

Des changements climatiques majeurs n 3

Des changements climatiques majeurs.... p.3

Un constat de certains symptômes de dépérissement ......p.6

Un état des lieux de la mortalité......p.8

Conclusion

La croissance et la composition des peuplements forestiers dépendent fortement du climat et de la composition de l'atmosphère (CO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>O notamment). Ainsi, les évolutions climatiques engagées ont un impact sur les forêts qui fait l'objet de multiples travaux de recherche. L'IGN dispose de 50 ans de mesures et observations sur la forêt française qui permettent d'avoir un descriptif de ses états, présent et passé, et donc d'observer son évolution. Cellesci peuvent contribuer à étudier l'influence des changements climatiques sur les peuplements forestiers français. Ce numéro présente quelques-unes des données et informations disponibles en mesure de répondre aux besoins de suivi de l'impact des changements climatiques sur les forêts.

Dépérissement de résineux dans le Rhône © IGN





## Les données forestières disponibles

Les données dendrométriques relevées pour l'inventaire forestier (circonférence, hauteur, accroissement des arbres, etc.) peuvent être mobilisées pour éclairer les évolutions en cours de la production biologique, de l'état sanitaire ou de la répartition d'espèces. Ces

évolutions ont des déterminants divers tels que la gestion des peuplements et les variations climatiques interannuelles. En mobilisant les données disponibles sur des périodes longues, on détecte des évolutions susceptibles d'être liées aux changements environnementaux (dont climatiques).

#### La production biologique

La production biologique correspond au volume de biomasse formé annuellement. L'IGN calcule le volume de bois produit sur les cinq dernières années par les arbres vifs, ainsi que par les arbres qui sont coupés, cassés ou morts depuis moins de cinq ans.

Pour les arbres vifs, la production est estimée grâce à l'accroissement du diamètre des arbres. Celui-ci est évalué à partir de la mesure de l'accroissement radial faite sur les arbres de diamètre supérieur à 7,5 cm, appelés arbres recensables, situés dans le dispositif d'inventaire, soit environ 70 000 arbres par an. Pour cela, une carotte de bois est prélevée dans chaque arbre à une hauteur de 1,3 m. La largeur cumulée des cinq derniers cernes formés est mesurée à l'exclusion de l'année de végétation en cours (cerne incomplet).

La combinaison de cette mesure avec la hauteur de chaque arbre ainsi que l'ajout des arbres devenus recensables, permet d'obtenir la production en volume des arbres vifs sur l'ensemble de la placette.

## Aire de répartition des espèces

Les végétaux, selon leur espèce, ont des besoins différents de lumière, de température, d'éléments minéraux et d'eau. Ainsi, une espèce donnée ne se développe que dans des conditions de climat et de sol spécifiques. Les changements climatiques entraînant des variations des limites de chacun des climats locaux présents en France, des végétaux qui étaient adaptés à un climat peuvent donc se trouver en condition limite d'adaptation compte tenu des évolutions en cours (plus chaud, plus humide, plus sec, plus froid). Face à ces changements, les végétaux peuvent soit s'accommoder du nouveau climat, soit migrer vers un climat plus favorable (ces mouvements concernent les populations et non les individus). Cette variation des aires des espèces peut être approchée grâce aux relevés floristiques effectués sur les placettes d'inventaire forestier : ils inventorient en présence et en abondance les espèces d'arbres, d'arbustes, d'herbacées, de fougères et de mousses sur la placette de 15 m de rayon.

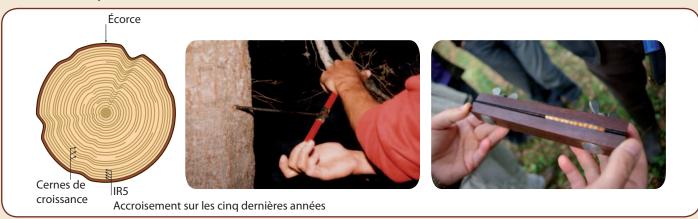


Fig. a. Méthode de mesure de l'accroissement radial

# État sanitaire des peuplements

La santé des peuplements peut être approchée par l'observation des symptômes de dépérissement. Les dépérissements forestiers caractérisent une détérioration graduelle de l'aspect et de la croissance de l'arbre, pouvant se terminer par sa mort (Landmann, 1994). Ils sont dus à un ensemble de facteurs (conditions climatiques et stationnelles, sylviculture, dynamique et âge des peuplements et pathogènes) interagissant et se succédant de façon particulière. Ils peuvent se traduire de plusieurs manières : modification de la structure du houppier, perte d'aiguilles, mort de portion de couronne,

descente de cime, jaunissements automnaux précoces, dégénérescence racinaire et réduction de la croissance avant l'apparition de symptômes visibles.

Certains de ces symptômes peuvent être représentés au travers des données relevées par l'inventaire forestier pour le compte du Département santé des forêts (DSF) du ministère chargé des forêts, comme le taux de branches mortes ou les arbres morts.



D'après le dernier rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental l'Evosur lution du Climat (GIEC), les trois dernières décennies ont probablement constitué la période la plus chaude des 1400 dernières années. Cette augmentation devrait se poursuivre puisque les modèles climatiques prévoient une augmentation minimale de la température de 1,5° C d'ici à 2100 par rapport à la période 1850-1900. En France (Moisselin et al., 2002), une baisse des précipitations est constatée dans les zones déjà soumises aux sécheresses tandis qu'une augmentation se dessine ailleurs. En matière de

composition atmosphérique, la concentration movenne mondiale de dioxyde de carbone et d'oxyde nitreux a augmenté respectivement de 40 % et 20 % depuis le début du XIXe siècle. Ces variations impactent les peuplements forestiers de différentes manières : les hausses de température et du taux de CO, peuvent entraîner une augmentation de la productivité forestière par augmentation des facteurs de photosynthèse ou d'activité métabolique, mais aussi grâce à l'allongement de la saison de végétation. Une augmentation atmosphérique de la teneur en azote entraîne une augmentation des dépôts azotés, donc un

enrichissement des sols forestiers et une augmentation de la production forestière (Bontemps et al., 2011), bien qu'un phénomène de saturation ait pu être observé sur certains écosystèmes forestiers dans le monde (Aber et al., 1998). Une augmentation des précipitations peut conduire à un meilleur approvisionnement des peuplements en eau, mais aussi à un engorgement néfaste pour certaines espèces. Enfin, une diminution des précipitations couplée à une hausse des températures peut engendrer un stress hydrique sur les peuplements forestiers.

## Les données forestières disponibles (suite)

#### Mortalité des branches

Pour ne comptabiliser que les branches représentant un signe de dysfonctionnement, et non la mortalité naturelle des branches due à un mauvais accès à la lumière ou subissant la compétition d'un autre arbre, la mortalité des branches est relevée depuis 2007 sur les arbres dont le houppier a accès à la lumière. Pour chaque arbre vivant sur pied ayant cette caractéristique, le taux de branches mortes est classé en 5 catégories :

- Aucune et moins de 5 % ;
- Entre 5 et 25 %;
- Entre 25 et 50 %;
- Entre 50 et 95 %;
- Plus de 95 %.

# Signes de vie > 1,30 m Pas de signe de vie > 1,30 m Arbre vivant Arbre mort

Fig.b. Détermination de la mortalité d'un arbre

#### Arbres morts

Depuis 2008, tous les arbres morts sur pied sont inventoriés. Un arbre est considéré comme mort s'il ne présente aucun signe de vie au-dessus de 1,30 m. La date de la mort des arbres (moins de 5 ans ou plus de 5 ans) est notée. Les arbres morts depuis moins de cinq ans permettent de déterminer la mortalité et donc un éventuel impact climatique.

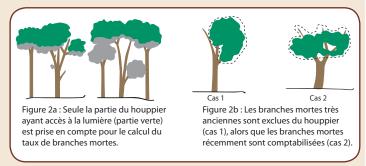


Fig. c. Méthodologie de relevé des branches mortes

#### Les données d'inventaire : un état des lieux à des dates différentes

À partir des données dendrométriques décrites dans l'encadré A, il est possible de produire des cartes par maille qui représentent ces grandeurs à un instant donné. Ici, l'exercice a été conduit d'une part avec les données géoréférencées les plus anciennes, d'autre part avec les données les plus récentes. Il a porté sur le hêtre qui a besoin de froid hivernal et d'humidité et qui est donc susceptible d'être affecté par les changements climatiques. Pour pallier les variations d'échantillonnage dues au changement de méthode d'inventaire de 2004 et au fait qu'aucune placette n'est permanente, toutes les données disponibles depuis 2004 ont été mobilisées (huit années disponibles (2005 à 2012)). Les résultats sont agglomérés par maille de 20 km de côté (Fig. 1).

Les cartes produites montrent la répartition des volumes de hêtre dans les forêts de production à deux dates données. Bien que le volume moyen par hectare reste stable à 17 m³ à l'échelle nationale entre ces deux dates, des variations apparaissent à l'échelle régionale. On constate tout d'abord l'effet de la tempête de 1999 dans l'Est de la France avec un recul marqué de la limite des peuplements de plus de 30 m³ par hectare. La répartition géographique selon les grandes régions écologiques (GRECO)

montre ensuite, un retrait du hêtre en limite des GRECO montagneuses (Pyrénées et Massif central notamment) au profit de zones comme le cœur du Massif central, mais aussi un recul vers le nord au niveau de la région des Pays de la Loire.

Ces variations de volume peuvent être dues à différentes causes. Les zones dans lesquelles le volume augmente peuvent représenter une absence d'exploitation de l'essence ou une zone où les conditions sont favorables à l'essence. A l'inverse, une diminution du volume peut traduire des orientations de gestion forestière, un renouvellement des peuplements âgés, un incident climatique (comme la tempête de 1999) ou des attaques de pathogènes qui peuvent suivre, ou encore des conditions qui ne satisfont plus l'espèce, notamment en limite des aires de répartition. Certaines variations peuvent aussi être attribuées au changement de méthode d'échantillonnage de l'inventaire forestier en 2004. Le nombre de points dans la maille est plus grand sur les cartes 1996 que sur les cartes 2008, ce qui, en limite d'aire de répartition, peut donner des tendances extrêmes. Ce type d'information nécessite donc d'être interprété avec précaution mais permet dans tous les cas de dresser un état des lieux de la forêt française à différents instants.

Les données IGN permettent de produire ce type de cartogramme pour de nombreuses essences et pour diverses variables et cela dès le début des années 1980. Ces données doivent ensuite être analysées très finement pour déterminer l'éventuelle évolution liée au changement climatique.

Tout comme les relevés dendrométriques, les relevés floristiques peuventêtre mobilisés. L'abondance des espèces pouvant varier d'une année sur l'autre, ici seules la présence et l'absence de l'espèce sur la placette ont été prises en compte. Le taux de présence de l'espèce a été calculé pour chaque maille, en rapportant le nombre de points d'inventaire où l'espèce est présente au nombre total de points d'inventaire dans la maille. Des cartogrammes ont été réalisés pour des espèces méditerranéennes et montagnardes qui apparaissent comme les plus susceptibles de subir des variations de répartition dues au changement climatique (Roman-Amat, 2007), les premières grâce à un élargissement des conditions qui leur sont favorables et les secondes à cause d'une diminution de celles-ci.

Volume à l'hectare de hêtre en forêt de production (maille de 20 km de côté)

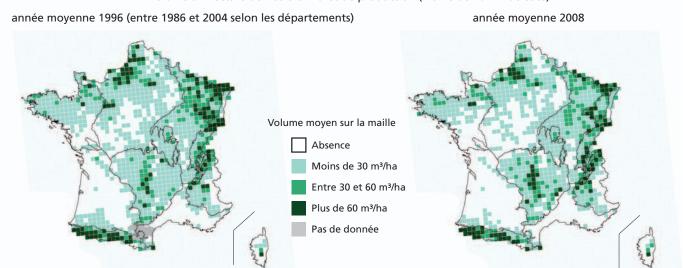


Fig. 1. : Répartition des volumes de hêtre entre 1996 et 2008 en forêt de production

Cependant il est tout à fait possible de produire ce type de cartogramme pour plusieurs centaines d'espèces recensées par l'IGN. Parmi les cartogrammes produits (Fig. 2), ceux du genévrier cade et de la Prénanthe pourpre vont dans le sens attendu : une extension du genévrier cade aux abords du Massif central et une régression de la Prénanthe pourpre dans les Alpes du sud. Cependant devant de tels cartogrammes, la prudence

est de mise et l'impact du changement climatique ne peut être lisible directement. Tout d'abord, ce ne sont pas les mêmes points qui sont inventoriés année après année, et l'échantillonnage de la nouvelle méthode est moins dense que celui de l'ancienne. Ainsi selon leur localisation, des espèces peuvent sembler apparaître ou disparaître. Les choix sylvicoles impactent aussi les espèces accompagnatrices, tout comme les aléas climatiques et sanitaires. Avec en moyenne plus de 6500 nouveaux relevés par an, les données floristiques de l'IGN sont donc une source non égalée d'informations pour étudier l'évolution de la flore et de biodiversité forestière ordinaire mais la lecture n'est pas directe et la bonne connaissance des méthodes de collecte et l'application de traitements appropriés sont nécessaires.

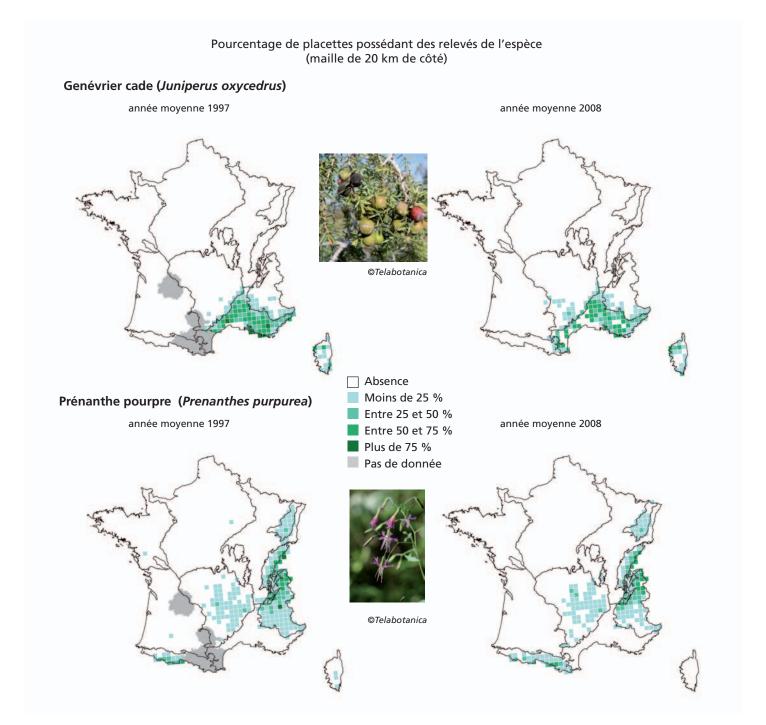


Fig. 2. : Carte de la répartition de la Prénanthe pourpre et du Genévrier cade pour les années moyennes 1997 et 2008

#### Un constat de certains symptômes de dépérissement



Ces cartes permettent de localiser les principales régions où l'on constate un taux de branches mortes supérieur à 25 % sur les chênes. En ce qui concerne le chêne pédonculé sur l'ensemble de la forêt, on remarque que les placettes présentant plus de 25 % des branches mortes sont principalement localisées sur une diagonale allant du sud-ouest au nord-est, avec des mailles possédant plus de 100 chênes et un taux d'arbres atteints compris entre 10 et 20 %. La restriction aux forêts « gérées »

diminue cette tendance et montre une concentration de ces phénomènes dans le sud du Loiret, l'est du Loir-et-Cher, et sur une bande allant de la Meuse au nord de l'Yonne.

Pour le chêne rouvre, le nombre de placettes possédant des chênes avec plus de 25 % des branches mortes est beaucoup plus faible, avec une concentration dans le quart nord-est de la France et une différence moins marquée entre l'ensemble de la forêt et les peuplements « gérés ». Ces constatations peuvent être précisées en ventilant ces données selon le diamètre des arbres atteints, permettant ainsi d'approcher leur stade de développement.

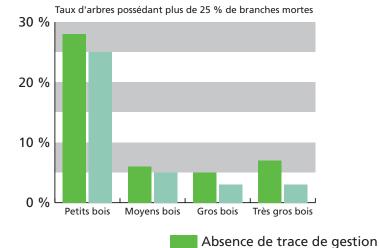
On constate ainsi pour les deux essences (Fig. 4) un plus grand nombre d'arbres possédant des branches mortes dans la catégorie des petits bois par rapport aux autres classes de dimension.

On peut donc avancer l'hypothèse que les taux de branches mortes supérieurs à 25 % sont en majorité dus à une compétition aux jeunes stades (peuplements en éclaircissement naturel), autant en forêt « gérée » qu'en forêt « non gérée ».

Pour les autres classes de diamètre, le nombre d'arbres possédant un taux de branches mortes supérieur à 25 % est plus élevé en forêt non gérée. Deux hypothèses peuvent être faites pour expliquer ce phénomène. Tout d'abord, la gestion forestière élimine la concurrence naturelle et diminue donc les causes de mortalité de branches dans un peuplement. Dans un second temps, les gestionnaires forestiers ont tendance à récolter au plus vite les arbres présentant des éclaircissements du houppier afin de favoriser les sujets en bonne santé.

Les hypothèses proposées s'appuient sur la représentation de données brutes. Leur validation nécessite des travaux approfondis. Cependant dans tous les cas, les données de l'inventaire fournissent ces informations localisées sur les taux de mortalité des branches qui peuvent être étudiés en les combinant avec de nombreuses autres données (dimension et statut de l'arbre, description du peuplement, conditions bioclimatiques, présence de pathogènes avérée, etc.)

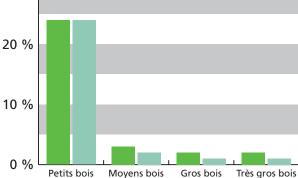
#### Chêne pédonculé



#### 0 % Petits bois Moyens bois

Chêne rouvre

30 %



Gros bois

Taux d'arbres possédant plus de 25 % de branches mortes

Présence de trace de gestion<sup>1</sup>

Fig. 3. : Pourcentage de chênes pédonculé et rouvre possédant plus de 25 % de branches mortes dans le houppier en fonction de la classe de dimension

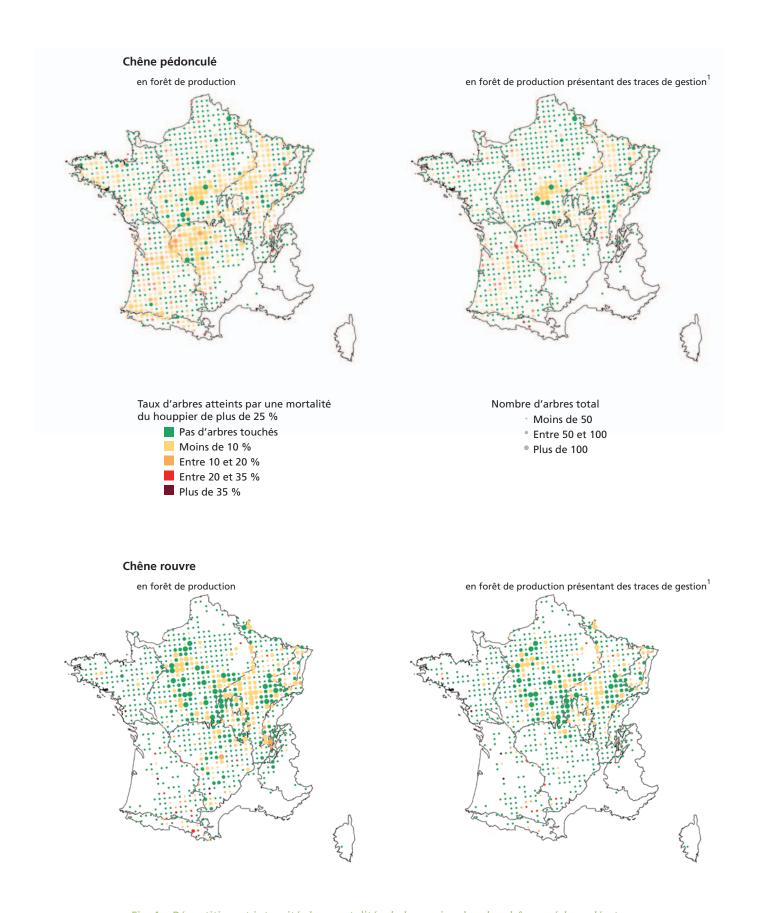


Fig. 4. : Répartition et intensité des mortalités de houppier chez les chênes pédonculé et rouvre

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Pour les cartes prenant en compte la gestion des peuplements, la donnée « traces de gestion dans l'intention d'exploiter » a été utilisée. Elle se décline en trois classes « aucune trace de gestion », « traces faibles de gestion », « signes manifestes de gestion ». Nous n'avons retenu ici que les peuplements de la dernière classe pour s'assurer que la gestion est effective. Les peuplements avec des traces de gestion anciennes, ou gérés dans un objectif de chasse ou de protection, n'ont pas été comptabilisés comme présentant des traces de gestion.



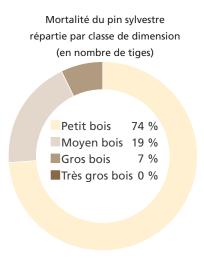
L'inventaire peut aussi renseigner l'état sanitaire des peuplements au travers du relevé du nombre d'arbres morts. Cette donnée a été cartographiée à la fois pour la forêt de production dans son ensemble, pour la forêt de production sans les petits bois et pour les forêts « gérées ». Pour ne prendre que les arbres morts récemment et écarter ceux maintenus dans un objectif de biodiversité, nous avons choisi de ne représenter que ceux morts depuis moins de cinq ans.

Parmi les essences forestières françaises, certaines comme le châtaignier et le pin sylvestre (Fig. 5) présentent des mortalités plus marquées. Sur les peuplements « gérés », en particulier ceux de châtaignier, la diminution nombre et de l'intensité de celles-ci pourrait montrer qu'elles peuvent être dues à un manque de gestion. Cependant, ces résultats sont à nuancer fortement puisque les causes de mortalité peuvent être multiples (surdensité des peuplements, itinéraires sylvicoles entraînent des éclaircies tardives dans les résineux, pathogènes comme le chancre pour le châtaignier). De plus les mortalités ne sont pas toujours visibles si les arbres dépérissants ou morts sont exploités très rapidement.

Ces constatations peuvent aussi être précisées en ventilant ces données selon le diamètre des arbres atteints pour approcher leur stade de développement.

La répartition de la mortalité du pin sylvestre par classe de dimension (Fig. 5) montre que celle-ci touche majoritairement des arbres de petit diamètre. Le taux de mortalité des forêts non « gérées » est supérieur à celui des forêts « gérées ». Ces mortalités sur petits bois peuvent s'expliquer par auto-éclaircie par exemple. Ensuite, pour les classes de dimension supérieures, la mortalité chute. On constate en effet sur la figure 6 un très faible taux de mortalité sur les arbres de diamètre supérieur à 22,5 cm. Cela peut être dû à une diminution de la compétition entre les arbres ou à un prélèvement des sujets dépérissants dans les forêts « gérées ». Toutes ces hypothèses méritent des études approfondies pour être confirmées. De plus, la nouvelle méthode d'inventaire qui sera mise en place en 2015 précisera l'information sur la mortalité des peuplements forestiers grâce à un retour sur les points d'inventaire 5 ans plus tard qui relèvera l'état de végétation des arbres.

Pour chacune des représentations des données d'inventaire de ce numéro de l'IF, la cause du changement climatique peut seulement être évoquée puisque les réactions des peuplements forestiers sont dues à une multitude de facteurs non individualisés. Des travaux de modélisation sont nécessaires pour gommer certains de ces facteurs et mettre en évidence une éventuelle cause climatique. Nous présentons dans la partie suivante les résultats principaux de deux travaux (thèse, sujet de recherche) réalisés à partir de données de l'inventaire forestier de l'IGN.



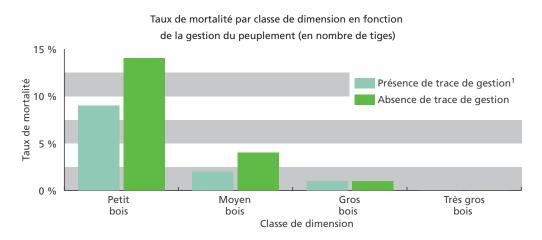


Fig. 5. : Répartition et taux de mortalité du pin sylvestre en fonction de la classe de diamètre et de la présence de trace de gestion<sup>1</sup>

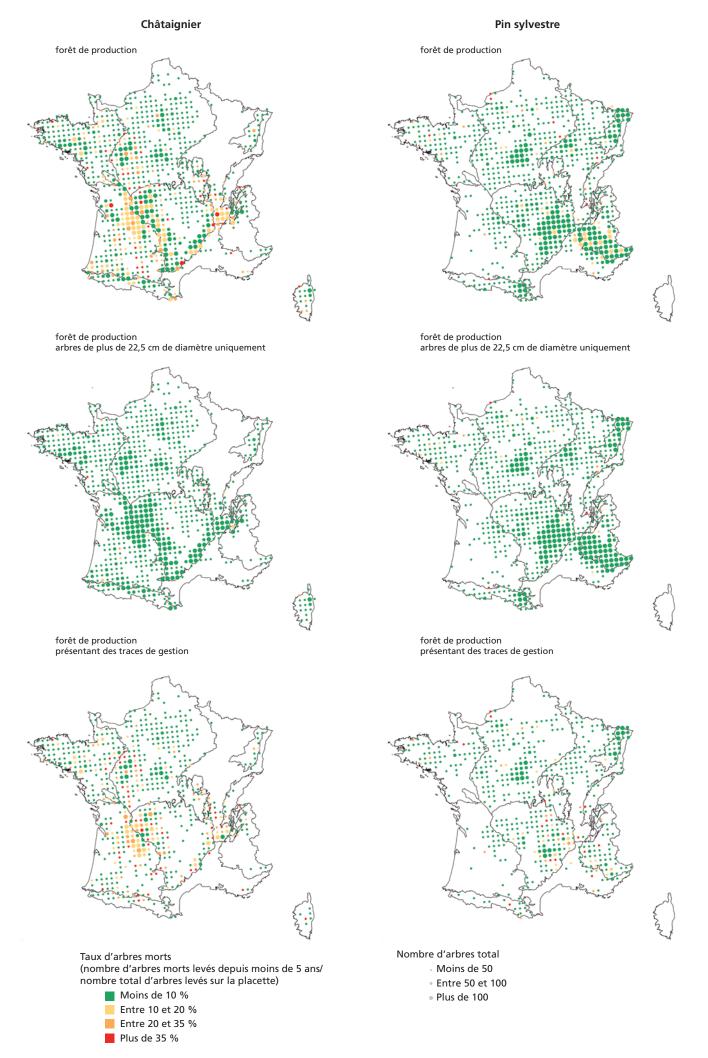


Fig. 6. : Nombre et taux d'arbres morts pour le châtaignier et le pin sylvestre

#### Etudier les variations de la productivité forestière dans un environnement changeant

Les accroissements radiaux des arbres recensables, tous diamètres confondus, ont été utilisés pour calculer l'accroissement en surface terrière<sup>2</sup> des peuplements et approcher leur productivité. L'objectif était de mettre en évidence les évolutions historiques de la productivité<sup>3</sup> pour les peuplements purs de hêtre, de chênes sessile, pubescent et pédonculé, d'épicéa, de sapin, de pins sylvestre et d'Alep, puis de rechercher des corrélations avec des facteurs environnementaux (Charru, 2012).

Les chênes dépendent plutôt des conditions de sol comme la réserve utile maximale et le pH; les espèces de montagne sont sensibles à l'approvisionnement en eau; le hêtre nécessite un froid hivernal; tandis que la production de bois des espèces méditerranéennes est limitée par le froid et les sécheresses estivales.

Cette étude a ainsi mis en évidence des évolutions de productivité différentes selon les espèces étudiées (Fig. 8). Le chêne pubescent a subi une baisse continue de productivité et l'épicéa une hausse sur l'ensemble de la période. D'autres espèces ont eu des évolutions plus contrastées : le sapin a vu sa productivité ralentir tandis que la progression de la productivité du hêtre et des chênes sessile et pédonculé a récemment marqué le pas, dans un contexte de succession d'années climatiques exceptionnelles (incluant les sécheresses de 2003 et 2005). À l'exception de l'épicéa, les tendances d'évolution en fin de période présentent des similitudes: la stagnation voire la diminution de la productivité peut être mise en relation avec la sécheresse de 2003 qui a provoqué un stress cette année-là, et par lequel les peuplements ont mis plusieurs années à compenser ses effets.

Ces variations peuvent être rapprochées de l'évolution de certains facteurs environnementaux. Ainsi, l'augmentation des températures du mois de juin (+3,25° C en 23 ans)

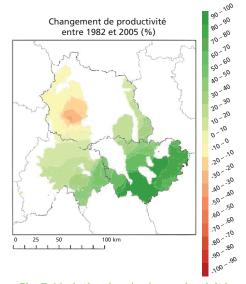
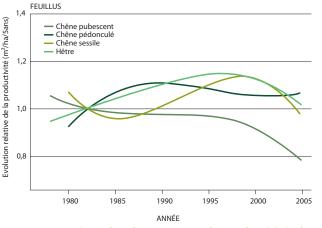


Fig. 7. Variation locale de productivité pour l'épicéa dans le Massif central (Charru et al., 2012)

a été bénéfique à l'épicéa, mais néfaste pour le chêne pubescent. En effet, elle apporte une levée des contraintes thermiques pour l'un (lorsqu'il est en altitude) et une augmentation du stress hydrique pour l'autre (dans la partie sud du pays). Dans le cas du pin d'Alep, l'augmentation des températures



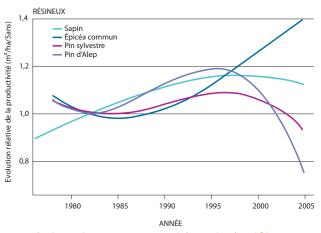


Fig. 8. : Comparaison des changements de productivité observés pour huit espèces par rapport à l'année de référence 1982

de février-mars permet un début plus précoce de la saison de végétation. Toutefois, l'augmentation du stress hydrique en période estivale freine sa croissance, ce qui peut expliquer la baisse de la productivité sur la fin de la période.

analysant ces variations productivité à des échelles régionales, des tendances contrastées ont été mises en évidence : la productivité peut changer très rapidement

de signe dans l'espace, en fonction du contexte environnemental local. La diminution constante de la productivité du chêne pubescent s'explique par des conditions qui lui sont devenues défavorables dans le sud de la France, qui représente la majorité de son aire de répartition. On constate toutefois que sa productivité est en augmentation dans le nord de la France, ce qui traduit une évolution des zones

favorables au chêne pubescent.

Dans le cas de l'épicéa, la tendance nationale montre une augmentation de productivité. Toutefois dans le Massif central, cette tendance est nuancée (Fig. 7). Les augmentations sont expliquées par une levée de la contrainte thermique dans les zones initialement froides. Les diminutions sont dues à des conditions devenues trop chaudes dans les zones initialement favorables pour cette essence.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> La surface terrière a été utilisée ici car son calcul a été jugé plus robuste que celui du volume total.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Dans cette étude, le terme productivité a été utilisé pour caractériser le volume créé par les arbres par hectare et par an. Elle correspond à la production biologique en surface terrière.



#### La variation des aires écologiquement favorables

Face à la perspective des changements climatiques, de nombreuses études ont été menées pour étudier l'impact qu'auraient ces modifications sur les forêts françaises. A titre illustratif, parmi les nombreux travaux consacrés au sujet, l'étude de Christian Piedallu (2009) est ici présentée. Elle a eu pour but de caractériser les zones écologiquement favorables pour l'épicéa, le sapin, le hêtre et le chêne rouvre,

dans un contexte climatique actuel et futur. Elle a consisté à étudier, à partir de placettes de relevés, les conditions édaphiques et climatiques nécessaires pour chacune des essences étudiées.

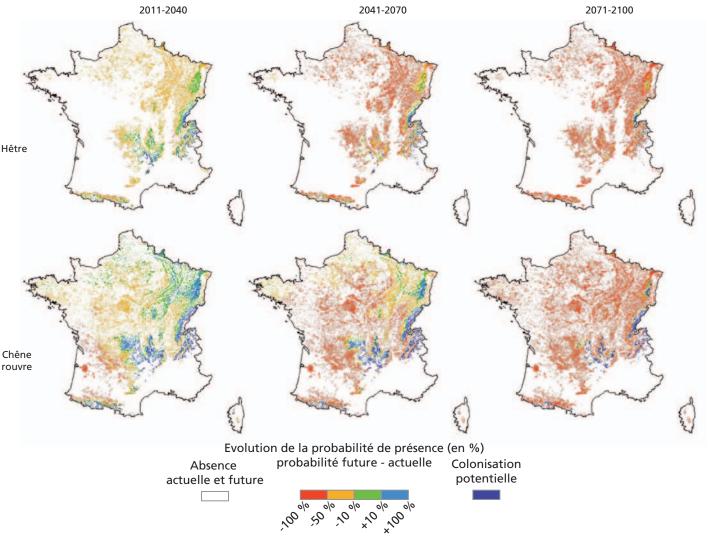


Fig. 9. : Evolution prévisible de la distribution potentielle du hêtre et du chêne rouvre à partir du modèle +4,2°C (Modèle HadCM3 scénario -A2)

À partir de cette connaissance, la probabilité de présence de chaque espèce a été estimée statistiquement sur l'ensemble du territoire métropolitain pour la période 1961-1990. Les probabilités de présence ont été comparées aux relevés floristiques inventoriés entre 2004 et 2007 par l'IGN.

La projection de ces modèles dans le temps a été faite à partir d'un des modèles climatiques publiés par le GIEC en 2007. Deux scénarii d'évolution d'émissions de gaz à effet de serre, qui prévoient une augmentation de température de 3°C ou de 4,2° C au cours du XXIe siècle, ont été utilisés. Les modèles de répartition des espèces ont donc été recalculés avec les données de ces deux scénarii pour les périodes 2011-2040, 2041-2070 et 2071-2100. La cartographie de l'évolution de la répartition potentielle des aires de distribution de ces essences forestières (Fig. 9) met en évidence un effet défavorable des changements climatiques. Ces cartes indiquent que les conditions environnementales pourraient devenir inadaptées sur une partie du territoire. Les réactions des espèces face à ces conditions moins favorables peuvent se traduire par une migration, une adaptation physiologique et génétique, une extinction, voire une combinaison des trois. Ces cartes permettent toutefois de faire ressortir les zones identifiées par le modèle comme favorables à certaines essences pour orienter les choix sylvicoles, ou souligner les zones dans lesquelles les peuplements risquent de subir des conditions climatiques au-delà de leurs limites de tolérance et pour lesquelles une vigilance particulière s'impose.

#### **Conclusion**

Certaines données de l'inventaire forestier permettent de disposer d'un recul suffisant pour détecter certaines évolutions des peuplements forestiers : variations de productivité, modification de la répartition des espèces dans l'espace, etc. D'autres données relevées, encore récentes, comme les taux de branches mortes et la mortalité ne bénéficient pas de ce recul pour souligner des phénomènes qui se déploient à long terme. Elles apportent toutefois des indications sur la situation actuelle des peuplements qui permettent d'effectuer des comparaisons entre les régions françaises.

La simple représentation de ces données ou l'élaboration d'indicateurs basiques permet d'établir des états des lieux à des moments différents. Ils n'ont pas la prétention de décrire des phénomènes complexes. Seul un traitement statistique avancé de ces données, la confrontation de cellesci à d'autres sources lorsqu'elles existent, permet d'isoler des tendances historiques ou des liens avec les facteurs climatiques, indépendamment de facteurs de gestion. Ceci a déjà été réalisé par des laboratoires de recherche comme le LERFoB dont deux études sont présentées ici. Elles ont permis de repérer l'effet de changements environnementaux sur les variations de productivité de chaque espèce étudiée et de développer des modèles de distribution potentielle des espèces forestières.

D'autres études ont été conduites, croisant forêt et changements climatiques comme la carte des zones sensibles aux feux de forêts qui s'appuie sur la sensibilité de la végétation et les évolutions climatiques prévues. Le découpage de la France en sylvoécorégions (SER) a aussi pour vocation de mettre en évidence des effets du changement climatique (IFN, 2009). En effet, les SER représentent un cadre fixe des conditions écologiques et climatiques à une période donnée, et permettent à long terme, de souligner les changements qui se sont produits. Des études complémentaires vont être menées par l'IGN grâce à la mise en place du laboratoire d'inventaire forestier, unité de recherche et développement dont l'analyse des impacts du changement climatique est l'un des axes de recherche.



Bontemps, J-D. et al., Nitrogen footprint in a long-term observation of forest growth over the twentieth century, Trees, 25 (2), 2011, 237-251 pp.

Charru M., La productivité forestière dans un environnement changeant.
Caractérisation multi-échelle de ses variations récentes à partir des données de l'Inventaire Forestier National (IFN) et interprétation environnementale, Thèse Sciences forestières, Nancy, Laboratoire d'étude des ressources forêt-bois, 2012, 417 p.

IFN, Les sylvoécorégions (SER) de France métropolitaine, Étude de définition, 2009, 166 p.

IGN, Un inventaire annuel sur la France entière, 2012, 2 p.

IPCC, Changement climatique 2013 : les éléments scientifiques, IPCC, 2013, 1552 p.

Piedallu C. et al., Impact potentiel du changement climatique sur la distribution de l'Epicéa, du Sapin, de Hêtre et du Chêne sessile en France, Revue Forestière Française, LXI, 2009, pp. 567-593 pp.

Roman-Amat B., *Préparer les forêts* françaises au changement climatique, MAAF, MEDDE, 2007, 125 p.

MNHN, Tela Botanica, Vigieflore; Bilan 2010- Premiers résultats, 2010, 4 p.





TRIMESTRIEL DE L'INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET FORESTIÈRE (IGN)

**Direction générale et siège social** 73, avenue de Paris 94160 Saint-Mandé

Tél. : 01 43 98 80 00 ISSN : 1768-0077

Directeur de la publication Pascal Berteaud. Directrice de la rédaction Bénédicte Dussert. Rédactrice en chef Stéphanie Wurpillot.

A participé à ce numéro Marine Dalmasso.

Conception éditoriale et graphique Christine Boureux.

Impression IGN Dépôt légal Juin 2014

Tous les numéros de *L'IF* sont téléchargeables sur le site internet de l'IGN :

www.ign.fr

Landmann G., Concepts, Définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers, Revue Forestière Française, XLVI-5, 1994, pp 405-415

Moisselin J-M. et *al.*, *Les changements climatiques en France au XX*<sup>e</sup> *siècle*, La Météorologie, 38, 2002, 45-55 pp.