

# Le climat change, vite, trop vite... Comment aider les arbres à le suivre ?

par Hervé Le Bouler<sup>1)</sup>, Myriam Legay<sup>1)</sup> et Philippe Riou-Nivert<sup>2)</sup>

1) ONF département R&D,  
2) CNPF-IDF

*Les changements climatiques sont dorénavant une préoccupation de la société. Mais nombre de personnes considèrent encore qu'il s'agit de perspectives lointaines et que c'est une affaire de spécialistes.*

*Il en va autrement pour le forestier qui s'interroge : quels seront les impacts sur la forêt ; les arbres ? Auront-ils à subir des effets pouvant compromettre leur maintien ? Faudra-t-il alors changer d'essence ? Quand ? Comment ?*

*Ces questions ont motivé le projet **NOMADES - NOuvelles Méthodes d'Acclimatation Des ESsences forestières**. Des méthodes pour encadrer la réflexion et les essais sur l'introduction d'essences ou de provenances sont proposées.*

## **NOMADES : une première "boîte à outil" pour l'adaptation des essences**

La substitution d'essences au sein des peuplements forestiers est l'une des mesures d'adaptation possibles pour faire face aux impacts des changements climatiques. Elle intervient dans le cas où l'adaptation naturelle et l'ajustement des provenances se révéleraient inopérantes. Pour répondre aux interrogations des gestionnaires qui souhaitent prévoir des réorientations d'itinéraires techniques, des conseils sur les introductions possibles sont requis rapidement. Le projet NOMADES a fait un premier point sur le sujet.

Le projet aborde d'abord le problème sous l'angle général des introductions faites dans le passé sur le territoire métropolitain. Ce bilan est complété par une synthèse historique de l'émergence de la compréhension des relations entre les arbres et le climat.

Le projet a également permis d'améliorer les approches de modélisation mathématique en élaborant un outil en mettant en évidence la compatibilité entre le climat et la présence des essences forestières. Cet outil permet d'évaluer, à l'échelle d'une région, la vulnérabilité des essences en place face aux changements annoncés. Le même outil permet d'identifier les essences, localement présentes ou absentes, susceptibles de supporter les climats futurs. L'ensemble de ces démarches de modélisation génère des incertitudes de tout ordre qui ont été analysées.

Une seconde approche a été utilisée. Elle s'appuie sur les informations disponibles

concernant le comportement réel des essences introduites sous divers climats. Il s'agit en particulier des informations que les partenaires ont à leur disposition dans le cadre de l'évaluation en cours des plantations passées (tests, arboretums...). Ce bilan est confronté aux connaissances générales disponibles sur l'autécologie des essences.

Enfin, NOMADES propose un protocole expérimental simple de mise en place d'essais d'introduction d'essences ou provenances, utilisable par les organismes de développement et facilement duplicable. Ce projet a réuni l'Inra, l'ONF, le CNPF (IDF et CRPF), le FCBA, la Société forestière de la Caisse des Dépôts et Consignations et les services forestiers du ministère de l'Agriculture.

## **Retour d'expérience sur les introductions passées**

Grâce à l'analyse des résultats de l'Inventaire forestier national (IFN), à l'utilisation des archives du Fonds forestier national (FFN) pour la période 1950-2000 et à diverses sources bibliographiques, il a été possible de dresser un paysage des introductions d'essences.

À partir de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, se sont développés des plantations et des semis artificiels d'essences autochtones hors de leur aire naturelle, (12 % des surfaces) : pin sylvestre, pin maritime, épicéa commun. Enfin, le XX<sup>e</sup> siècle a vu se développer l'introduction d'exotiques *sensu stricto* (7 %) : douglas, chêne rouge, cèdre, épicéa de Sitka...

Au-delà de ces chiffres bruts, la documentation des provenances utilisées et des causes

de réussite et d'échec est rare ou peu accessible. Ce constat conduit à préconiser le renforcement des études historiques générales et à recommander la valorisation et la mutualisation des connaissances sur les essais d'introduction passés.

## Comprendre les relations entre les arbres et le climat

L'idée qu'il existe des relations de cause à effet entre le climat et la répartition des arbres, et plus globalement des plantes, est ancienne. En 1805, Humboldt constate l'existence de ceintures de végétation, homogènes selon la latitude et la longitude. Il suggère des causes climatiques. En 1855, de Candolle découvre l'importance des précipitations et de leur répartition annuelle. Il comprend que les climats du passé expliquent en partie la répartition actuelle des espèces d'arbres et que celles-ci ont migré dans le temps. Il comprend aussi que chaque espèce a des exigences propres vis-à-vis du climat.

Il faut attendre le XX<sup>e</sup> siècle pour que les chercheurs analysent les relations complexes entre la température et les précipitations, et expliquent la sensibilité des plantes à la sécheresse. Ce n'est que récemment, après 1950, que l'on a pu disposer d'outils de calcul pour mesurer les besoins réels en eau des plantes. En croisant ces besoins avec les précipitations et leur répartition, on peut dorénavant faire des bilans hydriques en introduisant l'effet tampon de la réserve en eau du sol.

Cette connaissance des relations entre plantes et climat a rendu alors possible la construction de modèles mathématiques susceptibles, espèce par espèce, de déterminer leurs limites de tolérance aux composantes du climat. Ces modèles permettent de présumer si le climat local sera ou non compatible avec une présence durable de l'espèce.

En climat stable et par définition, les essences forestières au sein de leur aire naturelle sont adaptées au climat. L'expérience des siècles passés a pratiquement conduit à faire le tour des espèces qui pouvaient ou non être introduites avec bénéfices.

Il en va tout autrement en climat changeant. La modélisation permet de diminuer l'incertitude sur deux questions essentielles :

- le climat local futur sera-t-il toujours compatible avec les essences déjà présentes ?
- comment raisonner l'introduction éventuelle d'autres essences ?

À partir de l'ensemble des lieux de présence de l'espèce en contexte forestier, et en prenant en compte les conditions climatiques qui y règnent, on cherche à identifier les facteurs climatiques qui constituent ses limites de compatibilité.

La mise en œuvre passe par plusieurs phases :

- 1) **rassembler un maximum d'informations sur les lieux de présence de l'espèce.** Les meilleures données sont fournies par les inventaires forestiers nationaux qui, généralement, ne couvrent pas la totalité de l'aire de répartition des essences. On peut également utiliser les cartes de répartition, plus ou moins fiables et précises. On peut enfin tenir compte des présences signalées dans les inventaires botaniques, les herbiers, les parcs et les arboretums. Toutes ces données de présence accumulées doivent faire l'objet d'une analyse attentive : a-t-on oublié des régions importantes pour l'espèce ? La présence signalée est-elle vraiment significative ?
- 2) **déterminer le climat qui règne dans les lieux de présence identifiés ;** on dispose aujourd'hui de bases de données climatiques mondiales en haute résolution qui facilitent grandement ce travail ;
- 3) **trouver des modèles mathématiques et des méthodes statistiques qui permettent d'établir un lien calculable entre présence de l'espèce et climat.**

Au final, les modèles statistiques décrivent essentiellement le climat des zones où l'essence est présente, il s'agit souvent de son aire naturelle.

Ces limites calculées, propres à chaque espèce, ne signifient pas pour autant que celles-ci soient réellement inaptes à se développer ou à se maintenir sous d'autres climats. Résoudre cette incertitude, ou en tout cas la comprendre et la réduire est essentiel pour le forestier. C'est l'un des enjeux majeurs des travaux de recherche actuels.

## Rassembler les connaissances en autécologie

Le climat est essentiel mais ne renseigne pas sur l'ensemble des exigences des espèces. De multiples autres facteurs écologiques interviennent, tels que le sol et la sensibilité aux parasites. Dans une logique sylvicole, il est également indispensable de prendre en compte le potentiel de croissance et la qualité

des bois. Plus largement, vis-à-vis de la gestion durable et de la multifonctionnalité des forêts, il faut aussi intégrer des aspects relatifs aux paysages et à l'impact sur la biodiversité. Dans cette logique, 34 critères de choix répartis en 7 grandes catégories sont identifiés : 3 pour la production, la gestion et les services écosystémiques, 3 pour le climat, le sol, et l'adaptabilité et 1 pour les risques. Une quarantaine d'espèces a pu être étudiée.

Le niveau d'information réuni dans ces grilles est très variable selon les essences. Pour beaucoup, il s'agit de dires d'experts, mais une bibliographie plus ou moins fournie est ajoutée chaque fois que possible. Ces grilles sont à considérer comme un premier dégrossissage, fait dans le cadre du projet avec un temps et des moyens limités. Elles mettent cependant bien en évidence le niveau d'information et les lacunes à combler pour certaines essences.

## Expérimenter l'introduction de nouvelles essences

Les tâches précédentes ont permis de se faire une idée des essences potentielles à introduire par région, au cas où il serait nécessaire de procéder à une substitution des essences autochtones (ou acclimatées) pour cause de dépérissement.

Ces essences potentielles, ont des performances souvent inconnues. Pour qu'une essence potentielle devienne une essence conseillée, il faut qu'elle ait d'abord fait ses preuves : adaptation aux stations de la région, au cortège phytosanitaire, bonne croissance, forme correcte, bonne insertion dans le paysage, impacts acceptables sur la biodiversité présente. Seules des expérimentations préalables peuvent permettre de se faire une idée concrète de l'intérêt réel d'une essence potentielle et de comparer entre elles plusieurs essences ou provenances candidates. Ces expérimentations sont à mettre en place dès aujourd'hui car leur délai de réponse est long : au minimum 10 ans.

NOMADES fournit un protocole rigoureux, simple, robuste et peu coûteux à utiliser de mise en place d'un essai de comparaison d'essences ou de provenances d'une même essence. Les étapes de la mise en place d'un essai sont décrites et assorties de fiches type, le tout inséré dans un dossier d'expérimentation. Un exemple d'utilisation concrète de ce protocole et de documentation des fiches a été réalisé lors de l'installation d'un site expérimental pilote en région Centre. Ce site servira de support à des formations.

Le tout premier retour d'expérience montre que ces plantations expérimentales cumulent les soucis ordinaires de tout planteur avec les aléas de l'expérimentation. Il s'agit en particulier de la difficulté à trouver les plants et les bonnes provenances de certaines essences envisagées, aujourd'hui absentes des pépinières. Ces essences nouvelles, potentiellement adaptées aux climats futurs doivent aussi l'être au climat actuel. Des problèmes de tolérance au froid hivernal se sont ainsi manifestés dès le premier hiver (Pin maritime).

## Synthèse : comment décider en situation d'incertitude ?

La quasi-certitude d'impacts affectant la pérennité des écosystèmes forestiers et des biens et services associés pose la question des moyens à mettre en œuvre pour adapter les forêts aux changements climatiques. Le changement du portefeuille d'essences ou de provenances fait partie des réponses adaptatives possibles.

Le choix de l'essence est une question pratique à laquelle le forestier a dû de tout temps répondre, en particulier lors du stade de renouvellement, dans le cas des peuplements équiennes.

La quasi-stabilité climatique globale, tout au long des deux derniers siècles où s'est déployé l'art sylvicole, a mis en valeur l'intérêt des essences locales. Bien que l'histoire des migrations postglaciaires ait comporté une part d'aléas, on a pu en tirer le principe pratique que l'usage des essences et provenances locales garantit contre les risques d'erreur vis-à-vis de l'adaptation au contexte pédoclimatique (et plus largement au contexte écologique) local.

Cependant, la fin, sans espoir de retour dans le temps forestier, de la stabilité climatique locale, oblige à réviser radicalement le principe d'ajustement automatique des espèces et provenances locales au climat local.

Le désajustement est potentiel partout mais n'est pas systématique et oblige à analyser les causes et conditions de l'ajustement. Ce champ de questionnement relève, entre autres, des modèles d'enveloppe climatique. Une fois déterminées, avec des incertitudes importantes, les enveloppes climatiques par essences et provenances, on se trouve confronté à une autre incertitude : celle du futur climat local. Les résultats du GIEC, dans leur version publiée la plus récente, ont permis de l'étudier. Ils mettent en lumière le problème

posé en France par l'incertitude sur l'évolution des précipitations. Or, elles déterminent le bilan hydrique, essentiel en termes d'adaptation des essences.

Il apparaît que, quels que soient les efforts de recherche, des incertitudes d'origines diverses (climat, réponse des essences) perdureront et ne pourront être levées dans le temps où des décisions incontournables de gestion telles que le choix de l'essence devront être prises. « Comment agir en situation d'incertitude irréductible ? » est un enjeu relativement nouveau par son ampleur et ses conséquences pour les forestiers. Cet enjeu est un sujet de recherche en soi.

L'action en recherche-développement devrait prendre ou confirmer les orientations suivantes :

- organiser et mutualiser les travaux au niveau national et international pour que la réflexion sur la gestion des incertitudes soit partagée entre les experts ;
- expliciter clairement les incertitudes aux parties prenantes : gestionnaires forestiers, pouvoirs publics, société.

Les décisions incontournables à prendre en situation d'incertitudes irréductibles sont, par excellence, un terreau fertile pour le développement de polémiques publiques, pouvant conduire à des blocages, conflits et finalement à l'inaction. L'association, très en amont, de ces acteurs non-experts scientifiques aux travaux de recherche-développement est un moyen d'éviter cet écueil ; cela suppose que soient bien définies les conditions de leur participation. Le cadre général du PNACC et l'existence du RMT Aforce sont particulièrement adaptés pour accueillir cette démarche de co-construction. ■

### Résumé

Le projet NOMADES - Nouvelles Méthodes d'Acclimatation Des ESSences forestières - a pour objectif de préciser l'adaptation des essences au climat actuel et aux climats futurs potentiels. De nombreux aspects sont étudiés : l'adéquation des essences à leur aire actuelle, la compréhension des relations essences-climat, l'intégration d'autres facteurs (sols, parasites...), la modélisation des limites actuelles et leur aptitude à se développer ou à se maintenir sous d'autres climats, selon 34 critères. NOMADES fournit en outre un protocole rigoureux de mise en place d'essais de comparaison d'essences ou provenances.

**Mots-clés :** changement climatique, acclimatation, essences forestières, modélisation.

## Représentation de l'évolution potentielle de la zone de compatibilité climatique d'une essence X, sous l'effet des changements climatiques

X représente une essence de plaine standard, croissant sous climat tempéré.

La zone verte représente la zone de compatibilité climatique : régions où les conditions climatiques, présentes ou futures sont compatibles avec les exigences climatiques de l'essence. Ces exigences sont calculées en référence aux climats des lieux où l'essence est actuellement présente. Les cartes n'indiquent pas les lieux où l'essence sera réellement présente dans le futur, mais seulement là où le climat sera compatible.

### Situation en climat actuel (1980-2000)



La zone de compatibilité climatique est limitée vers le sud par la sécheresse, vers le nord et en altitude par le manque de chaleur estivale et vers l'est par la continentalité<sup>1</sup> et par le froid hivernal.

### Situation en climat futur modélisé (2050-2070)\*\* - Scénario 1



À cet horizon, les changements de l'aire sont modérés. L'évolution du climat équivaut à une augmentation de la température de 2 à 3 °C et à une baisse légère des précipitations estivales.

La zone de compatibilité climatique se réduit par le sud (Loire Garonne) du fait d'une sécheresse croissante. Elle s'étend\* (1) vers le nord et en altitude du fait de l'augmentation de la chaleur estivale et (2) modérément vers l'est du fait de la diminution faible de la continentalité et du froid hivernal.

### Situation en climat futur modélisé (2050-2070)\*\* - Scénario 2



À cet horizon, les changements de l'aire sont importants. L'évolution du climat équivaut à une augmentation de la température de 4 à 5 °C et à une baisse significative des précipitations estivales. La zone de compatibilité climatique disparaît presque complètement de

France par le sud (Loire Garonne) du fait d'une sécheresse croissante. Elle s'étend\* (1) fortement vers le nord et en altitude du fait de l'augmentation de la chaleur estivale et (2) très fortement vers le nord-est, du fait de la diminution de la continentalité et du froid hivernal.

1) La continentalité mesure la différence des températures entre l'hiver et l'été, faible en Europe à proximité de l'océan, de plus en plus forte vers l'est.

\* S'il y a extension de la zone de compatibilité climatique, cela ne signifie absolument pas que l'essence va forcément s'y répandre. En effet, le temps nécessaire à la mise en place d'une migration naturelle est trop lent comparé à la vitesse des changements modélisés.

\*\* Projections futures de la zone de compatibilité climatique de l'essence, réalisées à partir du modèle de niche IKS, en cours de finalisation.