




Water Balance in Forest Stands A practical Guide

Sophie BERTIN, Céline PERRIER, Philippe BALANDIER

A brief history



An alarming observation: since the seventies, many forest stands have suffered from severe water stress as the consequence of more frequent drought periods.

➤ A group dedicated to water management and silviculture of forest stands was initiated and coordinated by the RMT Aforce (2012 – 2014).

The group consisted of forest practitioners and scientists.

It was championed by a forest practitioner, Jacques Becquey, and a scientist, Nathalie Bréda.

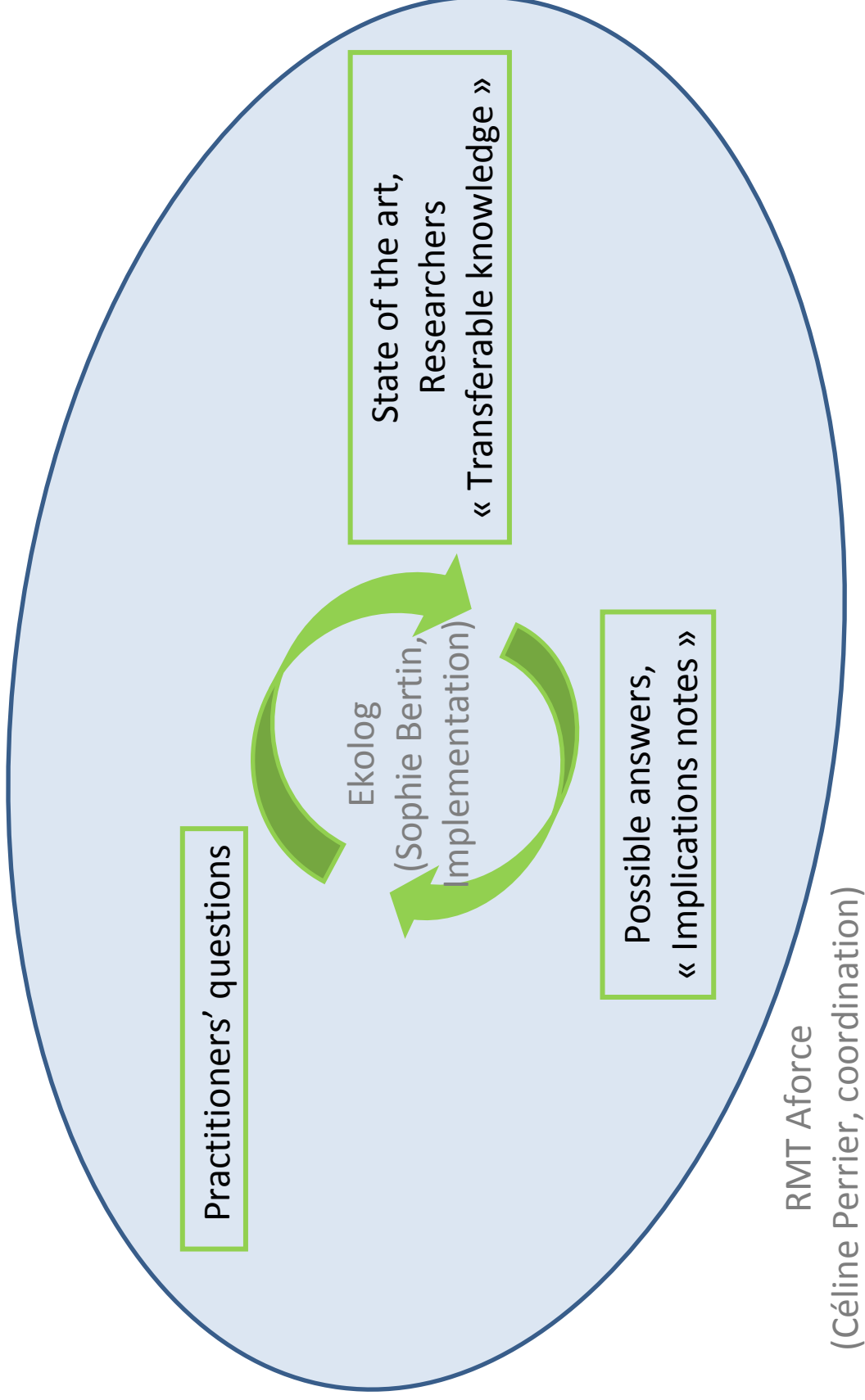
The approach



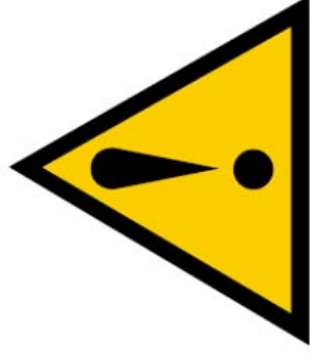
A 4-step approach for the group

1. An inventory of questions arising from forest practitioners and related to water management in standing stands
2. State of the art by scientific researchers on that topic: known, unknown, still in debate?
3. Drawing of potential implications for forest management
4. Edition of a practical guide: water balance in forest stands

The approach



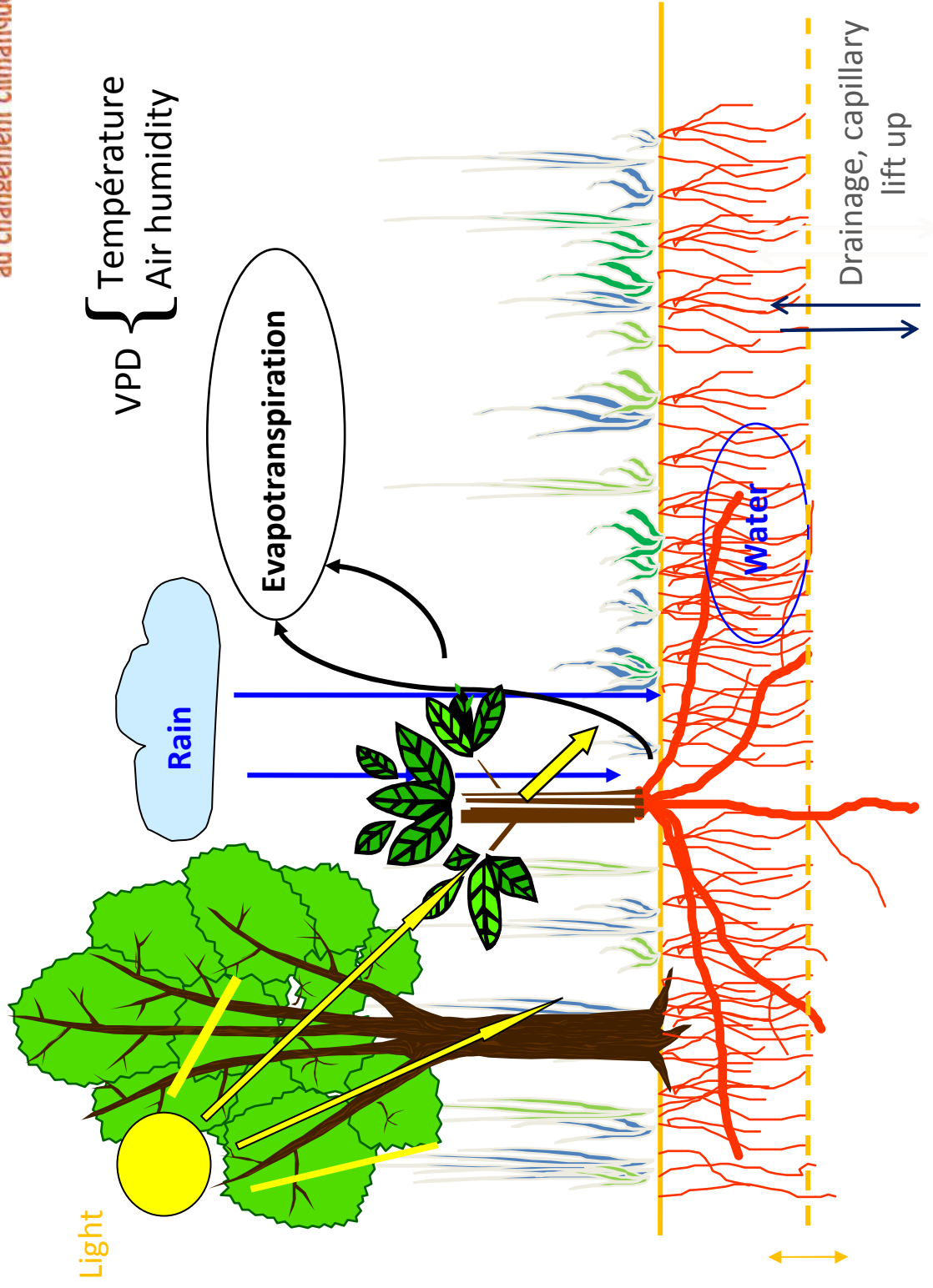
The main objective



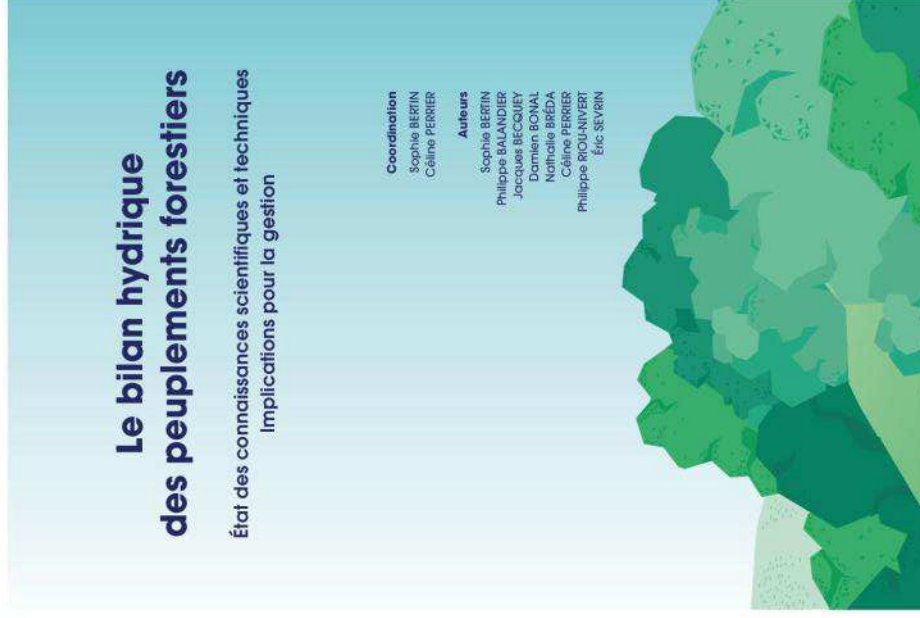
The guide is definitely not a compilation of ready-to-use silvicultural guidelines

- Recommendations are too much site- and stand dependent
- This guide provides the basis to understand, reason and manage the different components of the water balance.
- The reader is encouraged to build up its own forest management strategy adapted to its local forest situations.

The water balance



Water balance in forest stands: a practical guide



Part 1: Synthesis of scientific and technical knowledge



Part 2: Implications for forest management




Part 3: Glossary

Scientific and technical knowledge

Chapter →

Title →

Objective →



Le bilan hydrique

Un système où climat, peuplement et sol sont en interaction

Pour raisonner le bilan hydrique, il faut considérer le peuplement forestier dans son ensemble, c'est-à-dire comme un système (système étudié) composé (cf. Figure A2) :

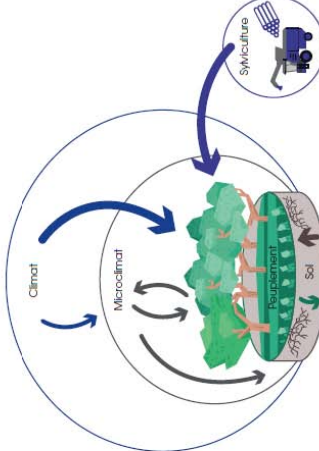
- d'un niveau aérien, occupé par la strate peuplement, où se fait l'interface entre l'atmosphère et la strate peuplement ;
- d'un niveau souterrain, occupé les systèmes racinaires des arbres de la strate peuplement, où se fait l'interface entre le sol et les racines.

Le bilan hydrique

Les arbres qui composent le peuplement forestier sont ainsi en interaction avec le climat et avec le sol (cf. Figure A1).

Ce peuplement forestier, par la structure de sa strate peuplement, sa composition, et son âge, et de part sa situation topographique et géologique (pente, exposition, roche-mère, etc.) peut modifier localement les conditions climatiques et produire ce qu'on appelle un microclimat (Aussenac, 2000).

Ainsi, en intervenant sur le peuplement, le gestionnaire intervient aussi indirectement sur le microclimat (cf. § "Marges de manoeuvre du gestionnaire").



17

1

→ **Tab**

→ **Part**

Figure A1 : Interactions entre climat, peuplement et sol. Source : D'après Aussenac, 2000.

Scientific and technical knowledge

Reminder messages

Exemple

A

Le bilan hydrique

Le bilan hydrique et ses composantes

Définition du bilan hydrique

Établir un bilan hydrique dans un peuplement forestier revient à calculer les variations de la quantité d'eau disponible dans le sol entre deux dates (cf. Fiche B). Le stock d'eau dans le sol à la date t1 est égal au stock d'eau à la date t2 auquel on ajoute les flux d'eau entrant et (cf. Figure A2).

$R(t) = (R(t_1)) + P - T - In - Etr - D$
 $R(t)$: Réserve en eau du sol à la date t
 $R(t_1)$: Réserve en eau du sol à la date t1
 P : pluie
 T : transpiration* des arbres (soit la strate arboresce*)
 In : interception* des précipitations
 Etr : évapotranspiration* de la strate inférieure et du sol
 D : drainage*

Figure A2 : Les flux d'eau à prendre en compte pour établir le bilan hydrique d'un peuplement forestier : entrées d'eau dans le système et flux sortants. Source : D'après INRA BILLOU, 2010. Les flèches représentent les flux. Leur taille illustre des ordres de grandeurs respectifs mais ne représente pas la généralité des situations qui peuvent être rencontrées dans les différents types de peuplements.

18

Figures

A

Le bilan hydrique

Exemple A1

Un climat favorable (pluies bien réparties sur l'année, ensoleillement important) n'est pas toujours synonyme de bonne croissance des arbres. Elle peut par exemple être limitée si le sol est très peu épaissi, en évidence la difficulté de réaliser l'alimentation en eau par grandes régions écologiques telles que les synécotons (SEP) de l'IGN. Il faut préférer des analyses au cas par cas qui intègrent à la fois le peuplement, le sol et le climat.

Exemple A2

Un sol profond n'est pas toujours synonyme de bonne croissance des arbres. Elle peut être limitée si les pluies et la recharge du réservoir d'eau du sol sont limitées ou mal distribuées dans la saison. Car rapport aux besoins de la végétation, la réserve en eau du sol est déterminée par le régime d'alimentation en eau des arbres de la complémentarité entre d'une part, la taille et l'état de remplissage du réservoir d'eau du sol, et d'autre part, le climat et les caractéristiques du peuplement. Cela met en exergue l'importance de la taille du réservoir en eau du sol pour la prospection racinaire.

Le climat

Le bilan hydrique d'un peuplement forestier (système étudié) est en premier lieu déterminé par le climat, et en particulier par la pluie. Les composantes de ce climat peuvent varier considérablement dans le temps et l'espace, y compris sur de courtes distances (Bédou & Briéda, 2009) :

- L'ensoleillement, quantifié par le rayonnement global, varie peu sur de grandes étendues (excepté en

Rôle majeur du type de phénomène dans l'interception des pluies

Pour les espèces « classiques », l'interception :
 - est quasiment nulle ; seuls les branches et les troncs interceptent à cette période.
 - augmente au printemps, au fur et à mesure du développement des feuilles ;
 - est maximale en été ;
 - décroît en automne, avec la chute des feuilles (Bédou & Briéda, 2008).

Pour les espèces « semperviventes », l'interception des précipitations intervient toute l'année et est plus importante que pour les feuillus à l'échelle annuelle.

Au final, la quantité de pluie atteignant le sol, paramètre essentiel à la recharge de la réserve en eau du sol, dépend avant tout de l'intensité de la pluie, mais décroît lorsque l'indice relative augmente (Bédou, 1999). De façon très générale, l'ordre de grandeur de l'interception est de 10 à 15 % des précipitations totales pour les espèces décidues et jusqu'à 40 % pour les espèces semperviventes à fort indice foliaire (Aussenac, 1985).

Facteurs de variation spatiale et temporelle du bilan hydrique

Une bonne alimentation en eau du peuplement forestier résulte d'un ensemble de flux tels que ceux décrits précédemment, mais il dépend aussi des propriétés des différents éléments qui composent le système : climat, microclimat, sol et peuplement (cf. Exemples A1 et A2).

21

Scientific and technical knowledge

A

Le bilan hydrique

Ainsi, les marges de manœuvre du gestionnaire forestier sur le bilan hydrique sont bien réelles. Elles impliquent cependant une bonne connaissance des interactions existant entre les conditions microclimatiques, le peuplement forestier et le sol. Une meilleure connaissance de

l'écophysologie des essences en place (morphologie et anatomie des feuilles, architecture des racines et des branches, phénologie et croissance, etc.) et de son influence sur le fonctionnement global du système est aussi indispensable (Aussenac, 2000).

Principaux enseignements de la fiche

- Le bilan hydrique* d'un peuplement forestier* résulte d'un ensemble de flux d'eau entrants et sortants du système*. Il est influencé par le sol, le climat, le réservoir d'eau du sol* et par le peuplement avec ses caractéristiques (densité des espèces, indice foliaire*, phénologie*).
- La sylviculture permet de travailler le partitionnement* des flux d'eau entre les différentes strates définissant le bilan hydrique de la strate peuplement*.
- On se focalise dans la majorité des autres fiches de synthèse des connaissances scientifiques sur l'indice foliaire*, car c'est la variable sur laquelle la sylviculture est un levier immédiat pour améliorer le bilan hydrique des peuplements existants.

Références bibliographiques

AUSSEMAC, G. (1968). Interception des précipitations par le couvert forestier. Annales des Sciences forestières, 25(3), 135-155.

AUSSEMAC G. (1984). Rôle de la microclimatologie et de la bioclimatologie en sylviculture. La Météorologie 7, 11-17.

AUSSEMAC G., GRANIER A. & NAUD R. (1994). Eclaircie systématique dans un jeune peuplement de Douglas. Modifications microclimatiques et influences sur la croissance. Revue Forestière Française, 36(4), 279-287.

AUSSEMAC G., GRANIER A. & BRÉDA N (1995). Effets des modifications de la structure du couvert forestier sur le bilan hydrique, l'état hydrique des arbres et la croissance. Revue Forestière Française 47(1), 54-62.

A

Le bilan hydrique

AUSSEMAC G. (2000). Interactions between forest stand and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. Annals of Forest Science, 57: 289-301.

BAUDEAU V. & BRÉDA N. (2003). Modélisation du bilan hydrique : l'étape clé de la détermination des paramètres et des variables d'entrée. ONF. RDV Technique nationale n° 4, 11-14.

BRÉDA N. (1999). L'indice foliaire des couverts forestiers : mesure, variabilité et rôle fonctionnel. Revue Forestière Française, 51, 135-150.

INRA. (2010). Biljou® - Modèle de bilan hydrique forestier. Fiche pédagogique - Bilan hydrique - <https://rapport.nancy.inra.fr/biljou/fiche/bilan-hydrique>. INRA, UMR Ecologie et Ecophysologie forestières.

CRUZIAN P. (2008). Comment les plantes utilisent l'eau : mécanismes et régulations. Journée à thème de la SMF : « Mieux Arroser », Paris, janvier 2008.

Pour en savoir plus

INRA. (2010). Biljou® - Modèle de bilan hydrique forestier. Fiche pédagogique - Bilan hydrique - <https://rapport.nancy.inra.fr/biljou/fiche/bilan-hydrique>. INRA, UMR Ecologie et Ecophysologie forestières.

CRUZIAN P. (2008). Comment les plantes utilisent l'eau : mécanismes et régulations. Journée à thème de la SMF : « Mieux Arroser », Paris, janvier 2008.

Pour rappel, les différentes illustrations de cette fiche sont données à titre d'exemple. Elles sont dépendantes du contexte. Il convient par conséquent de ne pas en déduire des généralités.

Fiches associées

B C D E F G

Questions associées

1 3 4

Main knowledge

References

Related knowledges

Associated questions

Implication for management

3

Quel est l'effet de l'intensité des éclaircies sur le bilan hydrique dans les peuplements réguliers ?

D'un point de vue sylvicole, le regard du forestier

La pratique d'une éclaircie forte* est souvent conseillée dans les jeunes* peuplements réguliers*, dans la mesure où elle n'augmente pas significativement la sensibilité du peuplement au vent ou à d'autres aléas. Elle permet une sélection dans le peuplement à un stade de son développement où il réagit généralement bien. La croissance des arbres d'avenir est maintenue ou augmentée et le couvert* se renouvelle progressivement. Le volume de bois exploité permet généralement de réaliser une opération économiquement satisfaisante. A l'inverse, la réalisation d'une éclaircie faible* dans un jeune peuplement régulier entraîne une reformation* très rapide du couvert. Elle est, de plus, souvent défitée pour favoriser la croissance des arbres d'avenir.

144

2

D'un point de vue hydrique

Une éclaircie qui ouvre le couvert diminue nettement la surface foliaire* du

3

Tab

Le bilan hydrique* du peuplement reste néanmoins amélioré par l'éclaircie, si l'on prend garde à ne pas descendre à des indices foliaires inférieurs à 3. Dans ce dernier cas, la strate arborée du peuplement devient très discontinue. La contribution de la strate herbacée à l'évapotranspiration totale du peuplement devient alors prépondérante, diminuant le bénéfice de l'éclaircie. À noter que cette strate inférieure mobilise de l'eau plutôt dans les couches superficielles du sol*, elle est susceptible de sécher lors de l'épuisement de cette ressource* hydrique superficielle. La vitesse de reformation du couvert après éclaircie, en relation avec l'augmentation de la surface foliaire - elle-même en lien avec la croissance en diamètre (surface d'arbre*) - commande la durée pendant laquelle le bilan hydrique est amélioré (cf. Fiche E).


145

2

Part

Implications sylvicoles

Pour garantir un bilan hydrique du peuplement favorable, il conviendrait de



Marquage d'une perche de tremble avant éclaircie.

Implication for management

3

Etat du GIS « coopérative de croissance des forêts » de peuplements comparation de différents régimes d'éclaircies en Forêt domaniale de la région de chère assise et au même âge. Forêt domaniale de chère assise : jamais éclaircies (a, RD1-1), moyennement éclaircie (b, RD1-3). Forêt domaniale de chère assise : fortement éclaircie (c, RD1-23).

Noter dans ce dernier cas le développement abondant des graminées du sous-bois, quel qu'elles soient placées dans la parcelle jamais éclaircie.

146



conduite des peuplements avec des couverts entrecroisés en permanence (sans toutefois provoquer l'isolement des arbres et un couvert discontinu).
Dans les peuplements réguliers jeunes, les éclaircies assez fortes et par le haut, qui courent bien, le couvert sont les plus favorables à la fois pour le bilan hydrique, pour la gestion des contraintes économiques de récolte, pour la réactivité des arbres et pour la réduction des risques. En cas d'éclaircie tardive, il est plus difficile d'améliorer rapidement le bilan hydrique, car l'intensité de l'éclaircie doit généralement rester assez faible pour limiter différents risques (chablis, gourmands, scolytes, etc.). Dans les deux cas, pour maintenir un effet positif sur le bilan hydrique, il faut à nouveau intervenir dès que le couvert se reforme, voire un peu avant. En résumé, l'intensité des éclaircies doit être adaptée aux caractéristiques des peuplements, en particulier son âge, sa hauteur et sa densité. La marge de manœuvre du sylviculteur est d'autant plus importante que les peuplements sont jeunes ou qu'ils ont déjà bénéficié d'éclaircies par le haut. Il faut aussi

3

adapter leur fréquence (rotation), de façon à maintenir un couvert entrecroisé ou à peine fermé, garant d'un bilan hydrique durablement favorable (cf. Questions 4 et 5).

Mises en garde

- Ne pas ouvrir trop fortement le peuplement sous prétexte d'amélioration du bilan hydrique ;
- dans des peuplements jeunes ou régulièrement éclaircis, afin d'éviter de favoriser le développement d'une strate inférieure vigoureuse (cf. Fiche H), le grossissement des branches, des pertes de production ;
- dans des peuplements en retard d'éclaircie, à cause des risques de déstabilisation, de descente de cime ou d'explosion de gourmands.
- Le choix de l'intensité de l'éclaircie est un compromis prenant en compte le contexte pédo-climatique, les risques climatiques et sanitaires, et les éventuelles pertes de production ; il est par exemple inutile d'éclaircir fortement si les conditions pédo-climatiques assurent un bilan hydrique favorable (et l'inversement !).

147

Fiche associées

B D E G F

Questions associées

1 2 4 5 7

Warning and caution

Related knowledges

Associated questions

An interactive website soon...



AFORCE
RMT Adaptation des forêts au changement climatique

Un Réseau pour l'Adaptation des forêts au Changement Climatique

Accueil | Le réseau et ses actions | Projets et réalisations | Manifestations | Espace Partenaires | Espace personnel | Rechercher

Vous êtes ici: Accueil > Travaux des groupes > Sylviculture et eau > ** De quels éléments de connaissance dispose-t-on éléments de connaissance dispose-t-on pour répondre ?

Sylviculture et eau

Introduction

- Quelles questions pose le changement climatique ?
- De quels éléments de connaissance dispose-t-on pour répondre ?

A - Le bilan hydrique

B - Réservoir en eau du sol

C - Surface foliaire et IF

D - Facteurs de variation de l'IF

E - Estimation de l'IF

F - Relation entre IF et caractéristiques du peuplement

G - Variation de la transpiration des arbres et statut social

H - Consommation en eau de la strate inférieure

I - Bilan hydrique d'un peuplement mélangé

J - Bilan hydrique d'un peuplement irrégulier

--- Qu'est-ce que cela implique pour la gestion des forêts ?

De quels éléments de connaissance dispose-t-on pour répondre ?

- Fiche A - Le bilan hydrique
- Fiche B - Le réservoir en eau du sol
- Fiche C - De la surface foliaire de l'arbre à l'indice foliaire du peuplement
- Fiche D - Les facteurs de variation de l'indice foliaire
- Fiche E - Indice foliaire : méthodes d'estimation
- Fiche F - Relations entre l'indice foliaire et les caractéristiques d'un peuplement : cas des peuplements réguliers monospécifiques
- Fiche G - Facteurs de variation de la transpiration des arbres et statut social
- Fiche H - Consommation en eau de la strate inférieure d'un peuplement
- Fiche I - Bilan hydrique d'un peuplement mélangé
- Fiche J - Bilan hydrique d'un peuplement irrégulier

Thank you!



AFORCE

RMT Adaptation des forêts
au changement climatique

