxquels s'exprimeraient les chercheurs impliqués dans les programmes présentés.

Le GIP ECOFOR est légitime dans ce domaine, car il réunit les principaux établissements de recherche impliqués, et a prouvé qu'il était parfaitement capable d'assurer l'ensemble des missions énumérées ci-dessus. Son implication dans l'action COST « ECHOES » lui procurera de plus une vision européenne du sujet. Chargé de cette mission de coordination, le GIP rendrait compte une fois par an aux deux coordinateurs proposés à la proposition N°27 ci-dessous.

Proposition 2 : En 2008, charger le GIP ECOFOR de la mission de coordonnateur national des recherches en matière de changement climatique en forêt : actualisation des besoins, préparation aux grands appels d'offres, montage d'appels d'offres, synthèse et diffusion de l'information scientifique.

3.1.1.3.3 Coordination de la recherche au niveau européen

La coopération avec d'autres pays permet de démultiplier les moyens disponibles au niveau national. La proposition portée par le GIP ECOFOR, et associant une vingtaine de pays, de mettre en place une action « COST » sur le changement climatique (« ECHOES » : *Expected Climate*

Change and Options for European Silviculture) va dans ce sens et mérite d'être soutenue sans réserve. La réponse de la Commission ayant été positive, l'action COST se déroulera de 2008 à 2011. Dans un second temps, cette action COST pourrait déboucher sur la constitution d'un réseau d'excellence.

3.1.2 Développement

L'adaptation des forêts françaises au changement climatique dépendra dans une large mesure du développement, ensemble des actions destinées à provoquer et accompagner le changement des pratiques de gestion.

3.1.2.1 Situation actuelle : des forces limitées réparties dans quelques organismes

3.1.2.1.1 Description de la situation

En matière de gestion forestière, le développement *sensu stricto*, c'est à dire au contact direct du terrain, est assuré pour l'essentiel par deux organismes :

- en forêt privée :
 - le CNPPF (Centre National de la Propriété Privée Forestière) qui dirige désormais l'IDF (Institut pour le Développement Forestier, Service d'Utilité Forestière), soit environ 35 personnes impliquées à 100% dans le développement au niveau national, et les CRPF (Centres Régionaux de la Propriété Forestière) au niveau régional ; ces derniers emploient environ 230 ingénieurs et techniciens, impliqués à environ 80% dans le développement (en considérant que le conseil pour la rédaction des documents de gestion relève du développement).
- en forêt publique, au sein de l'ONF :
 - les personnels intégralement affectés au développement appartiennent d'une part au Département de Recherche et Développement de la Direction Technique et Commerciale bois, soit environ 10 équivalents temps plein et d'autre part aux services techniques spécialisés en développement des directions territoriales, soit une quarantaine d'équivalents temps plein ;
 - en forêt publique aussi l'aménagement relève pour partie du développement ; l'aménagement des forêts mobilise de l'ordre de 250 équivalents temps plein, dont une forte proportion en équipes spécialisées.

Les publications de développement paraissent dans trois principaux supports : « Forêt Entreprise » pour la forêt privée (tirage 3000 exemplaires - bimensuel) , « Rendez – Vous Techniques » pour l'ONF (tirage 7000 exemplaires - 4 à 6 livraisons annuelles, diffusion à 95 % interne) , « Revue Forestière Française » éditée par AgroParisTech-ENGREF (tirage 1100 exemplaires - 6 numéros ordinaires et un numéro spécial par an). Forêts de France, organe du Syndicat des sylviculteurs, publie régulièrement des articles techniques ainsi que la revue des experts « Forêt privée » (tirage de 800 exemplaires). FCBA (ex AFOCEL) publie aussi des fiches, au rythme de quelques unités par an.

A l'amont, les organismes de recherche (FCBA, CEMAGREF, INRA) contribuent au développement, essentiellement sous la forme de publications et par la participation de leurs personnels à des actions de formation, initiale et continue. L'INRA a mis en place depuis quelques années des « postes d'interface » destinés à faciliter les relations chercheurs-gestionnaires, et l'un

de ces postes concerne précisément le changement climatique (Mme LEGAY, à l'INRA de Champenoux, 2006 – 2007). Le GIP ECOFOR organise régulièrement des colloques ouverts aux praticiens et met de l'information à disposition sur son site Internet.

3.1.2.1.2 Commentaires

Les relations des acteurs du développement forestier avec les organismes de recherche sont globalement assez peu structurées. Dans le sens « gestionnaires vers chercheurs », la commande de recherche est limitée par les faibles moyens financiers des gestionnaires, si bien que la recherche est surtout financée par des fonds publics, l'Union Européenne et l'ANR. Dans le sens « Chercheurs vers gestionnaires », les actions dites de transfert sont peu valorisantes pour les chercheurs de certains organismes. Les postes dits d'interface recherche/gestion n'ont été créés que par l'INRA et sont peu nombreux. A ce jour, il n'existe dans le domaine forestier ni Unité Mixte Technologique, ni Réseau Mixte Technologique (France JO, 2006). Les opérations de « recherche action », comme celle conduite conjointement par l'ONF et l'INRA au cours des années 1990 face au dépérissement en forêt de la Harth (Ht Rhin) (Cf. Annexe 6) restent l'exception.

La « densité apparente » des agents de développement est faible: 1 pour 48 000 ha en forêt privée (1 pour 39 000 ha en ne retenant que les propriétés supérieures à 4 ha), 1 pour 15 000 ha en forêt publique. Au cours des années récentes, les effectifs du développement ont stagné en forêt publique comme en forêt privée. Le niveau technique de ces personnels de développement apparaît assez variable. Une stimulation du développement forestier nécessiterait un renforcement des effectifs et un accroissement de leur efficacité.

La mise en synergie des différents acteurs du développement forestier des secteurs public et privé semble plus facile au niveau du terrain qu'au niveau national. Dans la plupart des régions, en effet, des actions communes de développement ont été réussies ou sont en cours (catalogues de stations, guides pour le choix des essences, ...) ; tout repose cependant sur la motivation des acteurs, leur capacité à se fédérer autour de priorités et à obtenir des soutiens financiers ; par ailleurs, une même thématique peut être traitée assez différemment selon la région. Au niveau national, chaque organisme a tendance à cultiver ses spécificités, et ceci se manifeste notamment en matière de programmes de R&D et de publications. Globalement, l'IDF maîtrise bien les dispositifs de démonstration et les différents moyens de diffuser l'information technique à destination des propriétaires privés⁸. L'ONF dispose d'une solide culture de l'expérimentation scientifique, et traduit ses orientations en directives concrètes pour l'aménagement et la sylviculture. Les CRPF sont spécialisés dans le conseil aux forestiers privés de terrain.

3.1.2.1.3 Quel impact du Changement climatique sur le développement forestier ?

Le changement climatique interroge très fortement l'ensemble des acteurs de la chaîne recherche – développement, et se traduit déjà par une plus grande implication collective de certains acteurs (Société Forestière de la Caisse des Dépôts par exemple). Les agents de développement – conseil des CRPF sont confrontés à une forte demande des sylviculteurs.

Face au changement climatique, le développement devra concerner en priorité les sujets suivants : connaissance des potentialités des stations forestières (notamment en ce qui concerne l'économie de l'eau), choix des espèces et provenances, installation et conduite des peuplements, prévention des risques (vent, incendie, sanitaires). Ces domaines ne sont pas nouveaux, mais des connaissances nouvelles devront être diffusées.

8 L'IDF anime désormais un réseau de « correspondants changement climatique » des CRPF.

Le changement climatique apportera néanmoins les nouveautés suivantes :

- nécessité d'agir rapidement dans certains (de nombreux ?) contextes,
- incertitudes relatives au climat futur, impliquant de présenter plusieurs options en démonstration ou conseil.

3.1.2.2 Propositions

3.1.2.2.1 Améliorer l'articulation du développement avec la recherche au niveau national

Pour renforcer les relations entre les organismes de recherche et la gestion, trois actions sont proposées :

- L'INRA soutient les deux postes d'interface « changement climatique » et « CO2 » ; il conviendrait de fortement amplifier ce type d'action, qui devraient être prévues dans le cadre des contrats passés entre l'État et ses EPST (INRA et CEMAGREF en priorité⁹) :

Proposition 3 : Inciter les EPST, dans le cadre de leurs contrats avec l'Etat, à créer ou augmenter les postes d'interface recherche-gestion .

- Les Réseaux Mixtes Technologiques (France JO, 2006) (RMT) apparaissent comme des instruments adaptés pour faire travailler ensemble chercheurs et praticiens, ce qui doit permettre à la fois une bonne définition des axes de recherche finalisée et une rapide diffusion des résultats obtenus ; sur la problématique du changement climatique en forêt, suite aux remarques du § 3112 du chapitre « recherche » ci-dessus, deux domaines appellent en priorité la création de RMT :

a) les stations forestières et vulnérabilité : le premier objectif serait d'élaborer une nouvelle définition de la station incluant des paramètres quantifiés et explicites, notamment la réserve en eau du sol et le niveau trophique, dans le but d'une utilisation dynamique (c'est à dire permettant d'évaluer les potentialités et les contraintes de la station sous des climats simulés différents de l'actuel) ; ce RMT devrait viser la conception de « catalogues » de ces nouvelles stations, couvrant de grandes régions et cohérents entre eux, par exemple à l'échelle des « Sylvo-Eco-Régions » en cours de définition¹⁰, et la mise au point d'outils adaptés de description et de cartographie ; son action couvrirait aussi l'édition de nouveaux guides, et des actions pilotes de formation des acteurs de terrain ; cette phase achevée, le second objectif serait de compléter la démarche en développant un outil d'analyse de la vulnérabilité des peuplements au changement climatique à destination des aménagistes et des sylviculteurs, intégrant les facteurs du milieu, les caractéristiques de l'essence (autécologie notamment) et la sylviculture appliquée au peuplement. Le noyau du RMT pourrait être constitué des organismes participant au comité de pilotage de l'étude sur les Sylvo-Eco-Régions ; le RMT pourrait être piloté par l'un des spécialistes du sujet de l'IDF ou de l'IFN ; il devrait être mis en place au plus tard fin 2008, à l'achèvement de la convention en cours DGFAR / IFN ;

b) la gestion, valorisation et conservation du patrimoine génétique des arbres forestiers ; les champs à couvrir sont l'orientation de la création variétale¹¹, l'utilisation des variétés

9 Le contrat d'objectifs de l'INRA couvre la période 2006-2009, celui du CEMAGREF la période 2005-2008 : les renouvellements auront donc lieu prochainement.

10 Étude de définition en cours dans le cadre d'une convention DGFAR/IFN, 2006-2008 ; régions pilotes : Rhône-Alpes et Champagne – Ardennes.

11 Détection, sélection et testage de matériels de base utilisables en reboisement ; par exemple pour le Chêne pubescent

améliorées actuelles, les règles sylvicoles en matière de régénération naturelle et de reboisement, l'orientation de la politique de conservation des ressources génétiques forestières ; ce RMT piloterait des actions d'expérimentation et de démonstration nécessitant une large démultiplication sur le terrain ; le pilotage de ce RMT pourrait être confié au CEMAGREF : son unité de recherche « Écosystèmes forestiers » à Nogent sur Vernisson assurant l'interface entre la recherche et les milieux professionnels dans ce domaine est en effet toute désignée pour un tel rôle et devrait être renforcée à cette fin. Ce RMT associerait des organismes participant à la Commission des Ressources Génétiques Forestières et à la section « Arbres Forestiers » du CTPS¹², ce qui permettrait de coordonner les points de vue et de renforcer la synergie entre ces deux instances ; ce RMT devrait être créé au plus tard fin 2008.

Le financement au moins en partie de tels RMT par France Bois Forêts sur les produits de la CVO¹³ semble à la fois envisageable et souhaitable.

Un troisième RMT « Sylviculture », consacré à la modélisation de la croissance des peuplements forestiers de différentes structures et compositions face au changement climatique, puis à la mise au point et à la diffusion de modes de traitement sylvicoles adaptés au contexte du changement climatique, pourrait ensuite être préparé.

Proposition 4 : Créer en 2008 deux réseaux Mixtes Technologiques, l'un sur les stations forestières, l'autre sur la variabilité génétique des arbres forestiers ; en préparer un troisième sur modélisation et sylvicultures. Obtenir le soutien financier de la CVO.

- Développer fortement la démarche de recherche – action :

Dans les « points chauds » identifiés où une réponse appropriée doit être recherchée rapidement la recherche – action permet de conjuguer décisions de gestion en vraie grandeur et recherche ; on peut penser par exemple aux boisements résineux de la moitié Sud de la France (Sud des Alpes, Sud du Massif Central), aux chênaies atlantiques et ligériennes (chênes sessile/pédunculé), aux chênaies de chêne pubescent ; l'expérience de l'ONF en cette matière (cf l'Observatoire de la Harth en Alsace en annexe 6) le désigne comme « opérateur chef de file » de telles actions¹⁴, mais l'association de la forêt privée serait indispensable ;

Proposition 5 : Détecter des zones comportant des forêts publiques où la démarche « recherche action » semble une réponse pertinente ; demander à l'ONF de conduire cette recherche et la reconnaître dans le cadre de son futur contrat avec l'État .

3.1.2.2.2 Renforcer numériquement le développement en forêt privée

(essence autochtone) et le Robinier (essence introduite) ; à titre d'exemple, la Finlande a engagé un programme de création de variétés de pin sylvestre qui seront adaptées au climat régnant en 2050 dans ce pays.

12 Comité Technique Permanent de la Sélection des Plantes Cultivées, placé sous l'autorité du Ministère chargé de l'Agriculture.

13 Contribution Volontaire Obligatoire, versée sur les montants des ventes de bois.

14 Les sites ad hoc pourraient être recherchés d'ici 2010, pour figurer au prochain contrat Etat/ONF à signer en 2011.

Les effectifs consacrés au développement en forêt privée apparaissent comme insuffisants; ils ne peuvent être augmentés par redéploiement interne. Les effectifs des CRPF sont gérés dans le cadre d'un plafond fixé par l'Etat. A condition que des financements nouveaux puissent être trouvés, ce qui semble possible, le nombre d'ingénieurs et techniciens des CRPF affectés au développement pourrait augmenter de l'ordre de 10 à 20% sans nouvelle contribution du budget de l'État.

Proposition 6 : Examiner la possibilité d'autoriser les CRPF à recruter de nouveaux personnels techniques, sur ressources propres.

3.1.2.2.3 Rechercher des complémentarités entre organismes de développement au niveau national

Les moyens globaux du développement forestier étant limités, il est recommandé de réduire les redondances et de cultiver les complémentarités. Ceci concerne particulièrement l'ONF et l'IDF au niveau national. Chaque organisme concentrerait son activité sur certains sujets (ou régions ou essences) les résultats obtenus étant ensuite mutualisés. L'instrument de cette coopération pourrait être une convention pluriannuelle IDF/ONF dans le domaine du développement, en application des contrats de ces établissements avec l'État.

Cette collaboration pourrait se matérialiser dans le domaine des publications. On pourrait recommander que Rendez vous Techniques et Forêt Entreprise comprennent une même rubrique régulière consacrée au « changement climatique » dont le contenu serait géré en commun. La Revue Forestière Française pourrait être associée à cette démarche. ONF, IDF et ENGREF pourraient aussi collaborer dans la conception et la mise en ligne sur leurs sites Internet respectifs de documents, guides et recommandations. Il serait également souhaitable que des outils (logiciels) soient élaborés et diffusés en commun.

Proposition 7 : Inciter ONF et IDF à conclure, en 2008, une convention de partenariat de longue durée en matière de développement dans le domaine du changement climatique

3.1.2.2.4 Stimuler et valoriser les actions conduites au niveau régional

De nombreux dispositifs d'expérimentation ou de démonstration existent déjà sur le terrain, dont certains sont perdus de vue, ou non suivis. De plus, la possibilité d'expérimenter de nouvelles techniques de reboisement ou sylvicoles, y compris avec le soutien financier de l'État (cf. le chapitre sur ce sujet) doit aller de pair avec un recensement des dispositifs et des références, ce qui permettra des synthèses et une valorisation collective des résultats obtenus. Les Services régionaux de l'État devraient impulser la mise en place de telles bases de données et la mise à disposition collective de leurs informations. Ces bases devront pouvoir être facilement échangeables d'une région à l'autre.

Proposition 8 : Constituer dans chaque région, sous l'impulsion des services de l'État, une base de données partagée des expérimentations forestières (lancement en 2008, date butoir pour la création fin 2009)

3.1.2.2.5 Renforcer la formation continue des personnels du développement

Outre les savoirs, régulièrement mis à jour, les métiers du développement forestier demandent des « savoir faire » et « savoir être » particuliers. L'efficacité du développement forestier dans le domaine du changement climatique appelle une intensification de la formation continue des personnels, ingénieurs et techniciens à leur métier de vulgarisateurs. Une session de « mise à niveau » de deux jours par an et par personne semble un minimum (soit pour 500 bénéficiaires 1000 hommes-jour de formation à assurer par an). Cette action pourrait être conduite conjointement par l'IDF et l'ONF (ses départements de la formation et « Recherche et Développement »), dans le cadre de la convention de collaboration proposée plus haut¹⁵. Les actions de formation devraient se dérouler à proximité du terrain, dans chacune des grandes zones géographiques définies au § 243 ci-dessus. Ces sessions de formation devraient être ouvertes aux personnels de tous les organismes (cabinets d'experts, coopératives, chambres d'agriculture, Société Forestière de la CDC ...). Pour les contenus pédagogiques, la participation des établissements d'enseignement, notamment AgroParisTech ENGREF, pourrait être sollicitée.

Proposition 9 : Mettre en place dans la durée un programme de formation continue national en matière de changement climatique, commun aux forêts privée et publique, à destination des agents du développement.

3.2 Plan d'action concernant les risques

3.2.1 Risques sanitaires sur les arbres et les peuplements

3.2.1.1 Rappel du dispositif en place

Le dispositif actuel de surveillance de l'état sanitaire des forêts françaises est principalement constitué du Département de la Santé des Forêts (DSF), service du MAP faisant partie de la Sous Direction de la Forêt à la DGFAR. Ce service compte environ 25 personnes, et coordonne l'action de 205 « correspondants observateurs » de terrain, intervenant à temps partiel pour le DSF, dépendant de l'ONF, des CRPF, des DDAF, des SRFB.... Le DSF assure aussi le suivi de l'évolution de l'état des houppiers des arbres forestiers (coloration, défoliation) sur les deux réseaux européens de placettes fixes : les 540 placettes de 20 arbres du réseau dit de niveau 1 , ou « 16x16 » (depuis 1989), et sur les 100 placettes de RENECOFOR , dit de niveau 2.

Le DSF entretient des relations assez étroites avec l'Inventaire Forestier National, qui héberge sa base de données et commence à intégrer dans ses protocoles de terrain l'observation de quelques critères sanitaires (branches mortes, Gui (IFN , 2007 b)). Le suivi des organismes de quarantaine et la lutte sanitaire sont du ressort de la Direction Générale de l'Alimentation du MAP (En région, Services régionaux de la Protection des Végétaux).

¹⁵ Ce type d'action serait éligible à des financements d'origine européenne, FEADER et FSE .

3.2.1.2 Évaluation de la situation actuelle

L'activité actuelle du DSF peut être évaluée comme suit :

Objectifs	Actions	Commentaires
• Assistance aux services de l'Etat ; recommandations aux gestionnaires	Identification des symptômes rencontrés sur le terrain – diagnostic de terrain - conseils pour la prévention et la lutte	x Objectif atteint en général
• Veille nationale sur les problèmes sanitaires connus	Identification des symptômes rencontrés sur le terrain – envoi à la base de données nationale du DSF	x Difficultés pour quantifier, spatialiser, relier les symptômes à des causes, et assurer un suivi dans le temps
• Veille nationale sur les problèmes sanitaires nouveaux	Identification des symptômes rencontrés sur le terrain – envoi à la base de données nationale du DSF	x Objectif atteint en général
• Suivi de l'état des houppiers des arbres forestiers, dans les réseaux européens .	Suivi des réseaux « 16x16 » et RENECOFOR	x Objectif atteint , mais : a) La grille fixe et peu dense ne permet pas un suivi précis, b) Fin du financement européen en 2007 .
• Élaboration et diffusion d'information synthétique sur la santé des forêts	Rapports synthétiques, niveaux régional et national	x Vision qualitative et annuelle de qualité.

Tableau 6: Principales missions assurées par le DSF

Le DSF recueille ainsi majoritairement des données ponctuelles issues du terrain, peu quantifiées. Les observateurs donnent parfois plus d'importance à la nouveauté qu'aux phénomènes déjà connus. Le DSF ne dispose pas de moyens informatiques propres pour traiter ses données (par exemple sous SIG). Il n'est pas équipé non plus pour intégrer des données issues de télédétection. Il peut donc difficilement construire une représentation spatiale des phénomènes observés, et suivre leur évolution dans le temps. Par ailleurs le fait d'être limité aux symptômes avec un accès hétérogène aux causes (climat, station, espèce, âge, sylviculture ...) lui rend toute modélisation, et donc prévision, impossible. Dès lors, le DSF a des difficultés à assurer pleinement ses deux missions d'évaluation des risques sanitaires encourus par la forêt, et d'élaboration d'une information synthétique.

	Statut	Nombre d'ETP	Implantations géographiques	Ressources financières , année 2007 , Millions d'euros	
				Budget de l'Etat	Autres financements
DSF	Service du Ministère de l'Agriculture	26	Siège : Paris Échelons : Nancy, Bordeaux, Orléans, Clermont-Ferrand, Avignon	2,4	Contributions ONF et CRPF aux salaires des correspondants observateurs : 0,86
IFN	Établissement public à caractère administratif	200	Siège : Nogent Sur Vernisson Échelons : Nancy, Bordeaux, Caen, Lyon, Montpellier	12,5	Ressources propres (conventions , ...) Environ 1,5

Tableau 7: Quelques éléments concernant l'IFN et le DSF

3.2.1.3 Besoins qui résulteront probablement du changement climatique

A la faveur du changement climatique, des parasites nouveaux pourraient être introduits sur notre territoire et s'y développer rapidement. La réaction des écosystèmes forestiers confrontés à un environnement physique et biotique nouveau est difficile à prévoir. Des phénomènes pourront se produire sur de vastes territoires, soit brutalement (dépérissements, mortalités, défoliations ...), soit discrètement mais en continu (cf l'actuel déplacement vers le Nord de la Chenille processionnaire du pin et de divers parasites). La communauté forestière et les responsables de tous niveaux souhaitent disposer rapidement d'une représentation spatialisée de ces événements, d'outils de prévision, et de recommandations adaptées de prévention ou de lutte.

3.2.1.4 Propositions

Il s'agit de renforcer les capacités du Département de la Santé des Forêts pour lui permettre de faire face aux principaux défis que pose le changement climatique.

3.2.1.4.1 Renforcer la veille sanitaire à l'international

La mobilité des personnes et des marchandises à la surface du globe augmente le probabilité d'introduction sur notre territoire de parasites nouveaux. La veille sur les parasites existant dans les autres pays est indispensable, pour permettre la mise en place à temps des mesures adéquates aux frontières, et pour préparer d'éventuelles réactions en cas d'introduction sur notre sol¹⁶. Il convient donc de renforcer le système de veille du DSF par un personnel spécialisé, dès que possible.

16 L'Organisation Européenne de Protection des Plantes publie régulièrement des listes d'alerte à jour . Le programme de recherche « Daisie » dans le cadre du 6e PCRD s'intéresse à 450 espèces de ravageurs susceptibles de se développer dans les forêts européennes.

Proposition 10 : Individualiser au sein du DSF une « cellule de veille internationale », remplissant un rôle de surveillance, d'alerte et d'aide à la prévention ; si possible dès 2009.

3.2.1.4.2 Renforcer la veille et la réactivité sur le territoire national

Les éventuels foyers de nouveaux parasites dangereux se développant sur notre sol doivent être détectés, mission du DSF, et si possible éliminés, mission des SRPV¹⁷, très précocement. A cette fin, le niveau technique des observateurs du DSF doit être constamment entretenu, en liaison avec la cellule de veille internationale proposée ci-dessus. Des moyens techniques et financiers doivent être disponibles pour des opérations de piégeage. En parallèle, les instruments, notamment juridiques, permettant une lutte efficace doivent être maintenus à jour. Un fonds d'intervention devrait permettre de financer les éradications de foyers décidées¹⁸. Une mention particulière doit être faite pour les pépinières forestières qui constituent des foyers potentiels de dissémination de certains parasites (cas du *Phytophthora* des chênes en particulier).

Proposition 11 : Renforcer les moyens de lutte contre les parasites nouvellement introduits sur notre sol :

- demander au DSF la mise en place d'un plan d'action : formation continue des correspondants observateurs en matière de ravageurs introduits ,
- mise en place d'une politique systématique de détection et lutte sur le terrain et en pépinière forestière contre les foyers de nouveaux ravageurs (y compris la mise en place d'un fonds d'intervention agricole et forestier d'éradication précoce des nouveaux foyers).

3.2.1.4.3 Créer un service d'épidémiologie-surveillance forestière en associant DSF et IFN

a) Proposition à court terme

Disposer d'un service d'épidémiologie-surveillance apparaît comme une nécessité. A cette fin, il faut mettre en place des moyens humains et techniques de recueil d'information, en continu et sur l'ensemble du territoire; les données recueillies permettront à la fois un suivi des phénomènes et la construction de modèles à but prédictif. Au DSF, trois ingénieurs disposent déjà de compétences dans ce domaine. Par ailleurs, la mission 2 « Observation des écosystèmes forestiers » confiée à l'IFN dans le cadre de son contrat avec l'État (2007-2012) contient quatre actions concernant directement le DSF : recueil de données environnementales (santé et vitalité des peuplements), recueil de données nécessaires à la veille sur le changement climatique, gestion des bases de données du DSF, alerte sanitaire.

17 Services Régionaux de la Protection des Végétaux ; (maitrise d'oeuvre FREDON)

18 La même proposition est faite pour les cultures agricoles (Alain GRAVAUD, CGAAER, membre du Comité d'orientation du DSF, com. pers., 2007)

La croissance courante des peuplements forestiers, qui réagit aux facteurs climatiques, fait par ailleurs partie des données de base recueillies par l'IFN : elle constitue un excellent indicateur intégrateur de l'état de santé des peuplements. Le fait que les données sur l'état sanitaire des forêts seraient recueillies dans le cadre de l'IFN offrirait au DSF plusieurs avantages très importants :

- un nombre élevé de points précisément géo-référencés, échantillonnés chaque année, bien répartis sur l'ensemble du territoire (7000, soit le double du nombre d'observations transmises par les correspondants observateurs) ; les placettes des réseaux européens sont par ailleurs déjà intégrées dans les plans d'échantillonnage de l'IFN ;
- des protocoles bien standardisés mis en œuvre par un petit nombre d'opérateurs,
- la récolte sur les mêmes peuplements d'informations sur la composition spécifique, l'âge, la sylviculture, les conditions stationnelles ... ,
- d'importantes capacités de traitement et d'archivage informatique, permettant de croiser des fichiers d'observations au sol , de données climatiques, d'informations issues de télédétection, ... ,
- un savoir faire reconnu en matière de diffusion des informations à différents types de publics.

Un rapprochement IFN / DSF permettrait donc à la France de mieux renseigner ses indicateurs de gestion durable des forêts.

Il semble donc essentiel de mettre en application rapidement la mission 2 de l'IFN dans le cadre de son contrat 2007-2012 avec l'État, en commençant par la partie de son action 3 relative à la santé et à la vitalité des peuplements¹⁹. Un cahier des charges du projet serait utile à la fois pour préciser les objectifs spécifiques à atteindre (définition des données, protocole de collecte, recueil, traitement, synthèse et publication) et pour les placer dans une perspective plus large et de plus long terme. Un groupe de projet mixte DSF/IFN semble approprié pour assurer le pilotage ; ce groupe de projet pourrait être piloté par un personnel (du DSF ?) qui se formerait afin de devenir spécialiste en épidémiologie, comprendre un chercheur et un représentant des gestionnaires ou des décideurs publics de niveau régional. Le groupe établirait son projet au premier semestre 2008, pour application lors de la campagne 2008/2009 ; les premiers résultats pourraient ainsi être disponibles à la fin de l'été 2009, ce qui permettrait un premier bilan avant la fin de cette même année.

Proposition 12 : Constituer avant mi-2008 un groupe de projet « DSF – IFN » chargé de définir puis de piloter la mise en place du recueil par l'IFN d'observations sur la santé et la vitalité des peuplements . Demander un premier rapport d'avancement à ce groupe de projet fin 2008.

b) Préparer l'intégration à moyen terme du DSF à l'IFN

Si le projet décrit ci-dessus réussit, l'IFN et le DSF seront très fortement engagés ensemble pour le fonctionnement d'un observatoire de la croissance et de la santé des forêts françaises, depuis l'établissement des protocoles d'observation à l'amont jusqu'à la diffusion de l'information à l'aval. Le caractère stratégique de la mission, et l'étroitesse des liens qui seront nécessaires entre les deux organismes pour la mener à bien, devraient alors conduire à l'intégration du DSF au sein de

¹⁹ Le programme actuel dit de « suivi intensif » des forêts du DSF devra être redéfini à cette occasion, dans son équilibre général et plus particulièrement son volet « dépérissements ».

l'IFN à l'horizon 2012 (année de démarrage d'un nouveau contrat État/IFN). Cette orientation semble plus prometteuse que les projets consistant à rattacher l'IFN à d'autres organismes sans traiter de ses relations avec le DSF. Si elle était prise, elle devrait être affichée dès que possible en 2008 afin de permettre une préparation dans de bonnes conditions des mesures à prendre (cf. projet actuel de déplacement du siège de l'IFN à Orléans). Les objectifs et le mode de fonctionnement (financement y compris) du réseau des correspondants observateurs du DSF devront être ré-examinés à cette occasion. Plusieurs projets pour cette intégration ont déjà été élaborés²⁰, et pourront donc servir de base (organisation territoriale, ressources humaines ,....). La structure la plus appropriée pour le nouvel ensemble apparaît être celle d'un EPA.

L'association de l'IFN et du DSF doterait la France d'un système assurant à la fois l'alerte, le suivi spatial et temporel, et le diagnostic des problèmes sanitaires forestiers.

Proposition 13 : Préparer l'intégration du DSF au sein de l'IFN à l'horizon 2012 .

3.2.1.4.4 Intégration communautaire

Pour mémoire ; voir le chapitre 4.2.1 ci – dessous en ce qui concerne : la surveillance des écosystèmes forestiers et le rapprochement des systèmes d'inventaires forestiers , et le chapitre 4.2.4 en ce qui concerne les espèces invasives.

3.2.2 Gérer le risque d'érosion en montagne

3.2.2.1 Outils : perfectionner le génie biologique

Les aléas en montagne pourraient s'accroître et nécessiter le recours à une panoplie étendue d'outils de prévention et de protection. Le nombre de situations où le génie biologique pourrait venir appuyer les ouvrages de génie civil augmenterait.

Dans le cadre du « Plan Durance », qui a pour objectif notamment de lutter contre l'érosion dans les Alpes du Sud, le Cemagref étudie actuellement les coûts-avantages du génie biologique comparés aux coûts des curages de barrages. Si le génie biologique (mise en place plus entretien) se révèle moins coûteux qu'un curage, il serait certainement judicieux, dans un contexte où l'érosion s'accroîtrait, de le mettre en place à l'amont, en renfort des ouvrages de génie civil, dans des zones préalablement identifiées comme prioritaires. Les ouvrages de génie biologique testés par le Cemagref ont déjà résisté (taux de reprise de 50%) à une pluie centennale et à la sécheresse de 2003-2005. On sait donc qu'ils peuvent résister aux modifications climatiques prévues.

Proposition 14 : Favoriser la mise au point et le testage de méthodes de prévention de l'érosion par génie biologique (sur le modèle du « Plan Durance »)

²⁰ Rapport « Lanly » de 2002 sur l'IFN, rapport « Cailliez » de 2002 sur le suivi des forêts françaises, projet interne de l'IFN de 2003, proposition de la 4e section du CGGREF de 2004, avis du GIP ECOFOR de 2004.

3.2.2.2 Dans les zones relevant de la Restauration des Terrains de Montagne

Le changement climatique devrait augmenter l'occurrence et l'intensité des événements pluviométriques extrêmes. Les peuplements de Restauration de Terrains de Montagne ont été installés afin de réduire le risque d'érosion (principalement : glissements de terrain, chutes de rochers, ruissellement). La situation actuelle de ces forêts à but protecteur est très diversifiée. Certaines remplissent bien leur rôle. D'autres ont tellement réduit la charge en sédiments de l'eau que les rivières sur-creusent leur lit en aval. D'autres peuplements RTM, qui ne présentent pas un sous-bois développé, sont très vulnérables au risque érosion.

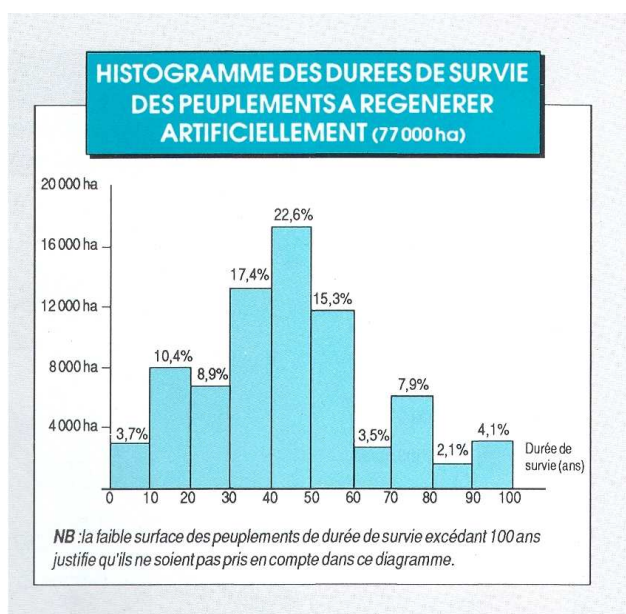


Illustration 9: Histogramme des durées de survie des peuplements à régénérer artificiellement dans les forêts jouant un rôle de protection marqué (source ONF, 1990)

Entre 2007 et 2011, le service RTM de l'ONF cartographiera les aléas et les enjeux dans plus de 300 000 ha forêts domaniales de montagne (RTM ou non) afin d'identifier des zones prioritaires d'intervention. Cette phase de repérage doit être suivie d'une programmation du renouvellement des peuplements forestiers au sein de ces zones prioritaires; la sylviculture qui y sera appliquée émanera des nouveaux Guides des sylvicultures de montagne (Alpes du Nord et Alpes du Sud) (Gauquelin et Courbaud, 2006). Il conviendrait que la même opération soit conduite pour les forêts communales.

Une contrainte réside dans le fait que les coupes et travaux sont souvent déficitaires dans les peuplements de protection²¹. Il faudrait donc veiller lors de la programmation de la gestion de ces peuplements prioritaires à ce que les interventions soient le moins déficitaires possible (voire bénéficiaires) en organisant les opérations par groupes de forêts. Les impacts paysager et environnemental pourraient être importants mais pas nécessairement inacceptables. Il faudrait qu'à l'élaboration de ce plan d'actions soient associées des parties prenantes concernées par ces deux aspects. De telles opérations de récolte de bois planifiées dans la durée pourraient bénéficier de la demande croissante de contrats pérennes d'approvisionnement pour le bois énergie.

Lors d'une analyse du rôle de protection des forêts domaniales de montagne (fin des années 1980) 192 000 ha avaient été identifiés comme jouant un rôle de protection marqué dont 77 000 ha devant être régénérés artificiellement (cf.) au rythme de 1004 ha/an. On notera d'autre part que l'enquête n'a pas permis de « disposer des mêmes renseignements pour la régénération naturelle, qui concerne tout de même 46% des peuplements existants et qui est loin d'être gratuite » (ONF et Sonnier J., 1990).

La nécessité de renouveler ces peuplements est d'autant plus accentuée maintenant que :

- l'âge des peuplements augmente ;
- de nouveaux enjeux se sont éventuellement installés ;
- les aléas climatiques risquent d'augmenter.

²¹ Jensen, com. pers. 2007

Proposition 15 : Intensifier la gestion des forêts de montagne protégeant des enjeux rapprochés :

- étendre aux forêts communales de montagne la démarche de diagnostic du rôle de protection, si possible à partir de 2009-2010 ;
- favoriser, à partir de 2011, la programmation du renouvellement et la gestion des peuplements RTM prioritaires à des échelles suffisantes en concertation avec des acteurs d'autres disciplines (paysage, environnement).

Dans cette première phase de repérage des zones d'intervention prioritaires dans les forêts domaniales, seuls les enjeux rapprochés sont pris en compte. Ce qui implique que les forêts de protection contre l'érosion et les inondations (enjeux éloignés) pourraient être reléguées au second plan en ce qui concerne les priorités de renouvellement.

Proposition 16 : Après l'achèvement de la proposition 15, préparer le renouvellement des peuplements RTM protégeant des enjeux éloignés ;

- identifier les peuplements jouant un rôle de protection contre l'érosion et analyser les conditions de leur renouvellement.

3.2.2.3 Les « zones vertes » des Plans de Prévention des Risques Naturels

Le changement climatique pourrait se traduire notamment par un changement dans les débits des cours d'eau (augmentation en hiver et en automne, diminution en été), par une augmentation de l'érosion sur les versants. On devrait donc assister à une extension des surfaces nécessitant des mesures de prévention des risques correspondants.

L'article L425-1 du code forestier (modifié par la loi d'orientation forestière de 2001) prévoit que « les plans de prévention des risques naturels prévisibles établis en application des articles L. 562-1 à L. 562-7 du code de l'environnement, dont l'objet est de prévenir les inondations, les mouvements de terrains ou les avalanches, peuvent prévoir des règles de gestion et d'exploitation forestière dans les zones de risques qu'ils déterminent ».

Ces textes ont conduit au concept de « zone verte », zone réglementaire où le rôle protecteur de la forêt est affiché, et où des préconisations (règles de gestion) et des recommandations sont édictées. La méthodologie permettant de caractériser la fonction de protection de la forêt (localisation des forêts sur les zones d'aléa) et de délimiter ces « zones vertes » est au point. Lors de l'élaboration d'un PPR, ces zones sont assorties de règles élémentaires (interdiction de défricher, surface de coupe de taillis à blanc réglementée, etc.). Cependant à l'heure actuelle, peu de Plans de Prévention des Risques Naturels effectuent un zonage réglementaire des forêts à fonction de protection.

Proposition 17 : Évaluer d'ici 2009-2010, les modalités techniques, humaines et financières d'une étude systématique de l'intérêt de la délimitation de « zones vertes » lors de l'élaboration de PPR

NB : Pour appréhender plus finement le caractère protecteur des forêts de protection, l'ONF caractérise des zones d'intervention forestière prioritaires (ZIFP) et y prévoit une gestion sylvicole adaptée mettant en oeuvre le Guide des sylvicultures de montagne .

3.2.3 Le risque d'incendie de forêts

Comme indiqué au § 2.3.5.1 ci-dessus, le risque d'incendie de forêt sera accru dans des zones déjà vulnérables non seulement en raison des nouvelles conditions climatiques (aléa), mais aussi par l'augmentation probable de la population dans les zones vulnérables (enjeu). Il existe ici un véritable enjeu d'aménagement du territoire. D'autre part, la carte de l'illustration 3 (§ 2.2.1) a déjà illustré que, sous un scénario A2, en 2065, 80% du territoire aurait un cumul de bilan hydrique identique à celui de la zone méditerranéenne actuelle. Il faut donc en plus se préparer à une extension de la zone vulnérable aux incendies.

Il faut donc clairement s'attendre à :

- ➔ l'augmentation du risque à incendies dans les zones déjà vulnérables
- ➔ une extension importante de la zone vulnérable.

En France, il existe plusieurs outils à la disposition des décideurs pour gérer le risque d'incendie de forêt:

- Plans de Protection des Forêts Contre l'Incendie (PPFCI) (article L. 321-6 du code forestier, modifié par la Loi d'orientation forestière de 2001).

Ces documents stratégiques sont élaborés au niveau départemental (voire régional) et définissent les actions prioritaires (notamment les territoires à doter en priorité d'un Plan de Prévention des Risques (PPR) pour une période de 7 ans.

Les départements concernés en premier lieu sont ceux des régions du Languedoc-Roussillon, de PACA, de Corse, de Midi-Pyrénées, d'Aquitaine, de Poitou-Charentes plus la Drôme et l'Ardèche. En novembre 2007, 13 (sur 32) de ces départements n'étaient toujours pas dotés d'un PPFCI. La circulaire DGFAR/SDFB/C2007-5064 du 31 octobre 2007 stipule que « Les départements classés en risque élevé ou moyen d'incendie qui, à compter du 1^{er} janvier 2009, ne disposeront pas d'un PPFCI conforme au code forestier, arrêté par le préfet, ne bénéficieront plus des aides relatives aux mesures de protection de la forêt contre l'incendie tant que cette condition de qualité du PPFCI n'aura pas été remplie ». Il est donc important de veiller à leur approbation dans les délais.

- Plans de Préventions des Risques d'Incendies de Forêt (PPRIF) : ce sont des instruments de planification de gestion de l'urbanisme. Ils ont été instaurés par la loi du 2 février 1995 dite « loi de Barnier ». Ils créent une servitude d'utilité publique, opposable aux tiers. Après partage du territoire en plusieurs zones avec différentes contraintes, le caractère inconstructible de terrains, le débroussaillage et le maintien en l'état débroussaillé peuvent être imposés. Le financement de ces PPRIF (environ 2 millions d'euros en 2006) est assuré par le ministère de chargé de l'écologie (MAP, 2007). L'élaboration d'un PPRIF prend de 2 à 3 ans.

- Arrêtés préfectoraux départementaux définissant les modalités d'obligation de débroussaillage et de maintien de l'état débroussaillé.

Les principales difficultés dans la mise en application de la politique en matière de protection et de prévention sont, au niveau des particuliers, le non respect des obligations de débroussaillage, et, au niveau général, le blocage de l'élaboration des PPRIF. En effet, les revues de presse annuelles et le guide méthodologique relatif aux PPRIF soulignent tous que « le débroussaillage obligatoire [...] n'est pas actuellement appliqué de manière satisfaisante » (MEDD et al., 2002). D'autre part, depuis 1995 (Loi n° 95-101 du 2 fév. 1995, art. 16), seulement 55 communes sont dotées d'un PPRIF approuvé, alors que 219 étaient prescrits (MAP, 2007).

Des initiatives locales ont pourtant spontanément vu le jour. L'Isère par exemple, après les incendies de 2003, a décidé de se doter d'une cartographie de l'aléa afin de définir les massifs forestiers vulnérables aux incendies. En conséquence, cinq arrêtés ont été pris le 2 juillet 2007, concernant 37 communes, pour rendre obligatoire le débroussaillage aux alentours des massifs forestiers à risque d'incendie. Cet exemple est d'autant plus intéressant que l'Isère est un département montagneux où les incendies de forêts peuvent augmenter le risque d'érosion. À ce stade, aucun PPRIF n'a été prescrit.

Proposition 18 : Souligner l'importance politique accordée à la protection et prévention des incendies de forêts :

(a) en établissant un plan d'action visant à permettre l'approbation de l'ensemble des PPFCI prévus au 31 décembre 2008 comme prévu ;

(b) en fixant une date limite pour l'élaboration des PPRIF prescrits dans la zone méditerranéenne; il semblerait réaliste de fixer un taux de réalisation de 90% en 2012, et 100% en 2015

Prescrire des PPFCI supplémentaires (par exemple : certains départements des Pays de la Loire, du Centre et de Bretagne) permettrait de commencer à élaborer une stratégie de prévention et de protection (établissement progressif d'équipements dans des zones prioritaires, listes de communes devant être concernées en priorité par un PPRIF, recommandations techniques adaptées, etc.) dans les départements où ce risque devrait s'accroître. Cette étape pourrait être lancée lorsque les réalisations de la proposition 18 seront suffisamment avancées.

3.3 Plan d'action pour les politiques publiques en matière de forêts de production

3.3.1 Cadre général

Matière première renouvelable, le bois tient aujourd'hui une place importante dans notre économie; la filière forêt bois emploie 1,2 % de la population active et produit 1,3 % de la valeur ajoutée nationale. Les nouvelles politiques publiques en cours de mise en place devraient lui donner plus d'importance encore; ainsi, à titre d'exemples :

- le « Grenelle de l'Environnement », tenu en Octobre 2007, a préconisé²² de porter à 15 % en 2015 la part du bois dans la construction, augmentant ainsi l'objectif de 12,5 % fixé pour 2010 par l'accord cadre Bois Construction Environnement de 2001; cette part du bois est actuellement de 10% environ;
- le plan directeur pour la valorisation de la biomasse (C. ROY, Juillet 2006) estime qu'il est possible et nécessaire de récolter en forêt à l'horizon 2010 environ 8 millions de m³²³ de bois supplémentaires, destinés à l'énergie; le même auteur recommande de créer à l'échéance 2030, 6 millions d'hectares de plantations agricoles ou forestières dédiées à la production de biomasse cellulosique (énergie et carburants).

Disposer d'une ressource bois nationale importante et si possible diversifiée (oeuvre, industrie, énergie) doit rester une priorité stratégique pour la France, et ce à la fois à court et à long termes. Or le réchauffement climatique attendu conduira probablement à une réduction tendancielle de la production biologique des forêts françaises qui pourrait se manifester dès le milieu ou au plus tard à la fin du siècle. (cf. 2.3.2).

Jusqu'à la fin de 2009, le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche a prévu de consacrer au « Plan Chablis », visant à reconstituer les forêts après la tempête de 1999, une part prépondérante (25 millions d'euros par an environ) du budget alloué à l'amélioration de la gestion de la forêt, « programme forêt 149 ». À partir de 2010, des ressources pourraient devenir disponibles pour d'autres opérations : des arbitrages devront alors être réalisés entre les différentes actions forestières éligibles au Plan de Développement Rural Hexagonal (PDRH) 2007-2013 (France JO, 2007). Les deux années 2008 et 2009 pourraient donc être mises à profit pour préparer les orientations générales et les mesures pratiques de la nouvelle politique en faveur des forêts de production. Après un cadrage national courant 2008, il conviendrait d'organiser l'élaboration de propositions par grande zone pour aboutir à des projets de zones et régions à la mi 2009.

3.3.2 Les dispositifs d'aides à l'investissement forestier en France

Il existe deux mécanismes d'aides de l'Etat en France pour l'investissement forestier : des aides directes de l'Etat dans le cadre du PDRH²⁴, et des aides indirectes (réductions d'impôts) via le DEFI « travaux » (Dispositif d'Encouragement Fiscal à l'Investissement forestier). En volume, les aides directes sont actuellement prépondérantes. Le tableau 8 ci-dessous récapitule les mesures éligibles à ces aides.

22 Rapport du groupe de travail N°1 ; cf site Internet du MEDAD.

23 Correspondant à 2 millions de tonnes équivalent pétrole, TEP.

24 Les régions peuvent compléter l'apport de l'Etat (desserte) et financer certaines actions (boisement des terres agricoles).

	Mesures	Montant
PDRH (aides directes)	Amélioration de la valeur économique des forêts : ● amélioration des peuplements existants ● travaux de reboisement d'anciens taillis, TSF ou de futaie de qualité médiocre, travaux de conversion de taillis ou de TSF Mesure 122 (dispositifs A et B)	57 millions d'euros pour 7 ans de l'Etat et du FEADER
	Soutien à la desserte forestière	70 millions d'euros de l'Etat et du FEADER
	« Plan Chablis » : nettoyage et reconstitution après la tempête de 1999.	470 millions € pour 7 ans de l'Etat et du FEADER
DEFI Travaux (défiscalisation aides indirectes)	Travaux de plantation, de reconstitution, de renouvellement comprenant des travaux préparatoires (dégagements, travaux phytosanitaires, assainissement, travail du sol...) et des travaux d'entretien (dégagements cloisonnements); Travaux de sauvegarde et d'amélioration des peuplements comprenant des travaux de protection contre les incendies et le gibier, les travaux phytosanitaires, le dépressage, la taille de formation, l'élagage, le brûlage, le balivage et le débroussaillage; Travaux de création et d'amélioration des dessertes (routes, pistes, et sentiers) comprenant les travaux et fournitures annexes (place de dépôt et de retournement); Les frais de maîtrise d'oeuvre directement liée aux travaux précédemment énumérés.	La réduction d'impôts est égale à 25% du montant (TTC) des travaux effectués dans la limite annuelle de 1250 € pour une personne seule, et de 2500 € pour un couple marié ou PACS.

Tableau 8: Dispositifs actuels d'aides publiques à l'investissement en forêt

A titre indicatif, le montant moyen à l'hectare d'un chantier bénéficiaire d'aides directes est de l'ordre de 1550/1700 euros en cas de reboisement, 300/500 euros pour une opération sylvicole. D'autres actions forestières sont soutenues par les volets régionaux du PDRH (RTM, DFCI notamment).

Le contrôle technique d'opérations bénéficiant d'une défiscalisation est quasi impossible²⁵. A l'inverse, les opérations bénéficiant d'aides directes doivent être réalisées dans le respect de cahiers des charges techniques rédigés par les pouvoirs publics, assortis d'obligations quantifiées de résultat. Lorsque le maintien de telles prescriptions techniques semble indispensable, il conviendrait donc de conserver un système d'aides directes.

25 Dans l'optique actuelle de demandes présentées lors de la déclaration de revenus, après la réalisation des opérations.

3.3.3 Propositions

Les propositions ci-dessous visent d'une part à promouvoir sans délai une gestion sylvicole adaptée au risque climatique, et d'autre part à maintenir à long terme le capital national de production ligneuse.

3.3.3.1 Promouvoir des pratiques sylvicoles adaptées

Sur des bases biologiques et économiques, l'adaptation de la conduite des peuplements forestiers à fonction de production face au changement climatique se traduit techniquement par (voir notamment Legay et Mortier, 2006) :

- une réduction de la surface foliaire et donc de la surface terrière afin d'améliorer la résistance des peuplements forestiers au stress hydrique ;
- une diminution des critères d'exploitabilité (âge, diamètre, hauteur) afin de diminuer les risques auxquels sont soumis les peuplements : sécheresses, canicules, insectes et pathogènes, incendie, tempêtes;
- la recherche d'une composition mélangée, dans l'espoir de réduire l'impact des sécheresses et des accidents sanitaires .

Ces préconisations conduisent à généraliser une sylviculture dynamique. Celle-ci permettrait à la fois de bien préparer les peuplements au réchauffement climatique annoncé et de participer à l'accroissement souhaitable à court terme des récoltes de bois. Les modalités de conduite des principaux types préconisés de peuplements mélangés devront être précisées. En région soumise au risque d'incendie, des solutions devront être recherchées pour concilier futaie claire et sous-étage maîtrisé. La préparation de ces guides de sylviculture serait l'objectif finalisé du troisième RMT proposé au § 3.1.2.2.1 ci-dessus. Après établissement de nouveaux guides de sylviculture, les orientations de gestion devront être revues (forêts publiques : DILAM/ORLAM et privées : SRGS).

Proposition 19 : Susciter, à partir de 2008, la rédaction de guides pour une sylviculture dynamique et des peuplements mélangés des principales essences forestières .

Par ailleurs, des évolutions adaptées aux situations locales des aides publiques devront être prévues. On peut souhaiter par exemple un soutien explicite (i) aux interventions au stade juvénile en faveur du mélange des espèces au sein des peuplements issus de régénération naturelle (ii) au détournage en fin de phase de compression en hêtraie, composante indispensable d'une sylviculture dynamique, ou (iii) à l'ensemble des opérations nécessaires à la conversion des taillis-sous-futaie en futaie (qui est favorable à la fois à la production de bois d'oeuvre et à la constitution d'un peuplement moins sensible au stress hydrique).

Proposition 20 : Réviser et si nécessaire compléter d'ici la fin 2009, par zone, les opérations sylvicoles éligibles aux aides de l'Etat pour favoriser une sylviculture dynamique et la constitution de peuplements mélangés.

3.3.3.2 Augmenter la proportion du bois produit qui est effectivement récoltée

Une sylviculture plus active n'est possible que si les bois proposés sont effectivement récoltés. Nous sortons ici du cadre strict de ce rapport, mais les politiques en faveur de la mobilisation des bois (en montagne, en petite propriété privée,...) auront un impact positif à court terme, par effet direct sur les peuplements, sur la préparation aux changements climatiques. À moyen terme, si la production nationale de bois devait se réduire, il ne pourrait être que bénéfique d'être capable d'en valoriser une proportion élevée.

3.3.3.3 Mettre en place une politique de remplacement volontariste des peuplements inadaptés mais en situation favorable pour la production de bois

Certains boisements de production installés hors station présentent déjà des dépérissements suite notamment à la tempête de 1999 et à la canicule de 2003. Ces peuplements produisent moins de bois aujourd'hui, et sont sous la menace d'une rapide dégradation de leur valeur économique. Une politique volontariste de récolte et de remplacement de ces peuplements, dans l'intérêt à la fois du propriétaire (minimiser la perte financière possible) et de la collectivité (valoriser au mieux la matière première) serait tout à fait justifiée. Par ailleurs, il est important d'un point de vue général de remplacer sans tarder par des peuplements d'essences mieux adaptées un maximum de peuplements forestiers d'essences inadaptées au climat annoncé.

Néanmoins la vulnérabilité des peuplements ne s'exprime pas toujours à travers des signes visibles. Il est donc essentiel de mettre au point des outils de diagnostic permettant au gestionnaire/propriétaire d'évaluer le niveau de vulnérabilité de ses peuplements forestiers, et ceci constitue l'un des axes prioritaires de la politique de développement proposée au § 3.1.2 du présent rapport. Le renouvellement de peuplements pourrait alors être envisagé sur la base de leur vulnérabilité détectée mais non encore exprimée.

Ce renouvellement anticipé de peuplements particulièrement vulnérables pourrait être favorisé par une bonification des aides (directes) au reboisement d'essences/provenance adaptées lorsqu'elles sont disponibles.

Proposition 21 : Inciter, à partir de 2010, à l'anticipation du remplacement de peuplements en zone de production mais vulnérables par une bonification du taux d'aide accordé au reboisement

3.3.3.4 Mettre en oeuvre une politique de reboisement adaptée au changement climatique

Comme mentionné en introduction, le changement climatique devrait entraîner à terme une réduction de production de bois au niveau national en raison du cumul probable de deux phénomènes :

- la substitution aux essences actuelles d'essences plus « méridionales » dont la production moyenne de bois est plus faible ;
- la diminution de production de bois, dans une grande partie du pays, de la majorité des essences due à une augmentation du déficit hydrique pendant la saison de végétation (effet direct, et indirect sous l'action des parasites).

Par ailleurs, à partir de la décennie 2020-2030, les boisements installés avec l'aide du FFN pendant la seconde moitié du XX^e siècle (2,3 millions ha au total , taux de réussite de l'ordre de 60%) commenceront à arriver à maturité, à raison de 30 à 40 000 ha/an. La reconstitution, au moins pour partie, de leur potentiel de production de bois semble hautement souhaitable. Il est donc proposé que les pouvoirs publics affirment l'objectif global d'une production de bois nationale aussi proche que possible des potentialités, et encouragent l'installation ou le renouvellement de peuplements forestiers chaque fois que les stations resteront favorables à terme à une production minimale²⁶.

Rappelons ici que la palette d'espèces connues comme capables de fournir une production de bois significative sous climat relativement sec est déjà assez large, même si les recommandations en matière de choix local de provenances restent souvent à préciser : chêne sessile, robinier, pins laricio, sapins méditerranéens (Grèce et Turquie), chataignier et cèdre de l'Atlas (sous réserves), et pourrait être étendue à assez brève échéance (5 à 10 ans) : Chêne pubescent, Erable plane (en mélange), Douglas (variétés adaptées)²⁷ ; à plus long terme, d'autres essences pourraient être utilisables (cf § 3. 1 1 2 ci – dessus).

Cette politique volontariste de boisement/reboisement devra être très exigeante sur le succès, immédiat comme à moyen terme, des plantations. Un choix rigoureux des sites, du matériel végétal et des techniques s'imposera. Schématiquement, on pourrait envisager un système d'aides publiques directes concernant moins d'hectares mais à un niveau à l'hectare plus élevé. Les actions suivantes sont proposées :

- imposer parmi les conditions d'éligibilité aux aides publiques l'emploi d'un outil de diagnostic stationnel (dont la mise au point est une priorité des propositions relatives au développement), permettant de connaître de manière précise les contraintes actuelles et futures du site, et utilisé pour asseoir les choix techniques;
- faire réviser périodiquement dans chaque région, dans le cadre d'une démarche par zone, à la lumière des connaissances sur l'autécologie des essences, le choix des essences et des matériels forestiers de reproduction adaptés aux stations et au climat futur; il est probable que dans un premier temps, pour plusieurs régions au moins, la palette des matériels de reproduction recommandés soit restreinte par rapport à ce qu'elle est aujourd'hui;
- favoriser la diversité des essences dans le reboisements au-dessus d'un seuil minimal de surface (10ha par ex), en acceptant la présence de deux essences objectif en mélange intime (pied à pied ou bouquets) et en imposant une surface minimale de diversification, dans le cadre du plafond existant;
- en revanche, dans le cadre des engagements du bénéficiaire, ne demander le remboursement de l'aide perçue qu'en-dessous d'un seuil à définir d'aléa climatique (sécheresse estivale en particulier) .

Proposition 22 : Mettre en place, à partir de 2010, une politique redéfinie d'aides au boisement/reboisement visant à créer des peuplements producteurs de bois en site restant favorable à terme, en recherchant le taux le plus élevé possible de réussite

26 Soulignons qu'il se commercialise actuellement en France, hors pin maritime, seulement 37 millions de plants forestiers par an; ce chiffre correspond grossièrement à 25 000 ha de plantations, dont environ la moitié de reconstitutions post tempête de 1999 .

27 Rappelons que toute politique de promotion d'une essence forestière auprès de reboiseurs potentiels doit comporter la mise à disposition par les pépiniéristes de matériels forestiers de reproduction en quantités et qualités adéquates.

3.3.3.5 Encourager les boisements-reboisements novateurs

Il s'agit de consacrer une partie significative (10% au moins) des moyens publics dévolus au reboisement à des plantations « à risques » mais susceptibles, si elles réussissent, d'aider à bien préparer l'avenir:

- soit avec des essences encore mal connues (Platane, ...).
- soit avec des matériels de reproduction plus thermophiles d'essences connues et comportant de ce fait un risque de destruction par le gel (Eucalyptus, Pin maritime, Chêne sessile, ...)
- soit à l'aide de techniques nouvelles (préparation du sol, élevage des plants, abri...).

L'objectif est notamment de constituer des références en vraie grandeur, en supplément de celles qu'installeront les organismes de développement. Les aides (directes) à ces boisements innovants pourraient être attribuées au cas par cas dans le cadre d'orientations générales définies par zone, et assorties de l'obligation de déposer, aux fins de suivi, un mini dossier auprès d'un organisme de développement. En cas d'échec, aucun remboursement de l'aide perçue ne serait demandé, et aucune aide ne serait attribuée pour un nouvel essai identique sur le même site.

Proposition 23 : Consacrer au moins 10% des moyens publics à l'installation de reboisements pilotes créés et suivis dans un cadre collectif à partir de 2010

3.4 Plan d'action « Biodiversité »

Rappel : la stratégie Nationale pour la Biodiversité adoptée en février 2004 est déclinée par un « Plan d'action forêt » qui a été présenté au Conseil des Ministres en Septembre 2006.

Le changement climatique pourrait avoir sur la biodiversité les effets suivants²⁸ :

- modifications des relations entre espèces (notamment chaînes alimentaires) ;
- modification de la reproduction des espèces;
- déplacement des « aires climatiques » des espèces;
- mortalités causées par les événements extrêmes;
- modification de la composition et de la structure des habitats, y compris par l'arrivée d'espèces invasives et de pathogènes;
- augmentation du risque d'extinction notamment pour les petites populations;
- changements dans l'utilisation des sols du fait de l'adaptation de l'agriculture et de la foresterie.

En comparaison de l'ampleur du sujet, l'impact possible du changement climatique sur les espèces, *a fortiori* les communautés et les écosystèmes, n'a encore fait l'objet que de peu de synthèses scientifiques en France. A l'étranger, « Monarch²⁹ », l'une des études les plus approfondies publiées à ce jour, couvrant le Royaume Uni et l'Irlande, présente des résultats préliminaires et souligne l'étendue des lacunes dans nos connaissances.

28 cf. Groupe de travail européen sur le changement climatique, Impacts et adaptation; rapport sectoriel « biodiversité »

29 Modelling Natural resource Responses to Climate Change; financé par UK Climate Impacts Programme; Mai 2007

Il est donc important de soutenir la recherche dans ces domaines. Deux thématiques prioritaires sont mentionnées au chapitre « recherche et développement » du présent rapport :

- d'une part les facteurs et modalités de l'adaptation, de l'évolution et de la migration des espèces et des communautés; ceci correspond en l'élargissant au § 121 du « plan d'action forêt » signalons que le LERFoB conduira début 2008, grâce à un financement du MEDAD, un programme de recherche à but méthodologique sur l'impact possible du changement climatique sur les espèces végétales et les habitats « Natura 2000 »;
- d'autre part le renforcement des actions de gestion, valorisation et conservation du patrimoine génétique des arbres forestiers, à travers la constitution d'un RMT; ceci correspond en l'élargissant au § 122 du « plan d'action forêt ».

3.4.1 Biodiversité remarquable : le Réseau dit « Natura 2000 » , partie forestière³⁰

Une méthode de modélisation de l'évolution des communautés végétales soumises au changement climatique sera probablement disponible mi 2008. Il conviendra alors d'appliquer cette méthode à l'ensemble des sites du réseau « Natura 2000 » forestier français. L'évolution probable *in situ* de l'habitat de chaque site pourra ainsi être prédite (schématiquement, maintien, disparition, modification). Ce diagnostic devrait pouvoir être achevé pour fin 2009. Une vision globale de l'avenir du réseau pourra alors être dégagée et servir de base à une réflexion générale :

- devenir des sites d'intérêt communautaire sur notre territoire,
- réflexion sur la gestion à appliquer aux sites soumis à modifications (soit maintien par voie de génie écologique des conditions de milieu actuelles pour maintenir l'habitat « à l'identique » , dans la limite des possibilités financières, donc sur un nombre limité de sites, soit accompagnement de la modification de la composition spécifique de l'habitat) ;
- besoins de prise en compte de nouveaux habitats prioritaires.

Proposition 24 : Préparer l'adaptation du réseau « Natura 2000 » en France au changement climatique :

(a) réaliser un diagnostic général prospectif du réseau « Natura 2000 » en France d'ici la fin 2009 ;

(b) élaborer des propositions pour l'évolution de la partie française de « Natura 2000 » , en vue de leur présentation au niveau communautaire.

Le chapitre international du présent rapport contient aussi une proposition concernant « Natura 2000 » au niveau communautaire.

³⁰ Habitats situés en forêt et habitats voisins ou associés.

3.4.2 Biodiversité ordinaire

3.4.2.1 Réserves biologiques intégrales

Il est proposé de revoir le programme complet des réserves biologiques intégrales forestières³¹ dans le contexte du changement climatique. En effet, le réseau de réserves intégrales en cours de création n'a pas exactement été conçu en intégrant les modifications annoncées du climat. Il s'agirait de faire jouer à ces réserves intégrales le rôle d'observatoire de l'impact du changement climatique en forêt hors gestion, dans les principaux domaines bioclimatiques du territoire. L'élaboration d'un programme répondant à ce nouvel objectif pourrait être achevée fin 2010 au plus tard. Le programme d'installation de réserves intégrales complémentaires pourrait alors être mis en place au cours des cinq années suivantes, dans le cadre du prochain contrat Etat/ONF (2012-2016).

Proposition 25 : Proposer pour mi 2010 un complément au programme de réserves biologiques intégrales permettant de suivre l'impact du changement climatique en forêt hors gestion sur tout le territoire.

3.4.2.2 Tester les modalités d'installation et de fonctionnement de la « trame verte »

Il semble important d'offrir aux migrations prévues des espèces notamment végétales un terrain aussi favorable que possible. Pour être fonctionnelle, la « trame verte nationale » proposée notamment lors du « Grenelle » de l'Environnement³², devra comporter des points forts (noeuds), des corridors ou espaces franchissables, et des écosystèmes capables « d'accueillir » les espèces migrantes. Cette future « trame verte » pourrait aussi inclure des peuplements conduits au-delà de l'âge d'exploitabilité économique, pour maintenir des espèces et des processus biologiques pouvant être menacés si la dynamisation de la sylviculture était généralisée (cf § 3.3.3.1 ci-dessus).

La mise en place de cette trame va nécessiter à l'évidence des recherches à l'amont mais aussi beaucoup de recherche-action (recherche adaptative) sur le terrain. Des instruments financiers et d'animation vont devoir être mobilisés dans la durée. Plusieurs collectivités locales, notamment les Parcs Naturels Régionaux, se sont déjà portées candidates pour de telles initiatives. Réserves Naturelles de France pourrait aussi jouer un rôle important. Le CNPN³³ pourrait être chargé d'identifier les zones où de tels travaux pourraient être conduits en priorité, et d'en assurer le suivi.

Proposition 26 : Choisir au plus tard fin 2010 un groupe de situations pour tester en vraie grandeur la mise en place de la trame verte forestière (aux fins de connectivité générale et de vieillissement localisé).

31 Installées en forêts domaniales

32 Rapport du groupe de travail N° 2; site internet du MEDAD.

33 Conseil National de la Protection de la Nature

3.5 Plan d'action « Gouvernance publique»

Ce chapitre comporte six propositions concernant les services du MAP et du MEDAD .

3.5.1 Coordonner au niveau inter-ministériel MEDAD MAP les actions de préparation des forêts au changement climatique

La préparation des forêts au changement climatique nécessite une gamme d'actions dans de nombreux domaines de compétence du MAP et du MEDAD. Les actions relatives au changement climatique devront être détaillées et explicitées au sein du plan d'action forêt de la stratégie nationale pour la biodiversité, bien coordonnées entre elles, et articulées avec les autres politiques du MAP et du MEDAD (Énergie, Lutte contre l'effet de serre, biodiversité). La fonction de coordination entre les deux ministères pourrait être confiée conjointement à deux personnes placées à un haut niveau hiérarchique à la DG FAR³⁴ du MAP et à la DNP du MEDAD respectivement. Ce « binôme » assurerait le pilotage et la coordination nationale du plan d'action gouvernemental sur le changement climatique et les forêts, recherche comprise (cf § 3.1.1.3.2 ci – dessus). Il rendrait compte une fois par an de l'avancement des plans d'action, au Conseil Supérieur de la Forêt des Produits Forestiers et de la Transformation du bois où MAP et MEDAD siègent.

Proposition 27 : Confier, dès 2008, à un « binôme » MAP/MEDAD la mission de coordination des actions de préparation des forêts au changement climatique.

3.5.2 Communiquer en direction des professionnels et du grand public

L'ensemble des professionnels de la filière forêt bois sont intéressés au plan d'action national relatif au changement climatique. La plupart des acteurs demandent légitimement des informations, à la fois sur l'évolution des phénomènes et sur les mesures prises par les services publics. Les Technologies de l'Information et de la Communication permettent d'assurer à un faible coût une large diffusion d'informations tenues à jour. Il est possible soit (de préférence) d'utiliser un site existant (du MAP ou du MEDAD), soit de créer un site nouveau qui serait dédié au changement climatique en forêt. Le site « professionnels » devrait comprendre un espace « grand public ».

Proposition 28 : Créer, d'ici la fin 2008, un site web présentant le plan d'action des pouvoirs publics sur le changement climatique et la forêt et son avancement.

3.5.3 Harmoniser les politiques forestières au niveau supra - régional adéquat

En introduction de ce rapport (chapitre 2.), le territoire national a été divisé en six zones relativement homogènes quant au changement climatique. Il conviendrait de faire en sorte que les principales orientations de politique forestière soient identiques pour les différentes régions administratives de chaque zone. Le fonctionnement des services de l'Etat (DRAF et DIREN notamment) devra tenir compte de cette exigence de cohérence. Des modalités de travail inter régional devront pour cela être mises au point, afin d'aboutir à des dispositions harmonisées, par

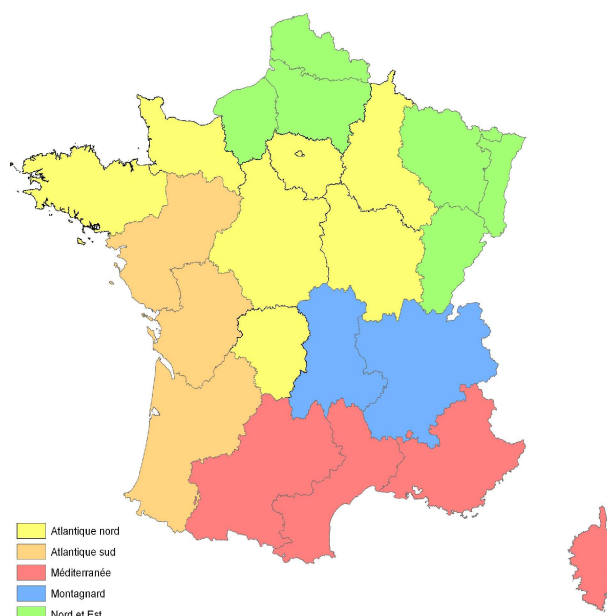
34 Dans le cadre de la nouvelle Direction générale mise en place début 2008

exemple pour les Orientations régionales forestières, les DRA/SRA , les SRGS, les arrêtés de MM les préfets de région.

Proposition 29 : Harmoniser avant la fin 2009 à un niveau supra-régional les différentes mesures relatives à la préparation des forêts au changement climatique.

Il faudra cependant veiller à certaines réalités locales particulières qui ne sont pas représentées dans le découpage proposé en introduction. Par exemple, la chaîne des Pyrénées est présente sur trois régions dont la dominante n'est pas « montagnarde » .

In fine, les décisions prises concernant les modalités techniques de mise en oeuvre de la politique publique d'aides à l'investissement forestier devraient émaner d'une concertation entre acteurs forestiers locaux avec une validation de scientifiques.



3.5.4 Les référentiels de gestion durable

Le changement climatique va apporter des modifications à la gestion des forêts, à la fois directes (impact du climat, des parasites, ...) et indirectes (évolution des modes de gestion). Dans de nombreux cas, le point d'équilibre de la gestion durable (fonctions de production, écologiques et sociales) va être modifié. La gestion durable devra aussi assurer l'adaptation des peuplements forestiers aux changements du climat. Il sera essentiel de pouvoir disposer de référentiels de gestion durable adaptés (le cas échéant adaptables). Les systèmes de certification sont responsables au premier niveau de cette évolution de leurs référentiels, et l'Etat devrait les y encourager ; pour cela, l'échéance de la fin 2009 semble raisonnable ³⁵. Mais, à cette occasion se pose aussi la question plus générale de la reconnaissance de ces référentiels entre eux, et par les pouvoirs publics³⁶.

35 Les premiers schémas régionaux de PEFC ont été renouvelés pour 2007-2011

36 Une première approche de ce sujet a été faite en 2007 par le CGAAER

Proposition 30 : (a) Demander pour la fin 2009 au plus tard aux systèmes de certification existant en France une réflexion de fond sur la prise en compte du changement climatique dans leurs référentiels;

(b) Dans un deuxième temps, examiner les modalités de reconnaissance par les pouvoirs publics des référentiels « revus » de gestion durable forestière.

3.5.5 Gouvernance de préparation aux crises

Des « crises », canicules, incendies de grande ampleur, invasions de ravageurs, sont probables. Il convient que les personnels qui devront y faire face, au niveau national et au niveau régional, soient autant que possible préparés (décideurs, acteurs). En la matière, il existe une offre de formation à caractère général, qui pourrait être adaptée au cas particulier. Il y aurait avantage à ce que ces formations soient dispensées ensemble aux personnels de services de l'Etat et à ceux des divers organismes présents sur le terrain, forestiers (ONF et forêt privée notamment) ou autres (SDIS, Sécurité civile ...) .

Proposition 31 : Mettre en place à l'intention des personnels forestiers nationaux et régionaux des différents organismes forestiers une offre pérenne de formation à la gestion de crise ; niveau décideurs, niveau acteurs.

Au moment des crises, l'existence et le niveau d'entretien des infrastructures de desserte jouent un rôle essentiel : réseau routier, pistes d'accès, places de dépôt ,... La politique de développement et d'entretien des infrastructures forestières est donc une composante essentielle de la politique d'adaptation des forêts au changement climatique. La mise en place et l'actualisation des schémas départementaux de desserte forestière est en particulier de première importance. Ces schémas sont par ailleurs essentiels dans l'optique de la préservation de la biodiversité et de l'exploitation rationnelle des forêts « hors accident ». Il s'agit typiquement d'une politique « sans regret ». Dans chaque région, il serait de plus utile de maintenir en quelques sites les savoir faire de conservation des bois (écorcés, sous eau ...) acquis notamment lors des tempêtes récentes (1999 entre autres).

Proposition 32 : Pour permettre de valoriser d'éventuelles récoltes exceptionnelles, soutenir financièrement les opérations régionales permettant de :

- généraliser et actualiser les réseaux de desserte forestière;**
- maintenir les savoir faire de stockage et conservation des bois.**

3.6 Note sur les forêts et l'atténuation du réchauffement climatique

Les mesures dites « d'atténuation » visent à diminuer la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, soit par réduction des émissions soit par absorption et fixation de ces gaz. Les forêts jouent un rôle très important pour le cycle du carbone. Dans le cadre de l'actuel « Protocole de Kyoto », les forêts de France métropolitaine sont peu concernées par les mécanismes en faveur de l'atténuation. Dans le cadre des négociations qui ont commencé pour « l'après Kyoto » (2012), deux questions principales se posent :

- les forêts seront-elles impliquées dans de nouvelles politiques d'atténuation du changement climatique (réduction des émissions de CO₂) ?
- Les mesures destinées à faire jouer aux forêts un rôle dans l'atténuation seront-elles compatibles avec une politique d'adaptation ?

3.6.1 Quelques points de repère relatifs à la fixation de carbone en forêt et dans le bois

En 2004, les forêts françaises métropolitaines contenaient en moyenne 149 Tonnes de Carbone / ha, dont 78 dans le sol (MAP, 2006 a). Une grande partie du carbone du sol est très stable, mais une partie peut être libérée sous l'effet d'une mise en lumière ou du travail du sol. Dans nos forêts gérées, en général, les variations les plus importantes et les plus rapides du stock de carbone se produisent dans les peuplements d'arbres.

Le CITEPA³⁷ estime à 141 millions de tonnes les émissions brutes totales de Carbone de la France en 2005. Ce même organisme évalue le bilan net de fixation de carbone des forêts françaises pour l'année 2002 à 13 millions de tonnes équivalent carbone (une estimation plus élevée mais du même ordre de grandeur peut être tirée des données de l'IFN).

La fonction actuelle de « puits de carbone » des forêts françaises provient essentiellement du fait que la récolte de bois, comptabilisée comme émission, est nettement inférieure à la production. Ceci résulte en partie du fait que la forêt française est majoritairement peuplée d'arbres jeunes : en 2005 d'après l'IFN (IFN, 2007 a), les arbres de diamètre petit et moyen (inférieur à 47,5 cm) représentaient 77% du volume sur pied³⁸. De plus, la surface forestière française croît régulièrement depuis plusieurs décennies ; entre 1997 et 2003, cet accroissement a été en moyenne de 40 000 ha par an (MAP, 2006 a)³⁹. Même si la déprise agricole se ralentit actuellement (la réduction des jachères en est un signe) l'extension de la surface boisée devrait se poursuivre. Cette extension forestière n'est cependant pas complètement valorisée du point de vue de la fixation du carbone, car les nouveaux peuplements forestiers issus pour la plupart d'accrûs spontanés sont caractérisés par une longue période de couvert non continu et de production faible.

Il est possible d'augmenter sensiblement le volume de bois à l'hectare et donc la quantité de carbone immobilisée en forêt en allongeant la révolution du peuplement forestier (jusqu'à plusieurs décennies supplémentaires) et en réduisant l'intensité des éclaircies. Néanmoins, à moyen terme, cette accumulation conduit à une réduction du flux d'absorption sous l'effet du vieillissement des arbres ; de surcroît, le stock ainsi accumulé court le risque de retourner brutalement dans l'atmosphère (incendie, tempête), et ce risque augmente avec l'âge (cf Dupouey et al, 2000). Les forêts peuvent donc jouer un rôle d'atténuation grâce au flux d'absorption de carbone, mais il est

37 Centre Interprofessionnel d'Etudes de la Pollution Atmosphérique.

38 Et une proportion semblable de la production.

39 Á l'échelle de la planète, au contraire, l'évitement de la déforestation apparaît comme un axe important des mesures d'atténuation.

risqué de les utiliser comme lieu de stockage prolongé de ce carbone au-delà du terme sylvicole normal. A très court terme, toutes conditions égales par ailleurs, une augmentation de la récolte de bois de 2 millions de m³ par an dégraderait le bilan net de fixation de carbone des forêts françaises tel que calculé par le CITEPA de 1 million de tonnes de Carbone environ, soit 7% seulement. Soulignons enfin que le fait de régénérer un peuplement âgé améliore le bilan net à l'échéance de deux ou trois décennies.

La durée moyenne de vie des produits à base de bois est faible : sa valeur maximale, pour le bois utilisé dans la construction, est inférieure à 10 ans. L'augmentation de cette durée moyenne pourrait passer par deux séries d'actions principales: la réduction des pertes de matière lors des processus de transformation du bois et l'augmentation de l'emploi du bois dans les secteurs à longue durée de vie (charpente, ameublement ...). Ces pistes ne pourront procurer de résultats significatifs qu'à long terme.

La substitution de combustibles fossiles par du bois présente un avantage clair, facile à mesurer, déjà pris en compte dans «le protocole de Kyoto». Rappelons qu'ici une tonne de Carbone du bois remplace directement 1 tonne de Carbone de combustible fossile et est donc comptabilisée immédiatement et à 100%.

3.6.2 La forêt face au changement climatique : perspectives, politique d'atténuation, politique d'adaptation

Ce sujet fait actuellement l'objet de travaux approfondis dans le cadre du contrat en cours INRA / MAP « Projections d'émissions / absorptions de gaz à effet de serre dans le secteur agriculture-forêt, horizons 2010-20 ».

A long terme, à partir du milieu du siècle à titre indicatif, notamment dans le cadre de scénarios « pessimistes » (A2), sous un climat sensiblement plus sec, la production globale de bois de la forêt française, et donc son absorption de carbone, pourrait se réduire. Si de plus les incendies étaient plus fréquents, et si une partie du carbone du sol des peuplements incendiés était libérée, la « balance Carbone » pourrait se dégrader, ou même s'inverser. Néanmoins, cette « balance Carbone » de la forêt française métropolitaine est actuellement positive et devrait le rester au moins pendant quelques décennies. Du point de vue de l'intérêt général, il semble donc recommandé, à court terme :

- de promouvoir une vigoureuse politique de prévention des incendies de forêt (cf § 3.2.3 de ce rapport) et une gestion sylvicole qui ne cause pas de libération massive du carbone du sol;
- de poursuivre une politique de boisement/reboisement (cf § 3.3.4 ci-dessus) et de faire rapidement évoluer vers des peuplements forestiers complets les accrûs spontanés;
- de préférer une forêt en croissance active à une forêt « stock de Carbone », donc de stimuler sylviculture et récoltes, même si le bilan net de Carbone tel que comptabilisé par le CITEPA doit se dégrader légèrement ;
- de favoriser les emplois à longue durée du bois et des produits ligneux, notamment dans l'habitat;
- de développer l'emploi du bois comme source d'énergie.

Au total, la contribution majeure de la forêt aux mesures nationales d'atténuation du changement climatique par réduction des émissions de gaz à effet de serre semble devoir être une production et une récolte accrues de bois énergie, substitué aux sources d'énergie fossiles⁴⁰. Rappelons que la France s'est engagée à augmenter de 50% d'ici à 2010 sa production de chaleur d'origine

⁴⁰ Objectif prioritaire affirmé lors de la Conférence Ministérielle pour la Protection des Forêts Européennes à Varsovie, Pologne, Novembre 2007.

renouvelable, ce qui nécessitera la mobilisation de l'équivalent de 5 à 6 millions de TEP⁴¹ (MEDD, 2006) . Une contribution du bois à un tiers de cet objectif correspondrait à la récolte de 8 millions de m³ de bois supplémentaires par an. La récente étude du CEMAGREF conclut que la ressource disponible serait de l'ordre de 13 à 21 millions de m³ par an (Ginisty et al, 2007). Néanmoins, un effort considérable sera nécessaire pour parvenir à ce niveau de récolte dans les délais indiqués.

Dans l'immédiat, l'essentiel de la récolte supplémentaire devra provenir de boisements existants. L'atteinte de l'objectif suppose d'obtenir la mise en marché des volumes de bois en question, puis de rationaliser à la fois la récolte (mécanisation) et la logistique. Il faut rappeler que des récoltes supérieures dans la durée à l'accroissement biologique, des prélèvements conduisant à une diminution de la fertilité minérale du sol (sur substrats acides notamment), ou une mécanisation conduisant à un fort tassement du sol correspondraient à une gestion non durable des forêts. Il est donc essentiel de prendre les dispositions qui permettront, par exemple dans le cadre des dispositifs de certification, d'assurer cette mobilisation supplémentaire de bois dans un cadre de gestion durable. Ceci posé, la possibilité d'écouler dans de bonnes conditions économiques houppiers et petits bois ne devrait qu'être favorable à l'objectif général de dynamiser la sylviculture proposé au § 3.3 ci-dessus.

En ce qui concerne la création de peuplements dédiés à la production de bois énergie (Taillis à courte rotation), il faudra d'abord mobiliser le foncier nécessaire (6 millions ha agricoles ou forestiers à l'horizon 2030 / 2050 selon C. ROY, en prenant en compte les besoins créés par les « carburants de seconde génération »). Plusieurs défis techniques (installation, atteinte du niveau élevé de production de biomasse visé, résilience par rapport aux aléas climatiques) et économiques (vérifier que ces cultures assez intensives seront rentables dans la durée) devront ensuite être surmontés.

41 Tonnes Equivalent Pétrole ; il faut environ 4 m³ de bois frais pour faire l'équivalent énergétique d'une TEP.

4 Le changement climatique en forêt abordé du point de vue de l'Union Européenne

4.1 Situation actuelle des pays de l'Union Européenne en matière d'adaptation au changement climatique

Le tableau 9 résume pour chaque pays de l'Union Européenne l'existence (ou non) d'un cadre national officiel d'adaptation au changement climatique, l'organisme qui l'a élaboré et la présence ou non d'un volet forestier. On peut d'emblée noter que seuls un peu plus d'un tiers des pays de l'UE ont un cadre national d'adaptation officiel (stratégie, plan d'action ou programme) (8 sur 27 dont trois en préparation), les efforts ayant été concentrés principalement sur l'atténuation jusqu'à présent. On observe plusieurs types de stratégies d'adaptation nationales. Par exemple, la République Tchèque intègre dans son plan de lutte contre le réchauffement climatique une stratégie d'adaptation. La plupart du temps, c'est un document indépendant de la stratégie d'atténuation (Danemark, Espagne, Finlande, France, etc.). Ces stratégies sont « globales » et proposent des actions ou recommandations pour plusieurs secteurs ainsi que des recommandations transversales sur des thématiques comme l'information et la recherche. L'Australie, elle, s'est déjà dotée d'un plan d'actions national spécifique à l'agriculture.

	Présence / absence de Stratégie d'adaptation au Changement Climatique	Responsable de la rédaction	Volet forestier
Union Européenne			
Allemagne	Absence	-	-
Autriche	Absence	-	-
Belgique	Absence	-	-
Bulgarie	Absence	-	-
Chypre	Absence		-
Danemark	Danish Government's Strategy for Climate Adaptation	Danish Environmental Protection Agency	?
Espagne	Plan nacional de adaptacion al cambio climatico	OECC	oui
Estonie	Absence	-	-
Finlande	Stratégie Nationale d'adaptation au Changement Climatique de la Finlande	Ministère de l'Agriculture	oui
France	Stratégie Nationale d'adaptation au changement climatique	ONERC	oui
Grèce	Absence	-	-
Hongrie	Absence		
Irlande	En préparation	-	
Italie	Absence	-	-
Lettonie	Absence	-	-
Lituanie	Absence	-	-
Luxembourg	Absence	-	-
Malte	Absence	-	-
Pays-Bas	Absence	-	-
Pologne	Absence	-	-
Portugal	Absence	-	
République Tchèque	National Program to Abate the Climate Change Impacts in the Czech Republic	Ministère de l'Environnement	oui
Roumanie	Absence	-	-
Royaume Uni	En préparation	-	-
Slovaquie	Absence	-	-
Slovénie	Absence	-	-
Suède	En préparation	-	-

Hors UE			
Australie	National Agriculture and Climate Change Action Plan	Department of Agriculture, Fisheries and Forestry	non
Canada	National Climate Change Adaptation Framework 2005	Intergovernmental Climate Change Impacts and Adaptation Working Group	non
Etats Unis d'Amérique	Pas de cadre national officiel	-	-
Norvège	Pas de cadre national officiel	-	-
Islande	Pas de cadre national officiel	-	-
Russie	Pas de cadre national officiel	-	-
Israël	Pas de cadre national officiel	-	-

Tableau 9: Existence dans les pays de l'Union Européenne et autres d'un cadre national officiel d'adaptation au changement climatique

L'importance accordée au secteur forestier dans ces stratégies d'adaptation varie considérablement selon les pays. Certains pays émettent une recommandation générale (France) d'autres proposent un véritable planning détaillé (Finlande) (Marttila et al., 2005). Les propositions faites sont aussi de nature très différente qui sont certainement fonction de trois aspects :

- la situation forestière nationale ;
- les prévisions en terme d'évolution climatique et les impacts attendus ;
- le niveau de connaissances des solutions d'adaptation.

Par exemple, en République Tchèque ou en Belgique où le secteur forestier est fortement marqué par de grandes étendues de résineux vulnérables au changement climatique, il n'est pas surprenant de voir que l'orientation stratégique d'adaptation soit concrète : remplacement de ces résineux. Tandis que dans des pays comme l'Espagne où les solutions d'adaptation du secteur forestier sont moins évidentes, la stratégie en est encore à un stade exploratoire. Il en est de même pour la France dont la recommandation générale nationale illustre la difficulté de trouver des solutions pour un territoire qui ne sera pas concerné de manière uniforme (régionalisation des impacts et donc des solutions possibles).

Bien que, dans certains pays, aucun cadre national n'existe, une réflexion interne est souvent déjà engagée et des mesures d'adaptation sont lancées dans certains secteurs et en particulier dans le secteur forestier (ex :Allemagne, Belgique). Le tableau 10 synthétise le contenu des stratégies et des mesures d'adaptation au changement climatique concernant le secteur forestier.

Stratégies/ mesures	Choix d'essences	Mélanges	Maintien de la diversité génétique	Prévention des feux de forêts	Suivi, recherche, information	Contrôle des pathogènes	Nouvelles recommandations sylvicoles	Prise en compte dans politique ou législation forestière
UE								
Allemagne	x	x	x	x				
Autriche					x		x	
Belgique	x	x					x	
Danemark		x						
Espagne	x			x	x		x	
Finlande			x		x	x	x	x
France	x	x					x	
R. Tchèque		x	x			x		
Royaume Uni	x	x						x
Suède	x							

Tableau 10: Contenu principal des stratégies ou mesures d'adaptation dans les pays européens dans le secteur forestier.

On observe que les stratégies les plus souvent promues ou adoptées sont le mélange, le choix d'essences adaptées ou résistantes, un système de suivi des écosystèmes forestiers et enfin le maintien de la diversité génétique.

La majorité des mesures ou stratégies qui sont proposées sont proactives. Le seul pays à expliciter des mesures réactives est la Finlande en proposant une « exploitation rapide des peuplements sinistrés par les tempêtes afin de prévenir d'importants dommages ».

De son côté, le Royaume Uni a récemment élaboré une nouvelle stratégie pour la biodiversité spécifiquement axée sur l'adaptation au changement climatique qui lance l'idée novatrice d'une « nouvelle perception partagée de la biodiversité dans les décennies à venir ». Cette proposition s'appuie sur le fait que tous les habitats ou espèces ne réagiront pas de la même manière au changement climatique (Mitchell et al., 2007).

En Allemagne, une étude a permis de caractériser le secteur forestier comme « modérément vulnérable » au changement climatique, excepté dans certaines régions. Un approfondissement a été réalisé dans les 13 *Länder* afin d'identifier les mesures d'adaptation existantes et à mettre en oeuvre. La méthodologie utilisée est intéressante et pourrait être réutilisée afin d'inventorier et de caractériser les initiatives au niveau européen (Zebisch et al., 2005).

Que ce soit dans les stratégies nationales officielles ou dans les actions concrètes mises en oeuvre, les mesures d'adaptation au changement climatique dans l'Union Européenne et en particulier dans le secteur forestier apparaissent encore très hétérogènes. La mutualisation des savoirs, des savoir-faire et des expériences apparaît quasi absente. Or des échanges semblent possibles sur de nombreux sujets tels que la conservation des ressources génétiques forestières, l'observation et le suivi des écosystèmes forestiers ou les nouvelles recommandations sylvicoles pour faire face à plus de tempêtes, plus de sécheresse, ou la prévention des incendies.

4.2 Pour une action de l'Union Européenne en faveur de l'adaptation des forêts au changement climatique

La Commission des Communautés Européennes a présenté le 29 juin 2007 au Conseil, au Parlement européen, au Comité économique et social européen et au Comité des régions son « livre vert sur les possibilités d'action de l'Union Européenne en matière d'adaptation au changement climatique en Europe » (Commission des Communautés européennes, 2007).

Les propositions d'action de l'Union Européenne sont faites selon quatre piliers :

- une action immédiate dans l'UE (intégrer l'adaptation au changement climatique lors de la mise en oeuvre de la législation et des politiques actuelles et à venir, ainsi que dans les programmes de financement communautaires existants, et enfin élaborer de nouvelles réponses stratégiques);
- intégrer l'adaptation au changement climatique dans l'action extérieure de l'UE;
- réduire l'incertitude en élargissant le socle de connaissances grâce à la recherche intégrée sur le climat;
- faire participer la société, les entreprises et le secteur public européens à l'élaboration de stratégies d'adaptation coordonnées et globales.

Certaines considérations pour l'adaptation du secteur forestier sont énoncées concernant les programmes de surveillance des forêts et des sols.

Le présent rapport se propose de mettre en avant certaines problématique prioritaires d'action communautaire.

4.2.1 Faire progresser les bases de données communautaires sur les forêts

Le livre vert énonce que « les programmes de surveillance des forêts (...) à l'échelle communautaire doivent être encouragés, puisque c'est sur la base de leurs résultats que devraient être mises au point les mesures d'intervention nécessaires. » (CCE, 2007). D'autre part, parmi les actions proposées dans le plan d'action de l'Union Européenne en faveur des forêts 2007-2011 (Commission des Communautés européennes, 2006) l'action clé 8 de travailler à l'élaboration d'un système de surveillance des forêts est considérée par la Commission Européenne comme « le meilleur moyen de répondre aux besoins d'informations tant scientifiques que politiques ». La Commission préconise de confier au Centre commun de recherche la mise en place d'un Centre européen de données sur les forêts.

4.2.1.1 Santé des forêts

Un système de suivi à long terme avait été mis en place par le Règlement (CE) n° 2152/2003 du 17 novembre 2003 (Forestfocus), relatif notamment aux dépérissements liés aux pollutions atmosphériques des écosystèmes forestiers, aux incendies de forêts (EFFIS) (même règlement) et aux sols et à la biodiversité (Biosoil). Les réseaux de niveau 1 et 2 (RENECOFOR) en France s'inscrivent dans ce cadre. Le protocole technique mis en place ne permet pas de distinguer les causes de dépérissement. De plus le programme de financement LIFE+ n'est pas conçu pour la mise en oeuvre d'un observatoire pérenne. En bref, les systèmes de suivi existants ne permettent pas à l'heure actuelle de constituer une base de données intéressantes pour la problématique du changement climatique ni sur le fond (nature des informations collectées) ni dans la forme (financement).

Il conviendrait donc de poursuivre les efforts entrepris depuis plusieurs années, par la France et certains autres pays membres, pour assurer la poursuite du dispositif communautaire de suivi de la santé des forêts. Pour cela, la nature des données récoltées devrait évoluer, un instrument de financement communautaire devrait être trouvé, et le système européen de centralisation et traitement des données devrait être amélioré.

4.2.1.2 Coissance et production

L'action COST E43 relative au rapprochement des inventaires forestiers conduit à des recommandations pratiques d'harmonisation des systèmes nationaux. La mise en oeuvre de ces recommandations sera essentielle pour que soit constituée au niveau communautaire une base de données sur la croissance des forêts européennes (contact : IFN).

4.2.2 Prévenir le risque incendie

L'union Européenne finance quelques projets pilotes en matière d'incendies de forêts qui ont pour but:

- d'identifier clairement les zones à risque élevé
- de perfectionner les méthodes de détection adéquates ;
- d'établir des solutions efficaces pour contrôler et réduire l'extension des incendies et restaurer les zones endommagées.

Exemples de projets : MEGAFIRES (cartographie des zones à haut risque dans les pays méditerranéens), MEFISTO (simulateurs d'incendies de forêts en temps réel), PROMETHEUS (étude des impacts des incendies sur la végétation, et élaboration de méthodes de gestion limitant les conséquences), MINERVE (choix d'un indicateur météorologique de danger)

De plus, il existe une coordination entre les pays pour la lutte contre les incendies qui passe par un centre de réponse communautaire, qui fait partie de la Direction générale de l'environnement. Enfin, des aides peuvent être accordées aux pays durement touchés par les incendies de forêts.

Comme nous l'avons déjà vu, non seulement le risque d'incendie de forêt s'accroîtrait avec le changement climatique mais la zone de vulnérabilité pourrait également s'étendre au Nord. L'Union européenne devra donc continuer voire intensifier ses actions en matière de protection contre les incendies (coordination de lutte, aides, projets de recherche).

4.2.3 Renforcer le soutien de l'UE au programme EUFORGEN

Le Programme sur les Ressources Génétiques Forestières Européennes (EUFORGEN) promeut la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques forestières. Ce programme a été établi en 1994 pour mettre en oeuvre la Résolution de Strasbourg S2 (Conservation des ressources génétiques forestières) de la première Conférence Ministérielle sur la Protection des Forêts d'Europe (MCPFE), tenue en France en 1990.

La phase III (2005-2009) d'EUFORGEN commencée en janvier 2005 s'intéresse tout particulièrement à la promotion de l'utilisation appropriée des ressources génétiques forestières en tant que partie intégrante de la Gestion Forestière Durable. Ainsi EUFORGEN contribue aussi à l'application de la Résolution 4 de Vienne (Conserver et améliorer la diversité biologique forestière en Europe) adoptée à la quatrième MCPFE en 2003.

Les objectifs de la troisième phase sont :

- promouvoir la mise en oeuvre de la conservation des gènes et l'utilisation appropriée des ressources génétiques forestière en tant que partie intégrante de la GFD ;
- faciliter le développement de méthodes pour conserver la diversité génétique des forêts d'Europe ;
- rassembler et disséminer de l'information fiable sur les ressources génétiques forestières en Europe.

Le programme s'est récemment penché sur la problématique du changement climatique et a publié un ouvrage en 2007 sur le sujet (Koskela et al, 2007). L'initiative du programme est à saluer, mais dans la perspective du changement climatique, son ampleur devrait être accentuée. De plus, dans ce domaine, il y a vraiment besoin d'une action collective. La Commission Européenne pourrait soutenir les initiatives suivantes :

- intensification des activités nationales (recherche, expérimentations, réseaux nationaux de conservation, etc.) ;
- mise en commun et en cohérence des informations nationales au niveau communautaire afin de pouvoir obtenir non pas une juxtaposition des données nationales mais une base de données intégrées et cohérentes au niveau européen ;
- soutenir des actions concrètes d'échanges et de mise à disposition de ressources génétiques forestières ;
- trouver les synergies entre les projets européens et les activités des réseaux du programmes d'EUFORGEN.

NB : Le programme EUFORGEN dépasse les limites de l'Union Européenne. Et les pistes d'adaptation du programme EUFORGEN précédentes pourraient s'appliquer également aux membres hors UE d'EUFORGEN, notamment en rénovant pour 2009 (phase IV) le cahier des charges du programme afin qu'il mette l'accent sur des actions concrètes telles que les échanges, la mise à disposition et l'utilisation des ressources génétiques forestières à travers l'Europe.

4.2.4 Protéger la biodiversité forestière en Europe

L'éditorial de la lettre d'information de la DG ENV de la Commission Européenne sur Natura 2000 (EC DG environment, 2007) reconnaît que « Bien que cruciale, la mise en place de Natura 2000 [...] ne suffira pas à soutenir la résilience et l'adaptation: il faudra aussi agir en dehors du Réseau Natura 2000 pour renforcer la connectivité et la cohérence ».

4.2.4.1 L'évaluation de la vulnérabilité du Réseau Natura 2000 au niveau communautaire

Le maintien de la biodiversité est un objectif de l'Union européenne. Pour cela, la directive dite « habitats » (Directive 92/43/CEE du Conseil, du 21 mai 1992) définit un cadre commun pour la conservation des plantes et des animaux sauvages et des habitats d'intérêt communautaire. Ce cadre est notamment constitué d'un réseau de zones protégées dit « Réseau Natura 2000 ». L'Agence Européenne pour l'Environnement mène actuellement une étude sur la cohérence spatiale du réseau Natura 2000 qui aboutira en 2008 à des conclusions quant à la cohérence du Réseau face au changement climatique.

Selon l'AEE, les habitats européens les plus vulnérables au changement climatique se trouveraient dans les régions montagneuses, arctique, littorales humides et méditerranéenne. Dans son plan de travail pour l'adaptation au changement climatique pour la période 2005-2008, l'Espagne a prévu de faire un inventaire des habitats les plus vulnérables au changement climatique. En France, un travail exploratoire sera réalisé sur le même thème au premier semestre 2008. Cette démarche devrait être étendue à l'échelle communautaire. En effet, un diagnostic de la vulnérabilité des habitats européens pourrait être le premier pas vers un plan d'action pour une conservation redéfinie.

Le changement climatique vient changer la donne en matière de savoir sur la conservation des habitats, sur les mécanismes d'adaptation, etc. Dans un tel cadre, il semble essentiel de promouvoir au niveau communautaire des recherches en amont sur les habitats, les critères d'évaluation de leur état ainsi que de leur gestion.

4.2.4.2 Une politique renforcée de lutte et de prévention contre les espèces invasives

L'impact des espèces envahissantes est une des causes principales de l'érosion de la biodiversité. Ces espèces envahissantes traversent souvent les frontières, notamment terrestres. Il est donc important de mettre en place des capacités d'observation et de réponse face à ces espèces au niveau européen. Plusieurs organismes ont déjà réfléchi aux aspects que pouvaient prendre ces actions.

Une Stratégie européenne relative aux espèces exotiques envahissantes a été élaborée par le comité permanent de la Convention relative à la Conservation de la Vie Sauvage et du Milieu Naturel de l'Europe (plus large que l'UE); (Comité permanent de la Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe 2003).

Cette stratégie comprend huit thématiques :

- sensibilisation et soutien ;
- collecte, gestion et partage d'informations ;
- renforcer les cadres politiques juridiques et administratifs nationaux ;
- coopération et responsabilité régionales ;
- prévention ;
- détection précoce et réaction rapide ;
- atténuation d'impact ; et
- restauration de la biodiversité indigène.

Cette stratégie constate que « L'Europe a pris du retard sur d'autres régions qui se sont dotées de cadres stratégiques pour apporter une réponse globale au défi des espèces exotiques

envahissantes[...]. (Cependant) la politique commune de commerce et de mouvement pour le secteur phytosanitaire, préparée dans le cadre de l'Organisation (Européenne et méditerranéenne pour la Protection des Plantes) EPP, démontre que la coordination et la coopération sont possibles. ».

L'Union Européenne pourrait donc avoir une politique volontariste en terme de commerce et de mouvement des végétaux en permettant la coopération des polices nationales de l'environnement et en renforçant leurs moyens (humains et financiers). L'objectif serait de pouvoir contrôler les importations de végétaux et d'animaux (dans le secteur forestier, attention particulière aux pathogènes allochtones) et le cas échéant de lutter de manière commune contre ces espèces.

NB : Le conseil de l'OEPP a recommandé en septembre 2007 aux organisations nationales de protection des végétaux de sensibiliser les départements ou ministères concernés par les plantations réalisées aux fins de bioénergie aux risques encourus par l'utilisation de plantes invasives. La plantation de plantes invasives pour la production d'énergie ne devrait pas être encouragée. Si c'est le cas, une approche basée sur les risques devrait être adoptée afin d'éviter la dispersion involontaire dans les habitats naturels.

4.2.5 Renforcer la recherche sur l'adaptation au changement climatique

L'Union Européenne soutient plusieurs initiatives qui ont un intérêt pour le domaine de la recherche face au changement climatique.

Tout d'abord, le cadre européen intergouvernemental COST qui promeut la coopération entre des activités de recherche financées par les pays. COST rassemble des équipes de recherche de différents pays travaillant sur des sujets spécifiques. Le soutien se traduit par de la mise en réseau, des conférences, des échanges scientifiques de courte durée et des publications. Un projet du GIP ECOFOR visant à la collaboration sur le sujet des changements climatiques et de la sylviculture a été récemment accepté : COST ECHOES (*cf 3.1.1.3.3 ci dessus*).

On peut d'ores et déjà constater que d'autres projets de coordination de programmes de recherches nationaux sur des thématiques sus-mentionnées existent, par exemple le projet EUPHRESKO qui est un projet ERA-NET pour la recherche de développement et la mise en oeuvre de politiques relatives aux ravageurs, maladies, et plantes invasives connus et émergents. Une attention particulière pourrait par exemple être accordée à des sujets dont les résultats viseraient entre autres à une meilleure adaptation face au changement climatique. Les programmes de recherches pourraient aussi se focaliser sur une recherche finalisée sur les thématiques principales suivantes : la vulnérabilité des écosystèmes forestiers au changement climatique et les risques naturels.

4.2.6 L'adaptation de la PAC et des fonds structurels

Selon le livre vert, « les futurs ajustements de la PAC et le « bilan de santé » de 2008 pourraient fournir l'occasion de voir comment mieux intégrer l'adaptation au changement climatique dans les programmes d'aides à l'agriculture. Il faudrait par exemple poser la question de savoir dans quelle mesure la PAC peut promouvoir l'application de bonnes pratiques agricoles compatibles avec les nouvelles conditions climatiques et contribuant en amont à la préservation et à la protection de l'environnement ». Ces questions pourraient être posées pour les instruments concernant le secteur forestier.

Plus spécifiquement, il semble que la France pourrait proposer le maintien d'aides directes communautaires (second pilier de la PAC) susceptibles d'intéresser l'ensemble des pays de

l'Union :

- pour intensifier la production et la récolte de bois à utilisation énergétique (mise en oeuvre des orientations de la conférence ministérielle de Varsovie) ;
- pour reconstituer des peuplements forestiers détruits par des accidents liés au changement climatique (sécheresses, tempêtes, invasions de parasites ...) .

5 Considérations finales

Le tableau ci-dessous classe les propositions par ordre d'urgence et degré d'importance (gras) .

Plans d'action	Dès 2008-2009	A partir de 2010 ou dans la durée
« Recherche et développement »	Propositions 1, 2, 3, 4, 8	Propositions 5, 6, 7, 9
« Risques »	Propositions 10, 11, 12, 18,	Propositions 13, 14, 15, 16, 17
« Production »	Propositions 19, 20	Propositions 21, 22, 23
« Biodiversité »	Propositions 24	Propositions 25, 26
« Gouvernance »	Propositions 27, 28, 29, 30	Propositions 31, 32

Tableau 11: Présentation générale des propositions .

Si un plan d'action était décidé à la suite du présent rapport, il est suggéré qu'il couvre la période 2008-2012, et fasse l'objet d'un bilan au premier semestre 2013.

Bernard ROMAN-AMAT

Ingénieur Général du GREF
Directeur délégué du Centre de Nancy
d'AgroParisTech – ENGREF

ANNEXES

Table des annexes

Annexe 1 : Lettre de mission.....	71
Annexe 2 : Bibliographie.....	73
Annexe 3 : Liste des personnes contactées	85
Annexe 4 : Informations complémentaires de la partie sur le changement climatique et ses impacts sur la forêt française (Ch. 2).....	89
Annexe 5 : Recherches sur forêt et changement climatique.....	92
Annexe 6 : Réseau de suivi de l'état sanitaire de la forêt domaniale de la Harth (Haut-Rhin).....	99
Annexe 7 : Initiatives de pays étrangers en matière d'adaptation au changement climatique.....	101
Annexe 8 : Résultats de l'enquête régionale 2007 « forêts et changement climatique ».....	116

Annexe 1 : Lettre de mission

République Française

*Le Ministre de l'agriculture
et de la pêche*

*La Ministre de l'écologie
et du développement durable*

Paris, le 6 FEV. 2007



à

Monsieur Bernard ROMAN-AMAT
Ingénieur Général du GREF
Directeur délégué de l'ENGREF

Les changements climatiques annoncés devraient avoir un impact important sur les forêts françaises métropolitaines. Il apparaît important et urgent de préparer les évolutions de la gestion de ces forêts qui leur permettront d'affronter le mieux possible ces changements.

En 2006, un rapport sur le thème « Adaptation de la sylviculture au changement climatique » a été commandé par le Ministère de l'agriculture et de la pêche au Conseil général de l'agriculture, de l'alimentation et des espaces ruraux. Nous vous demandons d'approfondir la réflexion sur ce sujet afin de préparer les politiques publiques appropriées. A cette fin, nous vous confions la mission définie ci-dessous.

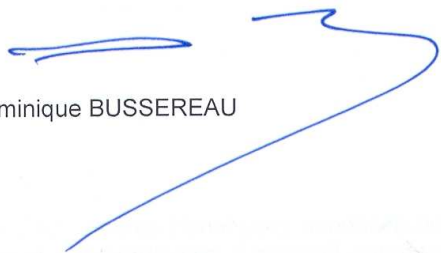
Vous réaliserez une synthèse des connaissances scientifiques et techniques, de l'expérience acquise en France et à l'étranger, et de l'ensemble de l'expertise disponible. Vous disposerez notamment pour cela des analyses du Ministère de l'agriculture et de la pêche et du Ministère de l'écologie et du développement durable, ainsi que des travaux de la Mission interministérielle à l'effet de serre. Vous en tirerez un bilan des connaissances et un état des lieux de la gestion des forêts françaises face au changement climatique.

Vous préciserez ensuite les enjeux et les propositions d'actions. Ces actions concerneront les différents domaines d'intervention du Ministère de l'agriculture et de la pêche et du Ministère de l'écologie et du développement durable, et notamment les politiques publiques qui concernent la biodiversité, la gestion des espaces, la production de bois matériau ou énergie, la fixation du carbone, et les conditions d'une cohérence maintenue ou accrue entre ces politiques. Vous préconiserez également un mode d'organisation susceptible de permettre au Gouvernement de piloter dans la durée un programme d'action pour la préparation des forêts françaises métropolitaines au changement climatique.

Le fruit de vos travaux sera remis avant la fin de l'année.

Vous travaillerez en toute indépendance en vous entourant d'experts, retenus sur la base de leurs compétences individuelles. Vous pourrez faire appel à tous les concours que vous jugerez utiles à votre mission, sur le plan thématique comme sur le plan géographique.

Le Ministère de l'agriculture et de la pêche et le Ministère de l'écologie et du développement durable apporteront les moyens nécessaires à la bonne réalisation de votre mission. Les services de la Direction générale de la forêt et des affaires rurales seront mobilisés à cet effet, et des moyens en matériels et en hommes seront mis à votre disposition. Le Conseil général de l'agriculture, de l'alimentation et des espaces ruraux et l'Inspection générale de l'environnement seront amenés à contribuer à vos travaux.



Dominique BUSSEREAU



Nelly OLIN

Annexe 2 : Bibliographie

- AIFM. 2007. The vitality of cork and holm oaks stands and forests. Report on the Evora conference meeting 25th to 27th october 2006. Marseille : AIFM. 28p.
http://www.aifm.org/page/doc/Evora06_rapport_gb.pdf (accédé décembre 20, 2007)
- Atzmon, N. et al. 2004. Ecophysiological response to severe drought in *Pinus halepensis* Mill. trees of two provenances. *Plant Ecology* 171, no. 1 pp.15-22.
- Aussenac, G. 2002. Ecology and ecophysiology of circum-Mediterranean firs in the context of climate change. *Annals of Forest Sciences* 59, no. 8. pp.823-832.
- Aussenac, G., et J.-M. Guehl. 2000. Impacts sur les forêts et la sylviculture. Dans *Impacts potentiels du changement climatique au XXIe siècle, seconde édition 2000*, pp.81-87.
- Aussenac, G., éd. 2000. Conséquences des changements climatiques pour la forêt et la sylviculture. *Revue Forestière Française* numéro spécial. 174p.
- Badeau, V., et J.-L. Dupouey. 2007. Cartes de répartition des groupes chorologiques selon différents scénarios de changement climatique en 2100. Communication personnelle du 04/09/2007
- Bard, E. 2002. Climate shock: abrupt changes over millennial time scale. *Physics today* (December 2002) pp.32-38.
- . 2004. Le climat va-t-il basculer? *Les dossiers de la recherche*, no. 17 pp.34-40.
- Becker A. et Bugmann H. ed. 2001. *Global change and mountain regions, the Mountain Research Initiative*. 2001. Stockholm: IGBP. 89p.
- Begni, G. et al. 2001. *The present status of knowledge on global Climatic Change; its regional aspects and impacts in the Mediterranean Region, A scientific and strategic report to Blue Plan*. Toulouse, France: Medias-France. 89p.
- Beniston, M. 2005. Mountain Climates and Climatic Change: An Overview of Processes Focusing on the European Alps. *Pure and Applied Geophysics* 162, no. 8. pp.1587-1606.
- . 2006. Mountain Weather and Climate: A General Overview and a Focus on Climatic Change in the Alps. *Hydrobiologia* 562, no. 1. pp.3-16.
- . 2007. Changements climatiques: causes, modèles, et impacts. Présentation Power Point, conférence AgroParisTech-ENGREF « enseignement et changement climatique », Nancy, le 25 octobre 2007.
- Beniston, M., et al. 2007. Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections. *Climatic Change* 81, no. Supplement 1. pp.71-95.
- Bodin, P., et B. L.B. Wiman. 2007. The usefulness of stability concepts in forest management when coping with increasing climate uncertainties. *Forest Ecology and Management* 242, no. 2-3. pp.541-552.
- Bourgau, J.-M., et J.-F. Lerat. 2007. *Adaptation de la Gestion des forêts au changement climatique*. Non publié.

Breda, N. et al. 1995. Effects of Thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in oak forest (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). *Tree Physiology* 15, no. 5. pp.295-306.

Breda, N. et al. 2006. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Annals of Forest Sciences* 63, no. 6. pp.625-644.

Broadmeadow, M.S.J. 2006. Woodlands and climate change: options for adaptation. Présentation Power Point. Conf : IEEM Practicalities of climate change: adaptation and mitigation, Cardiff, 16 novembre 2006.

Broadmeadow, M.S.J., et R. Duncan. 2005. British woodlands and climate change. *Forestry Commission Information Note*.16p.
[http://www.forestry.gov.uk/pdf/fcin069.pdf/\\$FILE/fcin069.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/fcin069.pdf/$FILE/fcin069.pdf) (accédé Décembre 12, 2007).

Conseil Général de l'Agriculture, Alimentation et Espaces Ruraux. 2007. La forêt face au changement climatique, Synthèse d'exposés. *Agriculture, Alimentation et Espaces Ruraux, mensuel d'informations du CGAAER*. pp.3-5.

Christensen, J. H., et O. B. Christensen. 2007. A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. *Climatic Change* 81, no. Supplement 1. pp.7-30.

Duarte Santos F. et al. 2001 *Climate change in Portugal, scenarios, impacts and adaptation measures, executive summary and conclusions*.. Lisboa: Gravidia.

Comité permanent de la Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe, 2003. *Stratégie européenne relative aux espèces exotiques envahissantes*. Bruxelles : CCE.
http://www.coe.int/t/f/coop%20culturelle/environnement/ressources/revue_naturopa/Naturopa101_5.pdf (accédé décembre 20, 2007)

Commission des Communautés européennes. 2006. *Communication de la commission au conseil et au parlement européen concernant un plan d'action de l'Union Européenne en faveur des forêts*. Bruxelles : CCE. 14p.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0302:FIN:FR:PDF> (accédé décembre 20, 2007)

———. 2007. Livre vert présenté par la commission au conseil, au parlement européen, au comité économique et social européen et au comité des régions, adaptation au changement climatique en Europe : les possibilités d'action de l'Union européenne. Bruxelles : CCE. 32p.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52007DC0354:EN:NOT> (accédé décembre 20, 2007)

Davi, H. et al. 2006. Sensitivity of water and carbon fluxes to climate changes from 1960 to 2100 in European forest ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology* 141, no. 1. pp.35-56.

Deque, M. 2000. Modélisation numérique des changements climatiques. In : *Impacts potentiels du changement climatique au XXI^e siècle, seconde édition 2000*, pp.22-45. http://www.effet-de-serre.gouv.fr/impacts_en_france (accédé décembre 20, 2007)

———. 2007. Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an

anthropogenic scenario: Model results and statistical correction according to observed values. *Global and Planetary Change* 57, no. 1-2. pp.16-26.

Déqué, M. et al. 2007. An intercomparison of regional climate simulations for Europe: assessing uncertainties in model projections. *Climatic Change* 81, no. Supplement 1. pp.53-70.

Deshayes, et al. 2006. The contribution of remote sensing to the assessment of drought effects in forest ecosystems. *Annals of Forest Sciences* 63, no. 6. pp.579-595.

Dimanche, M., et R. Coudour. 2005. The pastoralism, partner of forest fire management: 20 years of practices in Languedoc Roussillon region. *Second International Conference on prevention strategies for fires in Southern Europe, Forest management as a tool for wildfire prevention*. Barcelona, 9-11/5/2005. <http://www.ctfc.es/confeinfor/htmlangles/presentacio.html> (accédé Décembre 9, 2007). 10p.
<http://www.ctfc.es/confeinfor/articles/PAPER%20DIMANCHE.pdf> (accédé Décembre 9, 2007).

Dresner, S. et al. 2006. *Forests and Climate Change: Global Understandings and possible responses*. London, UK: Policy Study Institute. 80p.
[http://www.forestry.gov.uk/pdf/facc_technicalreport.pdf/\\$FILE/facc_technicalreport.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/facc_technicalreport.pdf/$FILE/facc_technicalreport.pdf) (accédé Décembre 10, 2007).

Dubois-Coli C. et al., 2006. Suivi d'un massif forestier très sensible à la sécheresse : 'observatoire de la Harth, historique et perspectives. *RDV Techniques* n°13. pp.85-92.

Ducousso, A., et M. Déqué. 2005. Augmentations de l'effet de serre: constations et prévisions. *Forêt-Entreprise* 162, no. 2. pp.15-19.

Dufresne, J.-L. et al. 2006. Simulation du climat récent et futur par les modèles du CNRM et de l'IPSL. *La Météorologie* 55. pp.45-59

Dupouey, J.-L. Et al., 2000. Stocks et flux de carbone dans les forêts françaises. *Revue Forestière Française*. LII, Numéro spécial 2000. pp 139-154.

Dupouey, J.-L. Déplacements déjà observés des espèces végétales : quelques cas emblématiques mais pas de migrations massives. *RDV Techniques*, no. spécial "changements climatiques". Sous presse.

EC DG environment. 2007a. Adaptation strategies for climate change. *Natura 2000*, no. 22. pp.11-13.

———. 2007b. The Natura 2000's role in combatting the impact of climate change. *Natura 2000*, no. 22. pp.3-6.
http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/nat2000newsl/nat22_fr.pdf (accédé le décembre 20, 2007)

EC DG environment, éd. 2007c. Global Change and Ecosystems, EU research for the Environment, catalogue of the FP6 projects. 445p.

PGRN et ONERC (Pôle Grenoblois d'études et de recherche pour la prévention des Risques Naturels et Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique), 2007. *Etat des connaissances sur les impacts avérés et envisagés des changements climatiques sur les aléas naturels dans l'Arc Alpin, Analyse*. ClimChAlp - Climate change, impacts and adaptation. 130p.
http://www.obs.ujf-grenoble.fr/risknat/projets/climchalp_wp5/pages/docs/Analyse_ClimChAlp.pdf

(accédé le décembre 20, 2007)

European Climate Change Programme. 2007. *Building National Adaptation Strategies Sectoral Report of the Working Group II Impacts and Adaptation*. 10p.
<http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/eccp/impactsadaptation/natstrategies.pdf> (accédé Décembre 12, 2007).

———. 2007. *Agriculture and Forestry Sectoral Report of the Working Group II Impacts and Adaptation*. 17p.
<http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/eccp/impactsadaptation/agriforestry.pdf> (accédé Décembre 12, 2007).

European Environmental Agency. 2006. *Vulnerability and adaptation to climate change in Europe*. Copenhagen: European Environmental Agency. 84p.
http://reports.eea.europa.eu/technical_report_2005_1207_144937/en/EEA_Technical_report_7_2005.pdf (accédé décembre 20, 2007)

Fernandes, P. M., et E. Rigolot. 2007. The fire ecology and management of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Forest Ecology and Management* 241, no. 1. pp.1-13.

Fleischer, A., et M. Sternberg. 2006. The economic impact of global climate change on Mediterranean rangeland ecosystems: A Space-for-Time approach. *Ecological Economics* 59, no. 3: 287-295.

France, JO. Décret n° 2006-1154 du 15 septembre 2006 portant application de l'article 91 de la loi n° 2006-11 du 5 janvier 2006 d'orientation agricole et modifiant le code rural. Paris : Journal Officiel.

France, JO. Décret n° 2007-951 du 15 mai 2007 relatif aux subventions de l'Etat accordées en matière d'investissement forestier. Paris : Journal Officiel.

Freer-Smith, P. H., M.S.J. Broadmeadow, et J.M.V. Lynch, éd. 2007. *Forestry and Climate change*. Cambridge: CAB International. 253p.

Fuhrer, J., M. et al. 2006. Climate risks and their impact on agriculture and forests in Switzerland. *Climatic Change* 79, no. 1/2: 79-102.

Ganopolski, A. , et S. Rahmstorf. 2001. Rapid changes of glacial climate simulated in a coupled climate model. *Nature* 409. pp.153-158.

Gauquelin X, et Courbaud B. coord. 2006. Guide des sylvicultures de montagne. Alpes du Nord françaises. Grenoble : Cemagref, CRPF Rhône Alpes, ONF. 289p.

Gégout J.-C, 2006. *Distribution et caractère bioindicateur des espèces végétales forestières françaises vis-à-vis du sol et du climat*. Mémoire présenté devant l'INPL pour le diplôme d'HDR. Nancy.

Giannakopoulos, C. et al. 2005. *Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global temperature rise, a report for WWF*. Gland: WWF. 75p.
<http://assets.panda.org/downloads/medreportfinal8july05.pdf> (accédé le décembre 20, 2007)

Gibelin, A.-L., et M. Déqué. 2003. Anthropogenic climate change over the Mediterranean region simulated by a global variable resolution model. *Climate Dynamics* 20, no. 4. pp.327-339.

Ginisty, C., Vallet, P., Chabé-Ferret, S., Levesque, C., Chauvin, C. 2007. Disponibilités en biomasse forestière pour des usages énergétiques et industriels en France. Rapport d'étude DGFAR/CEMAGREF. Octobre 2007.

http://www.cemagref.fr/Informations/Actualites/Actu/foret07/22_11/biomasse2.htm

Gomez, A., et al.. 2005. Genetic diversity and differentiation of two Mediterranean pines (*Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Ait.) along a latitudinal cline using chloroplast microsatellite markers. *Diversity and Distributions* 11, no. 3. pp.257-263.

Gonzalez-Olabarria, J.R. 2006. *Integrating fire risk into forest planning*. Joensuu : Faculty of Forestry of the University of Joensuu,

Guiot, J. 2007. *Rapport de synthèse (destiné aux utilisateurs et gestionnaires publics), Réponse des forêts méditerranéennes françaises aux changements climatiques, APR GICC 2003*. Aix-en-Provence: CEREGE. 21p.

Hanson, C.E. Et al. 2007. Modelling the impact of climate extremes: an overview of the MICE project. *Climatic Change* 81, no. Supplement 1. pp.163-177.

HM Government. 2006. Climate Change, The UK Programme 2006, Tomorrow's climate, today's challenge. 202p. <http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/uk/ukccp/pdf/ukccp06-all.pdf> (accédé décembre 20, 2007)

Hoff, C., et Rambal S.. 2000. Les écosystèmes forestiers méditerranéens face aux changements climatiques. In: *Impacts potentiels du changement climatique au XXI^e siècle, seconde édition 2000*, pp.88-98. http://www.effet-de-serre.gouv.fr/impacts_en_france (accédé décembre 20, 2007)

Hubert J., et Cottrell J.. 2007. The Role of Forest Genetic Resources in Helping British Forests Respond to Climate Change. *Forestry commission Information note*. 12p.

Hulme, P. E. 2005. Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat? *Journal of Applied Ecology* 42, no. 5. pp.784-794.

IMFEX, *Impact des changements anthropiques sur la fréquence des phénomènes extrêmes de vent de température et de précipitations, rapport final*. Pas de date. http://medias.cnrs.fr/imfex/web/documents/downloads/rapport_final_imfex.pdf.

Institut Français de la Biodiversité, et Gestion des Impacts du Changement Climatique, MEDAD. 2006. Biodiversité et Changement Global, Réponses adaptatives au changement global : résultats et prospective, Paris : IFB – GICC. p.227. http://www.gis-ifb.org/content/download/1655/8546/version/3/file/IFB_BD02.pdf (accédé décembre 20, 2007)

Inventaire Forestier National, 2007 a. Les forêts françaises capitalisent dans les gros bois. L'IF, N° 15, 2e trimestre 2007, 8p.

Inventaire Forestier National, 2007 b. Dépérissement et mortalité : un éclairage de la situation en France. L'IF, N° 16, 3e trimestre 2007, 8p.

IPCC. 2007a. *Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, UK et New York, NY, USA. 996p.. <http://www.ipcc.ch/> (accédé décembre 20, 2007)

———. 2007b. *Climate Change 2007 - Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, UK et New York, NY, USA. 976p.. <http://www.ipcc.ch/> (accédé décembre 20, 2007)

———. 2007c. *Climate Change 2007, the Physical Science basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, UK et New York, NY, USA. 851p. <http://www.ipcc.ch/> (accédé décembre 20, 2007)

IPCC, 2007d: Résumé à l'intention des décideurs. In: Solomon, S. et al. ed. *Bilan 2007 des changements climatiques : Les bases scientifiques physiques. Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Cambridge University Press, Cambridge, UK et New York, NY, USA. 158p. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/climate-changes-2007-ar4-fr.htm> (accédé le 28 décembre 2007)

Irland, L.C. et al. 2001. Assessing Socioeconomic Impacts of Climate Change on US Forests, Wood-Product Markets, and Forest recreation. *Bioscience* 51 (9): 753-?

Juillard R. et al. 2004. Evidence for the impact of global warming on the long-term population dynamics of common birds. *Proceedings of the Royal Society of London. serie B. (Suppl.)* 271, pp. S490-S492.

Kajba, D. et al. 2004. The differences among hairy and typical European black poplars and the possible role of the hairy type in relation to climatic changes. *Forest Ecology and Management* 197, no. 1-3. pp.279-284.

Keller, F. et al. 2005. Sensitivity Analysis of Snow Cover to Climate Change Scenarios and Their Impact on Plant Habitats in Alpine Terrain. *Climatic Change* 72, no. 3. pp.299-319.

Kellomaki, S., T. et al. éd., 2000. *Expert assessments of the likely impacts of Climate Change on Forests and Forestry in Europe*. European Forest Institute. 124p. http://www.efi.int/attachments/publications/proc34_net.pdf (accédé Décembre 9, 2007).

Kettunen, M., et al., 2007. *Guidance on the maintenance of landscape connectivity features of major importance for wild flora and fauna, Guidance on the implementation of Article 3 of the Birds Directive (79/409/EEC) and Article 10 of the Habitats Directive (92/43/EEC)*. Brussels: Institute for European Environmental Policy. 166p. http://213.198.115.240/publications/pdfs/2007/guidance_the_implementation_of_articles_3_and_10_birds_habitats_directives.pdf (accédé Décembre 13, 2007).

Kirschbaum, M. U. F. 2000. Forest growth and species distribution in a changing climate. *Tree Physiology* 20, no. 5-6. pp.309-322.

Klein Tank, A. M. G., et G. P. Können. 1997. Simple Temperature Scenario for a Gulf Stream Induced Climate Change. *Climatic Change* 37, no. 3. pp.505-512.

Koskela, J. et al. éd. 2007. *Climate change and forest genetic diversity, Implications for sustainable forest management in Europe*. Rome, Italy: Biodiversity International. 134p. http://www.biodiversityinternational.org/publications/pubfile.asp?ID_PUB=1216 (accédé décembre 20, 2007)

Lasch, P., F.-W. Badeck, F. Suckow, M. Lindner, et P. Mohr. 2005. Model-based analysis of management alternatives at stand and regional level in Brandenburg (Germany). *Forest Ecology*

and Management 207, no. 1-2. pp.59-74.

Laurent, C. 2003. Gestion forestière et changement climatique en Wallonie, Belgique. *Unasylva* 54, no. 214-215. pp.64-67.

Lebourgeois , F. . 2001. Une analyse des changements climatiques régionaux en France entre 1956 et 1997. Réflexions en terme de conséquences pour les écosystèmes forestiers. *Annals of Forest Sciences* 58, no. 7. pp.733-754.

Lebourgeois , F. , et al., 2006. Phénologie des peuplements du réseau RENECOFOR : Variabilité entre espèces et dans l'espace, et déterminisme climatique. *RDV Techniques*, no. 13. pp.23-26.

Lecocq, F. et Shalizi, Z., 2007. Balancing expenditures on mitigation of and adaptation to climate change : an exploration of Issues relevant to developing countries, *Policy Research Working Paper Series* 4299, Washington : The World Bank.

Legay, M., et F. Mortier. 2006. *La forêt face au changement climatique, adapter la gestion forestière, Synthèse de l'atelier ONF/INRA du 20 octobre 2005*. Paris: Office National des Forêts. 39p.

Legoff, H., A. Leduc, Y. Bergeron, et M. Flannigan. 2005. The adaptive capacity of forest management to changing fire regimes in the boreal forest of Quebec. *The Forestry Chronicle* 81, no. 4. pp.582-592.

Leone, V., et R. Lovreglio. 2005. Pre- and Postfire treatments in Aleppo pine stands : Prevention silviculture and restoration. *Second International Conference on prevention strategies for fires in Southern Europe, Forest management as a tool for wildfire prevention*. Barcelona, 9-11/5/2005. 21p. <http://www.ctfc.es/confeinfor/htmlangles/presentacio.html> (accédé Décembre 9, 2007).

Leuzinger, S., G. Zotz, R. Hasshoff, et C. Koerner. 2005. Responses of deciduous forest trees to severe drought in Central Europe. *Tree Physiology* 25, no. 6. pp.641-650.

Li , L. et al. 2006. Modelling regional-scale climate change of the Mediterranean. *CLIVAR newsletter Exchanges* 11, no. 2. http://medias.obs-mip.fr/gicc/docgicc/public/projets/apr02/projet5/restitutionFinale-5-02_li.doc (accédé décembre 20, 2007)

Lindner, M. 2000. Developing adaptative forest management strategies to cope with climate change. *Tree Physiology* 20, no. 5-6. pp.299-307.

Lindner, M., et al., 2000. Alternative forest management strategies under climatic change – prospects for gap model applications in risk analyses. *Silva Fennica* 34, no. 2. pp.101-111.

Loustau, D., et al., 2005. Modeling climate change effects on the potential production of French plains forests at the sub-regional level. *Tree Physiology* 25, no. 7. pp.813-823.

Mace, P. 2005. Forest fire prevention in Aquitaine. *Second International Conference on prevention strategies for fires in Southern Europe, Forest management as a tool for wildfire prevention*. Barcelona, 9-11/5/2005. 6p. <http://www.ctfc.es/confeinfor/htmlangles/presentacio.html> (accédé Décembre 9, 2007).

Maciver, D. C., et E. Wheaton. 2005. Tomorrow's Forests: Adapting to A Changing Climate. *Climatic Change* 70, no. 1. pp.273-282.

Marçais, B. 2007. Changement climatique et Agents pathogènes forestiers. Présentation Power Point, conférence AgroParisTech-ENGREF « enseignement et changement climatique », Nancy, le 25 octobre 2007.

Marttila, V., et al., éd. 2005. Finland's National Strategy for Adaptation to Climate Change. Helsinki : Ministry of Agriculture and Forestry of Finland. 281p.
http://www.mmm.fi/attachments/5enfdAPe1/5kgHLfz0d/Files/CurrentFile/MMMjulkaisu2005_1a.pdf (accédé décembre 20, 2007)

Matyas, C. 1994. Modeling climate change effects with provenance test data. *Tree Physiology* 14, no. 7-9. pp.797-804.

Medri S. et al. Eds., 2006. *Report on the current state of National Research Programmes on Climate Change Impacts and Adaptation in Europe, Extended Country Report*. CIRCLE Project report. 260p.
http://www.circle-era.net/uploads/media/CIRCLE_Del_Ia1_Extended_Country_Report_1stISSUE_Final_DRAF_.pdf (accédé décembre 20, 2007)

Meyer, J. 2005. *Fire effects on forest resource development of the French Mediterranean region: projections with a large-scale forest scenario model*. Joensuu: European Forest Institute. 86p.

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 2006 a. Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises. 148p.

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 2006 b. Stratégie nationale pour la biodiversité, Plan d'action forêt. 20p.. http://agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/pbf_051006.pdf (accédé Décembre 13, 2007).

———. 2007a. Arrêté du 15 mai 2007 relatif aux subventions de l'Etat accordées en matière d'investissement forestier.

———. 2007b. Dossier de presse, prévention des incendies de forêts 2007. 27p.
http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/dossier_presse_2007.pdf (accédé Décembre 9, 2007).

Ministère de l'Ecologie et du développement durable, et al., 2002, *Plans de prévention des risques naturels (PPR). Risques d'incendies de forêt*. Paris : la documentation française. 86p.

———. 2006, Rapport : Progrès démontrables de la France selon le protocole de Kyoto. Paris, juin 2006, 31p.

Mitchell, R.J. et al., 2007. *England Biodiversity Strategy- Towards adaptation to climate change*. London, UK: DEFRA. 194p.
<http://www.defra.gov.uk/wildlife-countryside/resprog/findings/ebs-climate-change.pdf> (accédé décembre 20, 2007)

Mohren, G.M. J. et al., éd. 1996. *Impacts of global Change on Tree Physiology and forest ecosystems, Proceedings of the International Conference on Impacts of Global change on tree physiology and forest ecosystems, held 26-29 November 1996, Wageningen, The Netherlands*. 372p. ForestrySciences collection. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

Moisselin, J.-M. et al., 2002. Les changements climatiques en France au XXe siècle, Étude des

longues séries homogénéisées de données de température et de précipitations. *La météorologie* 38:45-56.

Mouillot, F. et al., 2002. Simulating climate change impacts on fire frequency and vegetation dynamics in a Mediterranean-type ecosystem. *Global Change Biology* 8, no. 5. pp.423-437.

Moussu, C. Dossier Climat : Changement climatique, les arboretums, un atout pour les forêts. *Forêts de France* (494). pp.18-24.

Nabuurs, G.-J. et al. 2002. Stemwood volume increment changes in European forests due to climate change-a simulation study with the EFISCEN model. *Global Change Biology* 8, no. 4. pp.304-316.

Nitschke, C.R., et J.L. Innes. 2006. Interactions between fire, climate change and forest biodiversity. In: *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*.

Normand, S. 2005. Impacts de la sécheresse de 2003 en région méditerranéenne. *Info DFCI* n° 55. pp.4-5. http://www.aix.cemagref.fr/htmlpub/documentation/DFCI_55.pdf (accédé décembre 20, 2007)

Office National des Forêts et Sonnier J., 1990. Forêts et Risques Naturels en montagne. Paris : ONF. 28p.

Olesen, J.E., T.R. Carter, C.H. Díaz-Ambrona, S. Fronzek, T. Heidmann, T. Hickler, et coll. 2007. Uncertainties in projected impacts of climate change on European agriculture and terrestrial ecosystems based on scenarios from regional climate models. *Climatic Change* 81, no. Supplement 1. pp.123-143.

Paoletti, E. 2005. Cambiamento climatico e inquinamento: effetti sulle formazioni boschive meridionali. *Forest@* 2, no. 1: 17-18. <http://www.sisef.it/> (accédé Décembre 9, 2007).

Pastor, E., Y. Perez, M. Miralles, E. Nebot, et E. Planas. 2006. Prescribed burning in Catalonia: fire management and research. *Bushfire Conference 2006 - Brisbane, 6–9 June 2006*. 5p. <http://www.ctfc.es/confeinfor/htmlangles/presentacio.html> (accédé Décembre 9, 2007).

Pausas, J.G., et D. Abdel Malak. 2004. Spatial and temporal patterns of fire and climate change in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean Basin). *Second International Conference on prevention strategies for fires in Southern Europe, Forest management as a tool for wildfire prevention*. Barcelona, 9-11/5/2005. 6p. <http://www.ctfc.es/confeinfor/htmlangles/presentacio.html> (accédé Décembre 9, 2007).

Peyron, J.L. 2006. La biodiversité face aux changements environnementaux: l'exemple des forêts européennes. *Responsabilité et environnement*, no. 44. pp.22-29.

Piermont L. 2007. Changement climatique : l'inflexion de sylviculture engagée par la société forestière de la caisse des dépôts. *Revue Forestière Française*. 54 (2). pp.129-134.

Plana, E., E. Carlomagno, et S. De Miguel. 2005. Fire risk management, forest policy and territorial planning: comparative assessment and proposals for an integrated model. *Second International Conference on prevention strategies for fires in Southern Europe, Forest management as a tool for wildfire prevention*. Barcelona, 9-11/5/2005. 12p. <http://www.ctfc.es/confeinfor/htmlangles/presentacio.html> (accédé Décembre 9, 2007).

- Planton, S. 2004. Changements climatiques futurs en France In: *Changements climatiques, quel impact en France?*. Paris :Greenpeace. 139p.
<http://www.greenpeace.org/raw/content/france/press/reports/impactsclimatiquesenfrance.pdf>
(accédé décembre 20, 2007).
- Planton, S. 2001. *La régionalisation des changements climatiques*. Lettre pigb-pmrc-France n°14. pp.23-28.
<http://mediasfrance.org/Reseau/LettrePigb/index.fr.php> (accédé Décembre 20, 2007).
- Planton et al. 2001. *Applying Climate Scenarios for Regional Studies: with particular reference to the Mediterranean ECLAT-2 Toulouse Workshop Report No. 4 Toulouse, France, 25-27 October 2000*. 2001. Toulouse, France. 96p.
- Prudent-Richard, G. 2007. *Recensement des études concernant les effets du climat et du réchauffement climatique sur les espaces de montagne en France métropolitaine*. 72p.
- Quézel, P. 1999. Biodiversité végétale des forêts méditerranéennes, son évolution d'ici 30 ans. *Forêt Méditerranéenne* XX, no. 1. pp.3-8. <http://www.foret-mediterraneenne.org/Article1.pdf>
(accédé Décembre 9, 2007).
- Rahmstorf, S., et A. Ganopolski. 1999. Long-Term Global Warming Scenarios Computed with an Efficient Coupled Climate Model. *Climatic Change* 43, no. 2. pp.353-367.
- Rambal, S., F. Mouillot, et J.-P. Ratte. Végétation méditerranéenne et cycle de l'eau. Dans *Entre terre et mer – Pour une approche intégrée de la zone côtière du golfe du*, 1-22. Paris. Sous-presse.
- Rappold, G., éd. 2007. The Austrian Forest Programme. Vienna : Republic of Austria, Federal Ministry of Agriculture, Forestry. 162p.
<http://www.walddialog.at/filemanager/download/20266/Waldprogramm%20englisch> (accédé décembre 20, 2007)
- Ravindranath, N.H. 2007. Mitigation and adaptation synergy in forest sector. *Mitigation Adaptation Strategy Global Change* 12. pp.843-853.
- Resco de Dios, V., C. Fischer, et C. Colinas. 2007. Climate change effects on mediterranean forests and preventive measures. *New Forests* 33. pp.29-40.
- Riera, P., J. et al., 2007. Valuation of climate change effects on mediterranean shrublands . *Ecological Applications* 17, no. 1. pp.91-100.
- Rigolot, E. 2002. *Du plan départemental à la coupure de combustible, Guide méthodologique et pratique*. Morières: Editions de la Cardère. 48p.
- Riou-Nivert, P., éd. 2005. Dossier : la forêt face aux changements climatiques. *Forêt-Entreprise* 2, no. 162. pp.11-53.
- Riou-Nivert, P., éd. 2007. Dossier Réchauffement climatique, le forêt privée s'organise. *Forêts de France*, no. 509. pp.17-27.
- Rockel, B., et K. Woth. 2007. Extremes of near-surface wind speed over Europe and their future changes as estimated from an ensemble of RCM simulations. *Climatic Change* 81, no. Supplement

1. pp.267-280.

Roy C., 2006. *Plan Biocombustible, plan directeur pour la valorisation de la biomasse*. Mission Interministérielle pour la valorisation de la Biomasse, Document interne. 89p.

Ruosteenoja, K. et al, 2007. GCM-based regional temperature and precipitation change estimates for Europe under four SRES scenarios applying a super-ensemble pattern-scaling method. *Climatic Change* 81, no. Supplement 1. pp.193-208.

Sabate, S., et al. 2002. Likely effects of climate change on growth of *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* and *Fagus sylvatica* forests in the Mediterranean region. *Forest Ecology and Management* 162, no. 1. pp.23-37.

Sagnard, F., et al., 2002. Structure of Genetic diversity in *Abies alba* Mill. from southwestern Alps: multivariate analysis of adaptive and non-adaptive traits for conservation in France. *Forest Ecology and Management* 157, no. 1-3. pp.175-189.

Sanhueza Bravo, P. 2005. Strategy for large forest fire in Chile: coordination tools for their management and on forest fuel administration for their prevention. *Second International Conference on prevention strategies for fires in Southern Europe, Forest management as a tool for wildfire prevention*. Barcelona, 9-11/5/2005. 12p. <http://www.ctfc.es/confeinfor/htmlangles/presentacio.html> (accédé Décembre 9, 2007).

Savolainen, O. et al., 2004. Genetic variation in cessation of growth and frost hardiness and consequences for adaptation of *Pinus sylvestris* to climatic changes. *Forest Ecology and Management* 197, no. 1-3. pp.79-89.

Seguin, B., 2007. L'agriculture en Europe sous un climat plus chaud. *Pour la science*, dossier N°54, janvier-mars 2007, 4p.

Société forestière de la caisse des dépôts, et Terres d'Europe- SCAFR/SAFER. 2007. Le marché des forêts en France, indicateur 2006. Changement climatique : quel impact sur la santé et la valeur des forêts ? Paris: Société Forestière de la Caisse des Dépôts - Terres d'Europe-Scafr/Safer. 59p.

Somot, S. Régionalisation des scénarios de changement climatique . *Environnement, Risques et Santé* 4 (12). pp.89-94.

Spittlehouse, D. 2005. Integrating climate change adaptation into forest management. *The Forestry Chronicle* 81, no. 5. pp.691-695.

Tabara, D. et al., 2003. Forest fire risk management and public participation in changing socioenvironmental conditions: A case study of a mediterranean region. *Risk Analysis* 23, no. 2. pp.249-260.

Terray L. et Braconnot P. eds., non daté. *LIVRE BLANC ESCRIME, Étude des Scénarios Climatiques Réalisés par l'IPSL & Météo-France*. 70p. <http://www.insu.cnrs.fr/f943pdf,livre-blanc-escrime-tude-scenarios-climatiques.pdf> (accédé décembre 20, 2007)

Tessier, L. 2000. Impacts des changements climatiques en montagne. In : *Impacts potentiels du changement climatique au XXI^e siècle, seconde édition 2000*, pp.99-103. http://www.effet-de-serre.gouv.fr/impacts_en_france (accédé décembre 20, 2007)

Thuillier, W., et al. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. *PNAS* 102, no. 23. pp.8245–8250.

Thuillier, W. et al., 2003. Large-scale environmental correlates of forest tree distributions in Catalonia (NE Spain). *Global ecology and Biogeography* 12. pp.313-325.

Tompkins, E. L., et W. N Adger. 2004. Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change? *Ecology and Society* 9, no. 2: 10. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art10/>. (accédé décembre 20, 2007)

Vennetier, M. 2005. Changement climatique et forêt méditerranéenne. *Info DFCI* n° 55. pp.1-3.

Vennetier, M. et al., 2005. Impact du Changement Climatique sur la productivité forestière et le déplacement d'une limite bioclimatique en région méditerranéenne française. *Ingénieries* 44. pp.49-61.

Vidale, P. L., D. Lüthi, R. Wegmann, et C. Schär. 2007. European summer climate variability in a heterogeneous multi-model ensemble. *Climatic Change* 81, no. Supplement 1. pp.209-232.

Warren, F.J. et al., 2004. *Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspective canadienne*. Éd. D. Lemmen et F.J Warren. Ottawa: Direction des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques. 219p. http://adaptation.nrcan.gc.ca/perspective/index_f.php#toc (accédé décembre 20, 2007)

Western Governor's Association. 2006. A Collaborative Approach for Reducing Wildland Fire Risks to Communities and the Environment 10-Year Strategy Implementation Plan. 40p. http://www.wilderness.org/Library/Documents/upload/WGA_WildfireImplementationPlan_2006.pdf (accédé Décembre 9, 2007).

Westfall, R., et C. Millar. 2004. Genetic consequences of forest population dynamics influenced by historic climatic variability in the western USA. *Forest Ecology and Management* 197, no. 1-3. pp.159-170.

Xanthopoulos, G. et al., 2006. Forest Fuels Management in Europe. In: Andrews et al., Coord. *Fuels Management-How to Measure Success: Conference Proceedings. 28-30 March 2006; Portland, OR*. Proceedings RMRS-P-41. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 809p. http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_p041.html (accédé décembre 20, 2007)

Zebisch, M. et al, 2005. Climate change in Germany, Vulnerability and adaptation of climate sensitive sectors. Dessau: Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt). 205p.

Annexe 3 : Liste des personnes contactées

Prénom	NOM	Organisme / fonction
M. Bernard	ABRIAL	Cemagref, Directeur régional, Nogent sur Vernisson
M. Jacques	ANDRIEU	DGFAR, Directeur adjoint de la Sous Direction de la Forêt et du Bois, Paris
M. Vincent	BADEAU	INRA Unité Ecophysiologie forestière, Ingénieur de recherche, Champenoux
M. Frédéric	BERGER	Cemagref, Unité Ecosystèmes Montagnards, Ingénieur de Recherche, Grenoble
Mme Isabelle	BILGER-FRIEDRICH	CEMAGREF, ingénieur, Nogent sur Vernisson
Mme Patricia	BOSSARD	MAP, DGFAR, Chargé de mission « recherche », Paris
Mme. Nathalie	BREDA	INRA, Unité Ecophysiologie forestière, Directeur de recherches, Champenoux
M. Max	BRUCIAMACCHIE	AgroParisTech-ENGREF, Enseignant, Nancy
M. Christian	CHATRY	ONF, Délégué National Risques Naturels, Toulouse
Mme. Catherine	CLUZEAU	Inventaire Forestier National, Adjointe au chef d'échelon Nord Est, Nancy
M. Antoine	DA GAI	ONF, Chef d'unité territoriale de la Harth, Mulhouse.
M. Patrick	DEBLONDE	DGFAR, SDFB, Bureau de la Forêt et des Territoires, Chargé de mission, Paris
M. Michel	DEQUE	Centre National de Recherche Météorologique Météo-France, Equipe Arpège-Climat, Directeur, Toulouse
M. Patrick	DERONZIER	DGFAR, SDFB, chef du Bureau de la forêt et des territoires, Paris
M. Michel	DESHAYES	CEMAGREF ENGREF, Laboratoire Commun de Télédétection, Montpellier
M. Gérard	DUME	Inventaire Forestier National, spécialiste « Stations forestières », Nogent-sur-Vernisson
M Jean-Luc	DUPOUEY	INRA, Unité Ecophysiologie forestière, Directeur de recherches, Champenoux
M. Bruno	FADY	INRA, Unité de Recherches Forestières Méditerranéenne, Chargé de Recherche, Avignon
M. Gérard	FALCONNET	AgroParisTech - ENGREF, Laboratoire d'Etudes Forêt-Bois, Enseignant chercheur, Nancy

M. Jean-Luc	FLOT	Ministère de l'Agriculture, IDAE, Chef du Département de Santé des Forêts, Paris
M.Thomas	FORMERY	CNPPF, Directeur, Paris
M.Christophe	GALLEMANT	ONF, Direction de l'Environnement et du Développement Durable, Paris
M. Sylvain	GAUDIN	CRPF Bourgogne Champagne Ardennes, Ingénieur, Chalons en Champagne
M. Xavier	GAUQUELIN	ONF, Directeur Territorial de Rhône-Alpes, Lyon
M.Jean-Claude	GAZEAU	Mission Interministérielle à l'Effet de Serre, MEDAD, Président, Paris
M. Jean-Claude	GEGOUT	AgroParisTech - ENGREF, Laboratoire d'Etudes Forêt-BoisEnseignant-Chercheur, Nancy
M.Michel	GRIFFON	ANR, Responsable agriculture , Paris
M Richard	GULDIN	USDA Forest Service, Staff director for science policy, planning, inventory, and information for the research & development ; Washington DC, USA
M.Marc	HANNEVINKEL	Institut de recherche forestière de Bade Wurtemberg, responsable « changement climatique », Freiburg im Breisgau, Allemagne
M.Jean-Christophe	HERVE	Inventaire Forestier National, Directeur scientifique, Nogent sur Vernisson
Mme Claire	HUBERT	Ministère de l'Agriculture, DGER, Sous Directeur de la Recherche, Paris
M. Hervé	JACTEL	INRA, UMR Biodiversité Gènes et Ecosystèmes, directeur de recherches, Cestas
Mme Nicole	JENSEN	MEDAD, gestionnaire comptable, budget hors recherche, Paris
Mme Linda	JOYCE	USDA Forest Service Rocky mountain research Station , Fort Collins, Colorado, USA
M. Antoine	KREMER	INRA, UMR Biodiversité Gènes et Communautés, Responsable, Cestas
M. Guy	LANDMANN	GIP Ecosystèmes Forestiers (ECOFOR) , Directeur-adjoint, Paris
M. Jacques	LAVABRE	Cemagref, UR ouvrages hydrauliques et hydrologie, chargé de recherche, Aix en Provence
M. Eric	LACOMBE	AgroParisTech - ENGREF, Laboratoire d'Etudes Forêt-Bois, Enseignant chercheur, Nancy
M. François	LEBOURGEOIS	AgroParisTech - ENGREF, Laboratoire d'Etudes Forêt-Bois, enseignant chercheur, Nancy
M Franck	LECOCQ	Laboratoire d'Économie Forestière , UMR INRA

		ENGREF, enseignant chercheur, Nancy
M. François	LEFEVRE	INRA, Directeur de recherches, directeur de l'unité de Recherche Forestières Méditerranéennes, Président de la Commission Nationale des Ressources Génétiques Forestières, AVignon
Mme Myriam	LEGAY	Office National des Forêts, poste d'interface « Changement climatique », INRA Champenoux.
M.Jean-François	LERAT	IGGREF, CGAAER , Paris
M. Bruno	LIENARD	ONF, DT Centre Ouest, Boigny/ Bionne
M.Denis	LOUSTAU	INRA, Écologie fonctionnelle et physique de l'Environnement, Directeur de recherches, Cestas
Mme. Stéphanie	LUCAS	IFN, chargé de Communication et relation avec les utilisateurs, Nogent s/ Vernisson
M.Damien	MARAGE	AgroParisTech ENGREF, LERFoB enseignant chercheur, Nancy
M. Benoît	MARCAIS	INRA, Unité de Pathologie Forestière, Directeur de recherches, Champenoux
M. Olivier	MARCO	Délégation nationale aux actions de restauration des terrains en montagne, Directeur Technique, Grenoble
Mme Delphine	MARY	MAP, DGFAR, Sous-Direction de la forêt, chef du bureau des investissements forestiers, Paris
M. Véronique	MATHIEU	Parlement Européen, député française, Strasbourg, Bruxelles et le Val d'Ajol
M. Patrice	MENGIN - LECREULX	Office National des Forêts, Chef du département Recherche et Développement, Fontainebleau
M. Max	PENNEROUX	Société Forestière de la Caisse des Dépôts et Consignations, Directeur Général Adjoint, Paris
M. Vincent	PEREZ	AgroParisTech ENGREF, LERFoB, Technicien SIG, Nancy
M. Jean-Luc	PEYRON	GIP Ecosystèmes Forestiers (ECOFOR) , Directeur, Paris
M. Christian	PIEDALLU	AgroParisTech- ENGREF, Laboratoire d'Etudes Forêt-Bois, Enseignant-Chercheur, Nancy
M. Laurent	PIERMONT	Société Forestière de la Caisse des Dépôts et Consignations, Président Directeur Général, Paris
M. Serge	RAMBAL	Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, CNRS, Directeur du Département Fonctionnement des Ecosystèmes, Montpellier
M. Freddy	REY	Cemagref, Unité de Recherche Ecosystèmes Montagnards, Chargé de Recherche, Grenoble.
M. Eric	RIGOLOT	INRA, Ingénieur de recherche, directeur adjoint de

		l'unité de Recherches Forestières Méditerranéennes, Avignon
M.Philippe	RIOU-NIVERT	CNPPF – IDF, Ingénieur, responsable « Changement climatique », Paris
M. Guillaume	ROUSSET	MAP, DGER, Sous Direction de la Recherche , chargé de mission, Paris
M. Xavier	ROUSSET	CRPF Nord-Pas de Calais Picardie, Directeur, Amiens
M. Claude	ROY	Coordonnateur interministériel pour la valorisation de la Biomasse ; IGGREF, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Paris
M. Jean-François	ROYER	Centre National de Recherches Météorologiques, Météo-France, Groupe de Météorologie de Grande Echelle et Climat, Unité dynamique du climat, Directeur, Toulouse
M. Bernard	SEGUIN	INRA, Avignon, Directeur de recherches, responsable de la mission sur le changement climatique et l'effet de serre de l'INRA.
M Allen M	SOLOMON	USDA Forest Service, National Program Leader for global change research ; Washington DC, USA
M. Jacques	TROUVILLIEZ	Muséum National d'Histoire Naturelle, Chargé de mission, Paris
M. Michel	VALLANCE	ONCFS, directeur scientifique, Auffargis
M. Michel	VENNETIER	Cemagref, Unité des Ecosystèmes Méditerranéens et Risques, Chargé de recherches, Aix en Provence
M. Claude	VIDAL	Inventaire Forestier National, Directeur, Nogent sur Vernisson
M. Thomas	VILLIERS	ONF, Direction territoriale Sud Ouest, Responsable aménagement, Toulouse

Ont également participé à ce rapport :

- L'ensemble des Services Régionaux de la Forêt et du Bois (SeRFoB) (ou anciennement SeRFoB) des régions
- l'ensemble des Directions Territoriales de l'Office National des Forêts
- l'ensemble des Centres Régionaux de Propriété Forestière (CRPF)

Annexe 4 : Informations complémentaires de la partie sur le changement climatique et ses impacts sur la forêt française (Ch. 2)

1 L'autre scénario possible

« Nous ne sommes probablement pas à l'abri d'une « surprise » plus rapide, liée au caractère non linéaire des couplages entre les océans, l'atmosphère et la biosphère. (...) Dans le cas du changement climatique, l'exemple d'un ralentissement du Gulf Stream est parfois mis en avant ». C'est grâce à ce courant marin chaud que le climat est plus doux en Europe qu'au Canada pour des latitudes similaires. La fonte des glaces de mer de la région arctique pourrait causer, en quelques décennies, une diminution de la salinité de l'océan entraînant un ralentissement du Gulf Stream. Le réchauffement climatique mondial moyen se traduirait alors par un refroidissement de certaines régions dont l'Europe de l'Ouest.

Beaucoup d'incertitudes restent cependant en suspend ; tout d'abord, en ce qui concerne les conséquences d'une telle surprise. Mérieux et al. affirment que le ralentissement du Gulf Stream engendrerait « un moindre réchauffement, plutôt qu'un refroidissement (...) sur l'Europe de l'Ouest » (Mérieux et al., 2002). Alors qu'Édouard Bard cite les simulations de deux climatologues de Potsdam dont les « résultats conduisent à un réchauffement mondial moyen qui dépasse les 3°C » mais avec ceci comme différence qu'une simulation conduit à un « refroidissement de plus de 4°C dans la zone Atlantique Nord » et pas l'autre (Bard, 2004). Des études ultérieures montreraient que « les zones situées plus au Nord (de la mer du Labrador) ne seraient pas affectées durant le prochain siècle ». D'autre part, des chercheurs néerlandais ont montré que dans un scénario de refroidissement de l'océan atlantique, on pourrait s'attendre à une augmentation de la fréquence relative des hivers froids et des étés frais, sans pour autant connaître des températures basses sans précédent ni la disparition des vagues de chaleur estivales (Klein Tank et Koennen, 1997). Enfin, il reste une incertitude primordiale à élucider c'est l'estimation de la période à laquelle une telle « surprise » pourrait arriver.

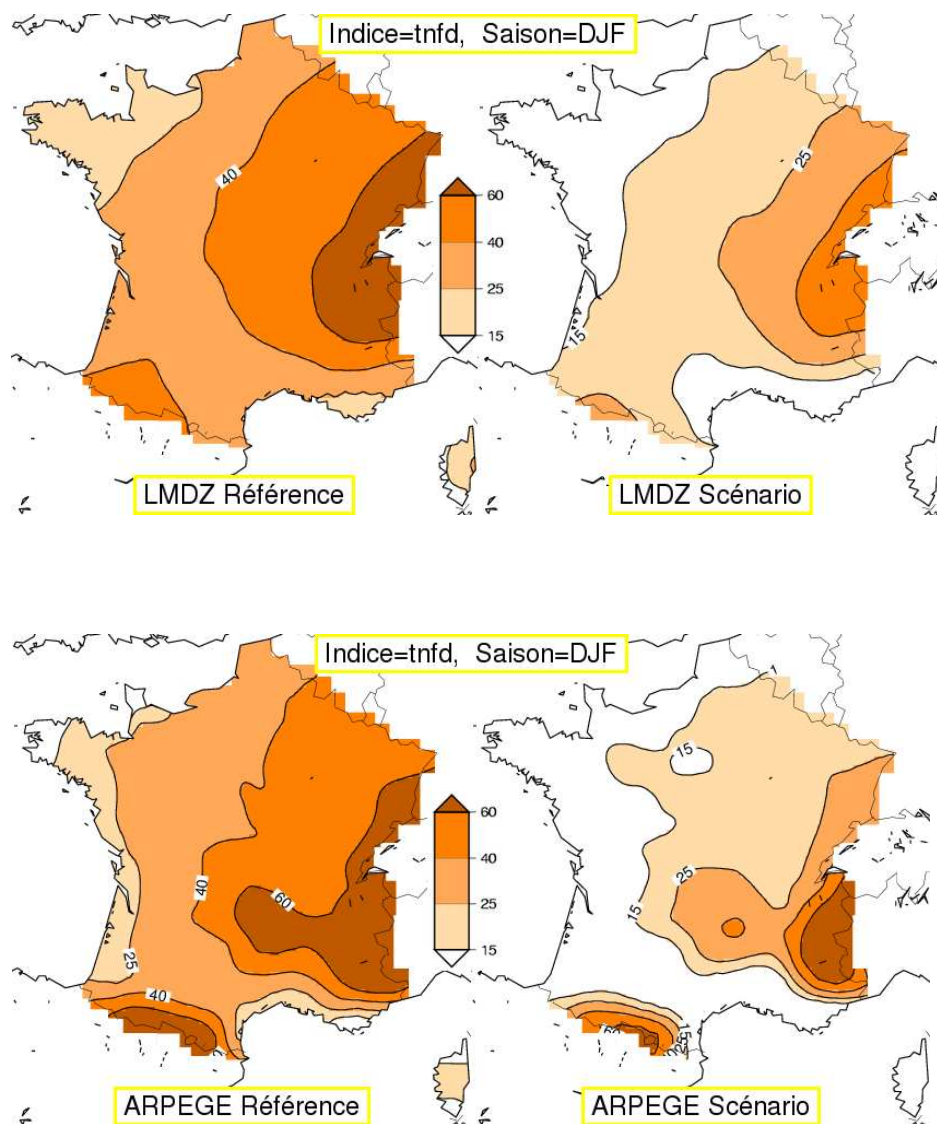
2 La composition des 8 groupes chorologiques des cartes d'évolution potentielle des aires de répartition des essences

Composition des groupes:

- groupe 1 : étage sub-alpin (*Alnus viridis*, *Pinus montana*, *Pinus cembra*, *Punus brigantiaca*, *Laburnum alpinum*, *Rhamnus alpina*, *Sorbus mougeoti*)
- groupe 2 : étage montagnard (*Acer opalus*, *Euonymus latifolia*, *Hyppophae rhamnoides*, *Alnus incana*)
- groupe 3 : espèces communes à l'ensemble des régions de montagne (*Sorbus aria*, *Laburnum anagyroides*, *Ulmus scabra*, *Sorbus aucuparia*, *Abies alba*, *Sambulus racemosa*, *Picea excelsa*)
- groupe 4 : espèces communes en montagne et très présentes en plaine (*Pinus sylvestris*, *Acer platanoides*, *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatannus*)
- groupe 6 : espèces de l'étage collinéen fréquentes dans le sud et l'Ouest et plus rares dans le Nord-Est (*Cedrus brevifolia*, *Rhamnus frangula*, *Mespilus germanica*, *Castanea sativa*)
- groupe 7 : espèces de la moitié ouest de la France (*Pinus pinaster*, *Quercus toza*, *Erica scoparia*)
- groupe 8 : espèces méditerranéennes (*Cupressus sempervirens*, *Erica arborea*, *Fraxinus oxyphylla*, *Juniperus oxycedrus*, *Olea europaea*, *Pinus pinea*, *Quercus ilex*, *Quercus suber*, *Viburnum tinus*)

3 Illustration des différences de prévisions entre les deux modèles climatiques français : CNRM et LMDZ

Voici deux cartes qui explicitent les différences que l'on peut trouver entre les prévisions de deux modèles : ARPEGE en haut et LMDZ en bas. Ici l'exemple est le nombre de jours de gels en 2000 et en 2100 selon le scénario A2. (source : site du projet IMFREX : <http://medias1.mediasfrance.org/imfrex/web/resultats/diagmod/>, consulté le 17/10/2007)



4 Méthode de détermination de l'évolution du bilan hydrique sur la France métropolitaine

(réalisé par Christian Piedallu et Vincent Perez, AgroParistech-Engref, UMR INRA-ENGREF LERFOB)

Objet : Les cartes représentent les bilans hydriques climatiques annuels moyens pendant la période 1960-1990, ainsi que des simulations selon différents scénarios pour la période 2050-2080, et les anomalies (différence entre la valeur future et la valeur actuelle) qui en découlent.

Le bilan hydrique calculé ici quantifie l'eau potentiellement disponible pour les plantes pour un mois donné. Il est qualifié de « climatique » car il ne prend pas en compte le facteur sol, il est calculé de la façon suivante

$$\text{Bilan hydrique (mm)} = P - \text{ETP}$$

Avec P = précipitations et ETP = évapotranspiration potentielle calculée pour chaque mois selon la formule de Turc (cas des régions tempérées) :

$$\text{ETP (mm)} = a * (R_g + 50) * T / (T + 15)$$

avec :

a = pondération dépendant de la période, 0.37 en février, sinon 0.40

R_g = Rayonnement global en cal/cm²/jour

T = température moyenne de l'air en °C

Le bilan hydrique est calculé mensuellement, les valeurs étant ensuite sommées pour les mois correspondant à la période de végétation (de mai à septembre inclus).

Données utilisées : Les valeurs de températures, précipitations et nébulosité utilisées sont extraites du modèle de simulation climatique : HadCM3. C'est un modèle de circulation générale couplée atmosphère-océan élaboré en 1998 par le Met Office Hadley Centre qui est le centre officiel du Royaume Uni pour la recherche sur le changement climatique. Ces données concernent à la fois la période 1960-1990 et les projections futures, une information étant fournie toutes les 10', ce qui correspond pour la France environ à un pixel de 13 km de côté. Deux simulations ont été utilisées concernant les scénarios futurs A2 et B2. L'effet de ces scénarios sur les concentrations de gaz à effet de serre est considéré comme intermédiaire, ils ont été approuvés par le groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat, l'émission de gaz étant cependant plus élevée dans le scénario A2 que B2. En utilisant les données de nébulosité fournies par le modèle HadCM3, le rayonnement solaire est calculé en utilisant le programme Helios développé au LERFOB. Températures, précipitations et rayonnement solaire permettent ensuite le calcul des bilans hydriques climatiques.

Résultats : La valeur moyenne des bilans hydriques pendant la période de végétation a été calculée pour la période 1960-1990. Attention, ces simulations sont réalisées en utilisant le seul modèle HadCM3 d'Hadley, l'usage d'autres simulations pourrait conduire à des résultats différents. Les anomalies sont calculées par différence entre les valeurs moyennes simulées pour les périodes 2050-2080 et valeurs moyennes 1960-1990, selon chacun des scénarios.

Annexe 5 : Recherches sur forêt et changement climatique

A : Financement National (projets achevés , projets en cours)

B : Financement communautaire (projets achevés , projets en cours , projets déposés)

Légende concernant les thèmes :

- (1) Flux de carbone
- (2) Génétique
- (3) Vulnérabilité et croissance
- (4) Risques et ravageurs
- (5) Economique et social
- (6) Biodiversité

RECHERCHES SUR FORET ET CHANGEMENT CLIMATIQUE - A/ FINANCEMENT NATIONAL, Projets achevés

Nom, pilote	Financier	Thème	Période	Publications	Observations
CARBOFOR D LOUSTAU INRA BDX	Ministère de l'Ecologie / GICC	(3) Comportement des écosystèmes forestiers face au changement climatique	2001 - 2004	OUI	La publication est devenue document de référence
REFORME J GUIOT CEREGE, CNRS ,Marseille	Ministère de l'Ecologie / GICC	(3) Comportement des espèces méditerranéennes face au changement climatique et à l'élévation de la concentration de CO2	2003 - 2007	OUI	Mise en évidence de compensations de facteurs (sécheresse, longueur de la saison de végétation, efficience de l'eau, fertilisation par le CO2)
BIODIVERSITE ET CHANGEMENT GLOBAL ?	IFB – GICC	(6) Impact du changement climatique sur la biodiversité	2003 - 2006	Publication des projets faite ; Ouvrage de synthèse en préparation	- R CHEDDADI : Impact du climat sur quelques espèces méditerranéennes : du passé au futur - I CHUINE : Comprendre et prévoir l'impact des changements climatiques sur la répartition de la flore française - N FRASCARIA – LACOSTE : Dynamique de recolonisation du Frêne oxyphylle et d'hybridation avec le Frêne commun face aux changements globaux - L DESPRES : Impact des changements environnementaux sur la dynamique de l'interaction entre le Mélèze et les insectes affectant sa régénération naturelle - J MICHAUX : Impact des changements climatiques globaux du quaternaire chez trois espèces de mammifères forestiers européens et un de leurs parasites - J L DUPOUEY : Dynamique de la végétation dans les forêts de montagne : impact des changements climatiques.

RECHERCHES SUR FORET ET CHANGEMENT CLIMATIQUE A/ FINANCEMENT NATIONAL, Projets en cours 1

Nom, pilote	Financier	Thème	Période	Observations
CARBOFrance Ph FEYLIN Ph CIAIS LSCE, CEA CNRS GIF/Y	GICC	(1) Impact des extrêmes climatiques sur les flux de Carbone à l'échelle de la France	2007 – (démarrage effectif)	- Volet 1 : analyse des flux de CO2 et d'eau sur 14 sites et relations avec la la croissance des plantes ; - Volet 2 : simulation des effets du climat sur la végétation résolution 8x8 km ; non financé ; - Volet 3 : Comparaison de la variabilité des bilans de carbone simulés avec l'inversion des concentrations ; financé ;
QDIV P LEADLEY – PARIS XI	ANR - IFB	(6) Quantification des effets des changements globaux sur la diversité végétale au niveau national	2005 -	Retombées attendues : - Établissement de programmes de suivi de la végétation - Cartes des risques liés aux changements climatiques - Compréhension des mécanismes de réponses des plantes aux changements
FUNDIN J GARBAYE INRA NCY	ANR Programme Biodiversité 2006	(6) Conservation et exploitation de la diversité fonctionnelle des communautés d'ectomycorhizes dans les écosystèmes forestiers	2007 -	
DIVERSITALP W THUILLER CNRS Grenoble	ANR - IFB Programme Biodiversité 2007	(6) Impact des changements globaux sur la flore des Alpes françaises : distribution des diversités spécifiques, fonctionnelles et phylogénétiques	2008 -	Retombées attendues : simulations et stratégies de conservation
ORPHEE H JACTEL INRA BORDEAUX	MEDAD MAP ECOFOR / BIODIVERSIT E ET GESTION FORESTIERE	(6) Observatoire de recherche sur la phénologie des arbres et le fonctionnement des écosystèmes forestiers Aquitaine , 2 chênes caducs , 2 chênes décidus, Bouleau et Pin maritime	2005 -	Résultats attendus sur : - rôle des niveaux et composantes de la diversité dans le fonctionnement des écosystèmes - Bilan net de productivité des peuplements selon leur diversité fonctionnelle - Évolution démogénétique des peuplements de diversité phénologique variable - Échelles de réponse des peuplements aux contraintes climatiques.

RECHERCHES SUR FORET ET CHANGEMENT CLIMATIQUE A/ FINANCEMENT NATIONAL, Projets en cours 2

Nom, pilote	Financier	Thème	Période	Publications	Observations
DRYADE N BREDAS - INRA NCY	ANR VULNERABILITE 1 M Euros	(3) Vulnérabilité des forêts face aux changements climatiques	2007 -		- Etude des facteurs de vulnérabilité à différentes échelles - Modélisation des risques de dépérissement, en intégrant les ravageurs - <i>Q. petraea</i> et <i>robur</i> , <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Abies alba</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i>
DROUGHT S RAMBAL CNRS MONTPELLIER	ANR VULNERABILITE Maximum 200 k€	(3) Ecosystèmes méditerranéens face à davantage de sécheresses : événements climatiques extrêmes <i>Quercus Ilex</i> et <i>Pinus Halepensis</i>	2007 -		- Index de vulnérabilité pour les écosystèmes méditerranéens - Comprendre les variations de cet index à différentes échelles d'espace et de temps - Progresser dans la modélisation des flux écosystémiques de carbone - Comparer la vulnérabilité de différents écosystèmes méditerranéens au changement climatique
Natura 2000 JC GEGOUT ENGREF NCY	MEDAD Env 25 k€	(3) Impact du changement climatique sur les espèces végétales et les habitats du réseau " Natura 2000 "	2007 – 2008		Etude à but méthodologique
PHÉNOLOGIE DU CHÊNE A KREMER ? INRA BDX	Appel à propositions du Bureau des Ressources Génétiques 2007-2008	(2) Diversité de la phénologie du bourgeon apical chez le chêne	2007 -		Génétique moléculaire, quantitative et des populations d'un caractère adaptatif majeur en tests de provenances
URTICLIM A ROQUES INRA ORL	ANR - IFB Programme Biodiversité 2007	(4) Anticipation des effets du changement climatique sur l'impact écologique, sanitaire et social d'insectes forestiers urticants	2008 -		

DST	ANR AGRICULTURE ET DEVELOPPEMENT DURABLE	(4) Dégradation des sols par tassement	2007 -		Le lien avec le changement climatique est réalisé par les tempêtes et dépérissements qui induisent plus de récoltes mécanisées de bois
------------	---	--	--------	--	--

RECHERCHE SUR FORET ET CHANGEMENT CLIMATIQUE - B / FINANCEMENT COMMUNAUTAIRE, Projets achevés

Nom, pilote	Financier	Thème	Période	Publications	Observations
RECOGNITION EFI	UE , 4 ^e programme cadre	(3) Causes de l'augmentation de productivité des forêts européennes	1999-2002	NON	Rôle probable majeur des dépôts atmosphériques azotés

RECHERCHES SUR FORET ET CHANGEMENT CLIMATIQUE - B / FINANCEMENT COMMUNAUTAIRE, Projets en cours 1

Nom, pilote	Financier / acteurs	Thème	Période	Observations
CARBOEUROPE E D SCHULTZE	UE , 6 ^e PCRD 25 M Euros 15 pays, 69 institutions	(1) Série de 8 Projets Multidisciplinaires	2003-2008	Quantification de la capacité des forêts à stocker du carbone France : 2 équipes INRA Continuation probable 7 ^e PCRD
EVOLTREE A KREMER - INRA BDX	UE , 6 ^e PCRD 25 partenaires 15 pays 14 M euros	(2) Réseau d'excellence Prédiction des réponses des espèces et des communautés aux changements environnementaux	2006 - 2010	Ecologie, Evolution, Génétique, Génomique Résultats pour scientifiques, grand public et professionnels de la forêt
TREEBREED EX L PAQUES INRA ORL	UE , 6 ^e PCRD 28 participants 2,8 M euros	(2) Mise en réseau d'infrastructures liées à l'amélioration génétique et à la création variétale forestière	2006 - 2010	Création d'un centre européen " virtuel " d'amélioration génétique des arbres forestiers

EUFIS ?	UE DG AGRICULTURE 6 pays	(2) Système européen d'information sur les ressources génétiques forestières	?	Coordonné avec EUFORGEN En France : E COLIN, CEMAGREF
ALTERNET CEH T PARR & A WATT	UE , 6 ^e PCRD 17 pays, 24 participants	(6) Réseau d'excellence Déterminants socio-économiques de la biodiversité et ses changements	2006 - 2009	Intégration des réseaux suivis par ICP France : CEMAGREF (D TERRASSON) Peu de changement climatique
DAISIE ?	UE 78 kEuros	(4) Projet spécifique ciblé de recherche Inventaire des espèces envahissantes	?	Fournir des bases pour empêcher les invasions biologiques Participation A ROQUES INRA ORL (insectes)
POPFIME ?	UE	(4) Action Marie Curie Sur la dynamique des populations d'insectes invasifs s'attaquant aux graines forestières	?	France : M BARITEAU , INRA AVI
RAPRA ?	UE , 6 ^e PCRD	(4) Conséquences de l'introduction de <i>Phytophthora ramorum</i> champignon de quarantaine des chênes	?	France : C HUSSON, INRA

RECHERCHES SUR FORET ET CHANGEMENT CLIMATIQUE - B / FINANCEMENT COMMUNAUTAIRE, Projets en cours 2

Nom, pilote	Financier	Thème	Période	Observations
FIREPARADOX ?	UE , 6 ^e PCRD 15 millions Euros 12 pays, 32 participants	(4) Projet Facteurs de l'éclosion et de la propagation des incendies de forêts	2006 - 2009	France : CEMAGREF et INRA AVI
EFORWOOD	UE , 6 ^e PCRD 20 millions Euros 18 pays, 34 participants	(5) Changement global et écosystèmes	?	Impacts de la filière forêt bois européenne sur la durabilité environnementale, sociale et économique Aspects forestiers : INRA BDX , participation LEF INRA ENGREF Ncy

SEAMLESS U WAGENINGEN	UE , Commission 15 millions Euros 30 participants	(5) Recherche sur les politiques publiques agricoles et environnementales	- 2009	France : INRA, CIRAD, CEMAGREF
GLOCHAMORE U de VIENNE AUTRICHE	UNESCO ?	(6) Action spécifique de soutien Causes et impacts des changements globaux en montagne	?	Gestion des réserves de biosphère en montagne
CLIMCHALP ?	UE INTERREG	(5) Impact changement climatique sur le tourisme dans les Alpes	?	
KNOWFORALP ?	UE INTERREG III B FEADER 0,8 million Euros, 19 participants 7 pays	(5) Echanges d'expériences et de connaissances ; principales institutions forestières alpines	?	France : CEMAGREF GRE, F BERGER

RECHERCHES SUR FORET ET CHANGEMENT CLIMATIQUE - B / FINANCEMENT COMMUNAUTAIRE, Projets déposés

Nom, pilote	Financier	Thème	Période	Observations
MONTE ?	UE , 7 ^e PCRD Environnement	(3) Vulnérabilité des régions de montagne face au changement climatique		
EBONE ?	UE , 7 ^e PCRD Environnement	(6) Réseau européen d'observation de la biodiversité		
INNOMES ?	UE , 7 ^e PCRD Environnement	(5) Méthodes innovantes pour mesurer l'utilisation durable des ressources forestières au regard de la biodiversité, la séquestration du carbone, la biomasse et la production de bois		
NOVELTREE C BASTIEN INRA ORL	UE , 7 ^e PCRD Agriculture	(2) Sélection variétale forestière par voie phénotypique ou génotypique	2008 ? -	Bonne probabilité d'être accepté
ENERGYPOPL AR ?	UE , 7 ^e PCRD Agriculture	(2) Le peuplier comme source d'énergie	2008 ? -	Bonne probabilité d'être accepté

Annexe 6 : Réseau de suivi de l'état sanitaire de la forêt domaniale de la Harth (Haut-Rhin)

Les gestionnaires de la forêt domaniale de la Harth et le Département de la Santé des Forêts (DSF) sont alertés par des dépérissements importants dès 1989: mortalités, attaques répétées et massives d'insectes, En 1991, les dépérissements sont tellement importants que le gestionnaire est contraint de « prendre des mesures drastiques pour limiter l'impact économique du phénomène : arrêt de l'aménagement en cours, martelage sanitaire sur l'ensemble de la forêt, exploitation rapide des bois infestés d'insectes sous-corticaux... » (Dubois-Coli C. et al., 2006). Les incertitudes sur les causes de ce phénomène singulier (dépérissement pluri-spécifique) amènent les forestiers à faire appel aux chercheurs à travers la mise en place par l'ONF de « l'Observatoire Ecologique de la Harth » en 1994. Cet observatoire a comme but de comprendre les causes des dépérissements observés. Un réseau de placettes est installé en 1995 où des notations sont effectuées deux fois par an et de nombreuses études sont réalisées. Les activités de cet observatoire demandent un investissement exceptionnel, c'est pourquoi il sera intégré en 1996 à un projet INTERREG II avec l'Allemagne où des phénomènes similaires sont également observés. A partir de 2000 (fin du projet), le dispositif est allégé jusqu'en 2002; il sera réactivé en 2004 pour suivre les conséquences de la sécheresse de 2003.

1 Les moyens techniques et humains mis en œuvre

Le réseau est constitué d'une centaine de placettes de 20 arbres où des relevés sont effectués deux fois par an : notation de l'impact d'évènements annuels au printemps (attaques de défoliateurs, gels tardifs), notation de l'état sanitaire général en été (ou en hiver). Du matériel a été acheté par l'ONF mais l'essentiel du matériel nécessaire aux recherches était fourni par l'INRA.

Du temps du projet INTERREG l'ONF a affecté à l'opération 1 technicien et un ingénieur à mi-temps et des chargés d'études et stagiaires en fonction des besoins. Actuellement, le recueil des données est assuré par le personnel de gestion, et correspond à 15-20 jours au printemps, et à une trentaine de jours en été. En ce qui concerne l'analyse, elle est faite au Service d'Appui Technique. Un rapport a été fait en 2004, en 2006.

2 Intégration des résultats dans l'aménagement et la sylviculture de la forêt de la Harth

Les résultats de recherche ont éclairé les causes du dépérissement dans la forêt de la Harth. Les dépérissements observés sont principalement dus à un déficit hydrique très marqué (pas assez d'eau pour trop d'arbres). En conséquence, « une bonne gestion de la réserve en eau dans les conditions édaphiques telles que celles de la Harth passe par une réduction de la consommation en eau des peuplements, techniquement possible par une baisse de l'indice foliaire, autrement dit par le retour à des futaies claires » (Dubois-Coli C. et al., 2006).

Ces résultats ont été traduits en nouvelles pratiques qui ont été intégrées dans le nouvel aménagement de la forêt. Une conversion en futaie irrégulière par parquets, plutôt par balivage que par vieillissement a été choisie par l'ONF. Il s'agit à terme d'avoir une chênaie avec très peu de chêne pédonculé (qui n'est pas en station), sans taillis, claire et rajeunie.

Les pratiques sylvicoles entreprises pour atteindre cet objectif sont les suivantes :

- favoriser le chêne sessile au détriment du chêne pédonculé lors des éclaircies et de la régénération

- éclaircir plus fortement le taillis (garder une tige sur trois, la plus grosse), tout en veillant à éviter l'éclaircissement brutal des troncs de chêne qui provoque des coups de chaud (mortalité du chêne).
- récolter les arbres dépérissants avant qu'ils ne perdent toute valeur économique.

Des tests d'intensités de balivage, ainsi que des plantations comparatives d'essences allochtones ou de provenances de chêne ont été réalisés dans le cadre du projet INTERREG II dont il n'est pas possible actuellement de tirer des conclusions. Des plantations par bouquets ont également été faites dont les résultats ont été aussi bons que ceux de plantations en plein. Cette méthode a été étendue à la régénération naturelle, qui est par ailleurs favorisée.

Localement, le gestionnaire était inquiet de la santé de ses peuplements. Faire appel à la recherche qui était alors intéressée à ses problématiques a permis, d'une part, de mettre en lumière les causes de ses dépérissements et, d'autre part, de traduire ces résultats sur le plan opérationnel en de nouvelles pratiques de gestion. L'intégration dans l'aménagement de ces résultats va également permettre d'évaluer l'apport de ces nouvelles orientations et pratiques.

Un défi à La Harth consiste à poursuivre, dans la longue durée, l'observation fine et régulière de l'état de santé des peuplements dans le cadre de la gestion « ordinaire ». La réussite tiendra certainement en grande partie à la motivation des personnels et à la technicité de leur travail. Le maintien de relations régulières (même si elles sont espacées) avec les chercheurs sera pour cela nécessaire, pour maintenir la qualité des protocoles d'observation, et pour aider à la compréhension et à la traduction dans la gestion courante des résultats obtenus.

Cependant, ce travail de longue haleine a mis 4 ans pour obtenir les premiers résultats (comprendre les causes du dépérissement) et mettra encore quelques décennies pour tirer des conclusions des essais sylvicoles (encore inexploitable). C'est une démarche longue et financièrement lourde qu'il serait difficile de généraliser à toutes les forêts connaissant des dépérissements. Néanmoins un tel dispositif pourrait inspirer une démarche similaire afin d'éclairer intellectuellement et opérationnellement les forestiers confrontés à des problématiques différentes (exemple : peuplements RTM, zone de contact pin d'Alep/pin sylvestre en région méditerranéenne), sans attendre d'être dans un cas extrême comme celui-ci mais en intervenant à des stades plus précoces.

Annexe 7 : Initiatives de pays étrangers en matière d'adaptation au changement climatique

Ci-après sont exposées les initiatives nationales des pays de l'Union Européenne ainsi que de quelques pays hors Union Européenne (Australie, Canada, Etats-Unis, etc.). Cette liste est issue de plusieurs sources, notamment le projet CIRCLE (Climate Impact Research Coordination for a Larger Europe) (Medri et al. 2006) qui a recensé toutes les initiatives de plusieurs pays, des rapports de l'Agence Européenne pour l'Environnement, et des différents sites de ministères. Malgré des sources d'information variées, il est difficile de recenser les informations voulues. Une base de données actualisée concernant les initiatives d'adaptation de chaque pays pourrait permettre de centraliser les informations et constituer un premier pas vers le partage d'expériences en la matière.

Pays de l'Union Européenne

Allemagne :

Structures ad hoc :	Centre d'expertise sur les changement climatiques et l'adaptation : KomPass : Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung http://osiris.uba.de/gisudienste/Kompass/ German Advisory Council on Global Change http://www.wbgu.de/
Cadre national :	Pas de cadre officiel
autres	Le programme Forestier National Allemand contient un chapitre sur (4.4) Le rôle des forêts dans le cycle du carbone, (4.5) L'importance du matériau bois comme énergie renouvelable. http://www.bmelv.de Une étude a été menée par l'Institut de Recherche sur les Impacts du Climat de Potsdam pour l'Agence Environnementale Fédérale auprès d'experts régionaux (13 <i>Bundesländer</i>). Une partie des résultats sont exposés dans l'illustration suivante.

Tab. 4-3: Rating of the degree of effectiveness of adaptation measures to mitigate risks and capitalize on opportunities of climate change in the forestry sector.

Adaptation measures	Risks										Opportunities		
	Longer periods of aridity	More extreme periods of aridity	More frequent extreme rainfall events	Increased precipitation	More frequent or more intense storms	Declining groundwater tables	Decreased species diversity	New pests	Increased susceptibility to pests	Increased risk of forest fires	Conflicts with other land users	Increased potential yield	Wider range of suitable habitats (climatic regions)
Plantation of drought-resistant species	X	X				X	X						X
Conversion to mixed forests	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Maintaining genetic diversity		X	X			X	X	X	X			X	X
Prevention of forest fires	X	X								X			
Changes in Water Management Plans	X	X		X		X				X	X		

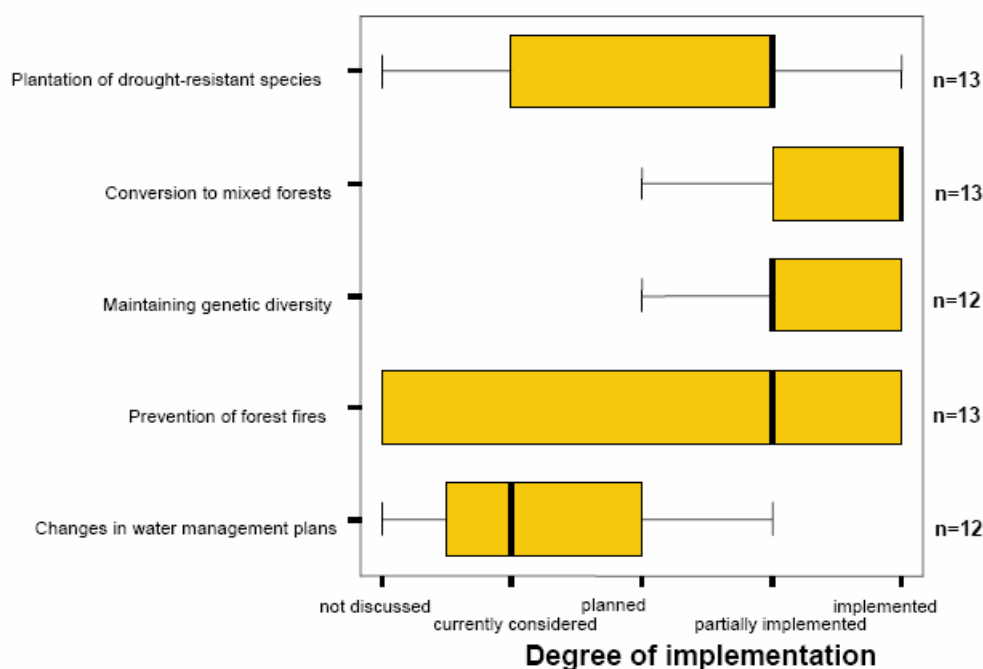


Fig. 4.3-6: Assessment of the degree of implementation of measures that are suitable to adapt to climate change in the forestry sector. Sample size: 13 telephone interviews in all 13 federal states¹⁷. n.d. = no data.

Tableau 3: résultats de l'étude menée en Allemagne afin d'estimer la vulnérabilité de différents secteurs (dont le secteur forestier) au changement climatique (source : (Zebisch et al., 2005).

Autriche

Structures ad hoc :	Austrian Council on Climate Change (fondé en 1996) http://www.accc.gv.at/
Cadre National :	(atténuation) Die nationale Klimastrategie 2008-2012 (élaborée par le Lebensministerium) Le Programme Forestier autrichien (2007) est divisé en 7 thématiques politiques dont la première est intitulée « la contribution des forêts autrichiennes à la protection du climat » chaque thématique est divisée en plusieurs principes eux-mêmes déclinés en buts. Un des principes est : <u>(P1) Préservation de la vitalité et de l'adaptabilité des forêts pour leur permettre de jouer rôle de puits de carbone</u> avec comme buts (goal) notamment : (Z3) Connaissances améliorées dans la recherche sur les impacts du changement climatique et en particulier et approfondissement sur les forêts autrichiennes, leurs santé et fonctions. (Z6) Stabilisation des écosystèmes forestiers face à l'imminent changement climatique en promouvant, et quand nécessaire, en améliorant la gestion forestière durable ainsi que le développement et la mise en oeuvre de mesures d'adaptation adéquates. Seules deux mesures correspondantes sont mises en exergue : ● 1.1.1 Développement et mise en oeuvre d'un système de suivi reconnu ● 1.1.3 Développement de stratégies d'adaptation adéquates pour les peuplements forestiers (recherche en fonction des scénarios, développement d'une base de connaissances, de conseils et de promotion concernant en particulier des mesures sylvicoles et de forêt de protection.)

Belgique :

Cadre National :	Plan Climat 2002-2012 (stratégie d'atténuation) Une stratégie d'adaptation devrait être incluse dans le Plan Climat 2002-2012. Cependant très peu d'initiatives ont été prises jusqu'ici pour la développer.
autres	Un comité scientifique a été mis en place à l'initiative du ministre pour suivre la question d'adaptation de la gestion forestière face au changement climatique. (source : http://www.iewonline.be/spip.php?article1332) article dans Unasylva : Laurent, 2003. <i>Gestion forestière et changement climatique en Wallonie, Belgique</i> . Unasylva 214/215, vol 54. pp.64-67

Extrait de la quatrième communication belge à la CCNUCC ((la Commission Nationale Climat, 2006)

« Depuis une quinzaine d'années, les administrations régionales responsables de la gestion forestière ont surtout contribué à favoriser le remplacement des résineux, tels que l'épicéa et le pin sylvestre, par d'autres essences mieux adaptées aux hivers doux et pluvieux, comme le Douglas et les feuillus. Des incitants réglementaires et financiers sont utilisés, en particulier sous la forme de subsides accordés aux plantations qui suivent un guide des espèces adaptées au climat actuel. D'une façon plus générale, les pratiques sylvicoles visent à favoriser les essences les mieux adaptées aux conditions locales (actuelles) du milieu, ce qui constitue une première étape dans l'adaptation aux changements futurs. La diversification des essences et la conservation d'écosystèmes peu modifiés par l'homme contribue également à améliorer la capacité d'adaptation des forêts aux changements. Bien que la réglementation n'en tienne pas encore explicitement compte, l'évolution future du climat est de plus en plus prise en considération dans les choix de plantations. Le renforcement de mesures visant à limiter les chablis est également envisagé (éclaircies, diminution de la densité des peuplements, etc.). D'autres effets indirects sont également attendus, mais restent actuellement difficiles à quantifier. Ainsi, les politiques et les mesures visant à développer la production d'énergie par la biomasse auront probablement un impact important tant sur le choix des essences (favoriser le bois de chauffage par exemple) que sur les pratiques sylvicoles (développement des peuplements à courte rotation). »

Bulgarie

Cadre National :	En Bulgarie, il existe un Plan d'Action National sur le changement climatique pour 2005-2008 qui sera bientôt révisé et mis à jour. Cependant, la politique climatique de Bulgarie s'est focalisé en premier lieu sur l'atténuation.
autres	Lien : http://www.bluelink.net/climate/e_bulgaria.shtml

Danemark :

Structures ad hoc :	Un corps fédéral interministériel (le Comité danois du Climat) est chargé d'assurer la mise en oeuvre de la politique climatique. La direction générale de la protection de l'environnement préside le comité et en est le secrétariat. Contact : Danish environmental Protection Agency http://glwww.mst.dk/homepage/
Pan d'actions :	la Danish Government's Strategy for Climate Adaptation pour 10 ans. La stratégie inclut les initiatives suivantes : • une initiative pour une information ciblée, avec un portail internet sur l'adaptation au changement climatique • une stratégie de recherche, avec l'établissement d'une unité de coordination pour s'assurer que la recherche climatique danoise est plus focalisée sur l'adaptation • l'établissement d'une organisation, avec un groupe de coordination interministérielle pour s'assurer que les efforts sont coordonnés entre autorités publiques.
autres	Danemark-études de cas- adaptation au changement climatique <u>Une étude des expériences d'adaptation au CC dans d'autres pays</u> <u>CC et distribution d'espèces : Conséquences potentielles du CC sur le distribution des espèces et la biodiversité au Danemark en utilisant les plantes vasculaires comme exemple</u> Des mesures d'adaptation ont été adoptées dans certains secteurs (foresterie, protection côtière) et uniquement identifiées dans d'autres (agriculture, santé). Au Danemark, une approche de gestion forestière proche de la nature qui intègre des éléments relatifs au changement climatique est prise notamment grâce à : ● l'augmentation du mélange des espèces et des âges des peuplements ● l'accent mis sur la réintroduction d'espèces autochtones et le rétablissement d'une structure forestière plus naturelle ● mais aussi l'expérimentation avec des espèces allochtones. Ce processus implique un engagement très important de la part des acteurs et a été nommé « gestion collaborative adaptative ». Cette approche démontre une volonté d'éviter l'utilisation de plans gigantesques et des visions descendantes (« top-down ») et introduit un système plus intégré à l'échelle du paysage. Ce travail comprend aussi une évaluation des coûts et bénéfices de ces approches (économie forestière).

Espagne :

Structures ad hoc :	• Bureau Espagnol du changement Climatique OECC • Le Conseil National du Climat • La Commission de Coordination de Politiques pour le Changement Climatique (CCPCC) • Le Groupe Interministériel du Changement Climatique (GICC) Contact : Direction Générale du bureau espagnol du changement climatique (OECC) : buzon-oecc@mma.es
Loi – directives :	Loi 43/2003 du 21 novembre : <u>Septième disposition additionnelle :</u> Les Administrations Publiques élaboreront une étude sur les besoins d'adaptation du territoire forestier espagnol au changement climatique, y compris une analyse des méthodes d'aménagement et de traitements sylvicoles
Pan d'actions :	<u>Plan national d'adaptation au changement climatique (section forêts)</u> (Élaboration : Bureau Espagnol du changement Climatique OECC) <u>Lignes d'activité du Plan National d'Adaptation dans le secteur forestier</u> Les mesures, activités et lignes de travail suivantes seront menées à bien dans le cadre du Plan National d'Adaptation afin d'évaluer les impacts, la vulnérabilité et l'adaptation relatifs au secteur forestier : → Élaboration de directives et évaluation des techniques et modèles de gestion adaptative forestière au changement climatique : techniques de régénération, contrôle et adéquation des rotations et des intensités d'utilisation, sélection des origines des semences dans les reboisements, etc.. → Évaluation précise de la biomasse souterraine et aérienne des espèces et systèmes forestiers espagnols → Développement et application de modèles de croissance forestière sous différents scénarios de changement climatique → Évaluation des bilans de carbone pour différents types d'écosystèmes forestiers espagnols → Évaluation des interactions entre sécheresse, risque d'incendie et l'occurrence de ceux-ci, et la réponse de la végétation à des situations défavorables. → Identification d'un système d'indicateurs forestiers du changement climatique et mise sur le point d'un système surveillance et alerte précoce.
Autres :	Un premier programme de travail relatif au plan national d'adaptation au changement climatique a été prévu dans certains secteurs (ressources hydrologiques, biodiversité et zones côtières) dont les premiers résultats sont attendus d'ici 2007 et l'évaluation dans les autres secteurs prévue à partir de 2008.

Finlande :

Structures <i>ad hoc</i> :	Il n'y a pas de structure <i>ad hoc</i> . C'est le Ministère de l'Agriculture et de la Foresterie qui a coordonné la préparation de la Stratégie Nationale d'Adaptation et qui est responsable de la coordination du Programme de Recherche sur l'Adaptation.
Pan d'actions :	Stratégie Nationale d'Adaptation au Changement Climatique de la Finlande. Responsables pour la stratégie: Veikko Marttila, veikko.marttila@mmm.fi Pirkko Heikinheimo, pirkko.heikinheimo@mmm.fi La stratégie est mise en oeuvre à travers des programmes et stratégies concernant plusieurs secteurs dont le secteur forestier décrit dans le tableau suivant. (mise en oeuvre le Ministère de l'agriculture et de la Foresterie)
autres	Programme de Recherche sur l'Adaptation au Changement Climatique (2006-2010)* Responsable pour le programme de recherche : <u>Coordinateur Pirkko Heikinheimo</u> <u>pirkko.heikinheimo@mmm.fi</u> <u>secteur forestier:</u> <i>Que peuvent nous dire les essais de provenances sur l'acclimatation des arbres à un climat changeant?</i> Responsable : Annikki Mäkelä, University of Helsinki <i>Matériel de reforestation à base de pin pour l'année 2050?</i> Responsable : Pertti Pulkkinen, Finnish Forest Research Institute <i>Scénarios régionaux de ressources forestières dans un climat changeant – planification pour une gestion forestière adaptative et risques.</i> Responsable : Tuula Nuutinen, Finnish Forest Research Institute <i>L'effet du changement climatique sur les dommages biotiques en forêt boréale.</i> Responsable : Pekka Niemelä, University of Joensuu <i>La croissance des peuplements forestier dans un climat changeant – développement d'un système de modélisation générale et son application dans les peuplements de pin.</i> Responsable : Annikki Mäkelä, University of Helsinki <u>Biodiversité :</u> <i>Biodiversité et changement climatique : efficacité du réseau de réserves naturelles et de pâturages dans le maintien des populations d'espèces.</i> Responsable : Miska Luoto, University of Oulu Les problèmes liés au changement climatique sont au coeur de l'attention portée à la préparation du Programme National Forestier de 2015. Le Gouvernement finlandais devrait adopter le programme forestier national 2015 vers la fin de l'année 2007.

		Mesures proactives	Mesures réactives
Secteur public	Administration et planification	• Inclusion des aspects relatifs au Changement Climatique dans le Programme Forestier National* • Révision des recommandations de gestion pour correspondre au changement climatique** • Protection des pools de gènes des arbres forestiers*	
	Recherche et Information	• Développement d'une gestion forestière s'adaptant au changement climatique et l'atténuant* • Développement d'un système pour anticiper et surveiller les dégâts*	
	Mesures économico-techniques	• Développement de l'exploitation* • Amélioration des arbres* • Contrôle des pathogènes*** • Entretien des routes forestières*	• Exploitation rapide des peuplements sinistrés par des tempêtes afin de prévenir les dommages importants** • Sélection de l'origine du Matériel Forestier de Reproduction artificielle**
	Cadre normatif	• Évaluation des besoins de changement dans la législation forestière dans des conditions climatiques changeantes**/** • Interdiction potentielle d'importation de bois de zones les plus infestées ***	
Secteur privé		• Préparation de plan de gestion forestière sur la base des nouvelles recommandations de gestion**/**	• Exploitation rapide des peuplements sinistrés par des tempêtes afin de prévenir les dommages importants**

Tableau 4: Résumé des mesures indicatives d'adaptation au changement climatique dans le secteur forestier et indication temporelle * immédiat : 2005-2010, ** court terme :2010-2030, ***long terme :2030-2080 (source : (Marttila et al. 2005))

France :

Structures ad hoc :	Observatoire National sur les effets du réchauffement climatique sous le Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables. http://www.ecologie.gouv.fr/-ONERC-.html
Cadre national :	La stratégie Nationale d'Adaptation au Changement Climatique Section Forêts : <u>Recommandation 43</u> Il est recommandé de conduire une stratégie de précaution afin de renforcer les capacités d'adaptation et de résilience des forêts. Le choix des espèces doit se faire à l'échelle locale, en fonction de l'ensemble des paramètres écologiques de la station. Même si la sensibilité aux contraintes hydriques et au vent dépend largement d'autres facteurs, on peut conseiller les mélanges d'essences (là où ils pourront être gérés dans de bonnes conditions) notamment vis-à-vis de certains ravageurs. La présence de lisières structurées offrira également une meilleure protection de la forêt contre les vents violents. Enfin, dans les peuplements à vocation de production ligneuse ou de protection des sols, il est recommandé de pratiquer des éclaircies précoces et fortes afin de réduire la compétition pour l'eau et d'accroître la stabilité des peuplements. L'impact sur le bilan minéral et les avantages liés notamment à un mélange d'essences devront être mieux évalués.

Irlande :

Cadre National :	Le Gouvernement a publié une nouvelle stratégie pour le changement climatique 2007-2012. Le gouvernement doit développer une stratégie nationale d'adaptation d'ici à deux ans. Elle fournira un cadre pour l'intégration des questions d'adaptation dans les prises de décisions au niveau national et local.
Autres :	Certaines mesures d'adaptation ont été mises en oeuvre dans peu de secteurs (foresterie, gestion intégrée des zones côtières), d'autres options d'adaptations ont seulement été identifiées pour d'autres secteurs (ex :conservation de la nature) Un projet de recherche intitulé CLIMADAPT Utilisation de la Classification des Sites Écologiques pour l'adaptation au changement climatique des forêts et de leur gestion (<i>The use of Ecological Site Classification in adapting forests and their management to climate change</i>) OBJECTIFS : Développement d'une méthodologie pour soutenir une classification écologique des sites (ESC) pour l'Irlande. Contact. Duncan Ray Forest Research Email: Duncan.ray@forestry.gsi.gov.uk

Italie :

Cadre national :	Pas de Stratégie Nationale d'Adaptation
autres	Projet Biorefugia (évaluation de la répartition actuelle et future des espèces forestières majeures dans le centre de l'Italie (régions du Latium et des Abruzzes)) Conférence nationale sur le changement climatique (12-13 septembre 2007) Congrès de la SISEF : 25-27 septembre sur « la gestion des forêts entre changement climatique et actions locales » Il existe un réseau similaire au réseau RENECOFOR : le CONECOFOR (controlli ecosistemi forestali)

Pays-bas

Cadre National :	Pas de cadre national officiel
Autres :	Nouveau programme de recherche pour rendre les Pays Bas « climate-proof » : 50 millions d'euros. Les mesures d'adaptation sont bien développées dans le secteur de l'eau (gestion des aires côtières et riveraines) D'autres mesures d'adaptation existent dans la gestion des écosystèmes (nature et biodiversité), l'agriculture, et l'aménagement du territoire. L'évaluation des coûts de ces mesures est encore limitée.

Portugal

Structures :	Le Ministère des villes, de l'aménagement du territoire et de l'Environnement finance la phase II du projet SIAM (Scenarios, Impacts and Adaptation Measures).
Cadre national :	Pas de cadre national élaboré
autres	Le projet SIAM s'est penché sur le secteur forestier (et biodiversité) notamment et propose plusieurs mesures d'adaptation pour : (1) productivité et composition forestière, carbone (2) incendie (3) pathogènes (4) biodiversité et aires protégées. La phase I (1999-2002) était un diagnostic de impacts sur différents secteurs assorti de propositions de mesures d'adaptation. La seconde phase en plus d'une ré-actualisation des données a inclut une discussion avec plus de 125 acteurs sur les impacts et les mesures d'adaptation. Enfin, une étude de cas se rajoute à ce deuxième volet. L'objectif était d'appliquer à une échelle locale la méthodologie du projet afin de fournir aux décideurs du secteur public des réponses compatibles avec leur échelle de décision.

République Tchèque :

Structures :	Ministry of the Environment of the Czech Republic http://www.env.cz/AIS/web-pub-en.nsf/\$pid/MZPOBFKFL7JL
Cadre National :	<i>National Program to Abate the Climate Change Impacts in the Czech Republic</i> Il existe une partie sur les mesures d'adaptation concernant le secteur forestier : ● l'augmentation du potentiel d'adaptation des peuplements grâce à la diversification spécifique, génétique et des classes d'âge. ● un changement d'espèces forcé (exploitation précoce des peuplements de résineux, en particulier l'épicéa, et remplacement des peuplements mono-spécifiques par des mélanges) et un changement de la méthode de gestion par coupe rase pour les méthodes de régénération sous abri. ● comme dans le secteur agricole, mesures pour éliminer les risques d'augmentation de populations de pathogènes (insectes champignons etc.). Les ministères de l'environnement et de l'agriculture sont en charge de la mise en oeuvre de ces trois mesures.

Royaume Uni:

Structures :	Department for Environment, Food & Rural Affairs http://www.defra.gov.uk
Pan d'actions :	<u>Adaptation Policy Framework</u> (en préparation) Le gouvernement a accepté de développer un « Adaptation Policy Framework » (APF) en 2005. Ce APF énoncera les objectifs et mesures prioritaires pour progresser dans différents secteurs. <u>Climate Change The UK's programme 2006</u> Le Climate Change Programme, publié en 2006, énonce les politiques et priorités d'actions au Royaume Uni et internationales. La troisième section traite de l'adaptation. Dans le septième chapitre : Agriculture, foresterie et aménagement du territoire on trouve une partie sur la politique de foresterie durable (p.102 paragraphe 61). « le Gouvernement continuera de développer des stratégies d'adaptation pour rendre les forêts plus résilientes contre les impacts du changement climatique, afin d'éviter que le carbone stocké ne soit relâché dans l'atmosphère ainsi que de protéger les fonctions environnementales, sociales et paysagères de la forêt. La politique d'adaptation devra opérer à l'échelle du paysage et être intégrée dans les autres politiques rurales et urbaines. [...] Le gouvernement s'assurera que les révisions actuelles et futures de la stratégie forestière anglaise prennent en compte les opportunités et risques pour la foresterie et le changement climatique (en particulier le rôle d'atténuation de la forêt et sa contribution aux stratégies d'adaptation afin de minimiser les effets du changement climatique). <u>Climate Change Mitigation and Adaptation Implementation Plan for the Draft South East Plan (2006)</u>
autres	<u>England Biodiversity Strategy, towards adaptation to climate change (2007)</u> « Certains habitats et espèces seront probablement relativement résistants à un changement climatique modéré, tandis que certaines espèces rares deviendront plus communes avec le changement climatique. [...] Il y a donc besoin d'une nouvelle perception partagée de la biodiversité dans les décennies à venir. » Six mesures pour l'adaptation sont définies. • Gestion directe pour réduire les impacts du changement climatique • Promouvoir la dispersion des espèces • Augmenter les habitats disponibles • Promouvoir les conditions pour le fonctionnement des écosystèmes • Optimiser les réponses sectorielles au changement climatique pour la biodiversité • Continuer à réduire les pressions qui ne sont pas liées au changement climatique De plus, trois points essentiels permettent de développer et mettre en œuvre des mesures : • Suivi et surveillance • Développement de la base factuelle • Transfert de connaissances et communication.

	Deux publications : Climate Change and British Woodland (Mark Broadmeadow and Duncan Ray, 2005) Climate Change - Implications for Forestry in Britain (Mark Broadmeadow, 2000) La « Forestry Commission » développe un panel d'approches afin d'incorporer les impacts du changement climatique dans leur gestion forestière. Les approches privilégiées sont dites « sans regret » ou « peu de regrets » incluant le choix d'essences lors de plantations, l'augmentation la distribution des âges et des espèces, l'utilisation de certains mélanges d'essences, et la création de zones de connection des zones boisées plus importantes. Une autre facette consiste à gérer l'existant afin d'améliorer la capacité d'adaptation des peuplements actuels au changement climatique.
--	--

Suède:

Cadre national :	Pas de Stratégie Nationale d'Adaptation La Suède n'a pas encore de stratégie d'adaptation au changement climatique. Cependant une commission spéciale a été nommée en 2005 afin de dresser des propositions pour rendre la société suédoise plus robuste face au changement climatique. Ce travail a été achevé en octobre 2007, une version sera disponible fin novembre en Anglais.
Autres:	Skogforsk, le centre suédois de recherche forestière, a développé depuis de le début des années 90, une stratégie de recherche sur la culture de pins, épicéas, bouleaux et pins contorta sous différentes conditions climatiques. L'objectif de cette stratégie était triple : ● assurer une dynamique à long terme de préservation de gènes, ● être prêt pour des plantations de nouveaux peuplements; et ● améliorer les caractéristiques générales des arbres en terme de vitalité, de croissance, et de qualité du bois.

Hors Union Européenne

Australie

Structures :	Department of Agriculture, Fisheries and Forestry http://www.daff.gov.au/natural-resources/climate
Cadre national :	Le “ <i>National Agriculture and Climate Change Action Plan 2006-2009</i> ” NACCAP décliné en 4 “ <i>focus area</i> ” : ● stratégie d'adaptation pour augmenter la résilience des systèmes de production ● stratégies d'atténuation pour réduire ou compenser les émissions de GES ● stratégies de recherche et développement pour améliorer la capacité des secteurs agricole et forestier à répondre au changement climatique. ● Stratégies de sensibilisation et communication

	Ces « focus areas » sont déclinées en stratégies, déclinées encore en actions.
autres	Un des projets financés par le NACCAP (projet n°9) concerne le développement d'un plan d'action national pour la foresterie et le changement climatique en collaboration avec des acteurs clés. Le financement provient du « <i>Australian Plantation Products & Paper Industry Council</i> »

Canada :

Structures ad hoc :	Direction des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques Ressources naturelles Canada 601, rue Booth Ottawa (Ontario) K1A 0E8 adaptation@rncan.gc.ca
Cadre national :	Un programme National d'adaptation au changement climatique a été établi en 2005 par un groupe de travail intergouvernemental sur les impacts du changement climatique et l'adaptation. Ce programme contient six éléments : 1. Sensibilisation à l'adaptation 2. Faciliter et renforcer la capacité pour une action coordonnée pour l'adaptation 3. Incorporer l'adaptation dans les politiques et opérations 4. Promouvoir et coordonner les recherches sur les impacts et l'adaptation 5. Soutenir les réseaux de partage d'information 6. Fournir des méthodes et des outils de pour la planification de l'adaptation.
autres	Le Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques (Warren et al. 2004) a pour but d'atténuer la vulnérabilité du Canada face aux changements climatiques grâce à deux grandes activités 1. Financement de recherches et d'activités qui enrichissent les connaissances sur les risques et les possibilités que présentent les changements climatiques et qui permettent ainsi de prendre des décisions plus judicieuses en matière d'adaptation. 2. Évaluation des connaissances sur la vulnérabilité du Canada face aux changements climatiques, en coordonnant et en publiant des évaluations scientifiques. Le programme a édité une référence « Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspective canadienne » où des propositions d'adaptation du secteur sont faites. Exemple de projet : <i>Forest management strategies to support ecological adaptation and resilience to climate change 2007-2009</i> , Responsable du projet : Alison Munson, Foresterie et géomatique, Département sciences du bois et de la forêt, Université Laval http://www.vrr.ulaval.ca/bd/projet/fiche/87927.html

Etats Unis

Structures :	Un « Global Change Program Office » sous le US Department of Agriculture
Cadre national :	Pas de cadre national officiel
autres	Les recherches en matière de changement global et climatique sont coordonnées sous le « IClimate Change Science Program (CCSP) » depuis 2002, englobant le « U.S. Global Change Research Program (USGCRP) » autorisé par le « Global Change Research Act » de 1990, et la « Climate Change Research Initiative (CCRI) », lancée en juin 2001. Faisant partie de ce programme le « Forest Service Global Change Research Program (FSGCRP) » entre dans sa seconde phase à partir de 2000. Un plan stratégique pour le FSGCRP a été élaboré et redessiné avec les résultats et avancées de la première phase. Le plan stratégique se décline en 5 secteurs : • Recherche sur la productivité et le cycle du carbone ; • Recherche socio-économique ; • Recherche sur les perturbations naturelles ; • Recherche sur l'hydrologie et le cycle des nutriments ; • Recherche sur la biodiversité. Publications : <u>Forests : The Potential Consequences of Climate Variability and Change</u> <u>A Report of the National Forest Assessment Group For the U.S. Global</u> <u>Change Research Program (september 2001)</u> Une section du rapport présente les mesures d'adaptation suivantes : La valeur des forêts, les changements dans les régimes de perturbations naturelles, les options de gestion acceptables environnementalement et économiquement aident à déterminer la viabilité potentielle de stratégies d'adaptation variées. Les forêts pourraient être aidées par : • la diminution d'autres stress tels que la pollution de l'air ; • Gestions pour les perturbations, telles diminution des densités de plantations afin de réduire la vulnérabilité à la sécheresse • Atténuations des perturbations elles-mêmes, telles que l'augmentation de l'usage du feu contrôlé, ou limitation des introductions d'espèces allochtones. • Manipulations des forêts après perturbations, telles que changement de composition spécifique afin de réduire la vulnérabilité aux futurs incendies de forêts, vents insectes et pathogènes. Il y a aussi un nombre d'options pour réduire la vulnérabilité des plantations forestières telles que la sélection d'essences et l'amélioration génétique afin d'augmenter la résistance à la sécheresse.

Annexe 8 : Résultats de l'enquête régionale 2007 « forêts et changement climatique »

L'impact du changement climatique sur les forêts sera différent selon les régions. Par conséquent, intégrer une dimension régionale semble être une composante indispensable de toute réflexion menée au niveau national.

A cette fin, une enquête régionale a été menée par l'ENGREF Nancy auprès de différents acteurs impliqués dans la gestion des forêts ou dans son orientation pour recueillir :

- des informations sur l'appréciation locale des risques liés au changement climatique annoncé de manière la plus précise possible
 - les initiatives déjà entreprises ainsi que des propositions d'actions hiérarchisées, correspondant aux besoins ressentis régionalement.

Cette enquête a été réalisée dans chaque région administrative métropolitaine (Corse comprise) auprès du SRFB, du CRPF et de la Direction Territoriale de l'ONF.

Les questions étaient les suivantes :

1. Quelles sont vos sources d'informations concernant le changement climatique et la forêt ? L'information dont vous disposez vous semble-t-elle suffisante ? Sinon quelles sont vos attentes en la matière ?
2. Estimez vous que le changement climatique se remarque déjà dans votre région (DT)? De quelle manière ? (région forestière IFN, essence, etc.)
3. Quels sont les impacts principaux attendus du changement climatique dans votre région (DT) d'après ce que vous en savez à court terme (15-20 ans) et à moyen terme (50 ans et plus) ? (région forestière IFN, essence, etc.)
4. Quelles mesures concernant les impacts du changement climatique sur les forêts sont déjà abordées dans les Orientations Régionales Forestières (ORF) et dans d'autres documents qui concernent votre région (ou DT) ? De quelle manière ?
5. Quelles mesures concernant les impacts du changement climatique sur les forêts souhaiteriez-vous voir figurer dans les ORF et dans d'autres documents qui concernent votre région ? Pourquoi ?
6. « Libre expression » :
(Cette rubrique vous est proposée afin que vous puissiez vous exprimer sur n'importe quel aspect qui selon vous mériterait d'être traité dans le cadre du changement climatique et de la forêt au niveau national autant que régional)

1 Sources d'informations et attentes des acteurs régionaux

Il est remarquable de constater que les sources d'information citées sont assez communes à tous les organismes de niveau régional : rapport du GIEC, revues spécialisées (forestières), ateliers ONF/INRA « adapter la gestion forestière face au changement climatique », résultats de recherche de l'INRA, communications de l'IDF, informations émanant du DSF.

Les acteurs régionaux considèrent généralement leur information comme suffisante (voire surabondante) en ce qui concerne la situation présente au niveau national et international ; ils l'estiment insuffisante au niveau régional sur les situations actuelle et future, ainsi que sur les aspects techniques concrets.

Les demandes émanant des acteurs régionaux se déclinent comme suit :

1. des synthèses des connaissances sur les impacts attendus du changement climatique,
2. une information structurée, synthétisée et disponible via un site Internet et un réseau de correspondants locaux,
3. des informations concrètes sur l'autécologie des essences et l'adaptation de la sylviculture.

2 Observations de phénomènes faites au niveau régional

Tous les acteurs de toutes les régions observent certains faits qu'ils relient sans certitude au changement climatique. Les causes de dépérissements pouvant être multiples, il est souvent difficile avec le manque de recul de dire avec certitude si les phénomènes observés au niveau régional sont imputables au changement climatique. Les acteurs interrogés restent donc prudents quant à la causalité des dépérissements et mentionnent que ces phénomènes sont observés souvent après les incidents climatiques de ces dernières décennies (tempête 1999, canicule et sécheresse 2003-2005).

Les phénomènes observés cités par les acteurs régionaux sont pour la plupart des régions uniquement négatifs (dépérissements, difficulté de reprises des plantations). Seuls 3 acteurs régionaux ont mentionné comme impact positif l'augmentation de la productivité des peuplements.

Faute d'un indicateur clair, il est difficile de comparer l'importance des phénomènes observés entre les régions. Cependant, certaines régions semblent moins touchées que d'autres, notamment les régions du nord-ouest de la France (Bretagne, Normandie, etc.).

On retrouve une certaine uniformité des résultats (annexe 1b ci après) : notamment la récurrence des références de dépérissement/mortalité des sapins pectiné et grandis, des épicéas commun et de sitka, du douglas, du hêtre et du chêne pédonculé. Des dépérissements localisés sont mentionnés sur d'assez nombreuses autres essences: châtaignier, chênes liège, vert et pubescent, érable, charme, ainsi que sur des résineux considérés comme relativement résistants, comme les pins sylvestre, noir et maritime. On peut constater que les acteurs régionaux ne mentionnent que très rarement des problèmes sur le chêne sessile et le pin Laricio.

Treize régions ont mentionné une activité accrue des ravageurs ou une remontée vers le Nord de leur région de certains insectes notamment la processionnaire du Pin. Si les dépérissements ne semblent pas facilement imputables au changement climatique, l'extension des problèmes phytosanitaires est souvent citée comme une conséquence certaine du changement climatique.

3 Prévisions régionales à court et moyen terme

La question traitait des changements attendus à court terme (15-20 ans) et à moyen terme (50 ans et plus). Les acteurs régionaux ont exprimé des difficultés à donner avec précision les impacts attendus. On observe une grande similarité dans les réponses avec la poursuite des phénomènes actuellement observés à court terme (dépérissement/disparition sur station limite du sapin, hêtre, chêne pédonculé, épicéa), l'augmentation de la fréquence des phénomènes climatiques extrêmes ainsi qu'une extension des aires de répartition des essences méditerranéennes.

Cependant il existe quelques spécificités de certaines zones. En zone méditerranéenne, les trois régions (PACA, Languedoc Roussillon et Corse) ont toutes mentionné l'augmentation du risque d'incendie ainsi que certaines autres régions : Rhône Alpes, Bretagne, Alsace et Limousin.

4 4. Mesures prises dans les documents d'orientation de la gestion au niveau régional

Il n'a pas toujours été facile de discerner dans les réponses si les mesures prises dans les documents d'orientation forestière étaient explicitement formulées en vue de l'adaptation au changement climatique.

Les ORF sont en général trop anciennes (1998-2001) et ne font pas explicitement référence au changement climatique. Seules les ORF de Rhône Alpes ont un chapitre intitulé « se préparer à l'effet de serre » dont l'action principale vise une meilleure connaissance des stations pour le choix des essences. Les ORF de la région PACA mentionnent le « changement climatique ». « La question du changement climatique soulève trop d'incertitudes pour pouvoir être évoquée, sinon en passant » dans les ORF de la région PACA. Elles évoquent l'impact sur la répartition des essences dû à l'extension des étages méditerranéens et la réduction de l'étage montagnard.

Les SRGS ou DRA/SRA sont plus récents (à partir de 2006) et font plus souvent explicitement référence au changement climatique. L'inégalité dans la précision des réponses ne permet pas de dresser une typologie rigoureuse des réponses. Cependant la plupart de ces documents mentionnent les principes généraux suivants:

- choix d'essences/provenances adaptées à la station ;
- préconisation de la régénération naturelle ;
- dynamisation de la sylviculture ;
- substitution d'essences en limite de station ;
- diminution des âges et dimensions d'exploitabilité ;
- protection des sols ;
- favoriser le mélange ;
- régulation des ongulés ;
- réactivité en matière de récolte lors de dépérissements.

Certaines régions ont pris des mesures précises en matière :

• de choix des essences (exemples)

Auvergne (DRA/SRA)	• Ne plus miser sur le sapin pectiné en dessous de 1000 m ; • Conforter la place du pin sylvestre et autres pins exotiques (Laricios) voire maritime ; • Avoir davantage recours au cèdre, introduire les sapins méditerranéens
Haute / Basse Normandie (SRGS)	• Propositions de nouvelles essences sur certaines régions IFN (notamment cèdre de l'Atlas)
Lorraine (DRA/SRA)	• Limiter l'omniprésence du Hêtre sur Plateaux Calcaires et en Collines sous Vosgiennes en favorisant le mélange, • Limiter l'expansion du Sapin hors de son aire, limiter l'expansion du Frêne sur Plateau Lorrain au profit du Chêne sessile et des feuillus précieux, • Favoriser le Chêne sessile par rapport au Chêne pédonculé hormis dans la Chênaie pédonculée « vraie », • Favoriser le Chêne sessile vis-à-vis du Hêtre en tenant compte des choix du propriétaire.

Rhône Alpes (DRA/SRA)	- Épicéa et Sapin sont recommandés aux seuls étages montagnard et subalpin et donc proscrits en étage collinéen ; - A l'étage collinéen, orientation vers les essences feuillues en peuplements mélangés ; introduction possible du Douglas sur stations lui convenant, mais de manière progressive et limitée au collinéen des Alpes du nord (essence actuellement très peu présente) - Non-introduction d'essences allochtones aux étages montagnard et subalpin, actuellement constitués de forêts peu anthropisées - Nécessité de tester certaines essences, notamment le Cèdre en étage collinéen.
DT Centre Ouest (DRA/SRA)	Abandon du chêne pédonculé et du hêtre comme essences-objectif au profit des pins et du chêne sessile en chênaie atlantique
DT Nord Ouest (DRA/SRA)	Substitution du hêtre et du chêne pédonculé par le chêne sessile sur la base de critères stationnels

Les mesures suivantes, visant spécifiquement à adapter la sylviculture au changement climatique, ont été proposées :

- ✓ Auvergne Limousin DRA/SRA, Corse SRGS : surveillance phytosanitaire plus soutenue ;
- ✓ Bourgogne SRGS introduction de la notion de piégeage de carbone ;
- ✓ Nord Pas de Calais Picardie SRGS : favoriser la migration des essences ;
- ✓ Rhône Alpes DRA/SRA : prise en compte accrue du risque d'incendie en particulier dans les départements non méditerranéens.

Au sein de certains de ces documents il existe une synthèse des mesures à mettre en œuvre dans le cadre du changement climatique. C'est le cas notamment du SRGS de Corse, de Picardie, du Nord Pas de Calais (pour les deux régions, annexe 4 : sylviculture et changement climatique), des DRA/SRA de Rhône Alpes (pages 67 et 91).

Conseils sylvicoles	pour faire face à plus de :		
GESTION DES PEUPELEMENTS	Croissance	Sécheresse	tempêtes
Récolte anticipée des peuplements à risques		X	X
Raccourcissement de l'âge d'exploitabilité	X		X
Intensification en futaie régulière (éclaircies fortes et précoces)	X	X	X
Mélanges		X	X
Gestion adaptée des lisières			X
Révision des techniques d'exploitation	X		X
Commercialisation à dynamiser	X		X
Surveillance phytosanitaire		X	X
REBOISEMENT			
Choix judicieux du matériel végétal (essence, provenance)		X	X
Adaptation essence-station ; travail du sol et contrôle de la végétation herbacée		X	X
Réduction des densités, mélanges		X	X
Surveillance phytosanitaire		X	X

D'autre part, dans des régions comme l'Auvergne, le Limousin et Poitou-Charentes, les arrêtés régionaux relatifs aux aides à la forêt ont été modifiés (ou sont en cours de modification). Certaines essences ne sont plus subventionnées (ex : Douglas en Poitou-Charentes), des incitations financières sont prévues pour les mélanges d'espèces, et l'introduction de nouvelles espèces : Cèdre et Chêne vert.

5 Question 5 et 6 : recommandations pour l'adaptation des documents de gestion forestière face au changement climatique

La plupart des régions (19/22) ont émis des recommandations concernant le choix des essences et des provenances. Elles peuvent être récapitulées comme suit :

- expliciter les essences/provenances en fonction des stations (voire de l'évolution des stations),
- adapter et faire évoluer le matériel forestier de reproduction : diversification des essences avec introduction de nouvelles essences et provenances supposées plus adaptées,
- intégration de l'importance du mélange des essences,
- conseils d'utilisation d'essences listées en fonction de leur sensibilité au stress hydrique dans la région (identification des couples essence/station à risques),
- développement de recherche (expérimentations) sur essences et provenances (autochtones ou exotiques) adaptées à des climats plus chauds (via un nouveau mode de gestion : la gestion adaptative).

Ensuite les acteurs régionaux (10/22 régions) recommandent une adaptation de la sylviculture et de l'aménagement :

- favoriser la régénération naturelle là où l'essence est adaptée à la station,
- réduire les densités de peuplements,
- raccourcir la révolution,
- éclaircies plus fortes et plus fréquentes,
- développement de nouveaux modèles sylvicoles basés sur la disponibilité de la ressource en eau,
- prise en compte d'un nouveau risque : l'incendie pour les régions les plus menacées,
- gestion et récolte (commercialisation) des peuplements déperissants,
- préservation des sols,
- gestion sylvocynégétique plus poussée,
- assouplissement de l'aménagement des forêts pour faire face aux aléas,
- faire de la planification forestière à un niveau plus éloigné de la propriété de base,
- établissement de cartes combinées entre les différents risques.

La troisième thématique récurrente chez les acteurs régionaux est celle du suivi des écosystèmes forestiers (7/22), avec mise en place d'un observatoire fiable et partagé (public/privé) mais léger : pour un suivi plus poussé et généralisé des écosystèmes forestiers, avec une surveillance sanitaire de façon pluridisciplinaire en intégrant éventuellement les conséquences économiques et sociales.

Les autres recommandations ont été :

Recommandations pour les aides de l'Etat	- x Simplification de la mise en œuvre des aides - x Moduler les aides de l'Etat de manière à mieux financer les investissements privilégiant les mélanges d'essences et l'amélioration des peuplements existants. Par exemple : par un déverrouillage des seuils de surfaces de façon à mieux faire coller l'essence à la station, possibilité de mélanges d'essences. - x Orientation des aides pour le renouvellement accéléré des peuplements vieillis et pauvres permettant d'ouvrir un gisement de bois énergie et donner une réponse immédiate à la demande accélérée du marché mais en accompagnant par une politique de la puissance publique d'aide au renouvellement de ces peuplements au profit d'essences utilisables en bois de construction pour un réponse à moyen terme. - x Soutien à la filière-bois pour la commercialisation des bois issus des phénomènes liés au changement climatique. - x Soutien aux actions permettant la récolte des bois en situation d'exploitation difficile dans le but du maintien d'une sylviculture - x Dispositif " pénalisant " la non-gestion
Recommandations pour les plantations	- x Abandon des plantations de printemps - x Non éligibilité des godets de volume trop faible - x Limiter la production de plants d'essences inadaptées aux nouvelles conditions climatiques
Recommandations pour l'élaboration des ORF	- x Meilleure différenciation des politiques régionales en fonction des conditions locales - x Ne pas s'enfermer dans des cadres trop précis tant qu'il n'y a pas de certitudes sur l'avenir - x Avoir un vocabulaire partagé par l'ensemble des sylviculteurs
Recommandations sur la biodiversité/espaces protégés	- x Inquiétudes pour les zonages environnementaux (report sur les gestionnaires de ces milieux de la responsabilité d'un appauvrissement de la biodiversité) - x Inscrire la biodiversité (assurance face à l'avenir) comme objectif prioritaire dans les ORF - x Simplification de la mise en œuvre des espaces naturels à protéger

Par ailleurs, les propositions suivantes paraissent pertinentes :

- ◆ Quatre points de vulgarisation : ne pas affoler les forestiers mais les mettre en état de veille, incitation à l'observation des phénomènes anormaux, pousser à une sylviculture plus active (en insistant sur la bonne conjoncture du marché du bois), et interdire les reboisements trop risqués.
- ◆ Dédier un réseau de parcelles domaniales (+ F Communales volontaires) à la pédagogie du suivi des impacts du changement global sur les peuplements gérés (parcelles témoin + parcelles avec scénario de gestion intégrant des stratégies de prévention des risques de dépérissement).
- ◆ Accord avec Météo-France pour l'acquisition de données au niveau national.
- ◆ Valoriser le rôle de la forêt par rapport au stockage du carbone et à l'utilisation du bois énergie.

Certaines régions ont mentionné les initiatives spécifiques suivantes :

ONF Alsace	◆ Projet : identification des essences et stations à risques, ainsi que la rédaction d'un guide de conseils sylvicoles à l'intention des propriétaires et gestionnaires.
CRPF Normandie	◆ Diagnostic Station : outil mis en place par le CRPF de Normandie qui, dans le cadre du diagnostic stationnel, intègre largement les données hygrométriques et climatiques et qui s'avère par conséquent très intéressant d'utilisation pour répondre à certaines questions liées aux contextes de changement climatique.
CRPF Midi Pyrénées	◆ Existence d'un dispositif de suivi des peuplements forestiers dans le sud du Massif central suite aux variations climatiques observées depuis 2003 dont les premiers résultats précisent la place de certaines essences forestières en fonction des caractéristiques stationnelles. Réflexions menées sur des approches " biogéographiques et génétiques pour le Douglas "
	◆ Participation des correspondants-observateurs du DSF à un réseau transfrontalier de suivi du sapin pectiné dans les Pyrénées.
	◆ Étude sur le dépérissement des résineux dans le Tarn et l'Aveyron du CRPF et de l'ONF en lien avec l'Ecole d'Ingénieurs de Purpan et le DSF.
	◆ Analyses sur l'évolution du climat dans les Monts de Lacaune (81)
Limousin (SRFB)	◆ La pépinière forestière expérimentale de Peyrat le Château, pourrait jouer un rôle, de par son expérience sur le végétal, sur l'observation des phénomènes et sur des expérimentations notamment de comparaisons de provenances. (1 essai avec ENGREF/CNRS/INRA en cours dans le cadre du réseau ANR (cultures et observations de 10 essences x 3 provenances en condition de régénération (semis et plants) - 1ers résultats en 2009)).
SRFB PACA	◆ élevage de plants "du nord" à la pépinière administrative (gestion DDAF 13) des Milles (Aix en Provence), afin de simuler, en les descendant sous le climat méditerranéen, le probable réchauffement de leur région d'origine.
CRPF Nord Pas de Calais Picardie	◆ Création de l'OREF (Observatoire Régional des Ecosystèmes Forestiers) qui permet de recueillir différents types d'information pour suivre la façon dont évoluent les écosystèmes forestiers régionaux (végétation herbacée, problèmes phytosanitaires, croissance des arbres, phénologie, données météo...). Pour cela, suivi d'un réseau de placettes permanentes complété par des observations réalisées par des partenaires locaux (Conservatoire Botanique, ONF, IFN, DSF....) .
CRPF Franche Comté	◆ Projet : installer des dispositifs dans le cadre du changement climatique, ainsi que publier une brochure spécifique sur le sujet, adaptée à la Franche-Comté, en liaison avec l'ONF
ONF Ile de France et CRPF Corse	◆ Guide de sylviculture du châtaignier
Rhône Alpes	◆ La région a déjà réalisé entre 2003 et 2006 une synthèse régionale des stations forestières anticipant sur le changement climatique avec une définition améliorée des limites altitudinales entre étages bioclimatiques et des choix des essences. (CRPF, IFN, ONF, IDF, Cemagref)
Pays de la Loire (SRFB)	◆ Projet : rassembler les compétences techniques régionales (CRPF, ONF, Etat) dans un groupe de travail " chênes et changement climatique " et le relier aux initiatives nationales

Conclusion :

L'information dont disposent les acteurs régionaux du secteur forestier est principalement de nature descendante (top-down), provient des niveaux international et national, et concerne les aspects généraux du changement climatique et de ses impacts en forêt. L'information qui pourrait provenir du terrain (bottom-up) semble peu développée ou organisée. Un outil commun permettant le suivi des écosystèmes forestiers en relation avec le changement climatique semble ici faire défaut. Quelques réunions d'information ou de discussion sur ce sujet ont été ou seront organisées à un niveau régional, mais pas partout.

Tous les responsables régionaux consultés estiment que le changement climatique a commencé et a déjà un impact perceptible dans leur région. Cet impact semble davantage ressenti dans les régions méridionales, Massif Central, Alpes et Poitou-Charentes inclus. Les dépérissements attribués au changement climatique sont observés sur d'assez nombreuses essences, non seulement sur celles qui sont sensibles et se trouvent en dehors de leur station (sapin pectiné à basse altitude, chêne pédonculé) mais aussi sur des essences jusqu'à présent considérées comme résistantes et en station (pin sylvestre, chênes vert et pubescent). Les responsables estiment aussi que les effets à venir des changements climatiques seront une amplification des effets actuellement constatés.

Les ORF rédigées à la fin des années 1990 n'intègrent pratiquement pas le changement climatique. En revanche, ce dernier est devenu une préoccupation internationale au cours de ces dernières années. De plus, la survenue d'événements climatiques extrêmes (tempête 1999, sécheresse 2003-2005) a marqué les esprits des forestiers. En réaction à ces événements, beaucoup de régions ont intégré cette nouvelle donnée dans leurs documents d'orientation de la gestion forestière, SRGS, DRA et SRA depuis 2006. Cependant, faute d'assise technique, cette prise en compte peut se traduire par des recommandations peu précises (« étendre le cèdre », « tester les sapins méditerranéens ») ; elle est aussi hétérogène d'une région à l'autre alors que certaines propositions ont une portée nationale (définir et cartographier la vulnérabilité des peuplements, hâter la récolte et le remplacement des peuplements les plus menacés par exemple) ; de plus, des aspects tels que la biodiversité, les fonctions sociales des forêts et la prévention des incendies semblent peu abordés dans les mesures prises ou considérées comme souhaitables. De nombreux responsables régionaux souhaitent que les règles d'attribution des aides à la forêt soient assouplies (surfaces minimales, financement des mélanges d'essences ...).

Une claire volonté d'agir se manifeste sur le terrain. Certains acteurs ont mentionné que des initiatives avaient déjà été lancées dans leur région dans l'optique du changement climatique (exemple : création d'un Observatoire en Nord-Pas de Calais - Picardie). De nombreuses autres initiatives sont en préparation, la plupart pertinentes, avec parfois un besoin de réflexion complémentaire ou des risques de redondance. Un plan d'action national de gestion des forêts françaises face au changement climatique permettrait de tirer le meilleur parti de toutes ces énergies en les fédérant.

De manière générale, un pilotage au niveau national en terme d'information et d'orientation paraît indispensable à tous.