

Gestion de l'eau dans la sylviculture des peuplements en place

RMT Aforce - Groupe 2
2012-2014

Animateurs :

- *Nathalie BREDA (Inra –UMR EEF Nancy)*
- *Jacques BECQUEY (CNPf-IDF Lyon)*



Pourquoi ce groupe ?



- Des peuplements dans des états divers
- Des aléas climatiques récents ayant provoqué des stress hydriques
- Des conséquences sur la santé des peuplements et des évolutions parfois difficilement prévisibles

→ Comment atténuer ces stress hydriques sur les peuplements ?

→ Peut-on réduire leur consommation d'eau ?

A. Un groupe chercheurs - développeurs



1° Constat

2° Objectifs et principes

3° Méthode de travail

Groupe 2 - 2012-2014

Eric SEVRIN / CNPF-CRPF Centre Ile de France

Constat (cf. RMT1)

- Des développeurs
 - CNPF (IDF & CRPF)
 - ONF

Des questions pratiques
(gestion peuplements / eau)
de gestionnaires (SFCDC,
coop, experts, ONF, ...),
conseillers et propriétaires

- Des chercheurs
 - Inra, Irstea
 - FCBA, AgroPariTech
 - Autres (sources biblio)

Des travaux et des résultats
de recherche
(bilans hydriques, ...)

**Pratiques pas toujours adaptées, résultats de recherche
insuffisamment valorisés, parfois mal interprétés, ...**

Objectifs, principes

- Des développeurs

Questions pratiques,
gestion de peuplts /eau

Echanges

- Des chercheurs

Travaux et résultats
de recherche

OBJECTIFS :

- Recherche de réponses scientifiquement validées
- Identification des réponses incomplètes et des manques.
- Pointage des fausses affirmations, ...

Et surtout ... acquisition d'un raisonnement sur le bilan hydrique et la consommation d'eau des peuplements

Méthode de travail

Groupe élargi
(référents)
éch. téléph. & mails

Groupe 2
(mb. RMT)
*éch. téléph.,
mails &
1 réunion /an*

*Développeurs,
conseillers,
gestionnaires
chercheurs*

Questions posées (sylviculture - eau)

- Enquête téléphonique
- Formalisation écrite

Matériel scientifique disponible

- Bibliographie
- Biljou : outil calcul & formation,

Choix et validation des tâches

- Appropriation IF & mesure lien IF /G
- Réponses /questions : sylviculture & eau

B . Raisonner la consommation d'eau des peuplements sur des bases scientifiques

Avoir en tête :

- 1° Le système étudié
- 2° L'indice foliaire : IF (= LAI)
- 3° Le réservoir en eau du sol
- 4° Le bilan hydrique des peuplements



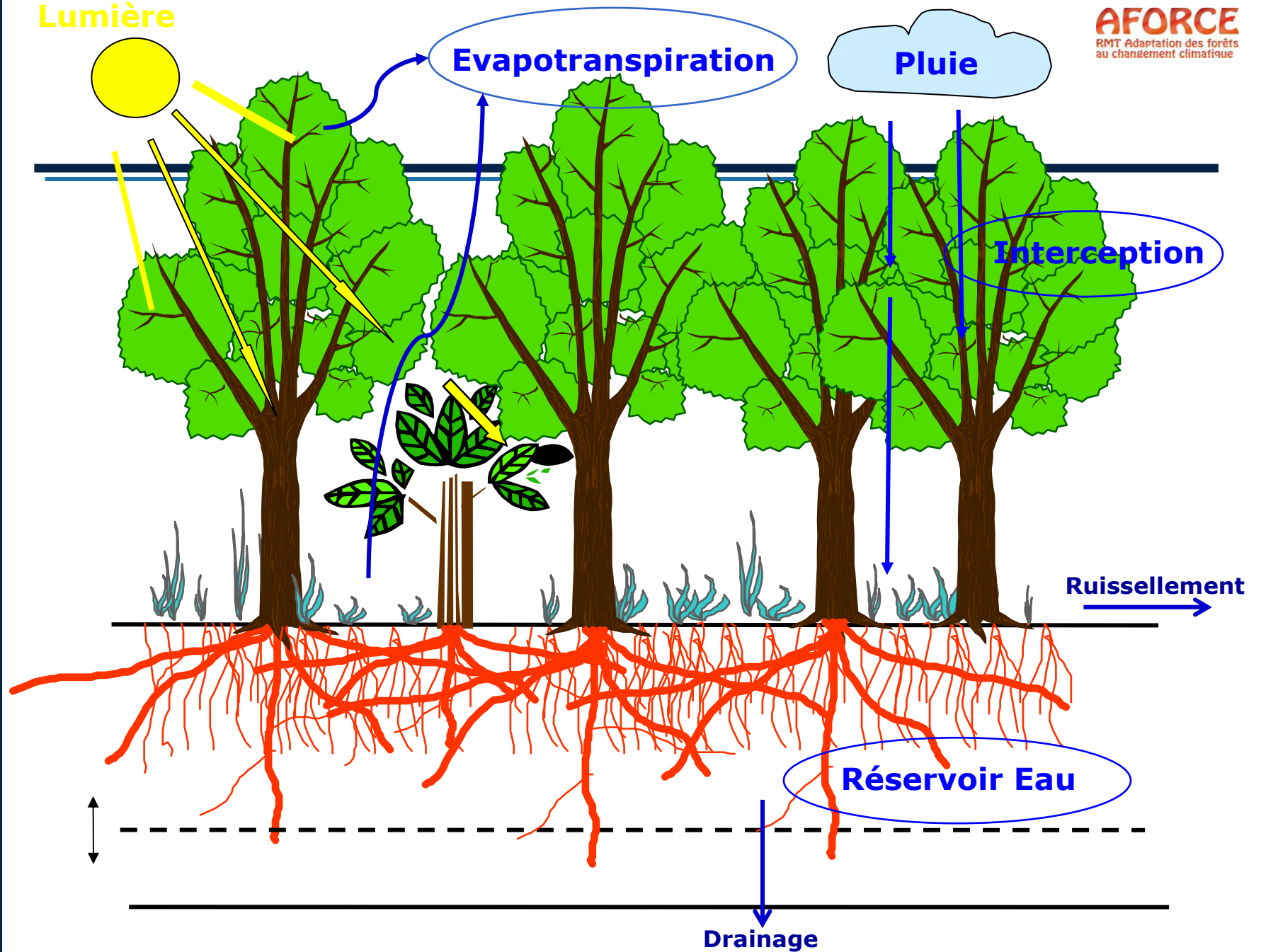
Groupe 2 - 2012-2014

Nathalie BREDA & Damien BONAL / Inra- UMR EEF Nancy

Philippe BALANDIER / Irstea Nogent



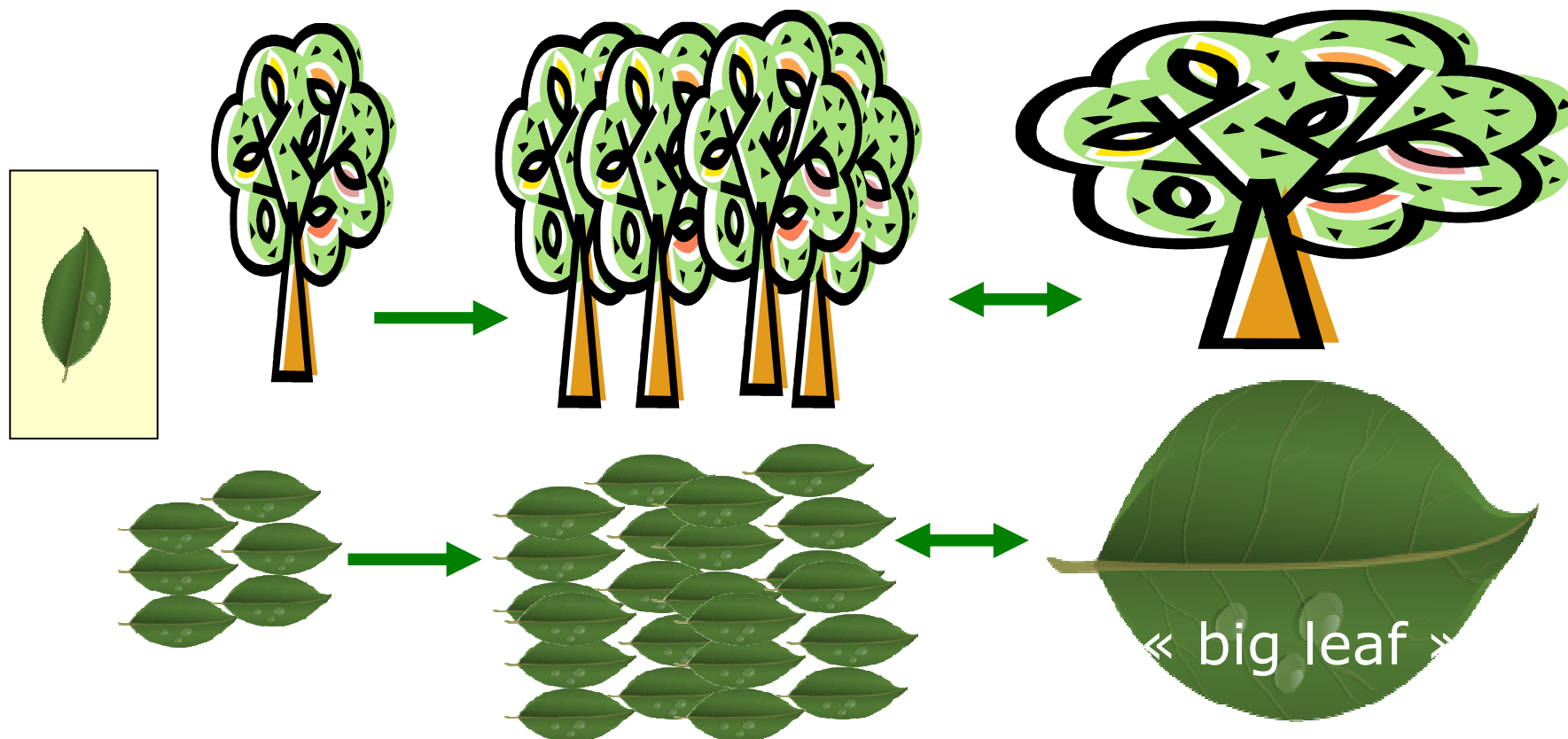
Lumière



Indice foliaire IF (=LAI) : la clef du raisonnement

- Surface foliaire (m²)

Cas de peuplts réguliers



→ **Indice Foliaire = Surf. fol / Surf. peuplt (m² / m²)**

Indice foliaire IF (=LAI) : la clef du raisonnement



- Mesure
 - Directes : ramassage feuilles ...
 - Indirectes : matériels optiques, ...
- Méthodes lourdes / gestionnaire !



- Facteurs de variation

- Essences
- Années, saisons
- Répartition spatiale
- Interventions
- ...

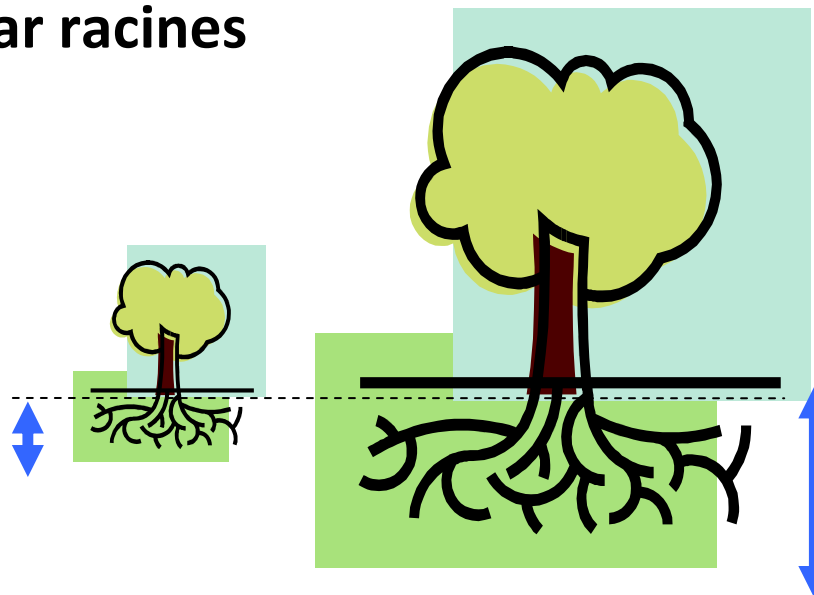
→ nécessité de s'approprier et de comprendre l'IF (**projet groupe**)

→ intérêt et difficulté de trouver des modèles ou des facteurs dendrométriques (G, ...) comme proxy de l'IF

Le réservoir en eau du sol

- = zone prospectée par racines

- variable dans les jeunes peuplements

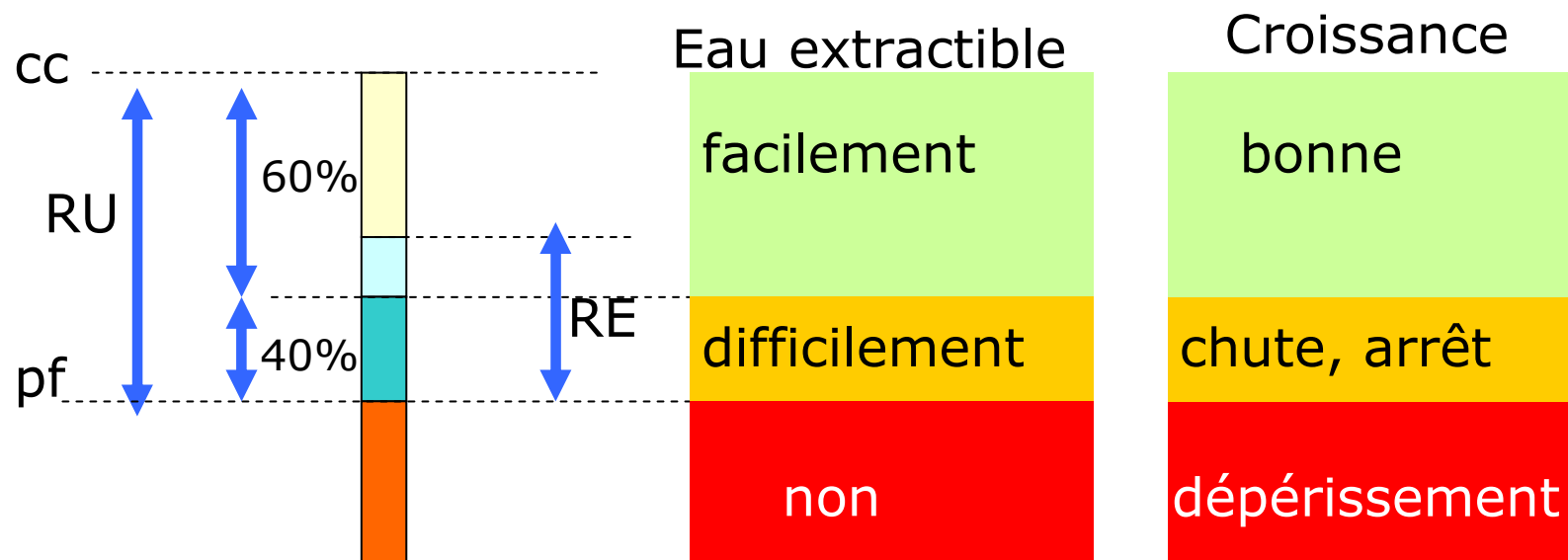


- assez stable dans les peuplements en place (jeune adulte et +)

→ dans les peuplements adultes, la sylviculture n'a pas d'effet sur la profondeur de prospection et ne peut intervenir que sur l'IF

Le réservoir en eau du sol

- RE = Réserve en eau (disponible) du sol
- Réserve en eau relative (RER = REW) = RE / RU

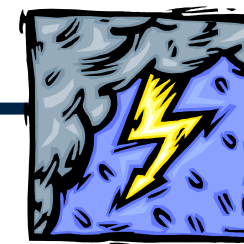


RER < 40% : chute de croissance qq soit sol et essence

→ préférer valeur relative / valeur absolue

→ essayer de maintenir RE > 40% RU

Bilan hydrique = entrées d'eau – sorties d'eau



- Notions importantes plus ou moins connues



- Apports d'eau par les précipitations : efficacité dépendante de leurs caractéristiques (répartition, intensité, période, ...)
- Réserve en eau du sol difficile à apprécier rigoureusement : jusqu'où descendent les racines fines ?



- Evaporation et transpiration dépendantes de la surface de feuillage des arbres caractérisé par l'indice foliaire (IF)
- Interception pouvant atteindre 40% des précipitations ... rarement prise en compte par les forestiers ; également liée à l'indice foliaire.

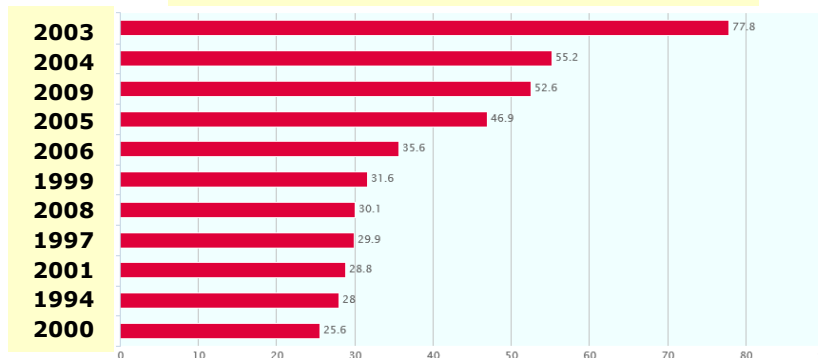
➔ faciliter les entrées et limiter les sorties

➔ IF = ppale variable sur laquelle le sylviculteur peut intervenir

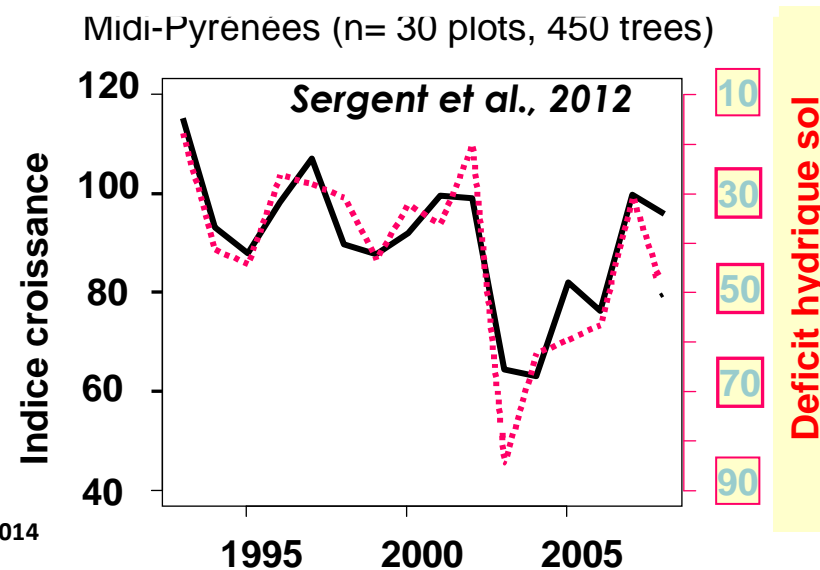
Des fiches pédagogiques utiles et un outil de calcul en ligne : Biljou©

<https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/>

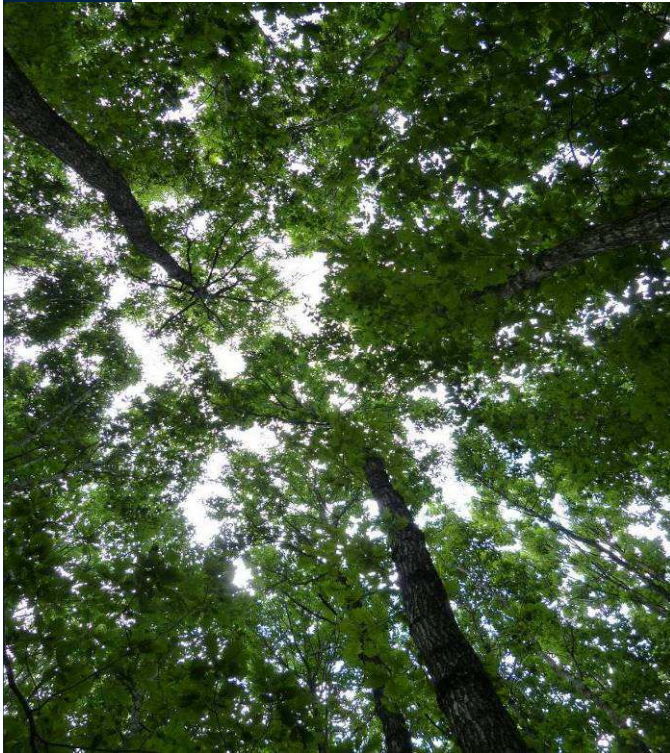
Indice de déficit hydrique par année



➔ Déficit hydrique calculé par Biljou ©
explique les variations de croissance du
douglas et le dépérissement après 2003



C. Les travaux retenus (et engagés)



1° Appropriation
et mesure de l'indice foliaire (IF)

2° Recherche de réponses aux
questions sur sylviculture et eau

Groupe 2 - 2012-2014

Jacques BECQUEY / CNPF-IDF

Eric SEVRIN / CNPF-CRPF Centre-Ile de France

1° Appropriation et mesure indice foliaire

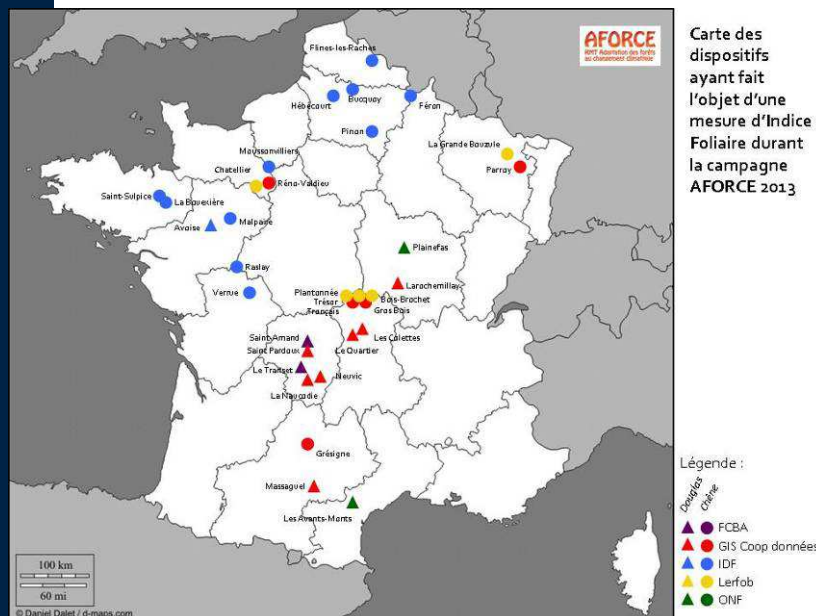
- Matériel : parcelles ≠ modalités sylvicoles
 - GIS Coop chêne et douglas
 - Inra-Lerfob (chêne)
 - REINFFORCE (IDF)
 - OREF (CRPF NPC)
 - FCBA, ONF
- Prise de mesures
 - Formation préalable (N. Bréda)
 - Jérémie Abgrall + appui IDF, ONF, CRPF
 - Avec Licor LAI2000 (prêts Inra & ONF)
 - Mesures « peuplement » / « découvert » (2 opérateurs, 2 instruments inter-calibrés)



- Lourdeur des manip (routine impossible)
- Sensibilisation aux facteurs de variation
- Intérêt de mutualisation sur dispositifs

1° Appropriation et mesure indice foliaire

- Mesures réalisées (2012-13)
 - 6 partenaires
 - 11 régions prospectées
 - 33 dispositifs (21 ch ; 12 doug)
 - 97 modalités (43 ch ; 54 doug)
- Traitement
 - Calculs d'IF réalisés
 - Contrôles en cours
 - Données dendro partiellement récupérées
 - Base de données à compléter
 - Analyses à faire



- ➔ Phase de terrain terminée
- ➔ Travail actuellement en attente
- ➔ Projet d'analyse sollicité (2015)

2° Questions / Réponses sur sylviculture

- Travaux préliminaires (groupe + groupe élargi)
 - Recueil de questions (gestionnaires, conseillers)
 - Délimitation du sujet (eau – peuplements en place)
 - Identification de travaux de recherches susceptibles d'apporter des réponses
 - Rédaction d'appel d'offre et recrutement
- Réalisation du travail
 - Sophie Bertin (EKOLOG)
 - + groupe restreint (N. Bréda, P. Balandier, E. Sevrin, P. Riou Nivert, J. Becquey)



➔ résultats des travaux développés dans la suite de l'exposé ...

D. Un outil pour répondre aux questions des praticiens

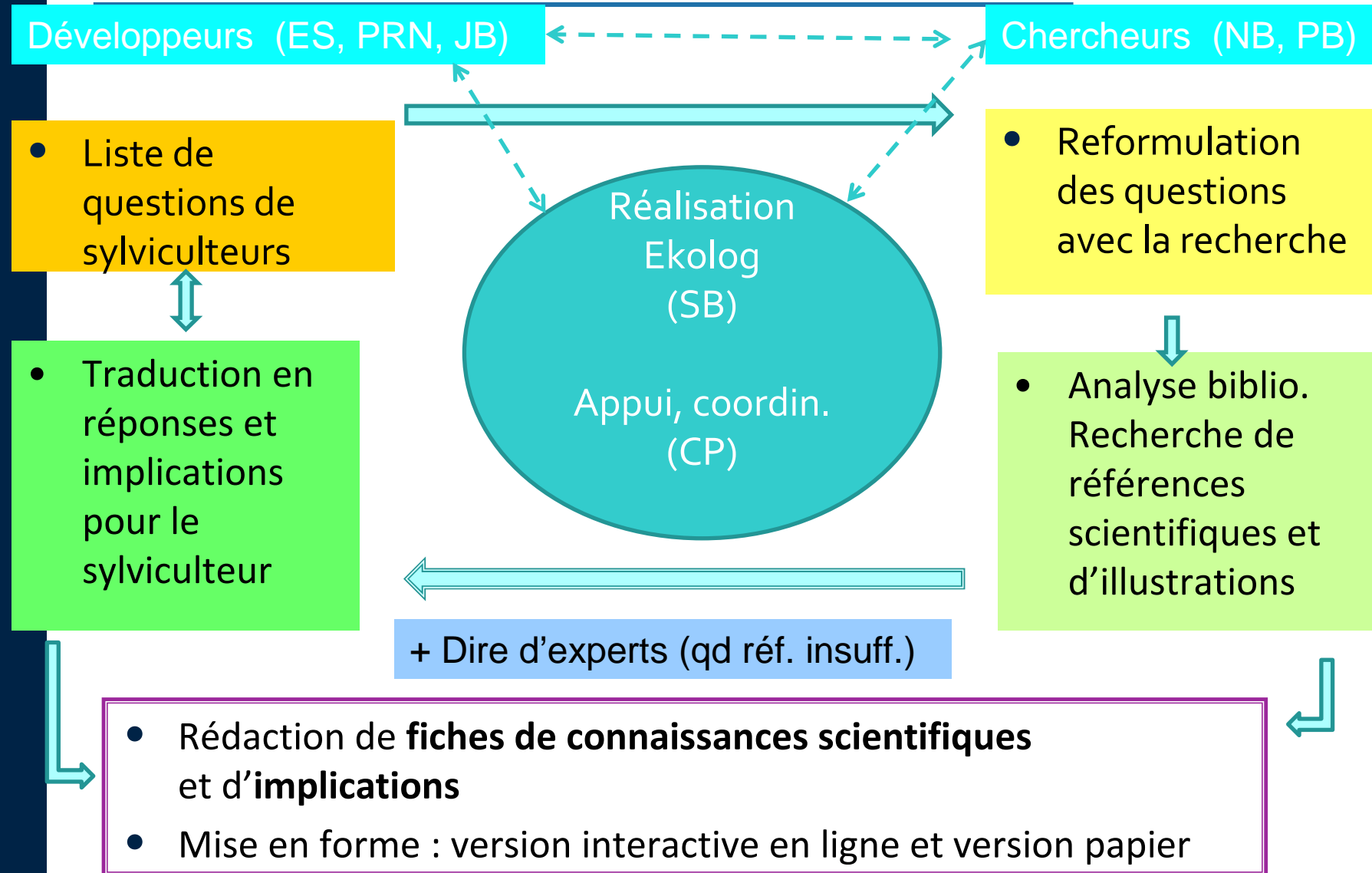


Au regard de la consommation en eau des
peuplements en place :

- 1° Questions des gestionnaires
- 2° Eléments de connaissances scientifiques
- 3° Implications sylvicoles
- 4° Un outil interactif

Groupe 2 - 2012-2014
Sophie BERTIN / EKOLOG

Questions / Réponses sur sylviculture



Exemple 1 : Question n°5

Sylviculture et eau		QUELLES SONT LES QUESTIONS QUE POSE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?		
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 ?				
Glossaire				
Question n°1	Qu'est-ce qui fait varier l'indice foliaire dans un peuplement régulier ?	Fiche A Fiche E Fiche D Fiche F		Implication n°1
Question n°2	Comment évolue l'indice foliaire au cours de la vie d'un peuplement régulier ?	Fiche D Fiche E Fiche F		Implication n°2
Question n°3	Quel est l'effet de l'intensité des éclaircies dans les peuplements réguliers sur le bilan hydrique ?	Fiche A Fiche E Fiche D Fiche F		Implication n°3
Question n°4	Quelle est l'influence de la rotation des coupes sur le bilan hydrique des peuplements réguliers ?	Fiche A Fiche E Fiche D Fiche F		Implication n°4
Question n°5	Quelle est l'influence du type d'éclaircie (par le haut ou par le bas) sur le bilan hydrique d'un peuplement régulier ?	Fiche C Fiche G		Implication n°5
Question n°6	Existe-t-il une relation simple entre la surface terrière et l'indice foliaire ?	Fiche D Fiche E Fiche F		Implication n°6
	L'effet des éclaircies sur le			

Ex1 : Fiche C de synthèse des connaissances (en ligne)


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 ?
- Glossaire

SURFACE FOLIAIRE ET INDICE FOLIAIRE (IF)

FICHE C

De la surface foliaire de l'arbre à l'indice foliaire du peuplement



OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES DE LA FICHE

- ➔ Définir l'indice foliaire* d'un peuplement et comprendre pourquoi ce paramètre est l'un des paramètres clé pour analyser le fonctionnement des peuplements et son bilan hydrique*.
- ➔ Comprendre comment on procède au changement d'échelle, de l'arbre au peuplement, de manière à calculer l'indice foliaire du peuplement.
- ➔ Distinguer la notion de couvert* et celle d'indice foliaire du peuplement.

PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS DE LA FICHE

- La **surface foliaire*** totale d'un peuplement est calculée en additionnant les surfaces foliaires de tous les éléments du feuillage qui le composent.
- L'**indice foliaire*** du peuplement est déduit en rapportant la surface foliaire totale du peuplement à la surface au sol de la parcelle forestière correspondante.

QUESTIONS SOULEVÉES PAR LES GESTIONNAIRES

Question n°5

Quelle est l'influence du type d'éclaircie (par le haut ou par le bas) sur le bilan hydrique d'un peuplement régulier ?

Ex1 : Fiche C de synthèse des connaissances (en pdf)

« FICHE B1. DE LA SURFACE FOLIAIRE DE L'ARBRE A L'INDICE FOLIAIRE DU PEUPLIEMENT »

Objectif

Définir l'indice foliaire d'un peuplement et comprendre pourquoi ce paramètre est l'un des paramètres clés pour évaluer le fonctionnement et le bilan hydrique des peuplements.

Cette fiche présente de manière simple comment procéder au changement d'échelle de l'arbre au peuplement pour calculer l'indice foliaire du peuplement. On s'intéresse :

- au passage de la surface foliaire de l'arbre à celle du peuplement,
- et enfin à l'indice foliaire du peuplement.

La compréhension doit permettre de distinguer la notion de couvert* et celle d'indice foliaire du peuplement.

Pré-requis

N/A

Apprentissage + fiche

3. DE LA SURFACE FOLIAIRE DE L'ARBRE A L'INDICE FOLIAIRE DU PEUPLIEMENT

3.1. THEORE

3.1.1. AU NIVEAU DE L'ARBRE

À l'échelle de l'arbre individuel, on s'intéresse à la quantité de feuillage que l'arbre porte pendant la saison de végétation. La surface correspond à la quantité de feuillage d'un arbre peut se mesurer : il s'agit de la surface foliaire de l'arbre (voir encadré à notion de surface foliaire).

La surface foliaire d'un arbre individuel (S_f , en cm^2) correspond à la somme des surfaces de chaque feuille de l'arbre.

Encadré : Notion de surface foliaire

La notion de surface foliaire peut être ambiguë, car les feuilles sont des objets plans (avec deux côtés) (on peut imaginer que les aiguilles soient aussi le même schéma) et possèdent donc deux faces de surfaces identiques. Or, ici, nous nous intéressons à la surface équivalente, c'est-à-dire la surface d'échange des gaz (CO_2 , mais aussi O_2 , H_2O) entre la feuille et l'atmosphère, et donc à la surface foliaire totale d'échange (entre un arbre, il convient donc d'évaluer si les feuilles effectuent des échanges sur les deux surfaces, ou une seule).

Pour la plupart des feuilles (pour les aiguilles par exemple), mais aussi pour les hêtres ou n'importe quel arbre* que sur un seul côté de leurs aiguilles (comme le sapin pectiné), la surface des feuilles est mesurée sur une seule face (la face inférieure en général) (Bretz2002). Pour les autres espèces, il convient de considérer les deux côtés des feuilles ou les différentes faces des aiguilles pour calculer la surface totale des échanges (Bretz2002).

3.1.2. AU NIVEAU DU PEUPLIEMENT

Le système étudié dans le cadre du bilan hydrique est le peuplement forestier* (cf. fiche 3.1.1.1). Il s'agit ici de changer d'échelle pour passer de la surface foliaire de l'arbre individuel à la surface foliaire totale du peuplement (voir encadré « Surface foliaire totale du peuplement ») puis à l'indice foliaire* du peuplement (voir encadré « Indice foliaire du peuplement »).

Encadré : Surface foliaire totale du peuplement

La surface foliaire totale du peuplement (S , en m^2) correspond à la somme des surfaces foliaires de l'ensemble des feuilles du peuplement contenue dans le volume aérien occupé par la strate feuillée* du peuplement :

$$S = \sum_{i=1}^n S_{f,i}$$

où $S_{f,i}$: surface foliaire de chaque arbre dans le peuplement (arbre de la strate feuillée ou la végétation de la strate inférieure).

Cette strate feuillée correspond à la tranche horizontale du volume aérien occupé par l'ensemble des feuillages du peuplement incluant les branches et les feuillages. Le volume de la strate feuillée au sein de la strate peuplement va varier en fonction du type de peuplement. La strate peuplement* peut être définie de manière générale comme le volume aérien occupé par le peuplement (voir Fig1-82 (Porte2014) et Fig2-82 (Porte2014)).

Encadré : Indice foliaire du peuplement

L'indice foliaire du peuplement (IF en français ou LAI en anglais pour Leaf Area Index) correspond à la surface foliaire du peuplement contenue dans la strate feuillée du peuplement par unité de surface au sol :

$$IF = S/A$$

L'indice foliaire se calcule en divisant la surface foliaire totale du peuplement (S , en m^2) par la surface projetée verticalement de la strate feuillée sur le sol associé à un plan horizontal (A , en m^2) (Bretz2002).

L'indice foliaire s'exprime en m^2 de feuilles par m^2 de sol. Il s'agit donc d'une grandeur sans dimension.

Illustration de l'indice foliaire d'un peuplement régulier et équilibré

Dans le cas d'un peuplement régulier* et équilibré, la strate feuillée correspond à une strate arborée* haute et horizontalement homogène occupée uniquement par les houppes* des arbres (voir illustration Fig1-83 (Porte2014)).

Lorsque le couvert* du peuplement régulier est équilibré et ouvert, il est possible de trouver des strates (strates inférieures*) à savoir une strate arborescente* ou une strate herbacée*, ou les deux, sous de la strate arborée. La strate feuillée correspond alors à l'ensemble de ces strates. Il existe alors un indice foliaire pour chaque strate, le somme de ces indices foliaires correspond à l'indice foliaire de la strate feuillée. (cf. fiche 3.1.2.3 (Porte2014)).

Illustration de l'indice foliaire d'un peuplement avec plusieurs strates (en des peuplements irréguliers, etc.)

Dans le cadre d'un peuplement avec plusieurs strates* (cas des peuplements irréguliers* etc.), la répartition spatiale du feuillage du peuplement contenue par exemple à 0 m, alors la strate feuillée correspond à la strate peuplement. Elle pourra comprendre une strate arborée, une strate arborescente* et une strate herbacée (voir illustration Fig1-84 (Porte2014)). (cf. fiche 3.1.2.3 (Porte2014) et cf. fiche 3.1.2.3 (Porte2014)).

Fig1-82 (Porte2014) v1 : Ces schémas de la représentation schématisée en 3D d'un peuplement régulier monostratifié et équilibré dont les caractéristiques correspondront à l'étude de cas a) présentées ci-dessus. La strate arborée correspond ici à la strate feuillée. (Les proportions du peuplement forestier et du volume en eau du sol ont été conservées).

Fig1-83 (Porte2014) v1 : Ces schémas de la représentation schématisée en 3D d'un peuplement avec plusieurs strates. (Les proportions du peuplement forestier et du volume en eau du sol ont été conservées).

3.2. ILLUSTRATION DE LA DIFFÉRENCE ENTRE L'INDICE FOLIAIRE ET LE COUVERT DU PEUPLIEMENT

L'exemple présenté ci-dessus est théorique. Il a pour objectif d'illustrer qu'à indice foliaire égal, on peut trouver des couvert* (c'est-à-dire la surface occupée par la projection horizontale des houppes des arbres) différents, en vice-versa.

On considère un peuplement régulier équilibré monostratifié aux caractéristiques suivantes. Dans ce cas, la strate feuillée correspond dans la strate arborée :

- Surface du peuplement projetée au sol : $A = 10\ 000\ m^2$
- Volume de la strate peuplement : $V = 225\ 000\ m^3$
- Volume de la strate arborée : $V_A = 50\ 000\ m^3$ (soit 22% du volume de la strate peuplement).
- Densité tige : $N = 542$

Dans les trois cas d'étude suivants, mis à part la modification d'un des paramètres de l'arbre moyen, on conserve les mêmes caractéristiques du peuplement présentées ci-dessus.

Étude de cas a)

Ceci est un exemple, attention de ne pas généraliser !

Dans le cas a), les paramètres de l'arbre moyen sont les suivants :

- Diamètre de houppes moyen par arbre : $d_h = 4\ m$
- Volume moyen par houppes d'arbre : $V_{h,A} = 46\ m^3$
- Surface foliaire moyenne par arbre : $S_{f,A} = 55\ m^2$

- Soit une surface foliaire moyenne par volume de houppes d'arbre : $S_{f,V_{h,A}} = S_{f,A}/V_{h,A} = 1,2\ m^2/m^3$
- Soit une surface foliaire totale du peuplement : $S_f = S_{f,A} \cdot N = 30\ 000\ m^2$
- Soit un indice foliaire du peuplement : $IF = S_f/A = 3$
- Soit un couvert du peuplement : $C_v = V_{h,A}/V = 68\%$

La représentation schématisée en 3D et en 2D est présentée Fig1-81 (Porte2014), Fig2-81 (Porte2014) et Fig3-81 (Porte2014).

Étude de cas b)

Ceci est un exemple, attention de ne pas généraliser !

Dans le cas b), on augmente la surface foliaire au sein des houppes des arbres ou conservons toutefois le même diamètre et le même volume moyen que dans le cas a) :

- Diamètre de houppes moyen : $d_h = 6\ m$
- Volume moyen par houppes d'arbre : $V_{h,A} = 46\ m^3$
- Surface foliaire moyenne par arbre : $S_{f,A} = 74\ m^2$

- Soit une surface foliaire par volume de houppes d'arbre : $S_{f,V_{h,A}} = S_{f,A}/V_{h,A} = 1,6\ m^2/m^3$
- Soit une surface foliaire totale du peuplement : $S_f = S_{f,A} \cdot N = 40\ 000\ m^2$
- Soit un indice foliaire du peuplement : $IF = S_f/A = 4$
- Soit un couvert du peuplement : $C_v = 68\%$

Dans le cas b), l'indice foliaire du peuplement augmente par rapport au cas a) (Fig1-81 et Fig2-81 (Porte2014) ainsi que son couvert reste constant (Fig3-81 et Fig3-81 (Porte2014)).

Étude de cas c)

Ceci est un exemple, attention de ne pas généraliser !

Dans le cas c), on augmente le diamètre et donc le volume moyen du houppes des arbres et l'on conserve la même surface foliaire par volume de houppes d'arbre que dans le cas a) :

- Diamètre de houppes moyen : $d_h = 5\ m$
- Volume moyen par houppes d'arbre : $V_{h,A} = 73\ m^3$
- Surface foliaire par volume de houppes d'arbre : $S_{f,V_{h,A}} = 1,2\ m^2/m^3$

- Soit une surface foliaire moyenne par arbre : $S_{f,A} = S_{f,V_{h,A}} \cdot V_{h,A} = 88\ m^2$
- Soit une surface foliaire totale du peuplement : $S_f = S_{f,A} \cdot N = 47\ 700\ m^2$
- Soit un indice foliaire du peuplement : $IF = S_f/A = 4,7$
- Soit un couvert du peuplement : $C_v = 106\%$

Dans le cas c), la surface foliaire moyenne par arbre, le couvert du peuplement et l'indice foliaire du peuplement augmentent par rapport au cas a) (Fig1-81 et Fig2-81 (Porte2014) et Fig3-81 et Fig3-81 (Porte2014)).

Fig1-81 (Porte2014) : Représentation schématisée en 2D du couvert pour les trois cas d'étude a, b et c. (Les proportions ont été conservées).

L'étude de ces trois cas montre qu'il est possible :

- d'avoir un indice foliaire du peuplement différent pour un même volume de strate arborée,
- ou une augmentation de l'indice foliaire ne se traduit pas nécessairement par une augmentation du couvert*.

Conclusion - Messages clés

Messages clés de la fiche

La surface foliaire* totale d'un peuplement est calculée en additionnant les surfaces foliaires de tous les éléments du feuillage qui le compose. L'indice foliaire* du peuplement est déduit en rapportant la surface foliaire totale du peuplement à la surface au sol de la parcelle forestière correspondante.

Références clés

(Bretz2002)

Plus en détail voir : suggestion de lecture

Ex1 : Fiche C de synthèse des connaissances (en ligne)

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 ?

Glossaire

SURFACE FOLIAIRE ET INDICE FOLIAIRE (IF)

FICHE C

De la surface foliaire de l'arbre à l'indice foliaire du peuplement



OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES DE LA FICHE

- ➔ Définir l'indice foliaire* d'un peuplement et comprendre pourquoi ce paramètre est l'un des paramètres clé pour analyser le fonctionnement des peuplements et son bilan hydrique*.
- ➔ Comprendre comment on procède au changement d'échelle, de l'arbre au peuplement, de manière à calculer l'indice foliaire du peuplement.
- ➔ Distinguer la notion de couvert* et celle d'indice foliaire du peuplement.

PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS DE LA FICHE

- La **surface foliaire*** totale d'un peuplement est calculée en additionnant les surfaces foliaires de tous les éléments du feuillage qui le composent.
- L'**indice foliaire*** du peuplement est déduit en rapportant la surface foliaire totale du peuplement à la surface au sol de la parcelle forestière correspondante.

QUESTIONS SOULEVÉES PAR LES GESTIONNAIRES

Question n°5 Quelle est l'influence du type d'éclaircie (par le haut ou par le bas) sur le bilan hydrique d'un peuplement régulier ?

Ex1 : Implication n°5

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 IE

D - Facteurs de variation de l'IF

E - Estimation de l'IF

F - Relation entre IE 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 ?

- Introduction
- Implication n°1
- Implication n°3
- Implication n°4
- **Implication n°5**
- Implication n°6
- Implication n°7
- Implication n°8
- Implication n°9
- Implication n°10
- Implication n°11

Glossaire

IMPLICATION N°5

IMPLICATION n°5

Question associée :
Quelle est l'influence du type d'éclaircie (par le haut ou par le bas) sur le bilan hydrique d'un peuplement régulier ?

D'UN POINT DE VUE SYLVICOLE, LE REGARD DU FORESTIER

L'éclaircie* a essentiellement un rôle de sélection, qui se fait en priorité au profit de la qualité des arbres par rapport à leur utilisation potentielle.

En futaie régulière*, on oriente préférentiellement le choix sur les **dominants***, les plus vigoureux, ou à défaut des codominants*, de façon à obtenir le plus rapidement possible, un peuplement homogène en fin de cycle* avec des arbres au diamètre d'exploitabilité recherché. Cela signifie que l'on conserve des individus à forte surface foliaire* individuelle.

Pour favoriser des dominants et codominants, il faut faire de la place à leur niveau, donc enlever en priorité des dominants ou codominants concurrents.

Les **dominés*** sont récoltés en une ou plusieurs fois selon les itinéraires choisis par les praticiens, parfois pour homogénéiser le peuplement ou pour faciliter l'exploitation des plus gros. Ils participent aux revenus intermédiaires. Toutefois, s'ils ne gênent pas les autres arbres, ils peuvent être conservés assez longtemps.

D'UN POINT DE VUE HYDRIQUE

- En l'absence de déficit hydrique*, la transpiration* des arbres augmente proportionnellement à l'indice foliaire* du peuplement jusqu'à un indice foliaire qui engendre une saturation pour la consommation en eau* (seuil proche d'un indice foliaire de 6-7 m²/m²) : cette limite correspond à la consommation de l'évapotranspiration potentielle*, donc de la demande climatique* (voir Fiche G, Figure 1 (Granier, 1999)).

On a ainsi intérêt à **maintenir l'indice foliaire en dessous de ce seuil de saturation, qui correspond à un peuplement plus ou moins entrouvert**, ce qui se fait habituellement en prélevant des arbres par les éclaircies.

Attention toutefois à ne pas provoquer l'isolement des arbres et à créer un couvert* discontinu.

- Quels types d'arbres enlever préférentiellement dans cette optique ?

Les études conduites sur la transpiration individuelle des arbres en peuplements réguliers* aux couverts fermés* dans différents niveaux de densité montrent de fortes différences en fonction de leur statut social* (Voir Fiche G).

Du point de vue hydrique, ces différences sont la conséquence directe du fait que **la transpiration individuelle est proportionnelle à la surface foliaire totale de l'arbre et dépend des conditions de demande climatique** (rayonnement, température et humidité de l'air). Les différences de surfaces foliaires totales et de sa proportion exposée à la lumière expliquent donc pourquoi les dominants transpirent plus que les

codominants ou les dominés en condition de bonne alimentation en eau (Voir Fiche G).

- L'élimination d'arbres dominants ou codominants aura donc un **impact nettement plus positif sur le bilan hydrique*** que l'enlèvement de dominés. Dans ce raisonnement, le choix des arbres à ôter en éclaircie repose sur la surface foliaire totale de l'arbre et sur sa proportion exposée à la lumière.

IMPLICATIONS SYLVICOLES

Lors des éclaircies dans des peuplements fermés, l'amélioration du bilan hydrique est plus efficace en supprimant des arbres de la strate arborée* dans l'étage* principal (dominants et codominants) qu'en enlevant des dominés.

Toutefois pour que l'éclaircie soit efficace, il faut que l'indice foliaire du peuplement après éclaircie corresponde à un peuplement entrouvert, c'est-à-dire que l'indice foliaire soit ramené en dessous du seuil de 6-7 m²/m² qui sature la consommation en eau (Voir Fiche G, Figure 1 (Granier, 1999)).

Ceci a pour avantage de répondre dans le même temps aux attentes du sylviculteur :

- => Maintien d'une bonne croissance sur les arbres de la strate arborée restant dans l'étage principal, avec la possibilité d'obtenir des diamètres d'exploitabilité plus vite qu'avec les dominés
- => Meilleure réaction à l'éclaircie du peuplement
- => Meilleures opportunités de commercialisation des bois
- => Possibilité de conserver des dominés : atteinte de dimensions commerciales, maintien d'un certain couvert au sol, ombrage des troncs des dominants...

MISE EN GARDE

Le meilleur compromis est donc de continuer à **préconiser des éclaircies par le haut*** au profit des meilleures tiges, tout en conservant des dominés non gênants.

Attention !

Le raisonnement vis-à-vis du bilan hydrique sur le choix des arbres lors du martelage d'une éclaircie se place au **niveau global du peuplement**. La question sur une plus ou moins bonne sensibilité individuelle au stress hydrique* des arbres dominants par rapport aux dominés est beaucoup plus complexe et n'est pas traitée ici.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Fiche C Fiche G

Vos commentaires

Aucun commentaire pour le moment

[Votre commentaire](#)

Exemple 2 : Question n°13

Question n°11	Les jeunes peuplements réguliers sont-ils plus résistants aux sécheresses que les vieux peuplements, du fait de différences de prospection racinaire ?	Fiche B	Implication n°11
Question n°12	Quelle est l'incidence du développement d'une végétation herbacée (voire arbustive) sur le bilan hydrique du fait de l'ouverture du peuplement ?	Fiche H	Eléments de réponse dans la Fiche H
Question n°13	Un peuplement clair avec une importante strate herbacée consomme-t-il moins d'eau qu'un peuplement fermé sans strate herbacée ?	Fiche H	Eléments de réponse dans la Fiche H
Question n°14	Un peuplement clair avec une importante strate arbustive (taillis, par exemple), consomme-t-il moins d'eau qu'un peuplement fermé sans strate arbustive ?	Fiche H	Eléments de réponse dans la Fiche H
Question n°15	Est-il vrai que les peuplements mélangés favorisent une distribution des racines dans différents horizons du sol ? Cela a-t-il un effet sur la consommation en eau ? Un peuplement monospécifique équienne	Fiche I	Eléments de réponse dans la Fiche I

Ex2 : Fiche H de synthèse des connaissances (en ligne)

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 ?

Glossaire

CONSOMMATION EN EAU DE LA STRATE INFÉRIEURE D'UN PEUPEMENT

FICHE H

Consommation en eau de la strate inférieure d'un peuplement



OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES DE LA FICHE

- ➔ Mise à jour des connaissances autour de l'amélioration du bilan hydrique au sein d'un peuplement régulier monospécifique.
- ➔ Appréhender les différences de consommation en eau entre peuplements mélangés et peuplements réguliers monospécifiques.

PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS DE LA FICHE

- La végétation de la strate inférieure* est fonction de l'indice foliaire* de la strate arborée*.
- L'augmentation des ressources* disponibles (lumière, eau) de la strate inférieure* lors d'éclaircie* est favorable à la croissance de la végétation de la strate inférieure.
- La végétation de la strate inférieure a une grande capacité pour exploiter l'eau du sol.
- En moyenne, la consommation en eau* de la végétation de la strate inférieure représente un tiers de la consommation en eau totale du peuplement.
- La gestion par le couvert de la strate arborée des espèces de la strate inférieure pour diminuer la consommation en eau totale du peuplement est un vrai challenge.

QUESTIONS SOULEVÉES PAR LES GESTIONNAIRES

- Question n°12 : Quelle est l'incidence du développement d'une végétation herbacée (voire arbustive) sur le bilan hydrique du fait de l'ouverture du peuplement ?
- Question n°13 : Un peuplement clair avec une importante strate herbacée consomme-t-il moins d'eau qu'un peuplement fermé sans strate herbacée ?
- Question n°14 : Un peuplement clair avec une importante strate arbustive (taillis par exemple) consomme-t-il moins d'eau qu'un peuplement fermé sans strate arbustive ?

Ex2 : Question n°13

Question n°11	Les jeunes peuplements réguliers sont-ils plus résistants aux sécheresses que les vieux peuplements, du fait de différences de prospection racinaire ?	Fiche B	Implication n°11
Question n°12	Quelle est l'incidence du développement d'une végétation herbacée (voire arbustive) sur le bilan hydrique du fait de l'ouverture du peuplement ?	Fiche H	Eléments de réponse dans la Fiche H
Question n°13	Un peuplement clair avec une importante strate herbacée consomme-t-il moins d'eau qu'un peuplement fermé sans strate herbacée ?	Fiche H	Eléments de réponse dans la Fiche H
Question n°14	Un peuplement clair avec une importante strate arbustive (taillis, par exemple), consomme-t-il moins d'eau qu'un peuplement fermé sans strate arbustive ?	Fiche H	Eléments de réponse dans la Fiche H
Question n°15	Est-il vrai que les peuplements mélangés favorisent une distribution des racines dans différents horizons du sol ? Cela a-t-il un effet sur la consommation en eau ? Un peuplement monospécifique équienne	Fiche I	Eléments de réponse dans la Fiche I

Un glossaire (*)

Sylviculture et eau	DE A À D
Introduction	
• <u>Quelles questions pose le changement climatique ?</u>	
•• <u>De quels éléments de connaissance dispose-t-on pour répondre ?</u>	
A - <u>Le bilan hydrique</u>	
B - <u>Réservoir en eau du sol</u>	
C - <u>Surface foliaire et IF</u>	
D - <u>Facteurs de variation de l'IF</u>	
E - <u>Estimation de l'IF</u>	
F - <u>Relation entre IF et caractéristiques du peuplement</u>	
G - <u>Variation de la transpiration des arbres et statut social</u>	
H - <u>Consommation en eau de la strate inférieure</u>	
I - <u>Bilan hydrique d'un peuplement mélangé</u>	
J - <u>Bilan hydrique d'un peuplement irrégulier</u>	
••• <u>Qu'est-ce que cela implique pour la gestion des forêts ?</u>	
Glossaire	
→ De A à D	
Aubier	Partie périphérique du bois de l'arbre où se trouvent les éléments conducteurs fonctionnels à travers lesquels s'effectue le transport de la sève brute.
Bilan hydrique d'un peuplement	<p>Somme algébrique des flux d'eau entrant et sortant du peuplement forestier* (système étudié) comportant la strate peuplement* et le sol enraciné par la végétation (à différencier du bilan hydrologique, terme utilisé à l'échelle du bassin versant et qui inclut des couches de sol non enracinées).</p> <p>On compte positivement dans ce bilan simplifié :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la pluie (P) <p>On compte négativement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la transpiration* des arbres (soit la strate arborée*) (T) - l'interception* des précipitations (In) - l'évaporation des surfaces inertes (sol, bois mort, litière) et la transpiration de la strate inférieure (ETsi) - le drainage* (D) <p>L'état de remplissage de réserve en eau du sol à la date t (R(t))* est gouvernée par ce bilan :</p> $\Delta S = P - T - In - ETsi - D$ <p>Pour améliorer le bilan hydrique, il faut augmenter les apports (P, R(t)) ou diminuer les pertes (T, In, D ...).</p>
Canopée	« Frange supérieure des houppiers* des arbres d'une formation forestière (peuplement, forêt, massif) soumise à l'influence directe de la lumière solaire. » (Bastien, 2011)

Un outil interactif à disposition

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 ?](#)
- [Glossaire](#)

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

E. Exemples de « traductions » de fiches, pour des peuplements réguliers monostrates



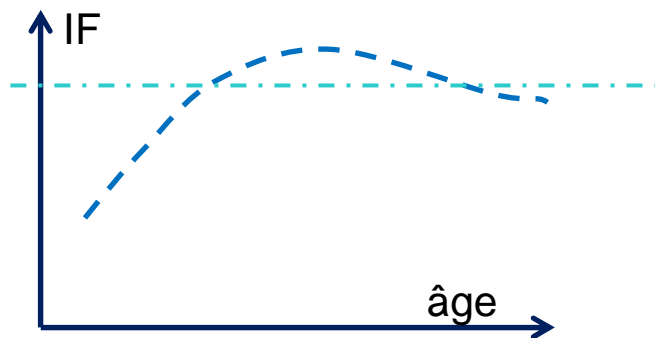
Au regard de la consommation en eau
(si limitante) :

- 1° Faut il éclaircir ?
- 2° Eclaircie par le haut ou par le bas ?
- 3° Eclaircie forte ou faible (et rotation) ?

Groupe 2 - 2012-2014
Jacques Becquey / CNPF-IDF

Faut-il éclaircir ?

- Peuplement non éclairci
- IF augmente jusqu'à un maximum puis se stabilise ou redescend légèrement

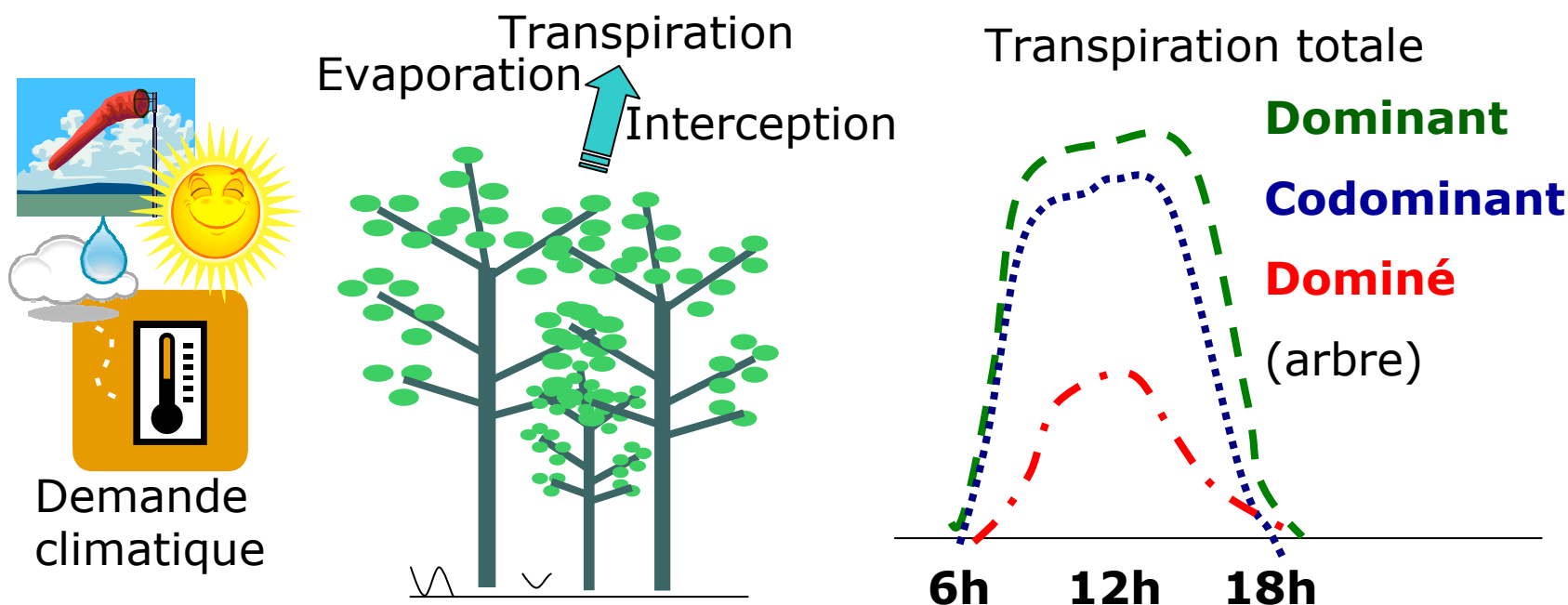


- Peuplement éclairci
- IF redescend temporairement à chaque éclaircie, puis remonte jusqu'à la suivante



- Éclaircies = réduction de IF, donc de la consommation en eau :
 - abaissement transitoire
 - possibilité de la limiter à un seuil maximum
 - moins de périodes avec IF « critique » (si accident climatique)
- ! Eclaircie très forte**

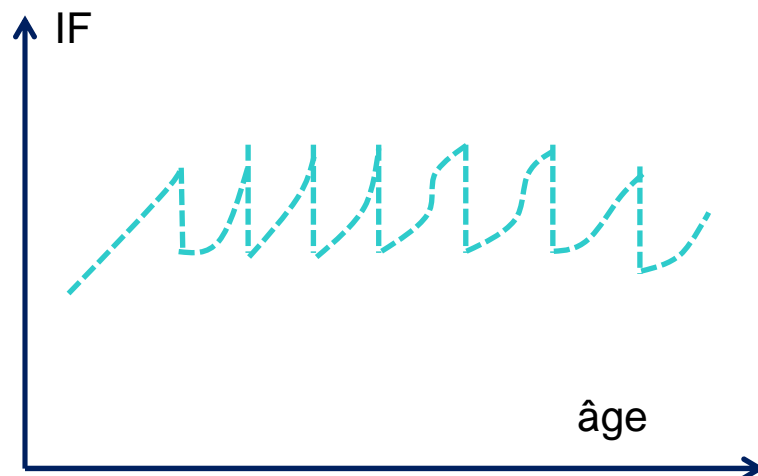
Eclaircie par le haut ou par le bas ?



- L'éclaircie par le haut (dominants et codominants)
- enlève les plus gros consommateurs d'eau (peu d'intérêt d'enlever les dominés)
 - abaisse (temporairement) plus l'interception que écl. par le bas

Intensité d'éclaircie (et rotation)

- Evolution schématique de l'IF dans un peuplement régulièrement éclairci



Constat : pour des peuplements étudiés dans différents travaux de recherche :

- l'IF diminue sensiblement au moment de l'éclaircie

- l'IF revient à son niveau d'avant éclaircie au bout de 2 à 6 ans.

- ➔ Compromis à trouver entre intensité et rotation pour ne pas laisser monter l'IF (ex : $\pm 25\%$ G tous les 4 à 6-8 ans selon ess.)
- rotation d'autant plus courte que l'intensité est faible
 - rester dans des limites « raisonnables » pour ne pas « relancer » un sous étage vigoureux

Ce qu'il faut en retenir ...

En futaie régulière monospécifique : (la plupart des travaux)



- **Des réponses génériques, mais pas de révolution sylvicole** : une sylviculture classique suffisamment dynamique (mais pas trop) reste la meilleure solution !
- Contrôle des besoins en eau par la **gestion de la surface foliaire**, avec des éclaircies, par le haut, répétées dès que le couvert commence à se fermer. (sans excès !)
- **Plusieurs itinéraires sylvicoles** possibles, d'autant plus nombreux que la contrainte hydrique est faible.

Ce qu'il faut en retenir ...

Dans les autres situations (mélanges, futaie irrégulière)



- Pas de certitudes ; dire d'expert.
- Dans l'attente d'éléments plus précis, il semblerait logique d'appliquer des principes analogues aux précédents (coupes rabaissant périodiquement la surface foliaire ... mais sans excès)
... et c'est ce qui est en général déjà préconisé

→ Travaux de recherche (lourds !) à poursuivre ou engager sur mélanges et irrégulier



Eclaircissez !



.. mais pas trop !

Merci pour votre attention

Remerciements

Groupe 2

Jérémy Abgrall	CNPF-IDF (mesures IF & appui)
Philippe Balandier	Irstea
Jacques Becquey	CNPF-IDF animateur
Sophie Bertin	EKOLOG (synthèse biblio)
Damien Bonal	Inra – UMR EEF
Nathalie Bréda	Inra – UMR EEF animatrice
Eric Lacombe	AgroPariTech
Jean Ladier	ONF
Guy Landmann	GipEcofor
Daniel Michaud	FCBA
Céline Perrier	CNPF-IDF coord. RMT
Philippe Riou-Nivert	CNPF-IDF
Ceydric Sédilot-Gasmi	SFCDC
Eric Sevrin	CNPF-CRPF Centre Ile de Fr.

... et toutes les personnes contactées et sollicitées dans le cadre de ce travail (questions, relectures, avis, GisCoop, Lerfob, ...)

