

La sécheresse : quels risques pour les forêts ?

Les forêts ont de tous temps été exposées aux aléas climatiques tels que la sécheresse, mais la perspective sous nos latitudes d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité de cet aléa liée au changement climatique, soulève beaucoup d'interrogations. Comment caractérise-t-on la sécheresse ? Comment les arbres y répondent-ils et avec quelles conséquences ? Quels sont ou seront les effets forestiers des sécheresses récentes et futures ?

Comment caractériser la sécheresse ?

On peut définir la sécheresse de quatre manières :

1. la **sécheresse météorologique**, qui est liée à un déficit de pluie, qui en été se combine à une température élevée et un faible taux d'humidité de l'air -
2. la **sécheresse hydrologique**, qui affecte les écoulements de surface et les ressources en eau -
3. la **sécheresse socio-économique**, qui impacte nos équipements (barrages, refroidissement des centrales) -
4. la **sécheresse « agricole »** qui est liée à une **faible disponibilité de l'eau du sol** pour les plantes.

Pour une forêt, la sécheresse est donc essentiellement un déficit plus ou moins marqué de la disponibilité en eau pour les arbres, lié à une réserve en eau du sol devenue insuffisante pour pouvoir être extraite dans de bonnes conditions par les racines. Or un minimum d'eau dans le sol est nécessaire à la survie des plantes, car il permet de maintenir un flux d'eau depuis les racines jusqu'aux feuilles assurant une turgescence cellulaire suffisante pour la croissance, le turnover des nutriments et l'ouverture des stomates permettant les échanges gazeux (cf. fiche 2.04). La sécheresse a une dimension temporelle (le déficit s'étend sur une durée plus ou moins longue, cf. fig.1), et spatiale, (le déficit est variable au sein d'une même forêt, selon la profondeur du sol et ses propriétés). Sous nos latitudes, ce déficit en eau du sol est évidemment plus fréquent et plus intense en été, saison caractérisée par des précipitations faibles, et des températures élevées qui accroissent la demande évaporative. On peut observer aisément les effets de la sécheresse sur les forêts quand elle induit directement des dépérissements massifs (fig.2) ou plus ou moins diffus (fig.3), sur des peuplements adultes ou jeunes (plantations), et indirectement par des grands feux ou encore des épidémies d'insectes ravageurs. Cependant, même une sécheresse modérée peut avoir des impacts différés et prolongés sur la structure et les fonctions des forêts, sans que l'on observe les dommages à grande échelle mentionnés ci-dessus. L'évaluation de ces impacts est donc complexe, car les réponses des arbres de la forêt à la sécheresse varient dans le temps, dans l'espace et entre les essences.

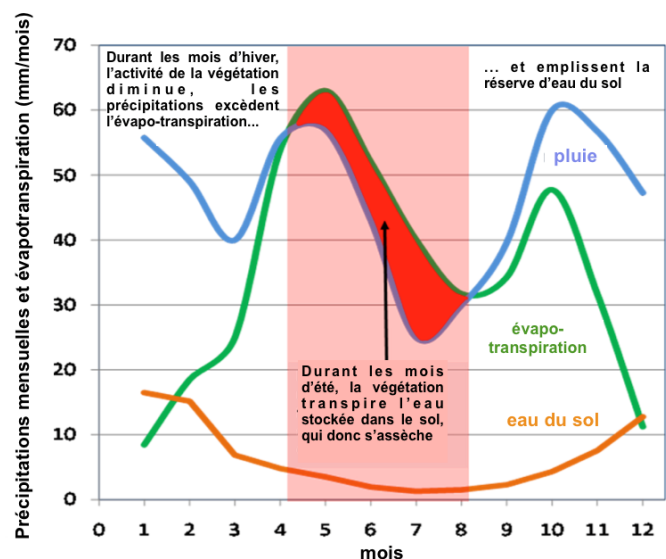


Figure 1. Évolution annuelle de l'eau dans le sol, de l'évapotranspiration et de la pluviométrie dans une forêt de *Quercus ilex* (chêne vert) à Prades (Catalogne). L'estimation de la quantité d'eau du sol de cette forêt va de 96 à 0,2mm selon la profondeur du sol et la saison dans l'année. On observe que la sécheresse s'installe à partir du mois d'avril pour une durée de 4 mois. Source : Sabaté et



Figure 2. (à gauche) *Sapinière sérieusement affectée par la sécheresse de 2003 dans les Alpes-Maritimes* Source : ONF
Figure 3. (en haut) *Dégâts de sécheresse sur jeune plantation résineuse* - Source : DSF

Comment la sécheresse agit-elle sur les forêts ?

Une forte demande évaporative, liée à une température élevée et une faible humidité atmosphérique, et une faible réserve de l'eau disponible dans le sol se combinent pour induire un stress. La réponse de l'arbre à ce stress, va être de contrôler ses pertes en eau grâce à différents mécanismes. La réponse la plus rapide est la fermeture des stomates (cf. fiche 2.04) qui réduit la conductance stomatique pour l'eau, mais en même temps réduit la fixation du carbone par la photosynthèse (cf. fig.4) ; il existe aussi un mécanisme physiologique de tolérance à la dessiccation appelé «ajustement osmotique» par lequel la plante maintient ses cellules turgescentes. À court terme, la plante résout ainsi le problème de la déshydratation continue des tissus qui la menaçait. La réduction de la photosynthèse peut causer des problèmes si les réserves carbonées de la plante sont insuffisamment disponibles pour subvenir aux besoins de la respiration de la plante. Par ailleurs, le manque d'eau peut limiter la fonction de transport du phloème (liber) et la translocation du carbone sur une longue distance à l'intérieur des arbres. D'autres problèmes peuvent surgir, comme une température excessive de la feuille, favorisée par une réduction de la transpiration, ou une radiation excessive pouvant endommager les photosystèmes du chloroplaste. (d'après Sabaté et Gracia, 2011).

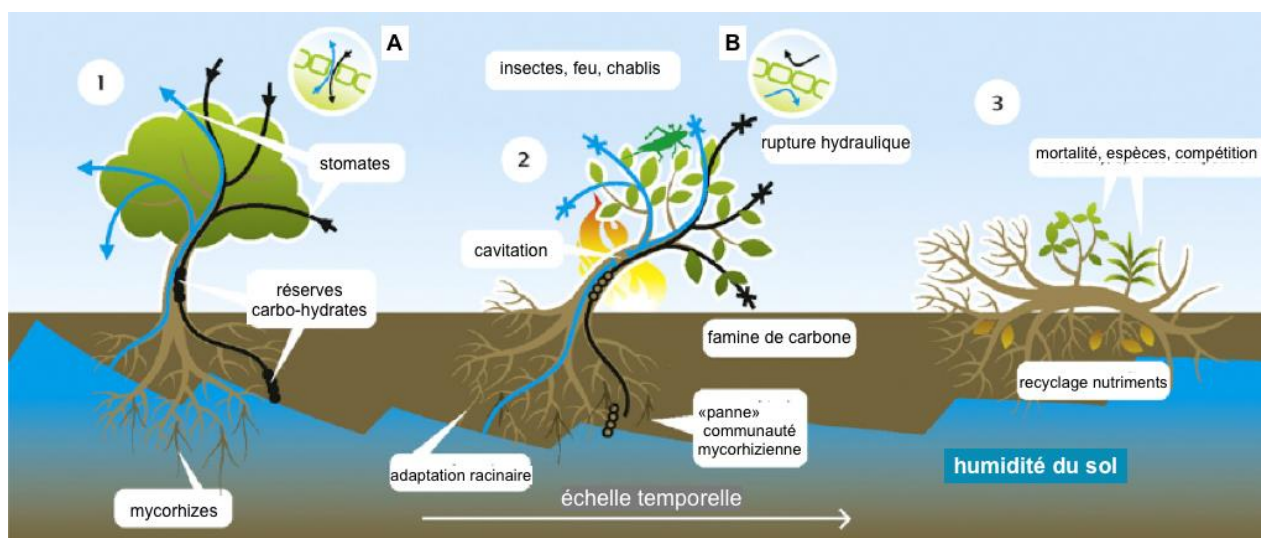


Figure 4. *Illustration schématique de l'interaction entre la sécheresse et le cycle du carbone avant, pendant et après une période d'intense stress hydrique, et les échelles de temps impliquées dans la réponse.* Dans la situation (1) l'humidité du sol est suffisante et les flux d'eau et de carbone sont corrélés à la conductance stomatique (A : stomates ouverts). Dans la situation (2) une intense sécheresse survient, entraînant la fermeture des stomates (B), la cavitation et/ou la privation de carbone, suivie par une vulnérabilité accrue à d'autres perturbations comme les insectes, le feu et le vent. Dans la situation (3) de la mortalité sélective et de la repousse (permise par la recharge en eau du sol) se produisent, en cohérence avec la stratégie des espèces. D'après van der Molen et al. (2011).

Lorsque la limitation en eau est prolongée, la plante répond à moyen terme, par exemple par la chute des feuilles (fig.4). D'autres réponses interviennent à long terme, telles que l'ajustement de caractères morphologiques ou anatomiques (par exemple, feuille ou racines) de la plante ou encore des caractéristiques de ses tissus. Lorsque le stress hydrique devient encore plus prononcé, la pression négative (= tension) dans la sève du xylème (vaisseaux conducteurs) augmente et la **cavitation** peut avoir lieu. Soumise à cette tension, l'eau est en effet physiquement métastable et peut passer à une phase gazeuse plus stable par **cavitation**.

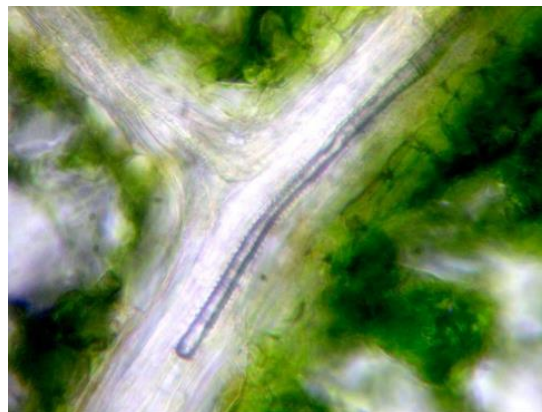


Figure 5. Une bulle d'air emprisonnée dans un vaisseau du xylème d'une veine de feuille d'arbre. (Source : Brendel et Cochard, 2011)

L'entrée d'air dans les vaisseaux du xylème crée une **embolie** qui interrompt l'alimentation en eau des feuilles et peut conduire à la **mort** des branches ou de l'arbre entier par dessiccation (fig.5). Il existe une forte variabilité entre espèces, et à l'intérieur des espèces, dans leurs capacités à éviter ou tolérer la sécheresse, à travers les différents mécanismes mentionnés ci-dessus. D'autres mécanismes comme les associations mycorhiziennes sont aussi affectées par la sécheresse (fig.4). Sans surprise, les espèces ligneuses méditerranéennes se distinguent nettement des autres espèces de zone tempérée pour leur adaptation à la sécheresse.

Quels sont les stress hydriques récents et à venir pour les forêts ?

On peut déjà observer dans nombre de régions françaises les impacts de la sécheresse sur les forêts les années où le déficit hydrique est important et les températures élevées comme ce fut le cas en 2003. Ce sont la plupart du temps des dégâts diffus, mais les mortalités peuvent intervenir non seulement l'année de la sécheresse, mais également dans les années suivantes et ainsi se cumuler. Plus généralement, les inventaires forestiers en Europe constatent depuis une quinzaine d'années un accroissement des taux de mortalité, dont la cause semble liée aux phénomènes de sécheresse. La figure 6 montre pour des peuplements résineux en Lorraine sur des



Figure 6. Les années les plus sèches sous résineux en Lorraine au cours de la période 1994-2014. Le trait rouge vertical représente la valeur moyenne. L'année 2015 se positionne déjà en 4e position alors que le calcul est arrêté au 25 août. Sol à réserve utile de 160 mm et indice foliaire de 6 - (Source : Bréda, 2015)

sols assez profonds des niveaux de stress hydrique élevés au cours de la dernière décennie. Dans les situations où des espèces sont en limite de leur aire de distribution (par exemple le pin sylvestre dans le département du Var ou le sapin pectiné dans les Alpes méridionales ou encore les Pyrénées), les sécheresses répétées se traduisent par une mortalité importante des populations de ces espèces. Les plantations sont également très sensibles à la sécheresse dans le jeune âge, et c'est probablement à ce niveau que les dommages en termes économiques sont les plus importants, comme on a pu le constater en 2015 et 2016.

Outre les impacts sur la survie, la vitalité, la croissance des arbres, et donc la production ligneuse, la sécheresse peut avoir des effets indirects nettement plus importants sur le développement épidémique de

populations de pathogènes ou d'insectes ravageurs, sur les incendies de forêt, ainsi que sur la propagation d'espèces envahissantes. Ces questions sont traitées dans les fiches 5.4, 5.05 et 5.10. Les dépérissements qui résultent de la combinaison de la sécheresse et des ennemis naturels peuvent aussi altérer d'autres services écosystémiques procurés par les forêts. Ainsi, la séquestration du carbone par la forêt peut être fortement réduite en cas de stress hydrique sévère.

Les projections montrent que le changement climatique va **accentuer la sécheresse météorologique** sur les forêts françaises en terme d'intensité et de durée et altérer leurs habitats (cf. fiches 6.01 et 6.02). Allant plus loin, une étude novatrice conduite en France métropolitaine (projet CLIMSEC), fondée sur des simulations utilisant les projections climatiques du GIEC (voir fiche 6.01) et des modèles de MétéoFrance, montre que la **sécheresse du sol** («sécheresse agricole») va aller en s'**aggravant** au cours du siècle actuel (fig.7 et encadré 1) laissant craindre des stress importants pour les forêts.

Encadré 1. La sécheresse des sols : une aggravation temporelle et spatiale pour le siècle en cours

L'évolution des sécheresses en métropole au cours du XXI^e siècle montre de grandes cohérences dans leur déroulement temporel, malgré des différences régionales d'intensité. Au milieu du siècle (2050), on observe une aggravation des «sécheresses agricoles» malgré une évolution peu sensible du régime pluviométrique. À la fin du siècle (2080), il est très probable qu'une grande partie du territoire connaisse de très longues sécheresses du sol, quasiment sans retour à la situation normale (en référence au climat actuel). En moyenne, cet assèchement du sol se retrouve en toute saison. Dans ce scénario temporel préoccupant, on peut souligner l'évolution plus rapide et plus forte des sécheresses du sol par rapport aux sécheresses météorologiques, sous l'effet probable de l'augmentation de l'évaporation (liée à la température). Ceci met en évidence que la prise en compte des seules précipitations comme variable explicative pour décrire l'évolution des sécheresses, n'est pas pertinente. Enfin, la caractérisation spatiale des projections suggère une aggravation particulière des sécheresses dans les régions connaissant actuellement les sols plus humides en moyenne, comme les régions du Nord de la France ainsi que les zones de montagne. Ces résultats font présumer des conséquences importantes en terme de stress hydrique pour les écosystèmes forestiers. - (d'après Soubeyroux et al. - CLIMSEC, 2012)

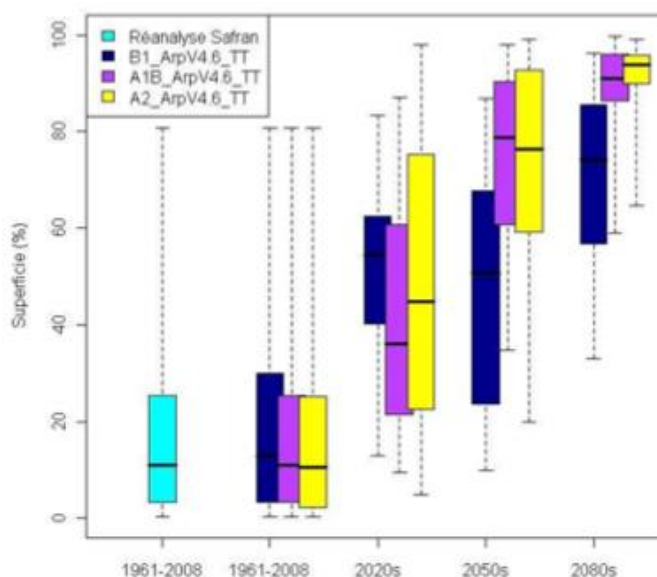


Figure 7. Simulation (entre 1961 et 2100) de la superficie (en %) de la France métropolitaine affectée par les sécheresses «agricoles» modérées à extrêmes sur une période de 12 mois en fonction des scénarios climatiques B1, A1B, A2 (GIEC) du modèle ArpegeV4.6, (Source Soubeyroux et al. - CLIMSEC, 2012)

Recommandation : la lecture de cette fiche peut être complétée par celle des fiches 6.01, 6.02 et de la fiche 6.07 qui informe sur les stratégies à mettre en oeuvre pour anticiper les risques de sécheresse.

Ce qu'il faut retenir

- Le stress hydrique affectant les arbres résulte d'une forte demande évaporative et d'une faible disponibilité de l'eau du sol
- Des mécanismes de régulation physiologiques et anatomiques, variables selon les espèces, permettent aux arbres de répondre au stress mais au détriment de la croissance et de la fixation du carbone
- Un stress hydrique intense peut entraîner des phénomènes d'embolie pouvant conduire à la mort de l'arbre
- Le changement climatique agit fortement sur la disponibilité en eau du sol et l'aggravation de cette tendance va impacter les écosystèmes forestiers