

1. Nous sommes toujours dans la 6ème partie et nous allons entamer la 2ème sous partie.
2. Cette deuxième sous-partie a pour objectif d'expliquer le pouvoir tampon des sols vis-à-vis des sécheresses, c'est-à-dire la capacité des sols à retenir de l'eau utilisable par la végétation. Ce diagnostic de réservoir en eau utilisable est essentiel pour caractériser le déficit hydrique subit par la végétation en climat actuel et en climat changeant. Il permet de quantifier le risque qu'une essence ne soit pas adaptée au climat futur.
3. Avec les changements climatiques en cours, les sécheresses sont de plus en plus fréquentes et intenses et ce phénomène devrait s'accroître dans le futur. Ici nous voyons la somme annuelle des déficits hydriques, c'est-à-dire ce que la végétation aurait dû transpirer mais n'a pas pu, par manque d'eau. La variable se nomme DHYa et est exprimée en mm d'eau. Sur les cartes nous voyons la distribution spatiale de DHYa en climat actuel en haut à gauche, puis à l'horizon 2070, pour 3 différents scénarii futurs. En haut à droite il s'agit d'un scénario moyen d'émissions de gaz à effet de serre couplé à la moyenne de plusieurs modèles climatiques transformant le scénario d'émissions de gaz à effet de serre en climat. En bas nous avons un scénario pessimiste d'émissions de gaz à effet de serre couplé à gauche avec la moyenne de plusieurs modèles climatiques et à droite le modèle climatique le plus pessimiste. Quel que soit le scénario, le rouge domine sur les cartes, plus ou moins intensément, les stress hydriques subis par les peuplements vont drastiquement augmenter en lien avec l'augmentation des températures et les changements de régime de précipitation. Si nous ne savons pas ce que l'avenir nous réserve, les scientifiques ont réalisé un certain nombre de prédictions, toutes incertaines mais permettant d'encadrer le risque de mauvaise adaptation des essences en climat futur. De plus, nous pouvons nous baser sur un diagnostic de sensibilité à la sécheresse qui ne dépend pas du climat et qui permet de hiérarchiser la vulnérabilité des parcelles et de prioriser l'action. Ce diagnostic correspond au calcul du réservoir en eau utilisable des sols, c'est-à-dire leur pouvoir tampon par rapport aux sécheresses.
4. L'eau d'un compartiment que ce soit le sol, la tige ou la feuille, est soumise à différentes forces telles que la gravité, l'attraction exercée par les molécules en solution, et celle des surfaces solides nommées forces matricielles. Le potentiel hydrique est une grandeur qui somme l'ensemble de ces forces agissant sur l'eau contenue dans un milieu hétérogène. Il représente l'énergie nécessaire à fournir au système pour en extraire l'eau. En considérant l'eau liquide quasiment incompressible, cette énergie peut s'exprimer en termes de pression c'est-à-dire une force exercée par unité de surface de matériau, en Pa (pascal). Dans les sols, cette pression est généralement négative c'est-à-dire inférieure à la pression atmosphérique, on parle de tension. Quand le sol est saturé en eau, toute la porosité

est remplie d'eau, la tension de l'eau est proche de 0. Quand le sol sèche, l'air remplace progressivement l'eau et la tension augmente. Au début du ressuyage, la gravité est plus forte que les forces matricielles, l'eau gravitaire n'est pas accessible à la végétation. Puis, quand le sol est à la capacité au champ, c'est-à-dire que la tension est comprise entre 10 et 33 kPa, l'eau qui n'était pas retenue par les forces matricielles a été évacuée et l'eau restant dans le sol est accessible à la végétation. Si le dessèchement du sol se poursuit jusqu'au point de flétrissement permanent, c'est-à-dire une tension de 15 bars, les plantes ne peuvent plus extraire l'eau du sol en deçà de ce point car l'eau, dite liée, est trop fortement retenue par les forces matricielles dans le sol. L'eau disponible entre la capacité au champ et le point de flétrissement permanent est stockée par le sol et accessible à la végétation lors des périodes où il ne pleut pas et où l'arbre doit quand même transpirer. On appelle réservoir utilisable, RU, la quantité d'eau que le sol peut stocker et restituer aux plantes pour leur développement. Il correspond à la taille du verre et s'exprime en mm. La taille de ce réservoir utilisable dépend à la fois de la capacité du sol à retenir de l'eau, et de la capacité de la plante à la capter de façon effective. Il dépend donc à la fois du sol et en particulier, de sa texture, de sa structure et de sa profondeur, et de la plante en particulier du volume de sol prospecté par les racines. On peut également caractériser la capacité maximale théorique du sol à stocker et restituer de l'eau, sans se référer à une culture spécifique, et en ne tenant compte que des caractéristiques du sol. On nomme RUM – Réservoir Utilisable Maximal – cette capacité maximale, exprimée également en mm. Par la suite, nous ne parlerons que de Réservoir Utilisable car nous considérons que nous avons choisi l'essence adaptée aux contraintes vues dans la première sous-partie et que ses racines pourront prospecter efficacement l'ensemble de la profondeur de sol observée.

5. Pour connaître le réservoir en eau utilisable, des mesures longues et techniques en laboratoire sont nécessaires. Heureusement, les scientifiques en ont réalisé beaucoup et les ont mises en relation avec des paramètres plus facilement accessibles, notamment la classe de texture. La relation entre paramètres facilement accessibles et capacité de rétention en eau est appelée fonction de pédotransfert. Nous utiliserons celle d'Al Majou et al. (2008) qui est le meilleur compromis actuel entre fiabilité scientifique et accessibilité sur le terrain pour les forêts françaises, d'après les travaux de Piedallu et al. (2018). Une autre fonction de pédotransfert a été beaucoup utilisée en forêt, il s'agit de celle de Jamagne qui donne des coefficients de rétention en eau par classe de texture selon le triangle de Jamagne aussi appelé triangle de l'Aisne. Il n'est pas recommandé d'utiliser cette fonction de pédotransfert dans un autre contexte que celui des sols limoneux cultivés du Nord de la France. Calculer le RU d'un sol avec la fonction d'Al Majou et al. (2008) nécessite de connaître la classe de texture, le pourcentage d'éléments grossiers et l'épaisseur des différents horizons du sol. Un horizon étant une couche de sol homogène dans ses propriétés, il est l'élément de base du calcul. La classe de texture de l'horizon nous permet d'estimer la quantité d'eau retenue par cm de sol. L'estimation d'Al Majou et al. (2008) se base sur les 5 classes de texture du triangle européen, nous avons repris le triangle de texture du projet insensé qui est compatible avec le triangle à 15 classes de Jamagne et qui est très proche du triangle à 5 classes européen. La fonction de pédotransfert distingue un coefficient pour le sol de surface

(0-10 cm) plus riche en matière organique et qui retient donc plus d'eau, et un coefficient pour le reste du sol. Les éléments grossiers, c'est-à-dire les éléments de diamètre > 2mm, sont supposés ne pas retenir d'eau, ce qui n'est pas tout-à-fait vrai mais nous n'avons pas assez de mesures pour établir une fonction de pédotransfert permettant d'estimer la rétention en eau de tous les types d'éléments grossiers. Il faut retirer la part volumique du sol représentée par des éléments grossiers dans le calcul du réservoir utilisable de l'horizon.

6. Une fois que nous connaissons les réservoirs utilisables de chaque horizon, nous devons les sommer sur l'ensemble du profil de sol prospectable par les racines. Nous nous plaçons dans le cadre d'une essence adaptée au type de sol étudié, la seule contrainte absolue à l'enracinement sera la présence d'une dalle non fracturée. Nous le voyons bien sur la photo de gauche un enracinement conséquent peut être observé sur un chablis malgré une charge très élevée en éléments grossiers disposés horizontalement. Si nous n'observons pas cette contrainte absolue, il est essentiel d'observer toujours la même profondeur afin de comparer les situations entre elles. Par exemple, si nous voulons comparer avec l'outil ClimEssences, nous devons observer le sol et calculer son réservoir utilisable sur 1,5 m d'épaisseur. La profondeur prospectable n'est pas restreinte par l'apparition de traces d'engorgement temporaire. En effet, des travaux de recherche récents montrent que, pour les essences adaptées à l'engorgement temporaire, l'enracinement est limité en période hivernale, avec une mortalité forte des racines fines. Par contre, dès que la nappe baisse, le renouvellement et la croissance racinaire permettent de suivre la nappe et de s'alimenter en eau, compensant ainsi l'assèchement du sol. Pour les essences non adaptées comme l'épicéa sur la photo de droite, l'enracinement est limité à la partie du sol non affectée par l'engorgement temporaire, soit ici les 40 premiers cm. La profondeur totale à considérer est le paramètre le plus délicat à considérer car il est souvent difficile à estimer et a une influence importante sur le réservoir en eau utilisable. On peut s'aider des chablis, des bords de route pour établir une corrélation entre la profondeur sondée à la tarière et la profondeur prospectable. Sinon on peut se baser sur les catalogues de station, chaque station possédant un profil type décrit sur fosse. Via le sondage tarière, on détermine la station et pour la station identifiée on prend les propriétés du profil type.