

Migration assistée des essences forestières : un levier d'adaptation parmi d'autres

Par Brigitte MUSCH

Office National des Forêts (ONF)

Et Éric PAILLASSA

Centre national de la propriété forestière (CNPF)

Le changement climatique de par sa vitesse inégalée bouleverse les écosystèmes forestiers. Face à ce défi, les forestiers tentent de trouver des solutions pour rendre la forêt la plus résiliente possible. Les ressources génétiques et en particulier la migration assistée font partie de la stratégie d'adaptation des forêts. La migration assistée s'appuie sur un processus biologique naturel que les espèces utilisent pour être en adéquation avec le milieu dans lequel elles se développent. Les forestiers mettent en œuvre la migration assistée aussi bien au niveau des provenances (au sein de l'aire de répartition de l'espèce) que d'espèce (accroissement de l'aire de répartition d'une essence présente sur le continent européen). L'objectif est d'identifier et planter des provenances et des essences plus adaptées aux stress hydriques prolongés et aux fortes chaleurs pour enrichir les ressources en place. Nonobstant, ils prêtent une attention très particulière aux risques de mal adaptation de ce matériel forestier aux conditions actuelles et à la perturbation des écosystèmes.

Introduction

Par le passé, la planète a connu des modifications importantes de son climat, mais les changements actuels interviennent à une vitesse sans précédent (Lee *et al.*, 2023). D'après les données du GIEC, sur la période allant de 2011 à 2020, la température moyenne mondiale a augmenté d'environ 1,1°C par rapport à la période de référence (de 1850 à 1900). Cette augmentation n'est pas homogène : le réchauffement des continents (+ 1,6°C) est plus prononcé que celui des océans (+ 0,9°C). De plus, l'impact de ce changement affecte aussi le cycle hydrologique mondial. Cela s'est traduit, par exemple, depuis les années 1950, par une augmentation des précipitations sur l'ensemble des continents. Mais, comme pour les températures, cette augmentation recouvre de fortes disparités géographiques, puisque le cumul annuel des précipitations tend à diminuer dans les régions relativement sèches et à augmenter dans les régions plus arrosées. Par ailleurs, le régime hydrique annuel est aussi bouleversé avec des précipitations moins bien réparties sur l'année entraînant des périodes plus longues de sécheresses. Toutes ces modifications climatiques rapides et à large échelle affectent bien évidemment les espèces forestières qui ont des cycles de vie long.

Impacts sur la forêt ?

Si l'ampleur de ce réchauffement est comparable à celui qu'a connu la Terre depuis la dernière glaciation de l'Holocène, il s'opère à un rythme beaucoup plus rapide qui ne laissera pas le temps aux essences forestières de migrer naturellement. En effet, pendant l'Holocène, le chêne sessile a mis 6 000 ans pour recoloniser naturellement l'Europe. Le niveau de réchauffement de + 4°C prévisible (TRACC) représente l'écart de température moyen entre les grands biomes végétaux mondiaux. Ainsi, en France, une grande partie des forêts associées au climat tempéré actuel va être soumise d'ici la fin du siècle à un climat de type méditerranéen. La modélisation des impacts sur les forêts de cette trajectoire climatique TRACC (+ 4°C) montre qu'ainsi 4,6 Mha (27 % de la forêt métropolitaine) seraient en inconfort climatique.

Les principaux impacts sur les forêts seront : une intensification du stress physiologique avec augmentation du risque de cavitation (Brodrribb *et al.*, 2020), un ralentissement de la croissance des arbres (Lebourgeois *et al.*, 2020), une progression des attaques des bioagresseurs sur des arbres stressés et une accentuation du risque incendie. Ces impacts sont déjà visibles et mesurables en termes de surmortalité et de ralentissement de la croissance de 10 % en 10 ans (IGN, 2023).

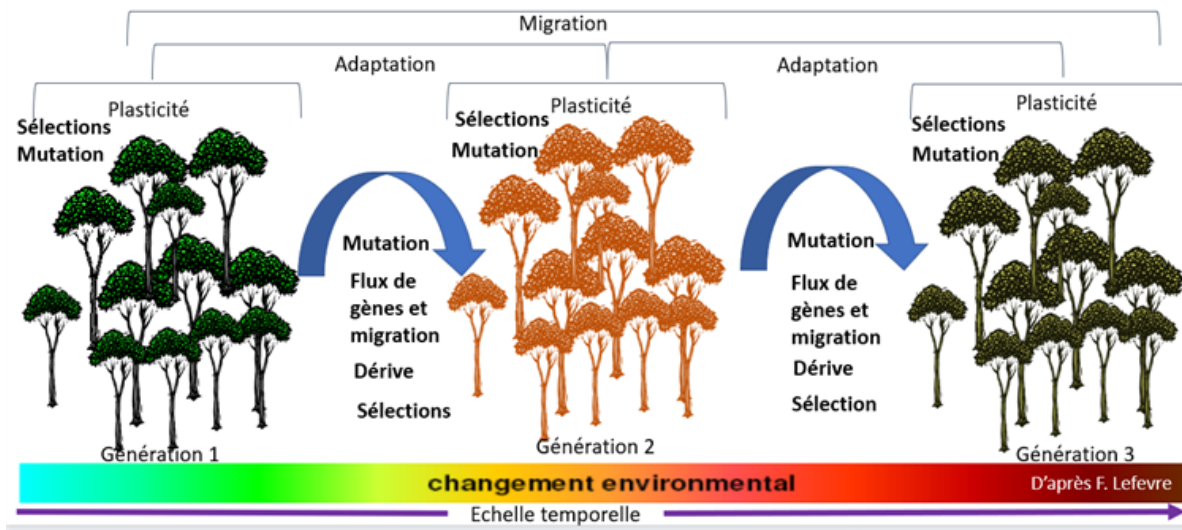


Figure 1 : Différentes échelles des processus évolutifs (adaptée de Francois Lefèvre).

Si le changement climatique bouleverse les paysages et écosystèmes forestiers, il impacte aussi le puits de carbone forestier et réduit son objectif de décarbonation de notre économie.

Leviers pouvant être utilisés

Des leviers existent pour limiter l’impact sur les forêts de ces changements dont celui sur les ressources génétiques forestières.

Selon les degrés de dépérissement des peuplements, il repose soit sur l’adaptation locale de ces peuplements, soit sur la migration, soit sur l’introduction d’espèces. Face à la vitesse des changements globaux en cours, les cycles forestiers (croissance, maturité, reproduction, mortalité) sur plusieurs décennies limitent la capacité d’adaptation locale, même si ceux-ci peuvent être puissants (Saleh *et al.*, 2022), mais aussi la migration naturelle.

Migration et migration assistée

Définition de la migration

La migration est un processus biologique naturel qui permet l’échange de gènes entre individus au sein d’une population ou entre populations. Cet échange peut se faire sous forme de flux de pollen et/ou de graines à courte, moyenne et longue distance. Pour certaines espèces, elle peut aussi se faire par multiplication végétative. C’est une force évolutive puissante par brassage de gènes qui permet le maintien de la diversité génétique et de contrer les effets de perte de diversité par dérive.

Comment les espèces forestières peuvent migrer ?

De nombreuses études sur les flux de gènes ont mis en évidence les mécanismes de dispersions. Par exemple, Bossema (1979), Stiles (1980), Sork (1984), Gomez *et al.* (2008) ont montré que les graines pouvaient migrer parfois sur des kilomètres. De la même manière, les avancées en génétique ont permis elles aussi de mieux quantifier les distances de disséminations (Chase *et al.*, 1996 ; Oddou-Muratorio *et al.*, 2001 ; Kermer *et al.*, 2012). Ces études montrent l’importance des migrations sur de longues distances, mais elles restent à faibles fréquences. Mais ces distances de disséminations restent très nettement inférieures à la vitesse d’évolution du climat pour que cette voie de migration soit efficace face à cette dernière.

Enveloppe climatique et migration

Avec le changement climatique, les niches climatiques des différentes essences vont être modifiées de manière plus ou moins forte sur le territoire français : augmentation pour les plus méditerranéennes et diminution pour les moins résistantes aux climats chauds avec une sécheresse prononcée en été. Les niches vont se déplacer vers le nord ou en altitude (McKenney *et al.*, 2007).

Les aires de répartition pourraient se déplacer de 1 à 7 km par an, une vitesse bien plus élevée que la capacité des arbres à migrer (Williams et Dumroese, 2013). Sachant qu’il faudrait, par exemple plus de 500 ans pour que les chênes ou les hêtres migrent de 100 km, des essences vont se trouver alors de fait en dehors de leur niche climatique, entraînant une mauvaise adapta-



Figure 2 : Composantes élémentaires de la migration (© Ducouso).

tion au futur climat (Park et Talbot, 2018). Il va résulter de ce décalage, une vulnérabilité accrue des arbres, une moindre résistance et résilience de nos écosystèmes, et impacter leur capacité à se régénérer après perturbation (Ruiz-Pérez et Vico, 2020).

Ce constat pose un grand défi aux gestionnaires des forêts qui ont la préoccupation d'assurer le maintien de la biodiversité et la fonctionnalité des écosystèmes dans des conditions de climat actuel et futur (Aitken *et al.*, 2008).

Migrations assistées

Quelles différences ?

Les experts de l'Ipbes et du Giec (Pörtner *et al.*, 2021) définissent la migration assistée comme « le mouvement d'espèces et de populations visant à faciliter l'expansion de l'aire de répartition naturelle, comme mode de gestion répondant directement au changement climatique (...) ». De manière pratique, la migration assistée consiste à planter au sein de forêts des provenances ou des essences plus adaptées aux futures conditions climatiques que celles qui sont en place.

Les scientifiques s'accordent à distinguer :

- Le flux de gènes assisté (Aitken *et al.*, 2013), dans ce cas, il s'agit de procéder à une migration de gènes au sein de l'aire de répartition de l'espèce considérée, afin d'y apporter une diversité génétique potentiellement favorable à sa résilience. La provenance introduite et celle en place échangent de manière efficace des gènes. C'est le cas par exemple de la provenance de chêne sessile de Grésigne dans le Tarn plantée en forêt de Tronçais dans l'Allier.

- La migration assistée d'espèces aux marges de leur aire de répartition (à courte ou longue distance). Dans ce cas, il s'agit d'accompagner le déplacement de l'aire de répartition, souvent vers le nord ou en altitude d'une essence. C'est le cas par exemple de l'introduction de chêne tauzin originaire du Sud-Ouest en forêt de Compiègne (Nord de Paris).

L'introduction d'espèces venant de zones géographiques où les essences présentes sur notre territoire n'ont pas co-évolué par exemple au sein de zones refuges communes (cas de continents différents par exemple) ne correspond pas à de la migration assistée, mais à de l'introduction d'essences.

Quels impacts sur les écosystèmes ?

Le principal impact attendu des migrations sur l'écosystème, est un impact positif se traduisant par une meilleure résilience des écosystèmes ou pour faciliter une transition vers des écosystèmes forestiers mieux adaptés aux futurs climats (Millar *et al.*, 2007). Le recours à la migration assistée a pour buts d'anticiper et d'atténuer les impacts négatifs des changements climatiques, de préserver la diversité biologique et de maintenir la fonctionnalité et la productivité des écosystèmes. Cette pratique se veut être une aide à la migration naturelle des arbres permettant de compenser le rythme de déplacement très rapide des climats, induit par les changements climatiques (Ste-Marie *et al.*, 2011).

À l'extrême, la migration assistée peut aussi être une solution dans le cas où une espèce ou une population d'arbres est menacée d'extinction dans son aire naturelle. Elle permet soit de renforcer la population avec un apport d'individus (génotypes) permettant d'enrayer le déclin, soit une migration assistée de l'espèce visant à l'implanter dans des zones hors de son aire de réparti-

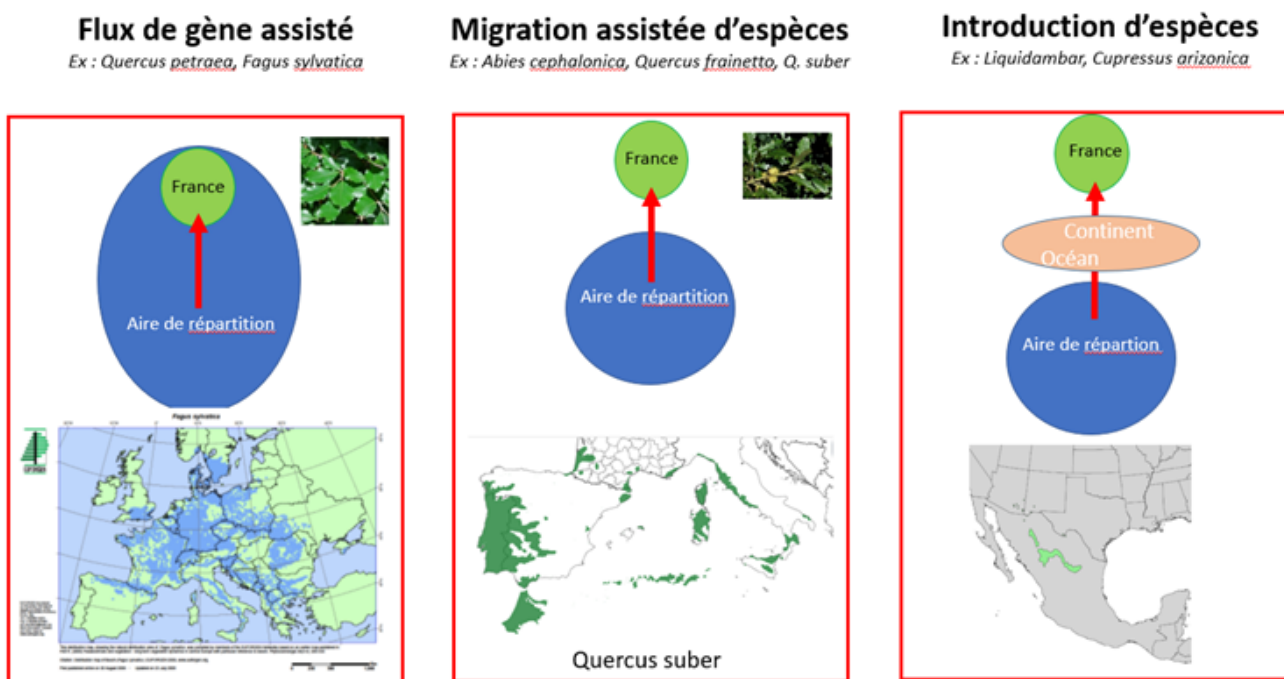


Figure 3 : Définition des échelles des migrations assistées et introduction (d'après Dumroese).

tion actuelle dans le cas où son habitat est menacé de disparition.

Quels atouts pour les forestiers ?

Les actions de gestion adaptative comme la migration assistée sont de plus en plus considérées dans la foresterie comme des pratiques à envisager pour augmenter la résistance et la résilience.

Les flux de gènes assistés sont depuis plus d'une dizaine d'années testés par des projets expérimentaux. Ils permettent d'introduire dans des peuplements vulnérables de la diversité génétique à partir de peuplements adaptés à des conditions de déficit plus marqué. Les outils de modélisation et de diagnostic à disposition des forestiers comme ClimEssences, Zoom 50 ou BioclimSol permettent d'identifier ces peuplements. Au-delà de l'expérimentation, les fiches de conseils d'utilisation des matériels forestiers de reproduction proposent aussi la possibilité de choisir des matériels plus adaptés aux conditions futures.

La plantation d'essences relevant de migration assistée est un atout potentiel pour la résilience des forêts. En effet, il permet un enrichissement spécifique des peuplements et il est largement accepté que des forêts plus diversifiées résistent mieux aux aléas. Mais au-delà de cet avantage, si l'espèce principale vient à décliner, ces essences plus méridionales présentes seront alors en capacité de prendre le relais pour maintenir un espace boisé.

Des interactions entre l'espèce nouvelle et les ressources génétiques locales existent et sont recherchées. Elles vont être différentes selon les surfaces ou le nombre de plants impliqués et devront répondre aussi à plusieurs conditions. La première est qu'il faut que la plantation soit hybridogène, c'est-à-dire qu'il puisse y avoir des échanges de pollen, et donc être le cas lors de la plantation de provenances ou d'espèces appartenant à un même complexe d'espèces (espèces du même genre sans barrière reproductive). Il faut aussi que les deux compartiments soient matures sexuellement et avec une période de floraison synchrone. Enfin, ils doivent être suffisamment différents génétiquement pour qu'il y ait un réel impact sur le peuplement local.

Le risque majeur de la migration assistée d'espèces suite au dépérissement des essences clé de voûte des écosystèmes est la mal-adaptation. Le risque d'échec des opérations de migration assistée est à la fois le fait des incertitudes sur le climat à venir et sur les conditions actuelles. Celles-ci peuvent ne pas être encore favorables à l'implantation de certaines espèces (débourement précoce et gelées tardives par exemple). Donc une essence qui sera adaptée à l'avenir doit aussi pouvoir résister au climat actuel. De plus, les essences qui s'adapteront le mieux sont celles qui présenteront une forte diversité. D'autre part, les conditions environnementales changeant, les équilibres dans l'écosystème sont perturbés et une espèce avec une valeur adaptative supérieure à celle des espèces présentes peut devenir prédominante voir envahissante. Ce risque serait plus limité dans le cas de la migration assistée que dans le cas d'introduction car

les essences ont co-évolué dans les mêmes refuges glaciaires.

Exemple en foresterie

La migration assistée est une question de stratégie forestière qui doit encore faire ses preuves sur des surfaces plus importantes que les quelques dispositifs expérimentaux actuellement en place.

C'est l'objectif de MigForest. Il s'agit à travers 4 grands genres (Abies, Quercus, Tilia et Sorbus) d'opérer des actions de migration assistée à l'échelle de massif forestier dans une approche transfrontalière (Belgique, Allemagne et France) en formant un réseau complexe fonctionnel. Les gestionnaires et les chercheurs vont identifier des provenances et des espèces au sein de complexes plus résilients aux futures conditions climatiques. Par exemple, des provenances de chêne sessile plus adaptées au déficit hydrique présent dans le Nord-Ouest de la France mais aussi des chênes dont l'aire de répartition est limitée à l'Espagne comme le chêne faginé ou le chêne zéen pourront être plantés. Au sein de massifs, des schémas d'implantations viseront à permettre selon les besoins des échanges avec le reste du massif ou au contraire les limiter pour préserver les ressources génétiques locales.

Conclusion

La migration assistée n'est pas une réponse miracle pour toutes les espèces, populations ou écosystèmes. C'est une stratégie parmi d'autres pour adapter les forêts aux effets du changement climatique. Extraire des ressources génétiques de leur milieu d'origine et les placer dans un nouveau milieu d'accueil comporte nécessairement des incertitudes sur leur devenir et sur l'interaction avec leur habitat d'accueil mais ne pas intégrer ce levier dans la stratégie d'adaptation des forêts au changement climatique peut priver les forestiers d'un atout pour préserver le couvert forestier.

Bibliographie

- AITKEN S. N., YEAMAN S., HOLLIDAY J. A., WANG T. & CURTIS-MCLANE S. (2008), "Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations", *Evolutionary applications*, 1(1), pp. 95-111.
- BOSSEMA J. (1979), "Jays and oaks: an ecoethological study on a symbiosis", *Behaviour*, Vol. 70, pp. 1-117.
- BRODRIBB T. J., POWERS J., COCHARD H. & CHOAT B. (2020), "Hanging by a thread? Forests and drought", *Science*, 368(6488), pp. 261-266.
- CHASE M. R., MOLLER C., KESSELI R. & BAWA K. S. (1996), "Distant gene flow in tropical trees", *Nature*, 383(6599), 399.
- GÓMEZ J. M., PUERTA-PIÑERO C. & SCHUPP E. W. (2008), "Effectiveness of rodents as local seed dispersers of Holm oaks", *Oecologia*, vol. 155, pp. 529-537.
- IGN (2023), « Les données de l'inventaire forestier national confirment l'impact du changement climatique sur la santé des forêts françaises », <https://www.ign.fr/espace-presse/les-donnees-de-linventaire-forestier-national-confirment-limpact-du-changement-climatique-sur-la-sante-des-forets-francaises>

- KREMER A., RONCE O., ROBLEDO-ARNUNCIO J. J., GUILLAUME F., BOHRER G., NATHAN R. & SCHUELER S. (2012), "Long-distance gene flow and adaptation of forest trees to rapid climate change", *Ecology letters*, 15(4), pp. 378-392.
- LEBOURGEOIS F., CHARRU M., DHOTE J. F. & BONTEMPS J. D. (2020), « La croissance des forêts et les changements environnementaux », *Sciences Eaux & Territoires pour tous*, n°3, pp. 8-11.
- LEE H., CALVIN K., DASGUPTA D., KRINNER G., MUKHERJI A., THORNE P. & PARK Y. (2023), "IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers", Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)], IPCC, Geneva, Switzerland.
- MCKENNEY D. W., PEDLAR J. H., LAWRENCE K., CAMPBELL K. & HUTCHINSON M. F. (2007), "Potential impacts of climate change on the distribution of North American trees", *BioScience*, 57(11), pp. 939-948.
- MILLAR C. I., STEPHENSON N. L. & STEPHENS S. L. (2007), "Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty", *Ecological applications*, 17(8), pp. 2145-2151.
- ODDOU-MURATORIO S., PETIT R. J., LE GUERROUÉ B., GUESNET D. & DEMESURE B. (2001), "Pollen-versus seed-mediated gene flow in a scattered forest tree species", *Evolution*, 55(6), pp. 1123-1135.
- PARK A. & TALBOT C. (2018), "Information underload: ecological complexity, incomplete knowledge, and data deficits create challenges for the assisted migration of forest trees", *BioScience*, 68(4), pp. 251-263.
- PÖRTNER H. O., SCHOLLES R. J., AGARD J., ARCHER, E. ARNETH A., BAI X. & NGO H. (2021), "Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change", Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, https://ipbes.net/sites/default/files/2021-06/20210609_workshop_report_embargo_3pm_CEST_10_june_0.pdf.
- RUIZ-PÉREZ G. & VICO G. (2020), "Effects of temperature and water availability on Northern European boreal forests", *Frontiers in Forests and Global Change*, vol. 3, art. 34.
- STE-MARIE C., NELSON E.A., DABROS A. & BONNEAU M. (2011), "Assisted migration: Introduction to a multifaceted concept", *Forestry Chronicle*, vol. 87, pp. 724-730.
- SALEH D., CHEN J., LEPLÉ J. C., LEROY T., TRUFFAUT L., DENCAUSSE B. & KREMER A. (2022), "Genome-wide evolutionary response of European oaks during the Anthropocene", *Evolution letters*, 6(1), pp. 4-20.
- SORK V. L. (1984), "Examination of seed dispersal and survival in red oak, *Quercus rubra* (Fagaceae), using metal-tagged acorns", *Ecology*, 65(3), pp. 1020-1022.
- STILES E. W. (1980), "Patterns of fruit presentation and seed dispersal in bird-disseminated woody plants in the eastern deciduous forest", *The American Naturalist*, 116(5), pp. 670-688.
- WILLIAMS M. I. & DUMROESE R. K. (2013), "Preparing for climate change: forestry and assisted migration", *Journal of Forestry*, 111(4), pp. 287-297.