



Equilibre et résilience d'un écosystème

Dossier 2 : Evolution naturelle d'un écosystème

L'écosystème forestier abrite de nombreuses espèces qui interagissent entre elles. Ces interactions biotiques, dites interspécifiques, sont de différentes natures : il y a des relations de compétition, d'exploitation ou de coopération. Dans la compétition interspécifique, les êtres vivants sont en concurrence pour exploiter des ressources telles que l'eau ou la lumière. Ce type d'interaction peut aboutir à une cohabitation équilibrée entre les espèces ou à l'élimination d'une espèce. Dans les forêts tempérées en Europe, le hêtre et le chêne constituent 2 espèces majeures aux tempéraments contrastés. Des chercheurs pensent que leur coexistence actuelle dans nos forêts est avant tout le résultat d'anciennes pratiques sylvicoles. Comment expliquer la concurrence entre ces 2 espèces d'arbres ? Leurs interactions sont-elles antagonistes ou bénéfiques ? **TTB**

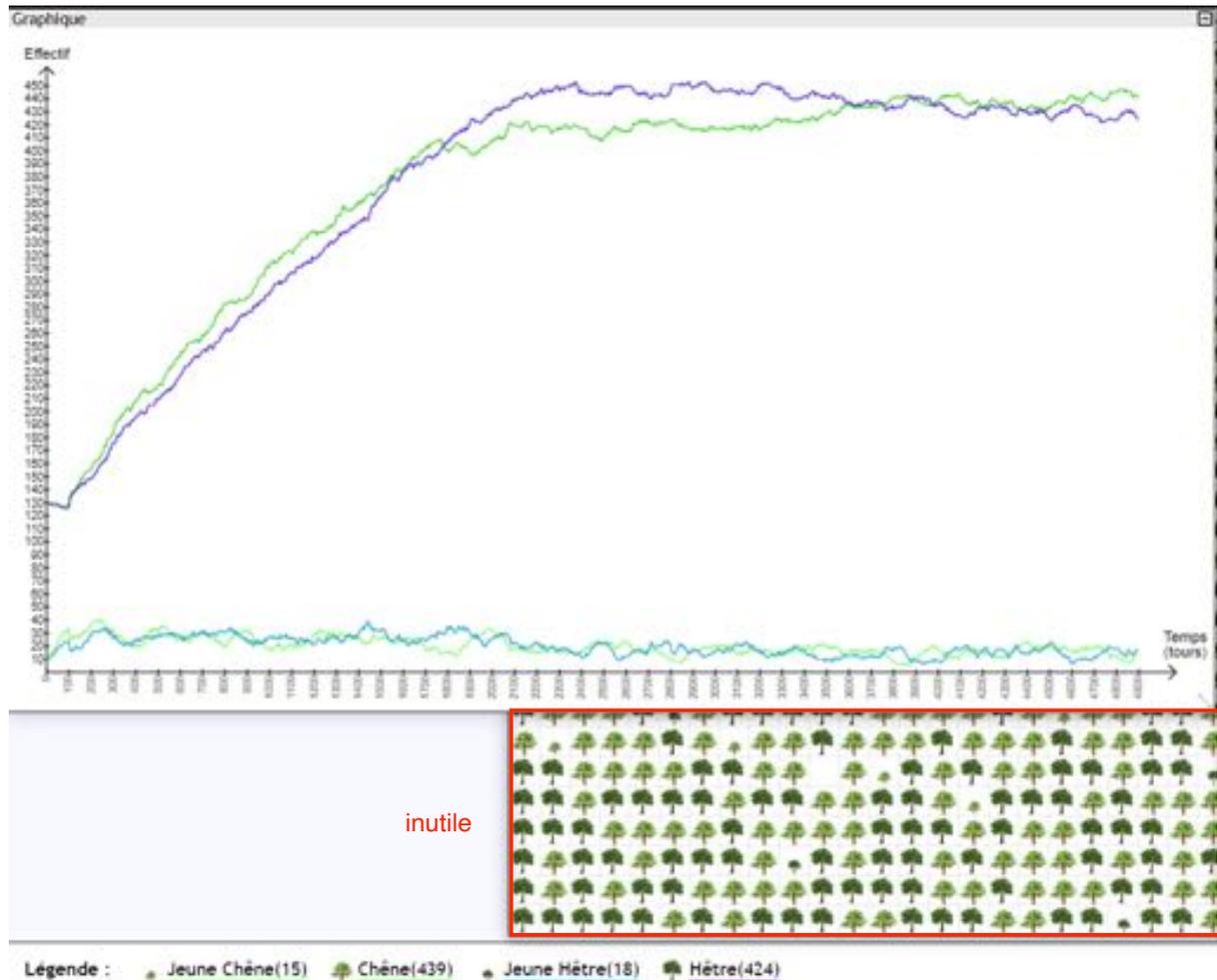
La particularité de l'espace forestier est d'être dominé par les arbres. Ils ont un rôle majeur puisqu'ils structurent l'écosystème, conditionnent son fonctionnement, sa dynamique et son équilibre. Leur présence modifie le biotope de la forêt, répartit la biocénose, et régule la température et l'humidité du sol en filtrant la lumière. La succession des espèces dans le cycle forestier est largement déterminée par des variations interspécifiques de tolérance à l'ombrage. En effet, le hêtre et le chêne sont deux espèces d'arbres qui occupent une même niche écologique. Ils ont des exigences écologiques proches en matière de sol, d'acidité du sol et d'humidité, leurs niveaux trophiques et hydriques sont donc homogènes. Cependant, leur tolérance à l'ombrage est très différente : le chêne est une espèce héliophile qui a besoin de beaucoup de lumière pour sa croissance alors que le hêtre supporte mieux l'ombrage et se contente d'environ 2 fois de lumière pour atteindre sa croissance optimale.

On a utilisé un logiciel de modélisation pour simuler l'évolution d'une forêt mixte constituée de chênes et de hêtres. Le modèle 1 représente une portion de cette chênaie-hêtraie dont on cherche à mettre en évidence l'équilibre dynamique. A cet effet, il y a autant de chênes que de hêtres au départ. Chaque arbre est représenté par un agent : jeune chêne, chêne, jeune hêtre, hêtre. Ce modèle initial ne prévoit que 2 règles :

- une règle de *germination* : les graines sont dispersées de manière aléatoire sans tenir compte des arbres déjà présents dans le modèle
- une règle de *croissance* : au-delà de 100 tours, l'arbrisseau devient adulte.

pas avec les deux seules règles que tu viens d'énoncer !

Avant de lancer le modèle, on s'attend à observer une augmentation du nombre de hêtres au détriment des chênes, sachant que ces derniers sont héliophiles et qu'ils sont en compétition pour la lumière avec les hêtres. On lance ensuite le modèle 1, et on obtient le graphique suivant :



Étrangement, les résultats sont inattendus puisqu'aucune des 2 espèces ne prend le dessus. Au contraire, on observe presque autant de chênes que de hêtres adultes. La courbe bleue représentant les hêtres et la courbe verte représentant les chênes sont quasi juxtaposées. Pourtant, dans la réalité, on observe une dynamique différente : dans une chênaie-hêtraie, les vieux chênes sont rares et se trouvent surtout en lisière de forêt et les plus vieux arbres sont surtout des hêtres.

En outre, d'après le graphique présenté dans le dossier, on constate que parmi les 9 espèces d'arbres représentés, le chêne, dit "oak" en anglais est, après le cerisier noir, l'espèce dont les arbrisseaux sont les moins tolérants à l'ombre et qui ont le plus besoin de lumière intense pour leur croissance. Au contraire, le hêtre, dit "beech" en anglais, est, parmi les 9 espèces, celle qui se développe le mieux dans un environnement ombragé. Le chêne est donc bien plus héliophile que le hêtre que l'on peut qualifier d'espèce plutôt sciaphile, même s'il semble que c'est plus l'isolement que la lumière intense qui gêne le hêtre dans sa croissance. **B**

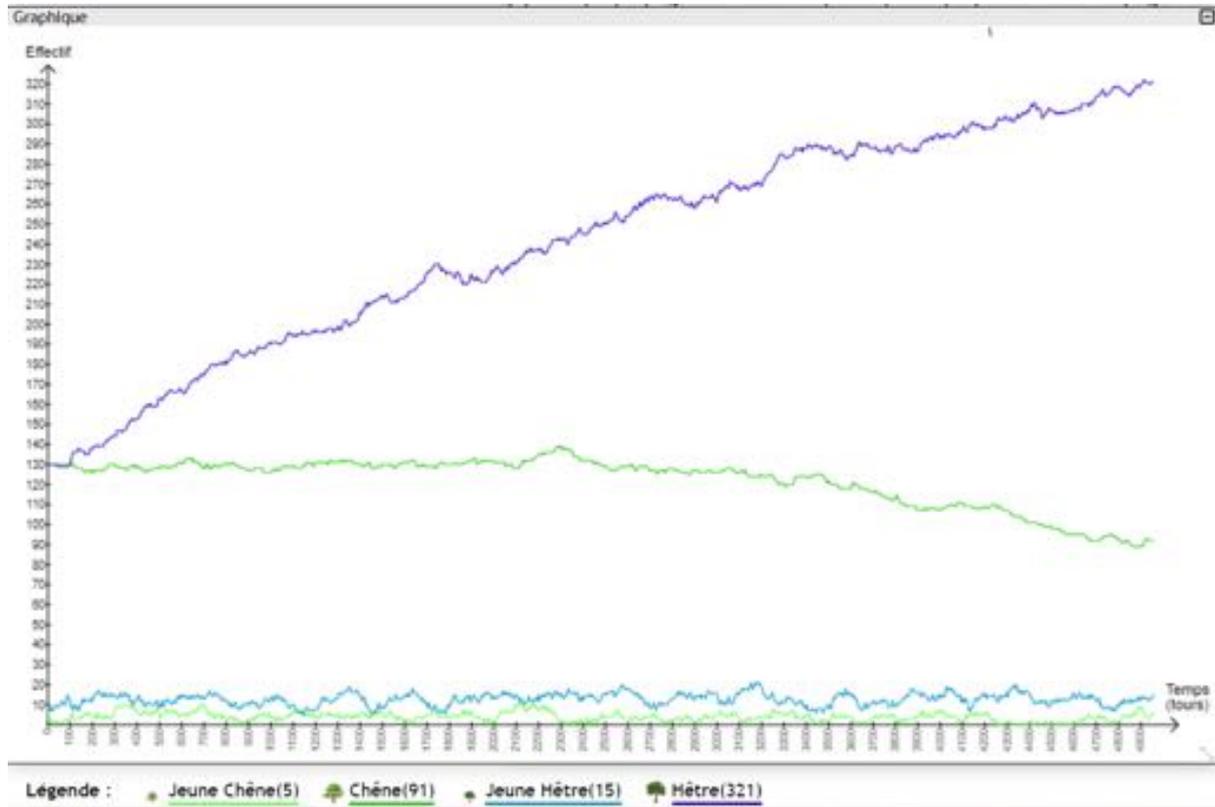
On peut donc déduire de ce graphique que le modèle 1 n'a pas pris en compte un paramètre écologique essentiel qui est la lumière : les jeunes chênes ont besoin de lumière pour se développer. Pour tenir compte de ce paramètre et rendre ainsi le modèle plus pertinent, on a ajouté 2 nouvelles règles au modèle :

- une règle de compétition (*concurrence*) : pour modéliser le besoin de lumière du jeune chêne, un jeune chêne situé sous un arbre adulte peut disparaître

- une règle "*hêtre isolé* " pour modéliser le fait qu'un jeune hêtre se développe mieux à proximité d'autres arbres et qu'un jeune hêtre peut disparaître s'il est entouré de vide

L'objectif est de modéliser les exigences écologiques des 2 espèces, particulièrement durant leur croissance.

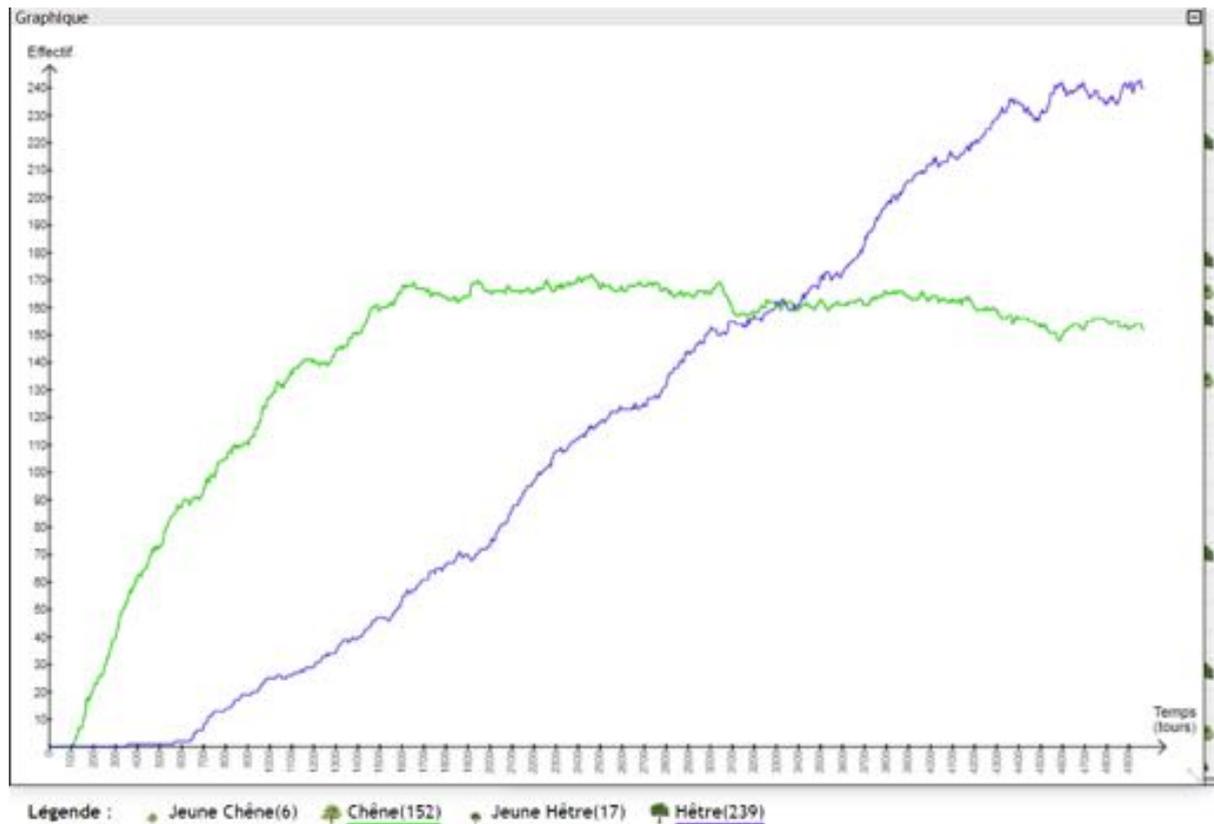
A ce stade, lorsqu'on lance le modèle, on remarque que la courbe bleue (celle des hêtres) est croissante alors que la courbe verte (celle des chênes) est décroissante.



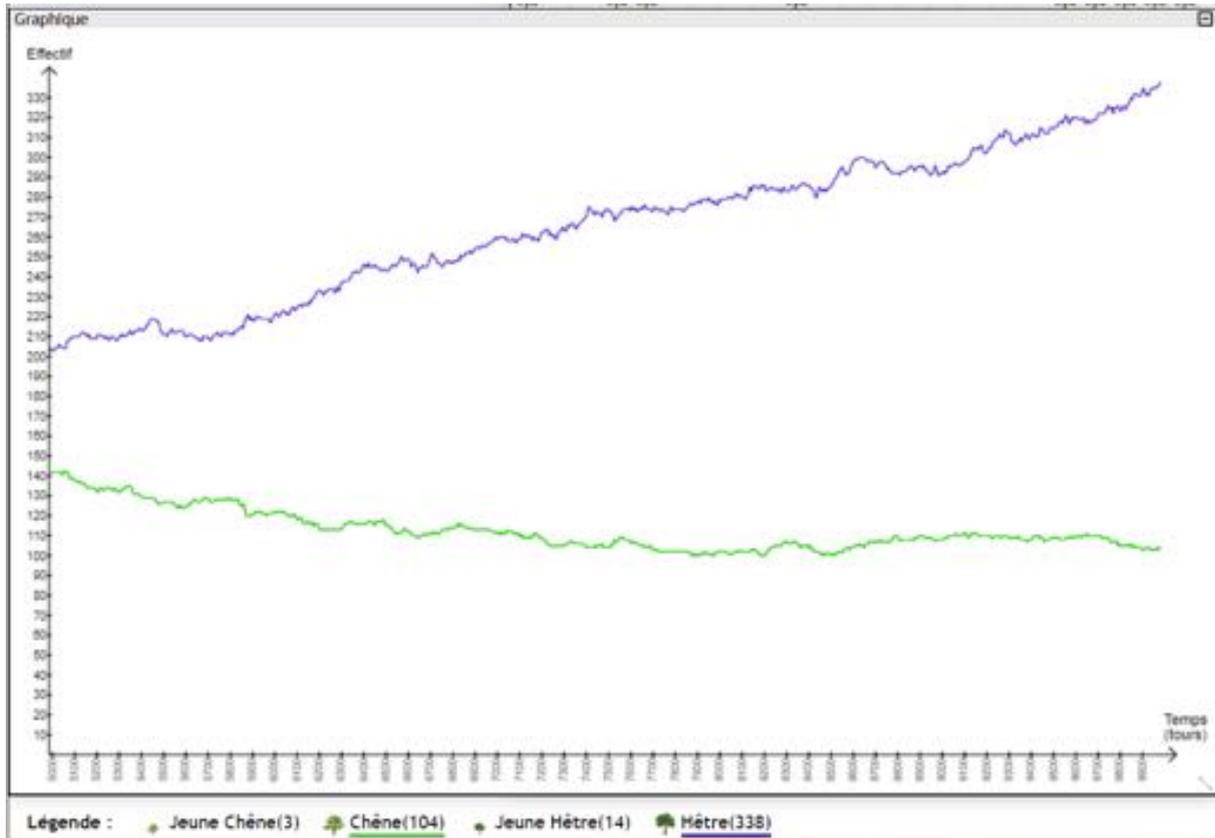
Sur le graphique ci-dessus, il y a donc de plus en plus de hêtres et de moins en moins de chênes dans la forêt mixte. On peut en déduire que la compétition pour la lumière exercée par les hêtres est bien à l'origine de cette dynamique spatio-temporelle. Cette compétition est illustrée par la satire de La Hulotte qui, par des caricatures, raconte la croissance d'une graine de hêtre, une faîne, apportée par un rongeur au pied d'un chêne. Cette graine va pousser à l'ombre de ce chêne jusqu'à devenir un grand hêtre qui finit par dépasser son partenaire. Le chêne, privé de lumière, meurt. Cette compétition pour la lumière dans une chênaie-hêtraie a donc un caractère feroce. **avec des guillemets tout de même !**

Ainsi, la règle "un jeune chêne ne peut pas se développer sous un hêtre adulte" est une *règle de compétition (avec le hêtre pour la lumière)* : un jeune chêne sous un hêtre adulte va se retrouver en compétition pour la lumière et il se peut qu'il n'y survive pas.

Ensuite, on a lancé le modèle 2 en mettant à 0 l'effectif initial de ces 2 arbres pour partir d'un écosystème vide. On a obtenu le graphique suivant qui dévoile plusieurs tendances :

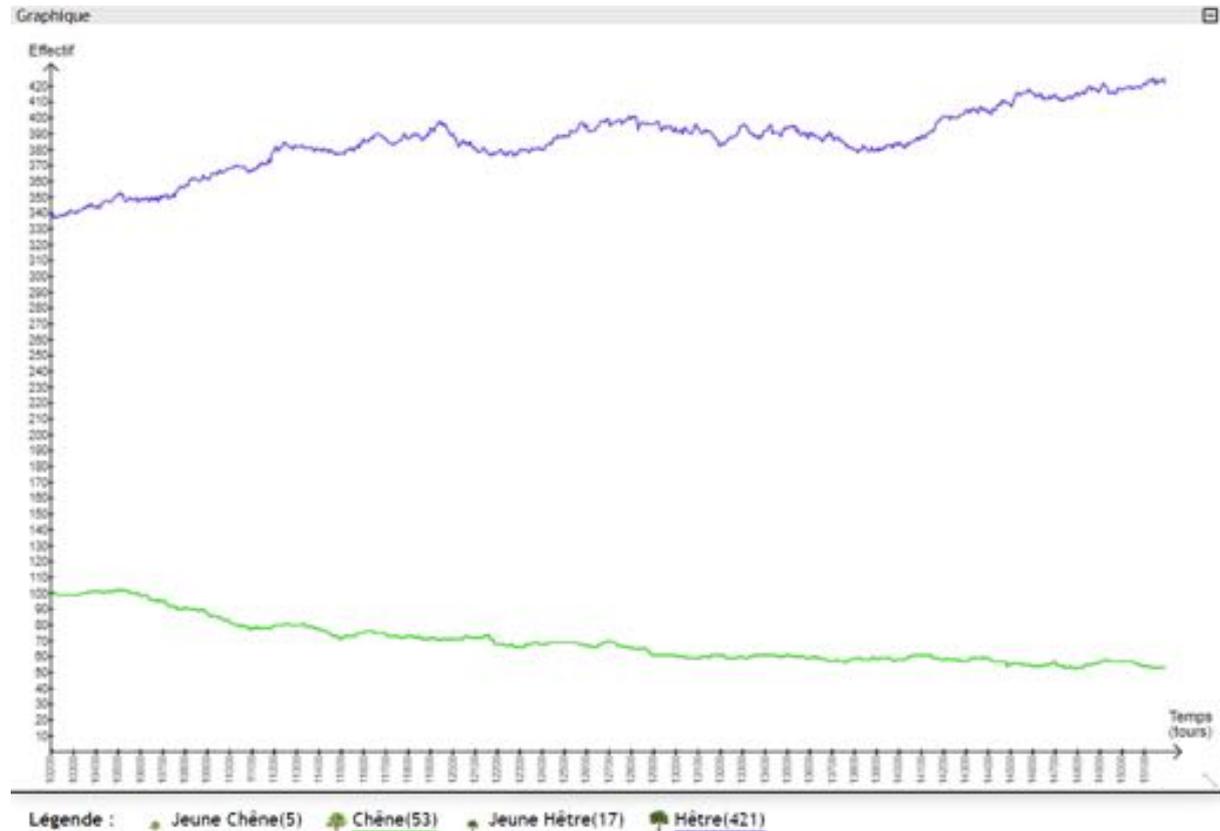


- Dans un 1er temps, on constate que les arbres qui s'installent très rapidement sont les chênes : ce sont des espèces pionnières qui, étant héliophiles, bénéficient du fait qu'on parte d'un environnement dégagé dans lequel il n'y a pas encore de compétition pour la lumière.
- Dans un second temps, au bout de 3400 tours environ, on observe une inversion de la tendance : le nombre de hêtres (courbe bleue) augmente fortement, ce qui signifie qu'ils profitent de l'ombre des chênes pour se développer. A partir de 5000 tours, on constate sur le graphique que cette tendance se confirme très fortement. Ainsi, les hêtres s'imposent dans l'écosystème au détriment des chênes. TB



C'est pour éviter cette situation que les sylviculteurs ont recours à des coupes claires dans les forêts lorsqu'ils veulent exploiter le chêne. Il y a donc une évolution naturelle de l'écosystème forestier qui s'accompagne d'interventions humaines pour maintenir certaines espèces, comme le chêne, afin d'éviter qu'ils périssent du fait de la compétition pour la lumière entre espèces.

On a ensuite laissé tourner le modèle jusqu'à 15000 tours environ et on obtient le graphique suivant :



On constate que le nombre d'arbres des 2 espèces se stabilise dans la forêt. Cette stabilité se nomme le climax : dans cet écosystème, le hêtre s'impose, il est une espèce climacique. Cela signifie que c'est lui que l'on retrouvera de façon dominante dans la forêt lorsqu'elle atteint son **climax**.

cette notion est très débattue ; d'autre part, il ne faut pas non plus en faire trop dire à ce modèle très simple !

Pour conclure, la forêt n'est pas un milieu fixe, il existe des successions écologiques. D'abord des espèces pionnières, ici les chênes, qui colonisent un terrain nu et, ensuite, des espèces climaciques, ici les hêtres, qui se développent et s'imposent naturellement pour représenter l'équilibre final de cet écosystème. L'étude de ces successions écologiques permet de comprendre la dynamique d'un écosystème. Par ailleurs, les interactions entre ces 2 espèces d'arbres ont des effets bénéfiques pour l'un des partenaires (le hêtre) au détriment de l'autre (le chêne). La compétition pour une même ressource, ici la lumière, peut aboutir à un équilibre stable entre les espèces ou à l'élimination d'une espèce. C'est dans ce dernier contexte que l'homme intervient parfois en forêt par des coupes et des éclaircissements pour développer une espèce dominée par une autre. Par ailleurs, on peut considérer que le mélange des espèces, ici 2 espèces d'arbres, a des effets positifs sur l'écosystème tout entier : la présence du chêne augmenterait la résilience, surtout en cas de maladie du hêtre, la biodiversité, la fertilité des sols et la production d'un bois de grande qualité.