

**MODULE DYNAMIQUE ET MODÉLISATION DES PEUPELEMENTS
FORESTIERS ; SYLVICULTURE-GESTION
MASTER 1 FMB – UNIVERSITÉ D'ORLÉANS
18/01/2022**

LES BASES ÉCOLOGIQUES DE LA PRODUCTION FORESTIÈRE

**JÉRÉMY COURS – DOCTORANT INRAE UR EFNO – NOGENT-SUR-VERNISSON
À PARTIR DU COURS DE PHILIPPE BALANDIER**

jeremy.cours@inrae.fr

À LA BASE, LA FORÊT ...

Définition FAO : terres d'une superficie supérieure à 0,5 hectare comportant des arbres d'une hauteur supérieure à 5 mètres et un couvert végétal de plus de 10%, ou des arbres capables d'atteindre ces seuils in situ.



©Jérémy Cours

À LA BASE, LA FORÊT ...

Définition FAO : terres d'une superficie supérieure à 0,5 hectare comportant des arbres d'une hauteur supérieure à 5 mètres, un couvert végétal de plus de 10%, ou des arbres capables d'atteindre ces seuils in situ.



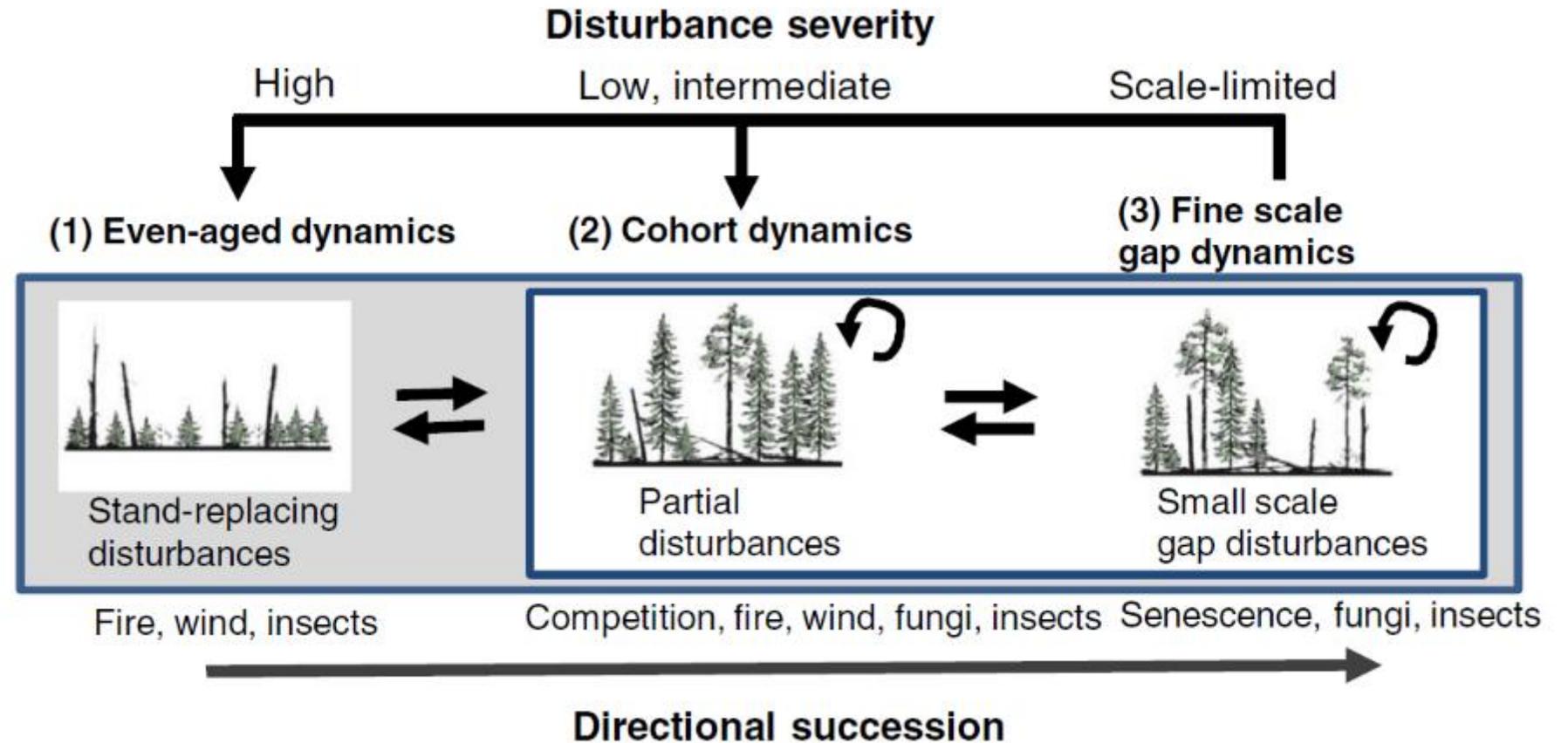
Définition ayant un objectif de classification des sols

« L'arbre ne doit pas cacher la forêt » ou bien « le tout est davantage que l'addition des parties »

En réalité, écosystème complexe structuré autour des arbres en plus ou moins grande densité.

À LA BASE, LA FORÊT ... L'ÉCOSYSTÈME

La forêt en tant qu'écosystème n'a pas besoin de l'intervention humaine pour assurer son fonctionnement ...

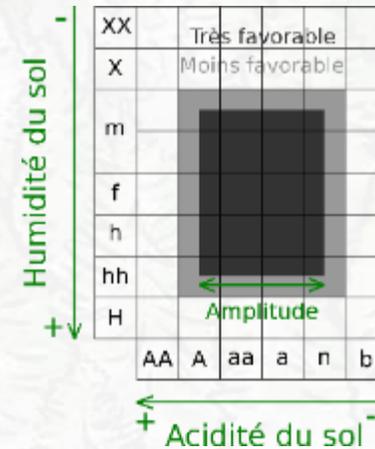


À LA BASE, LA FORÊT ... L'ÉCOSYSTÈME

Quelques définitions

Ecologie : étude des **interactions** entre les **organismes vivants** entre eux et avec leur **milieu**. L'ensemble des être vivants, de leur milieu de vie et des relations qu'ils entretiennent forme un **écosystème**.

Autécologie (ou « autoécologie ») : science des réponses biologiques de chaque espèce aux facteurs abiotiques (climat, sol) → « autécologie d'une espèce »



Exemple d'un **écogramme** (ou **diagramme autécologique**) d'une espèce comme on peut en trouver au sein de différentes flores (e.g. Rameau et al., 1989)

Synécologie : partie de l'écologie qui étudie les relations des espèces vivantes entre elles, par opposition à l'autécologie.

À LA BASE, LA FORÊT ... ET LA PRODUCTION FORESTIÈRE

La forêt, source de produits pour les sociétés humaines



+ forêt nourricière dans les moments de disette
+ chasse
etc.

À LA BASE, LA FORÊT ... ET LA PRODUCTION FORESTIÈRE

... mais l'intervention de l'homme est nécessaire pour que la forêt lui fournissent certains services :
production de bois
+ autres services écosystémiques
(protection contre l'érosion, les crues, les avalanches, etc.)

Exploitation forestière



(1) Even-aged dynamics

Avalanche



Protection contre l'érosion (RTM)



Chaudun, Col de Chabanottes, Billecard, 1896



Chaudun, Col de Chabanotte, Pic Melette, Métaillé, 1991

Disturbance severity

Low, intermediate

Scale-limited

disturbances

gap disturbances

Competition, fire, wind, fungi, insects Senescence, fungi, insects

Directional succession

À LA BASE, LA FORÊT ... ET LA PRODUCTION FORESTIÈRE

Dans le cadre de ce module, nous nous concentrons sur la **production de bois**.

Quelques définitions :

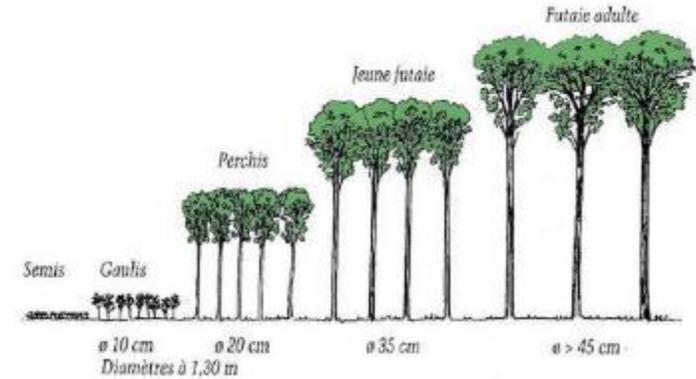
Peuplement forestier : ensemble de la végétation ligneuse à valeur commerciale (y-compris à valeur commerciale potentielle) d'une parcelle de gestion (ou aussi « unité de gestion »).



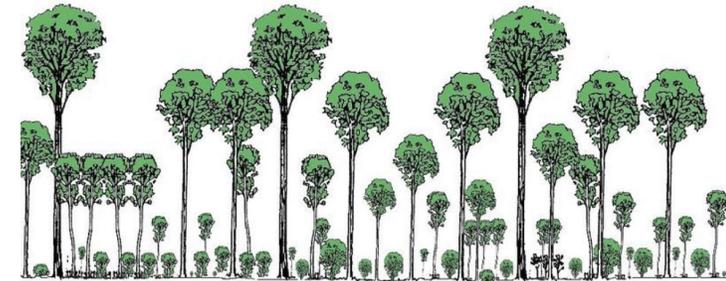
©Jérémy Cours

Tige \approx arbre ; Essence \approx espèce

Peuplement régulier, ou équienné, s'il est composé de tiges ayant le même âge et donc des dimensions sensiblement similaires



Peuplement irrégulier ou inéquienne, s'il est composé de tiges ayant des âges différents et donc des dimensions différentes

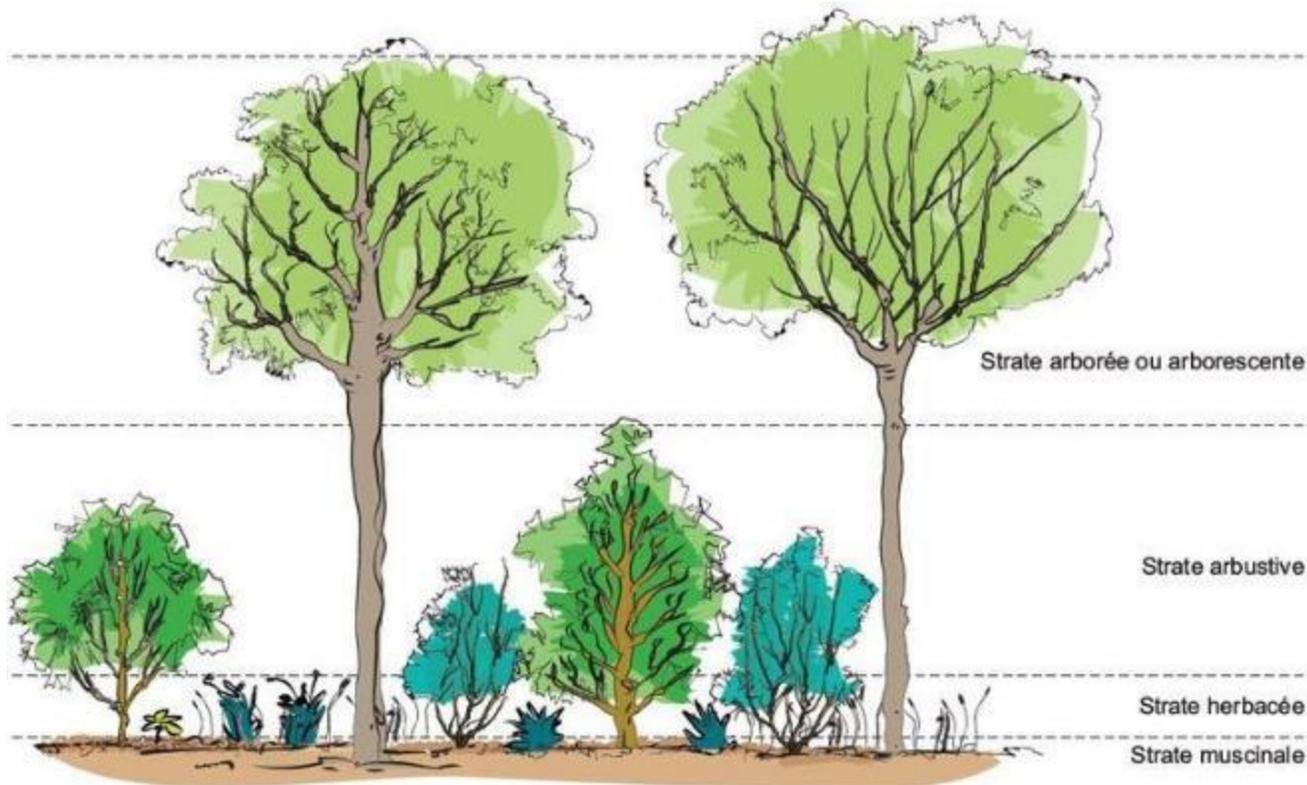


©Laurent Rivière

Peuplement mélangé, s'il comporte deux ou plusieurs essences différentes ; **Pur** ou **monospécifique**, dans le cas contraire

À LA BASE, LA FORÊT ... ET SA STRUCTURE VERTICALE

En étant structuré autour des arbres, les forêts sont des écosystèmes hautement structurés verticalement (i.e. étagés).



Strate : étage horizontal de végétation.

Arborée : arbres les plus hauts (FAO : ≥ 5 mètres).

Arbustive : espèces ligneuses de plus d'1 mètre mais n'atteignant pas la strate arborée. Souvent divisée en strate arbustive basse ($< 2\text{m}$) et haute ($> 2\text{m}$).

Herbacée : herbacées de toutes tailles ($< 1\text{m}$) (définition de « herbacée » selon le contexte).

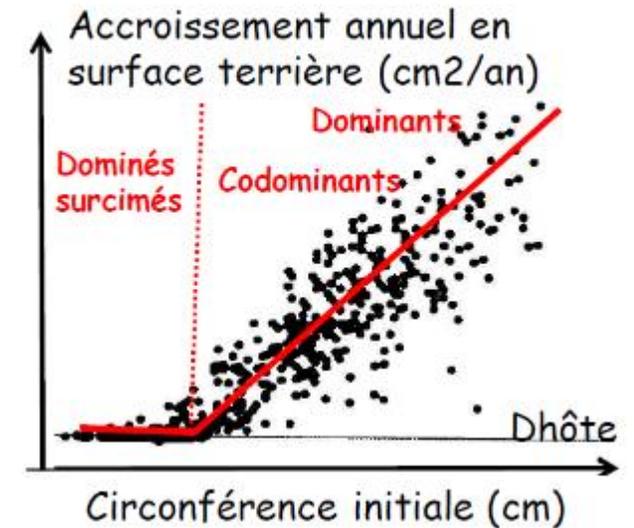
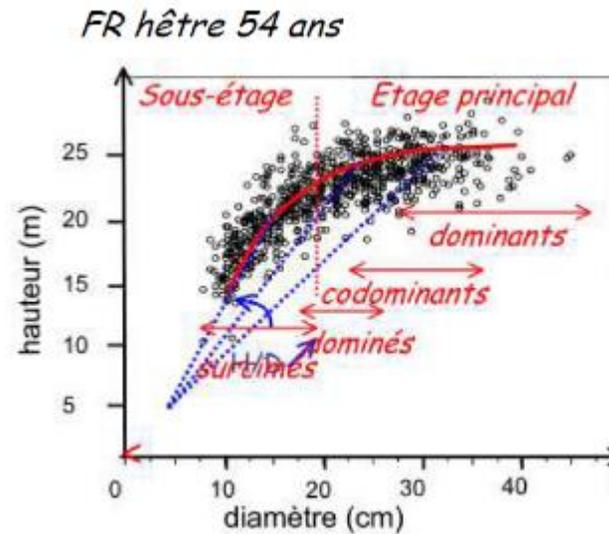
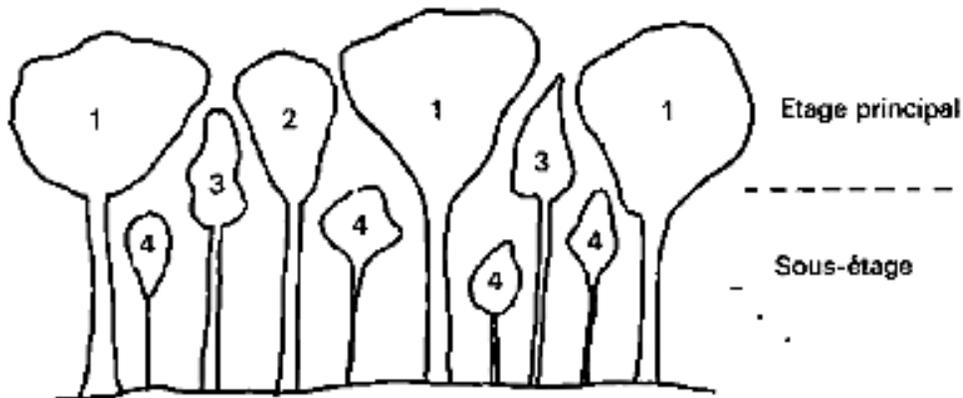
Muscinale : mousses, lichens, champignons, plantes en rosette, etc.

Hypogée : flore et microfaune du sol.

À LA BASE, LA FORÊT ... ET SA STRUCTURE VERTICALE

Structure de la végétation à l'échelle de l'écosystème – différente de la structure du peuplement (ou du « statut social »)

Statut social	ÉTAGE
1. arbre dominant 2. arbre codominant 3. arbre dominé	ÉTAGE PRINCIPAL
4. arbre de sous-étage	SOUS-ÉTAGE



Issu du cours d'Holger Wernsdörfer

À LA BASE, LA FORÊT ... ET LA PRODUCTION FORESTIÈRE

Pour tirer des services de la forêt, nous avons mis au point un ensemble de règles et préconisations rassemblées sous le vocable de « **sylviculture** ».

Sylviculture : activité et ensemble des méthodes et pratiques par lesquelles le « sylviculteur » agit sur le développement, la gestion et la mise en valeur d'une forêt ou d'un boisement. (Notion d'**objectif de production**)

La forêt est dite « **multifonctionnelle** » à partir du moment où l'on cherche à obtenir **plusieurs services** profitables à la société : production de bois & accueil du public & etc.

La sylviculture est dite « **durable** » quand la gestion permet d'**assurer le maintien du capital forestier dans le temps**, de sorte que les générations futures puissent tirer profit à leur tour des bienfaits. → **pas de dégradation** du capital (surexploitation) + **préservation** (et restauration le cas échéant) des capacités de **résilience** du peuplement.

Ceci nécessite la **prise en compte appropriée des facteurs écologiques et abiotiques**, à savoir les qualités naturelles du site (stations forestières).

À LA BASE, LA FORÊT ... ET LA PRODUCTION FORESTIÈRE

Pour tirer des services de la forêt, nous avons mis au point un ensemble de règles et préconisations rassemblées sous le vocable de « **sylviculture** ».

Sylviculture ≠ agriculture : deux grands domaines de la production « primaire » ; cependant, des différences fondamentales caractérisent chacun des systèmes.

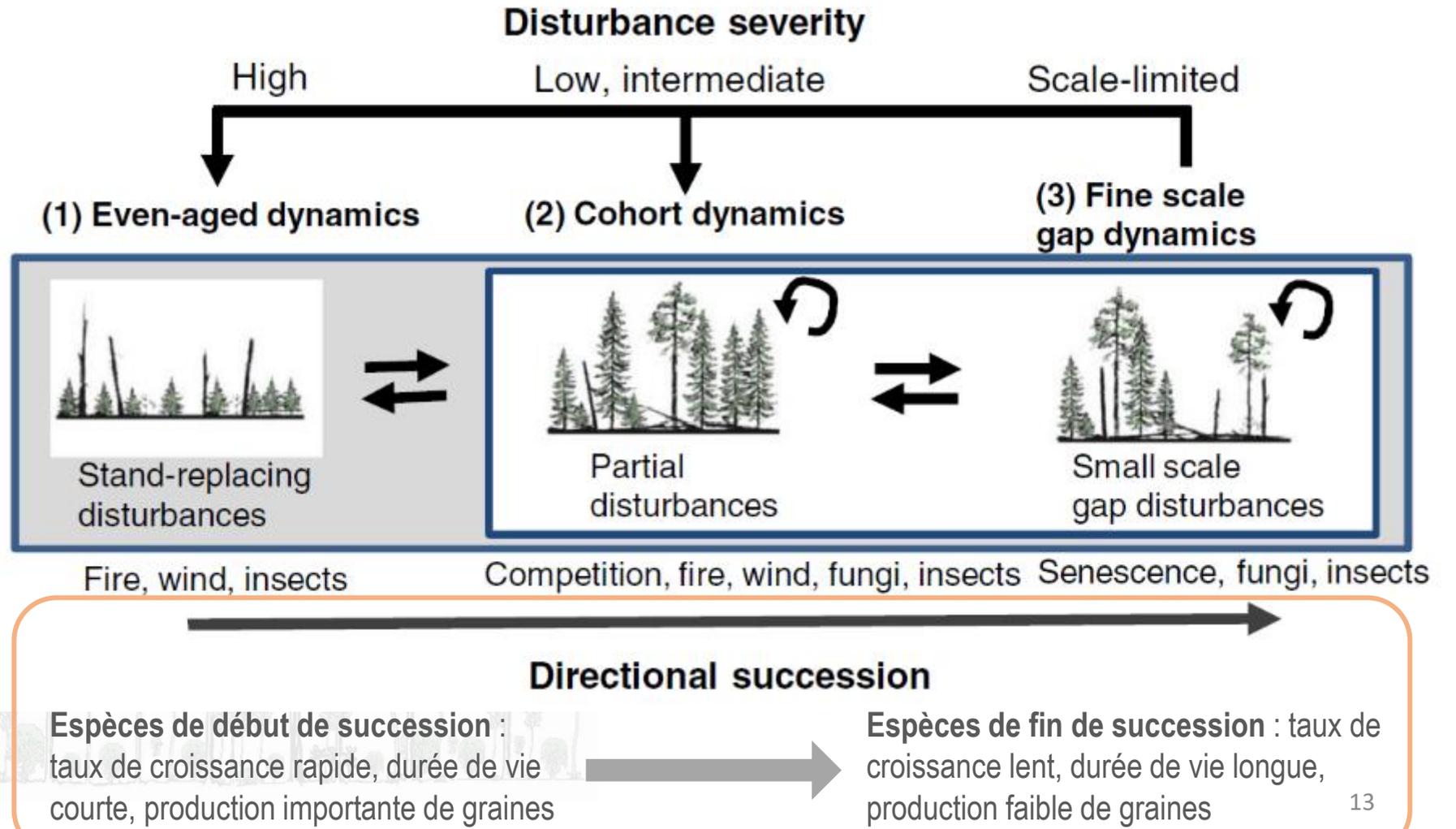
- En agriculture : culture d'espèces annuelles, récoltes régulières, retour sur investissement rapide.
- En sylviculture : longue durée de vie des arbres (i.e. récoltes espacées dans le temps, retour sur investissement tardif), proximité du système de production de l'état naturel, le recours à des espèces sauvages.

Outils :

- Basés sur l'**écologie** des espèces (**autécologie** (notion de « **station** ») et **synécologie** → notion de « **niche écologique** ») et le fonctionnement des grandes formations boisées (**biogéographie – chorologie**).
- Basés sur la prise en compte des **successions végétales**.

À LA BASE, LA FORÊT ... ET LA PRODUCTION FORESTIÈRE

Pour tirer des services de la forêt, nous avons mis au point un ensemble de règles et préconisations rassemblées sous le vocable de « **sylviculture** ».



Futaie adulte

STRUCTURE DU COURS

1. Éléments de biogéographie – les principales formations boisées – autécologie
2. Successions végétales – Synécologie
3. La forêt en France
4. La gestion de la compétition / éclaircies
5. La régénération forestière
6. Grands types de conduite des peuplements

1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – DÉFINITIONS

Biogéographie : Science qui étudie la répartition de la flore, de la faune dans leurs milieux biologiques.

Autécologie (branche de la biogéographie) : étudie les exigences d'une espèce vis-à-vis du milieu.

Concept à associer à la notion de « **niche** »

En se basant sur les données issues de l'autécologie, la **chorologie** est la discipline étudiant la délimitation et le déterminisme des aires de répartition des espèces vivantes.

1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE - AUTÉCOLOGIE

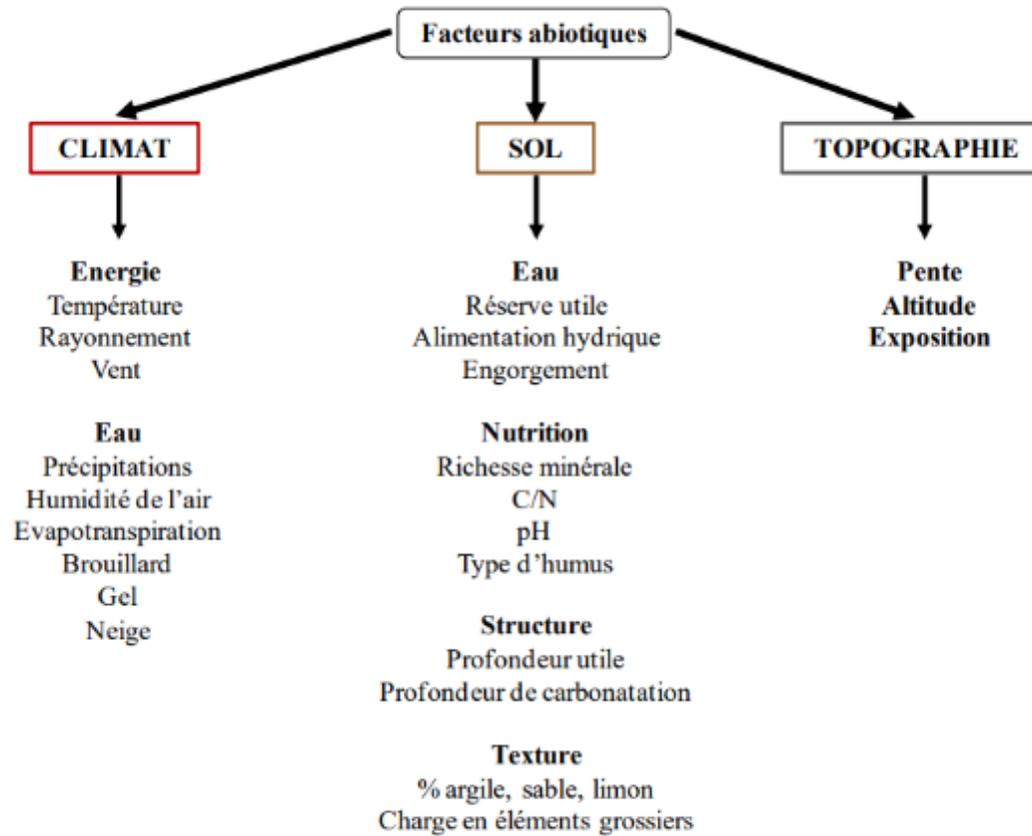
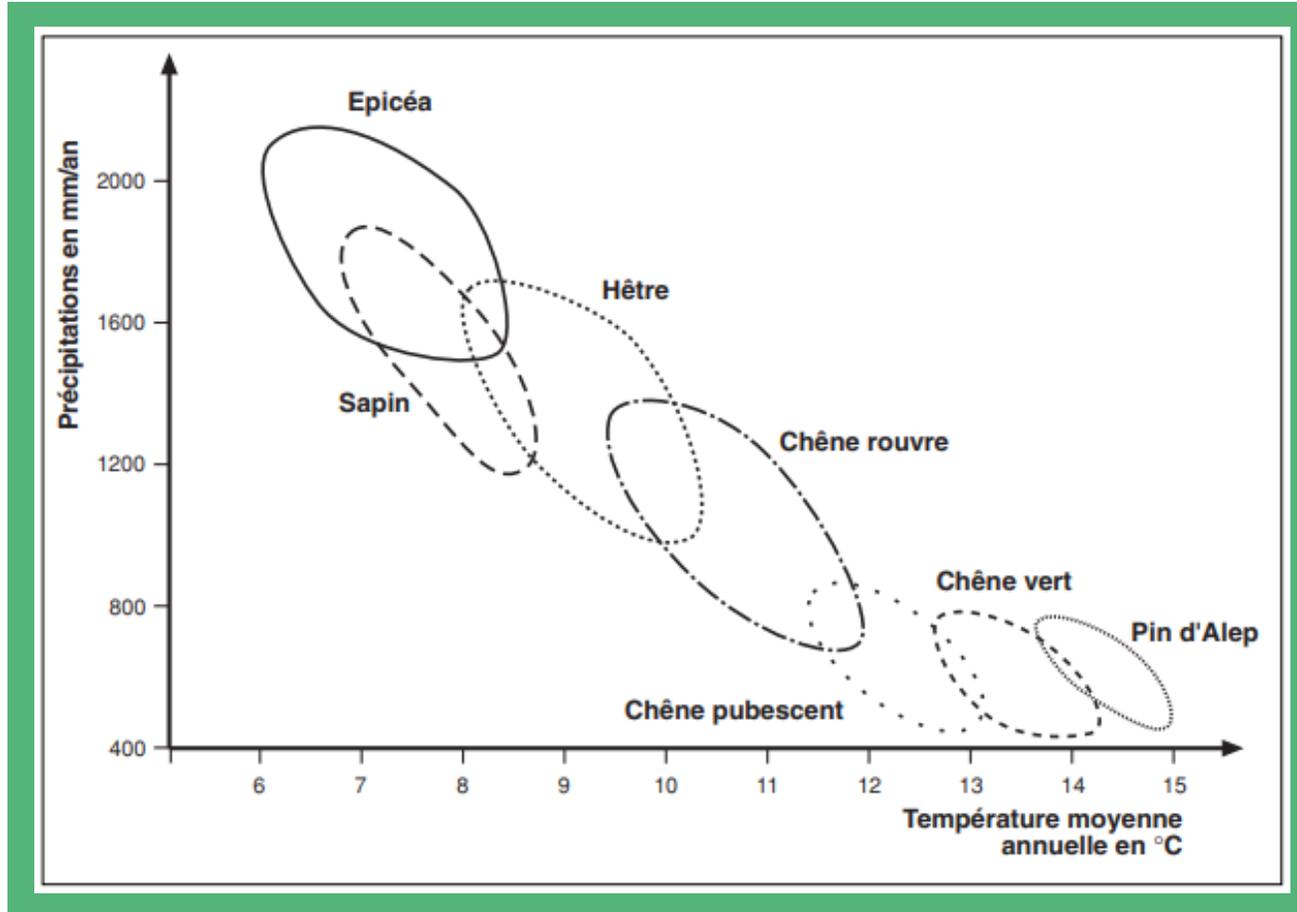


Figure 1. Principaux facteurs abiotiques influençant la réponse des essences forestières, adapté de Masson (2005).

1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE - AUTÉCOLOGIE

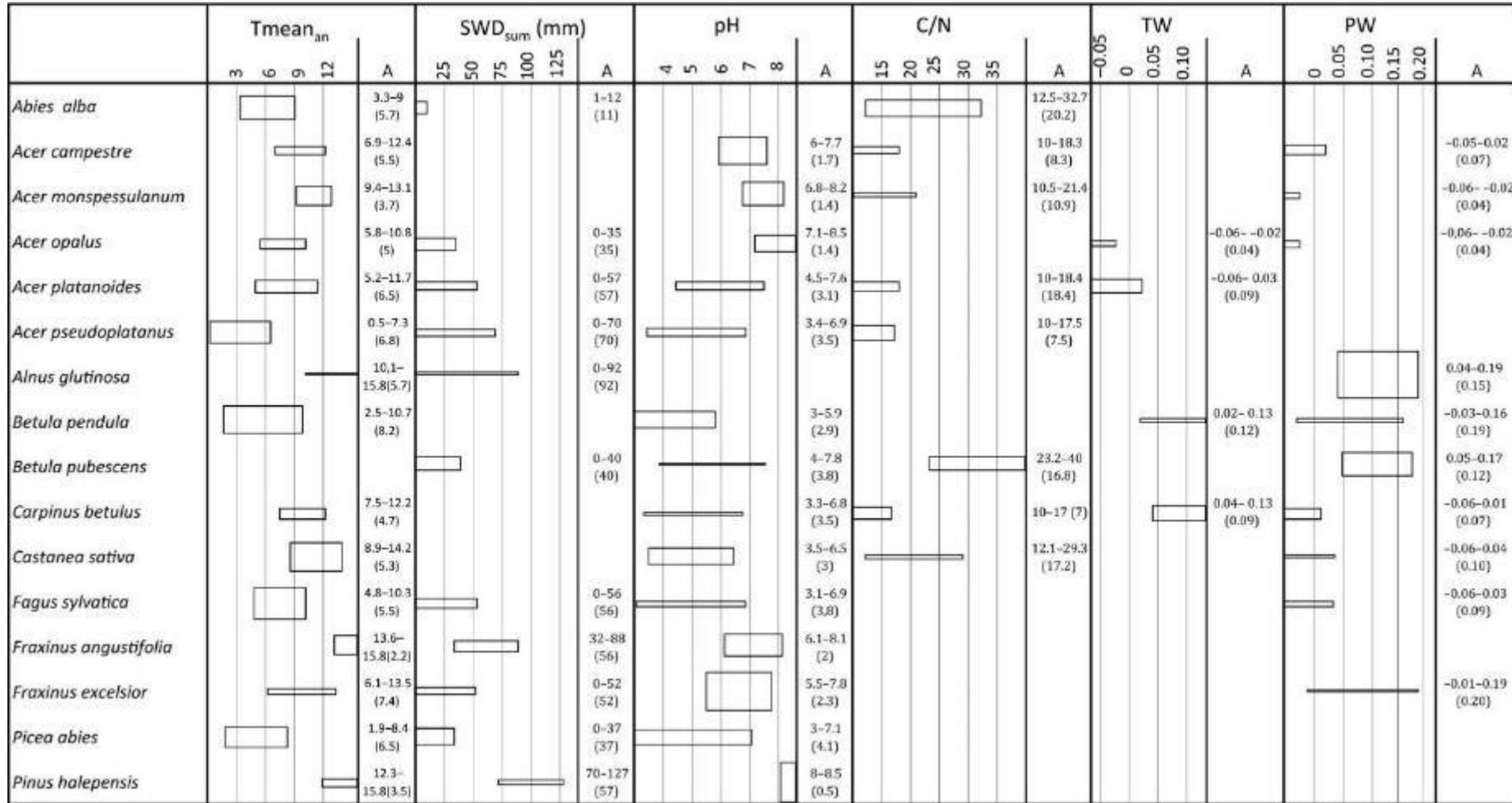


À l'échelle française

Niches pluvio-thermiques des principales essences forestières françaises

1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE - AUTÉCOLOGIE

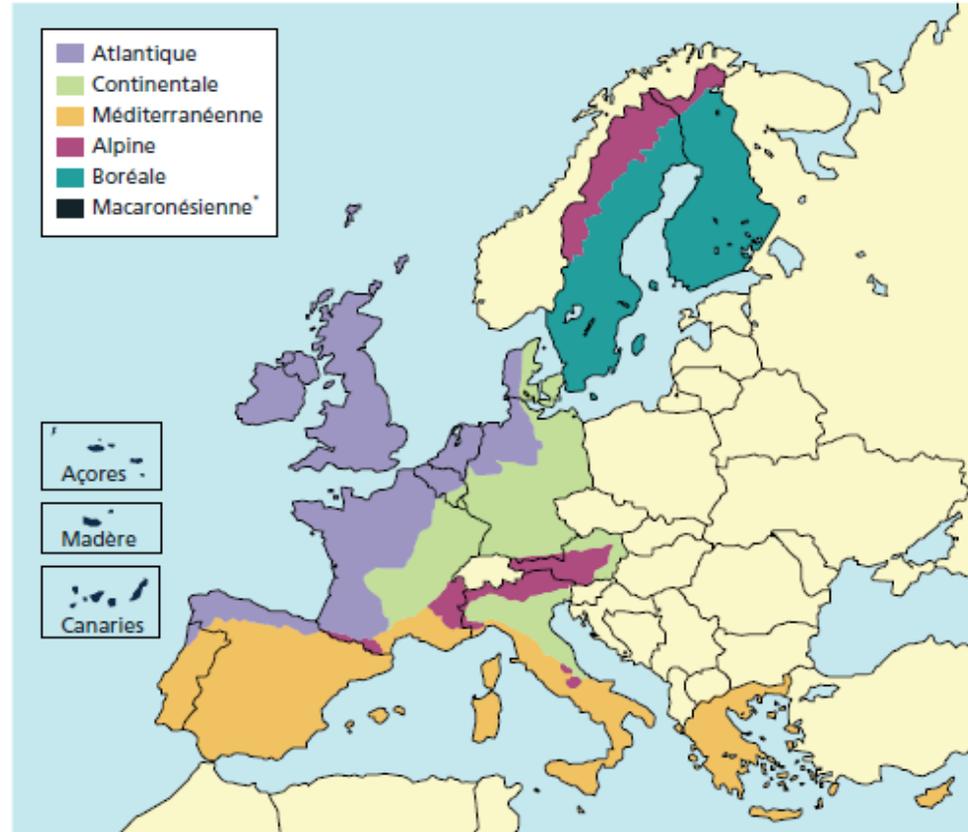
À l'échelle
française à
partir des
données IFN-
IGN



1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE - AUTÉCOLOGIE

À l'échelle européenne

L'association de différents facteurs abiotiques permet la cartographie de grands ensembles biogéographiques



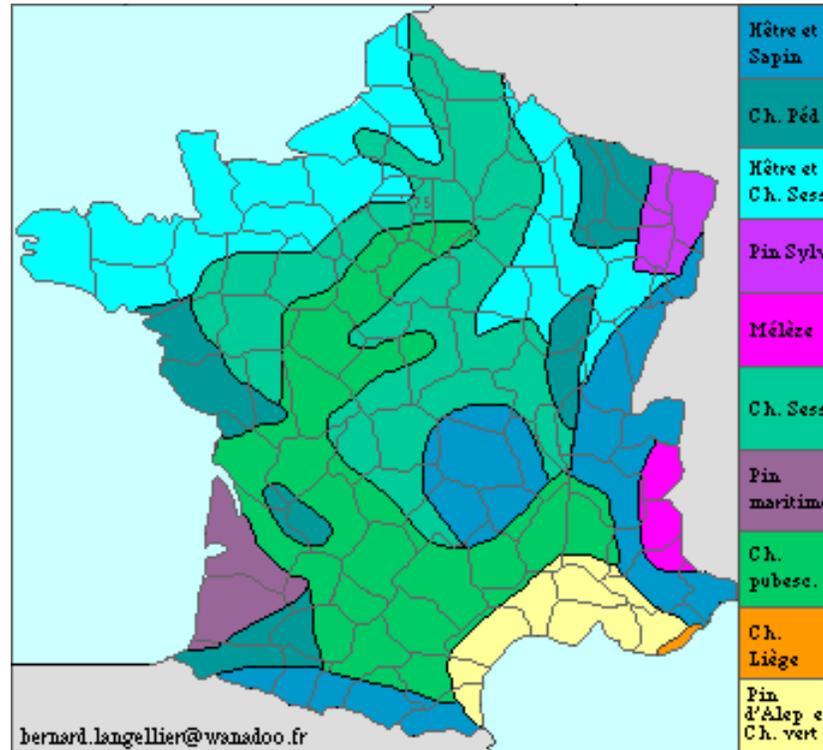
Source : Commission européenne, direction générale de l'environnement

Fig. 1 : Les six zones biogéographiques de l'Europe des quinze

1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE - AUTÉCOLOGIE

À l'échelle française

L'association de différents **facteurs abiotiques** permet la cartographie de grands **ensembles biogéographiques** ... ou de la **répartition des essences forestières**



1. LES FORÊTS DES PLAINES ET COLLINES DU NORD ET DU CENTRE

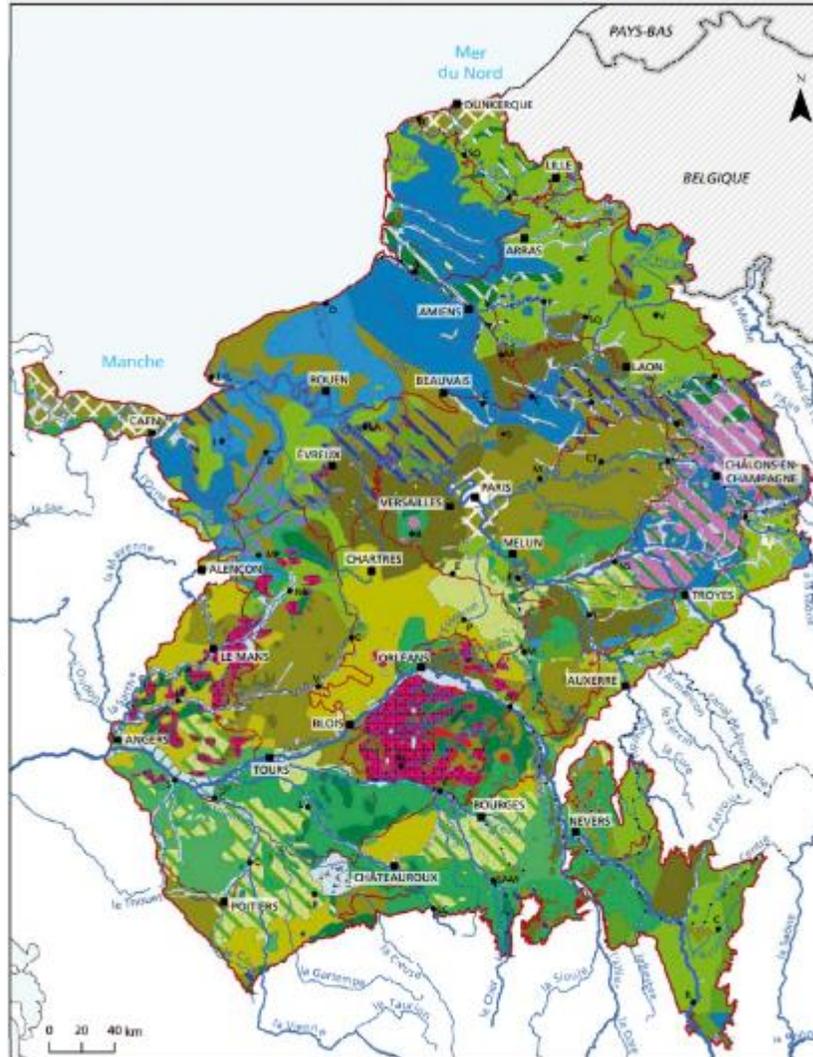
Essences principales : hêtre commun, chène sessile

Étage planitiaire

- Aulnaie glutineuse avec tourbe
- Aulnaie glutineuse pure
- Aulnaie avec saules / Aulnaie avec peupliers
- Aulnaie avec frêne ou orme

Étage collinéen

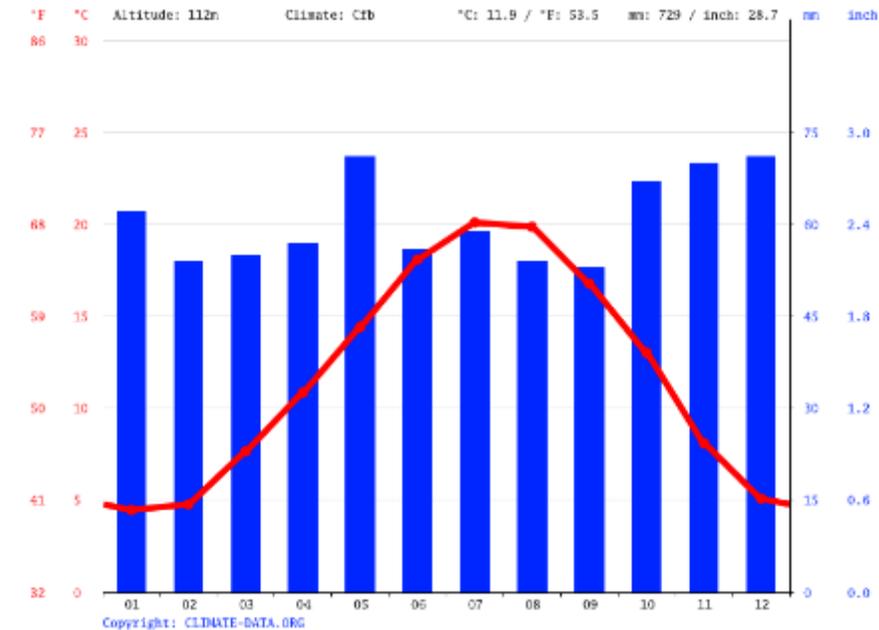
- Chênaie pédonculée et landes acides
- Chênaie pédonculée, mésotrophe à eutrophe
- Chênaie pédonculée, calcicole
- Chênaie pédonculée acide à chène tauzin
- Chênaie sessile acide
- Chênaie sessile et landes méso-neutrophiles
- Chênaie sessile calcicole
- Chênaie mixte avec chênes sessile et pédonculé à charme et hêtre, landes acides
- Chênaie mixte avec chênes sessile et pédonculé, calcicole
- Chênaie mixte avec chênes sessile et pédonculé mésotrophe à eutrophe, fruticées et pelouses
- Chêne sessile, chène pédonculé, charme et hêtre
- Bocage de chène pédonculé, orme, charme et hêtre, avec prairies de fauche et de pâture
- Chênaie pubescente
- Chênaie pubescente mixte à feuillus divers, fruticées et pelouses
- Pin sylvestre
- Pin sylvestre et chênes (pédonculé majoritaire)
- Plantations à pin sylvestre, pin maritime, pin noir et pins méditerranéens
- Pinède silicicole
- Hêtraie-chênaie sessile, acidiphile, friches et pelouses
- Hêtraie-chênaie sessile, neutrophile, friches et pelouses
- Hêtraie hygrosclaphile à tilleul et érable (à sapin dans l'ouest)



Sources : BD ALTI@ IGN, BD CARTHAGE@ IGN Agences de l'Eau, carte de la végétation de la France : couverture numérique harmonisée au 1/1 000 000 © CNRS-UMR Géographie-cités 8504 (fichier image : fichier vectoriel non accessible).

Climat tempéré – intermédiaire entre climats océanique et semi-continentales

Exemple : Orléans (45)



<https://fr.climate-data.org/europe/france/centre-val-de-loire/orleans-339/>

1. LES FORÊTS DES PLAINES ET COLLINES DU NORD ET DU CENTRE

C'est dans ces régions que l'on va trouver certains bois très recherchés, notamment les **chênes à merrain** (région ligérienne)

Exemple des chênes de la forêt de Bercé, dans la Sarthe (72) ; ©Emmanuel Boitier ONF



Cf. cours sur la sylviculture de la chênaie atlantique



1. LES FORÊTS ALLUVIALES

Essences principales : **chêne pédonculé + frênes, orme champêtre, saules, peupliers, aulnes.**

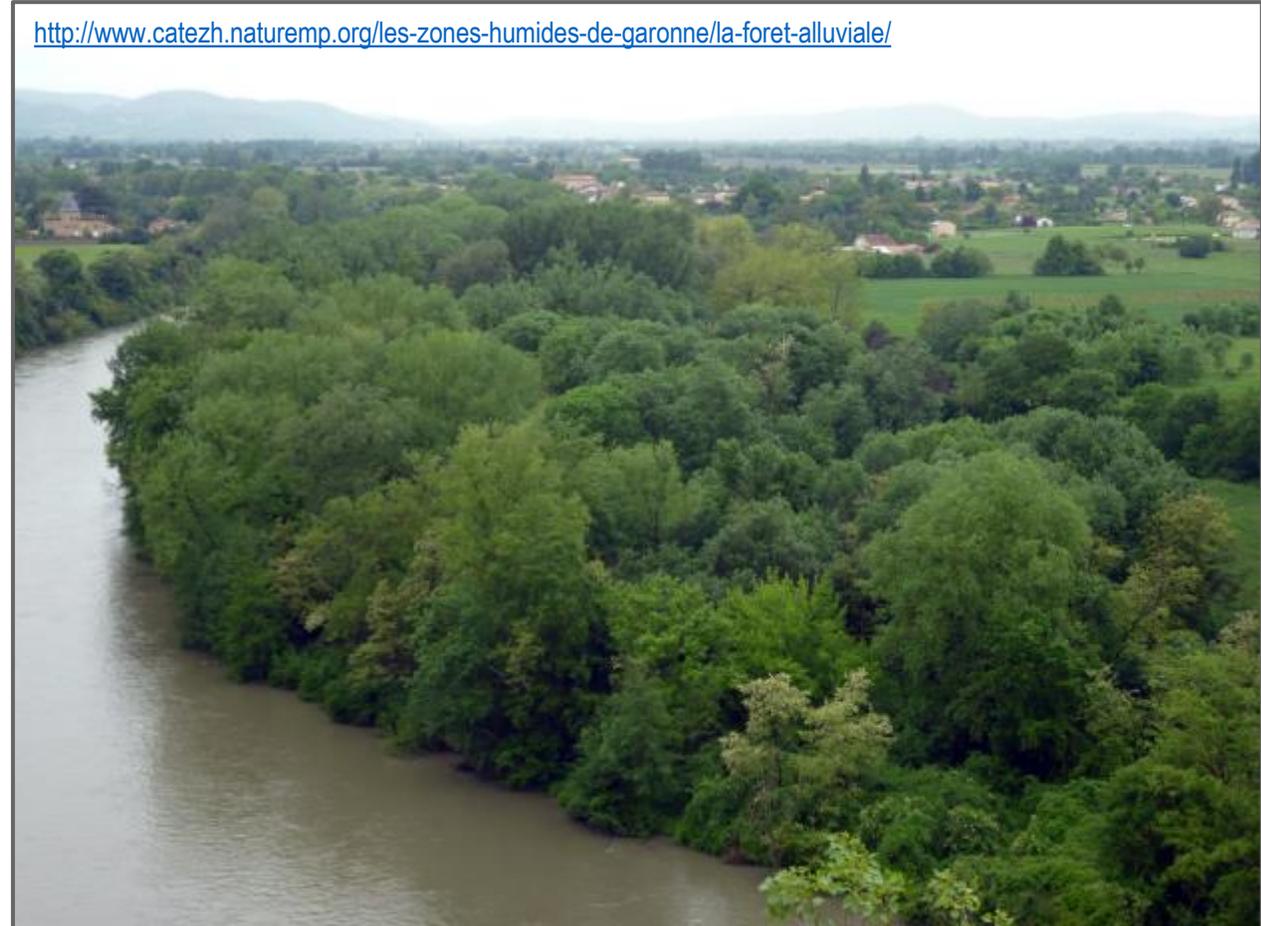
Caractéristique : forêts fréquemment **inondées.**

Comprennent les **ripisylves** (forêts de bord de court d'eau).

Rôle important d'**effet tampon** en cas de crues.

Val de Loire, Val d'Allier par exemple

<http://www.catezh.naturemp.org/les-zones-humides-de-garonne/la-foret-alluviale/>



1. LES FORÊTS ALLUVIALES

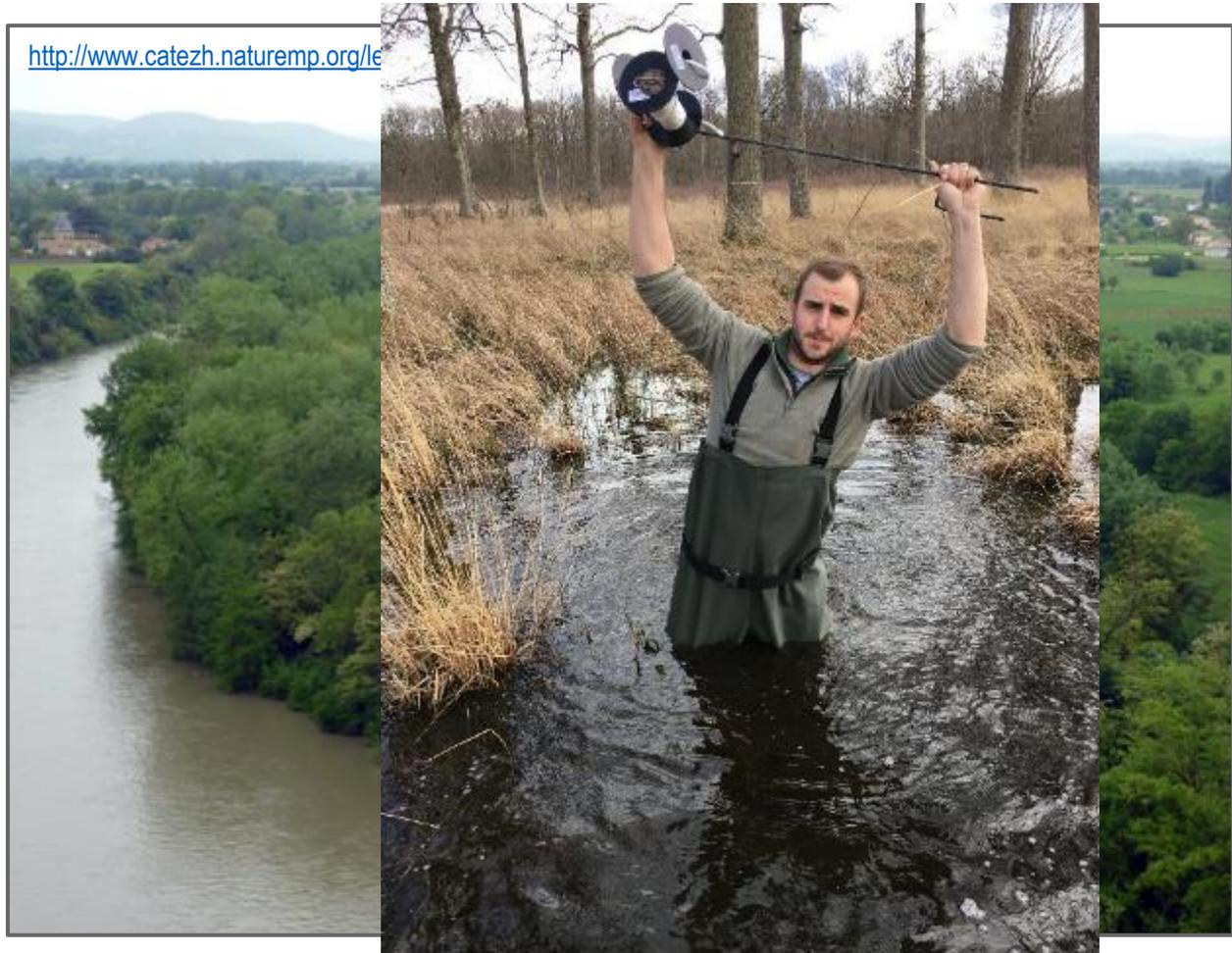
Essences principales : **chêne pédonculé + frênes, orme champêtre, saules, peupliers, aulnes.**

Caractéristique : forêts fréquemment **inondées.**

Comprennent les **ripisylves** (forêts de bord de court d'eau).

Rôle important d'**effet tampon** en cas de crues.

Val de Loire, Val d'Allier par exemple



<http://www.catezh.naturemp.org/le>

1. LES FORÊTS MÉDITERRANÉENNES

Essences principales : **chêne vert, chêne pubescent, pin d'Alep + chêne Kermès, chêne liège**

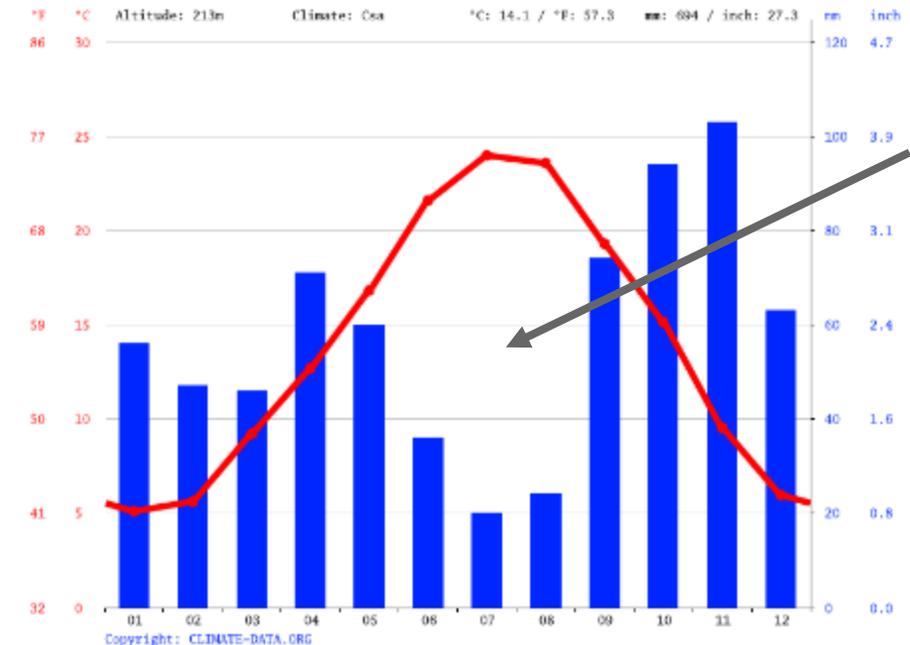
Végétation : **épineux, cistes, labiées aromatiques, arbousiers**

Forêt méditerranéenne, chênes et pins, massif de la Sainte-Baume. ©GREC-SUD



Climat méditerranéen – étés chauds et secs, hivers doux, printemps et automnes humides (« épisodes cévenols »).

Exemple : **Aix-en-Provence (13)**

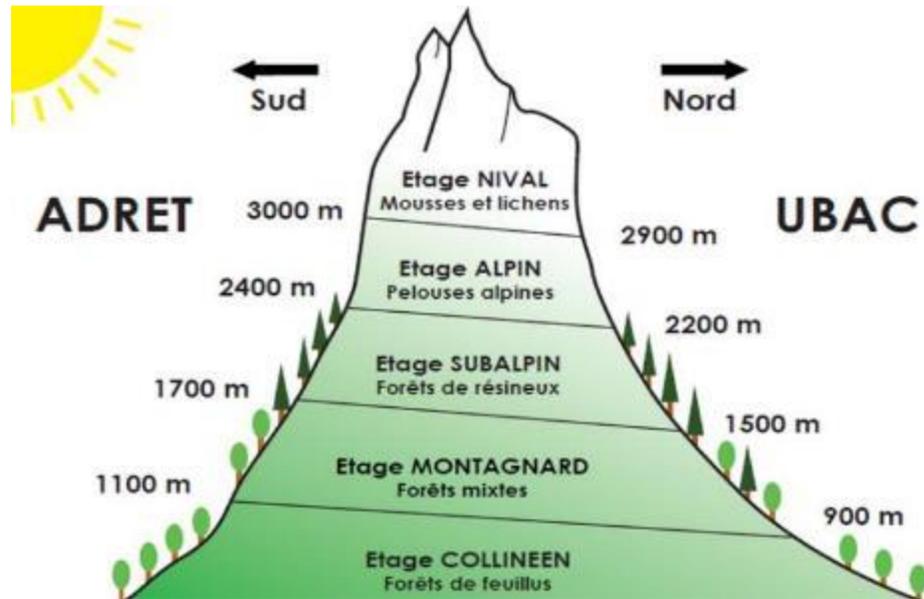


Période de sécheresse marquée en été

1. LES FORÊTS DE MONTAGNE

Essences principales : hêtre, sapin, épicéa, mélèze

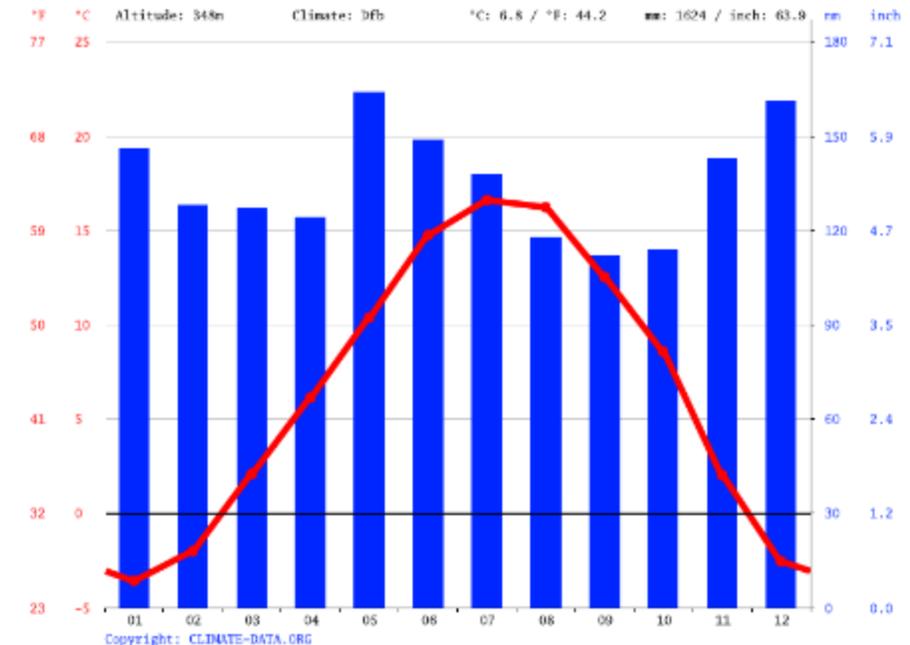
Forte variation avec l'altitude (pin cembro, pin à crochet)



<https://www.jardinalpindulautaret.fr/jardin/cadre-naturel-exceptionnel/letagement-vegetation-en-montagne>
https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO_H.pdf
https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO_L.pdf

Climat montagnard – hivers froids et étés frais et humides.

Exemple : **Albertville (73)**

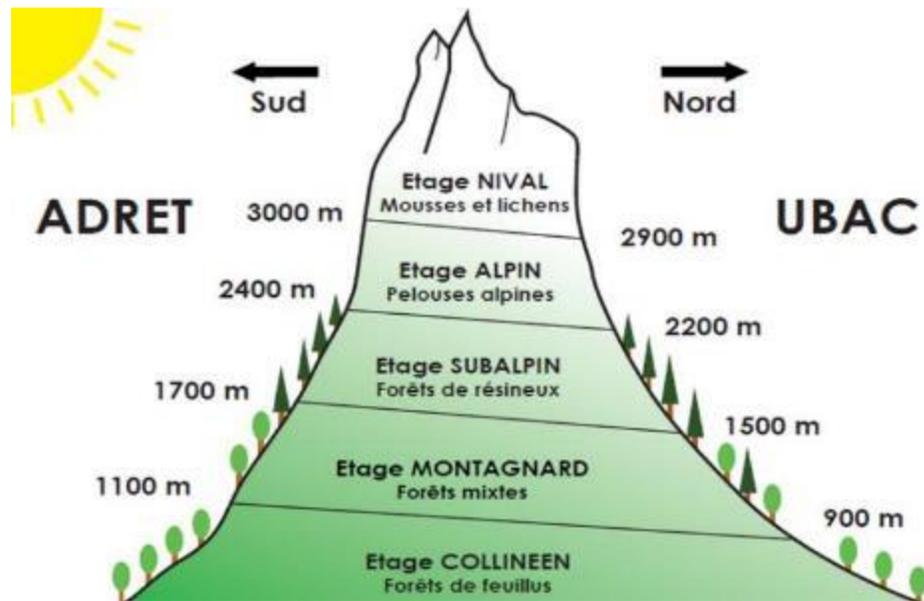


<https://fr.climate-data.org/europe/france/rhone-alpes/albertville-7891/>

1. LES FORÊTS DE MONTAGNE

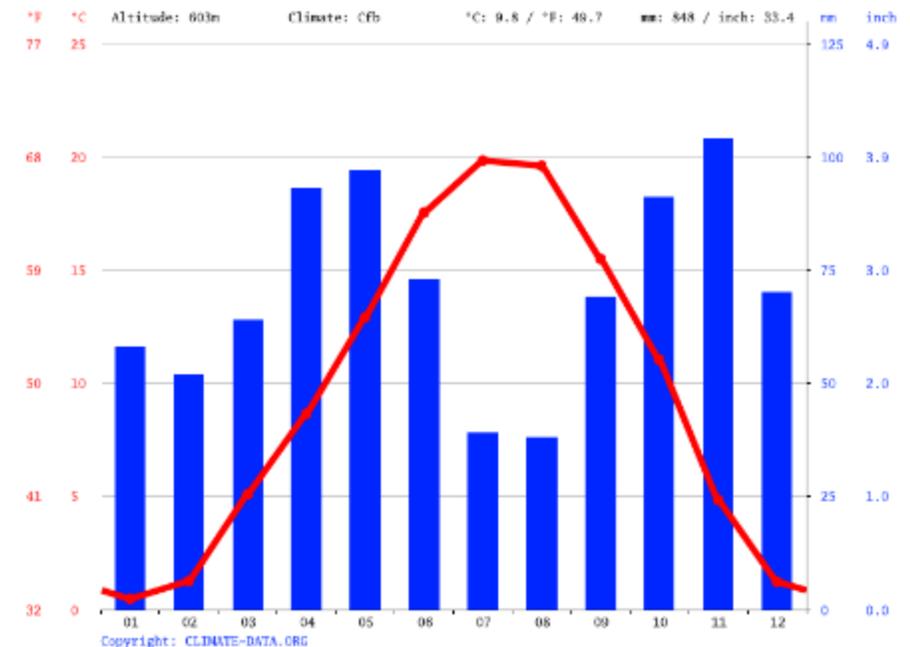
Essences principales : hêtre, sapin, épicéa, mélèze

Forte variation avec l'altitude (pin cembro, pin à crochet)



Climat montagnard – hivers froids et étés frais et humides. Mais différences selon les contextes (ici influences méditerranéennes)

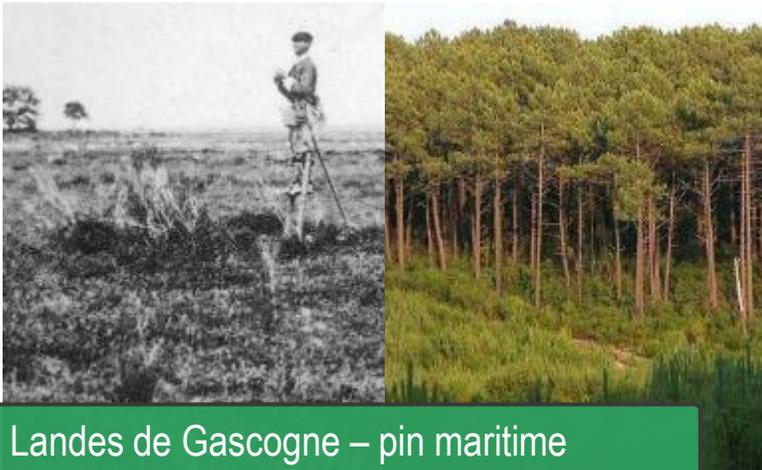
Exemple : Digne-les-Bains (04)



1. LES GRANDS REBOISEMENTS

Essences : pin maritime, pin noir, pin sylvestre, douglas, mélèze, épicéa

Importance des forêts artificielles ...



Landes de Gascogne – pin maritime
(de même en Sologne)

Reboisement RTM (restauration terrains de montagne) – pin noir



Chaudun, Col de Chabanottes, Billecard, 1896



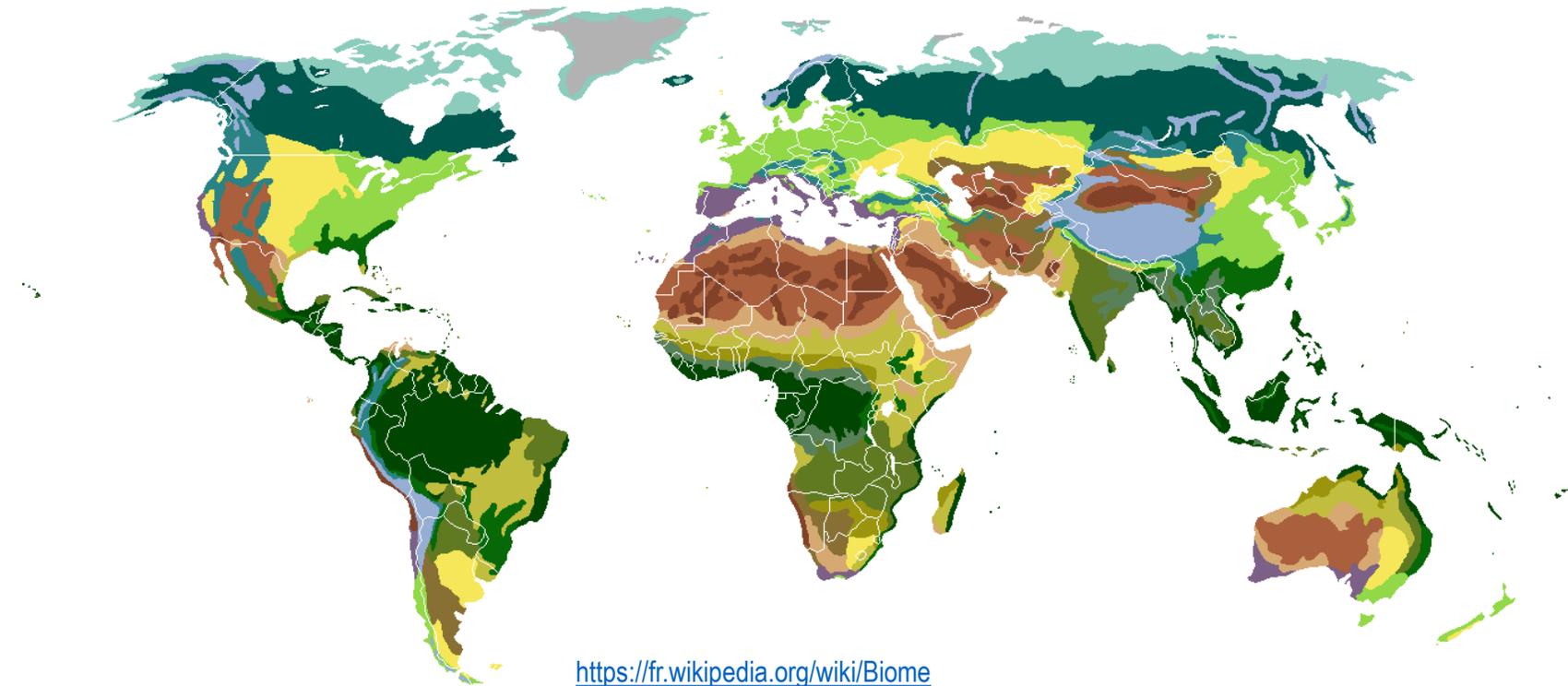
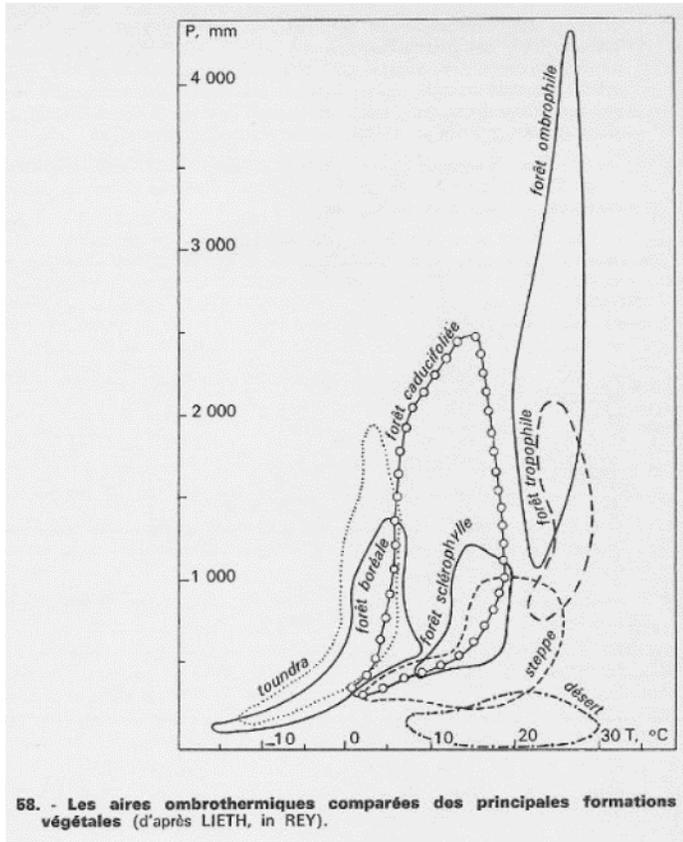
Chaudun, Col de Chabanotte, Pic Melette, Métaillé, 1991

Plantations épicéa commun en plaine sous le FFN (fond forestier national)



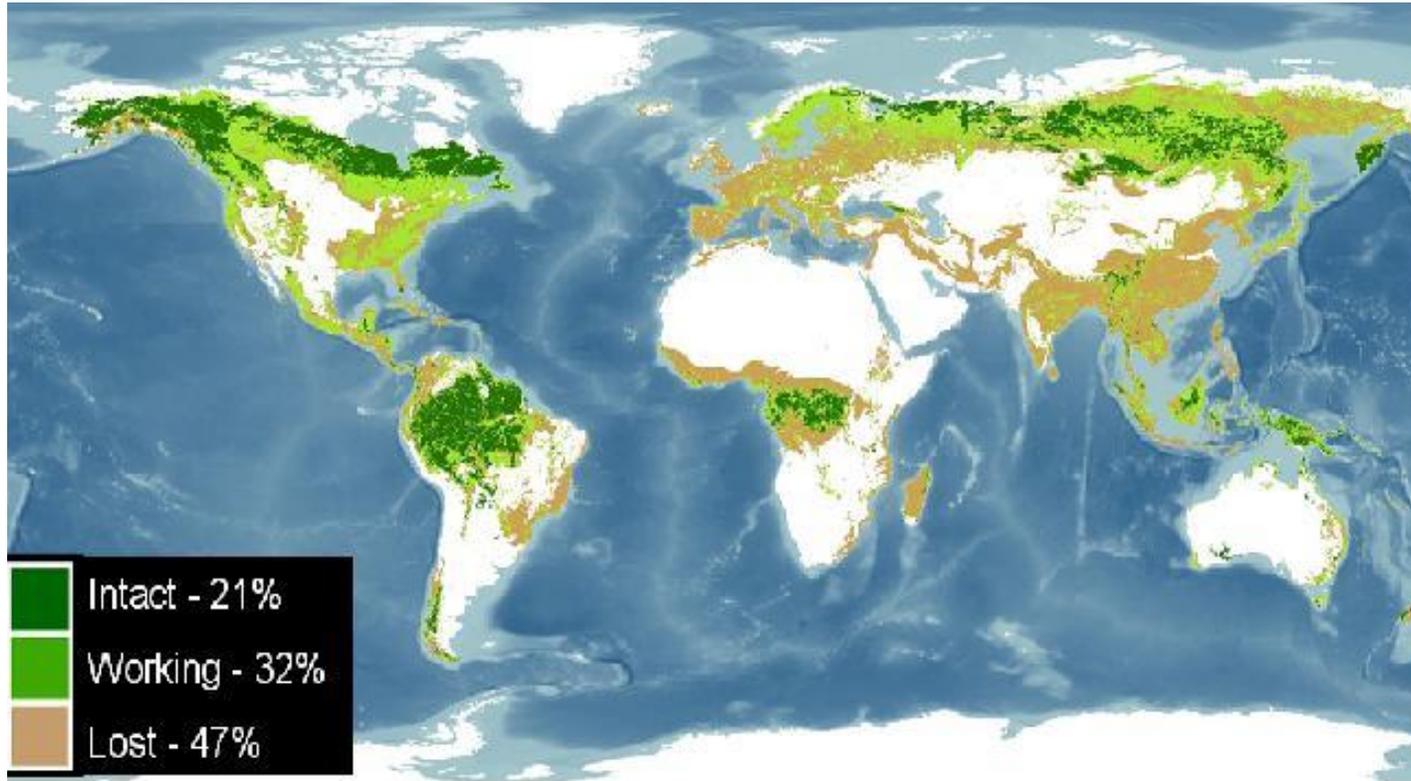
1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – À L'ÉCHELLE DE LA PLANÈTE

Les facteurs abiotiques influencent en grande partie les formations végétales (Biomes)



1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – DÉFORESTATION

Les interventions humaines ont pu conduire à de fortes **réduction** des surfaces naturellement **forestières** (à prendre en compte lorsqu'on détermine l'autécologie d'une essence à partir de l'existant ...).



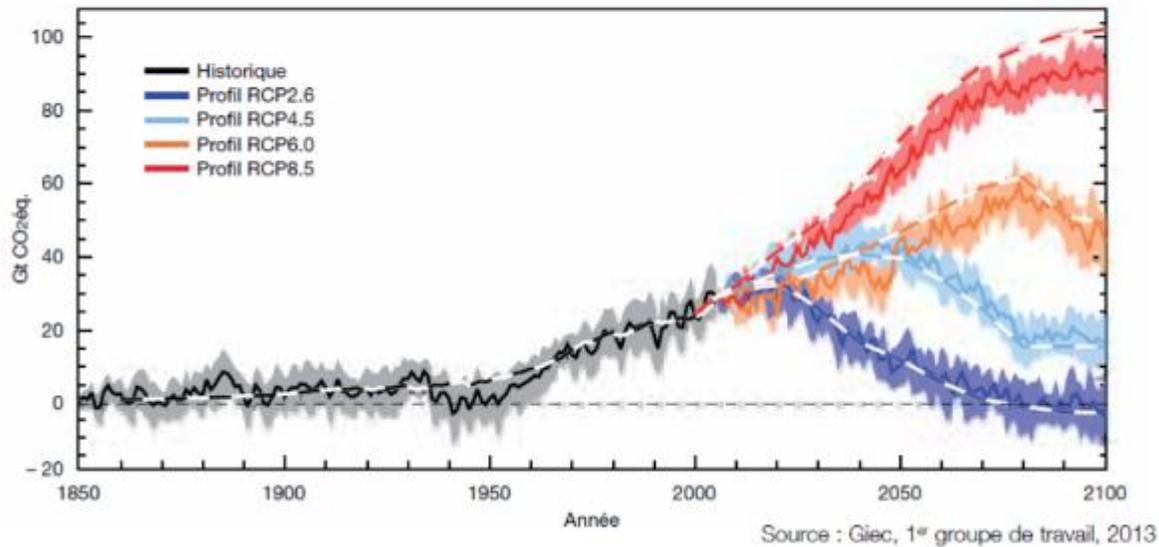
Évolution de l'état des forêts depuis les 8000 dernières années.

World Ressource Institute, 2009

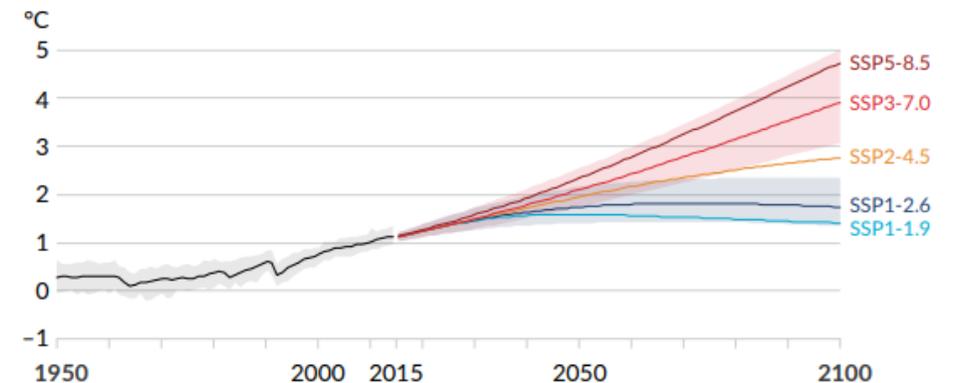
1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – CHANGEMENT CLIMATIQUE

Contexte d'augmentation de la concentration de l'atmosphère en gaz à effet de serre et des températures ...

Projection des émissions liées aux énergies fossiles suivant les quatre profils d'évolution de GES (RCP) du Giec

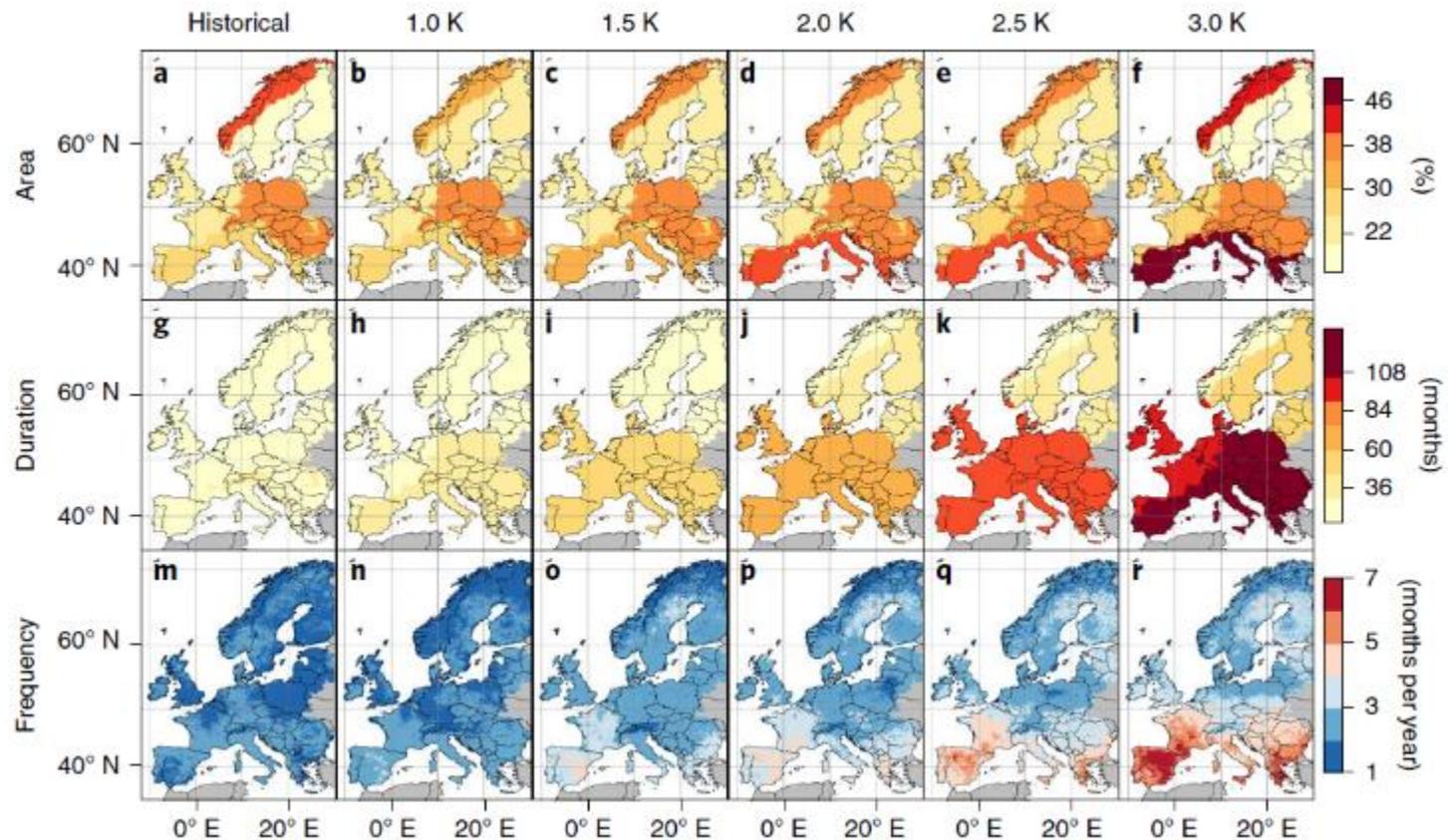


(a) Global surface temperature change relative to 1850–1900



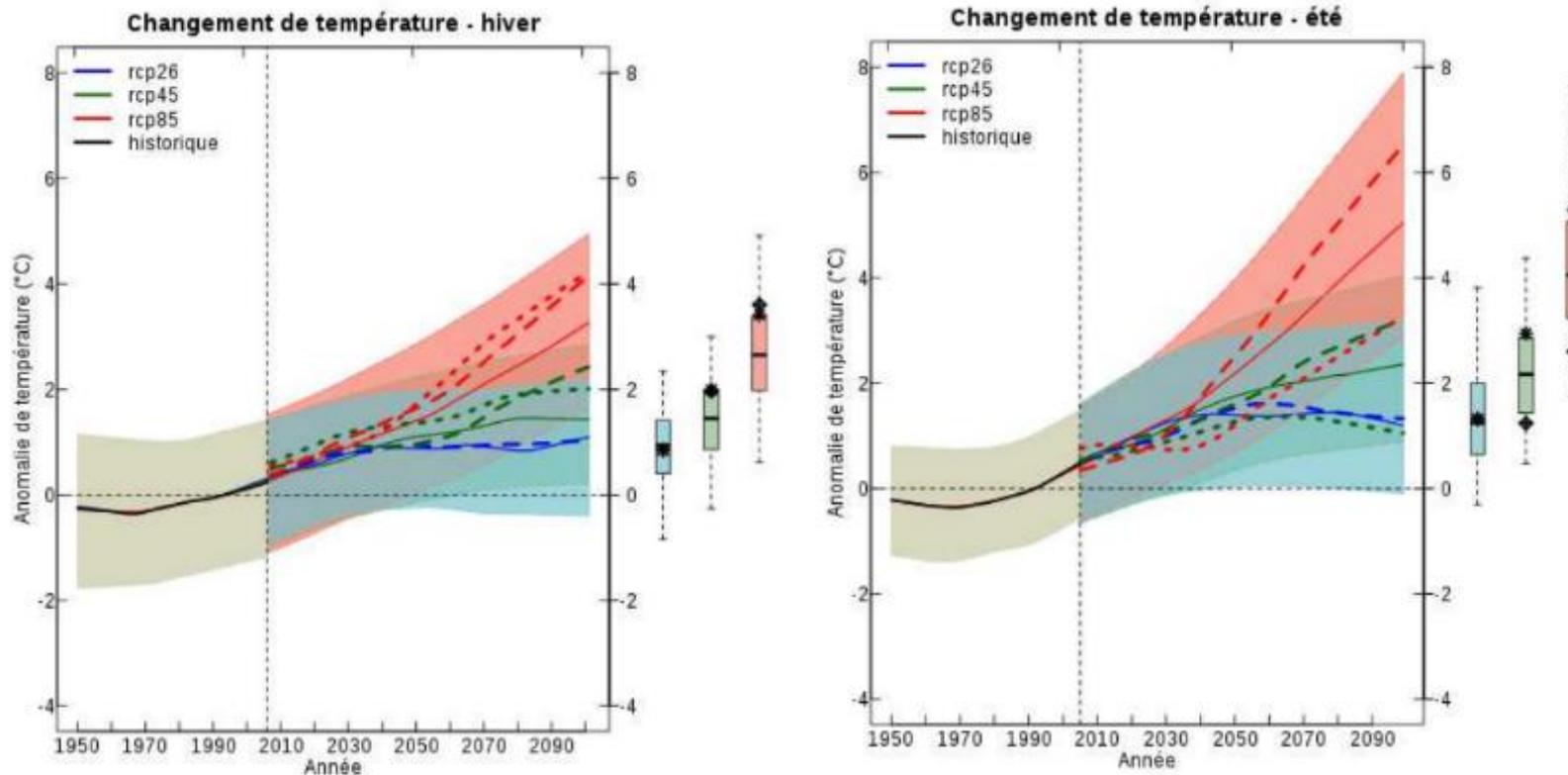
1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – CHANGEMENT CLIMATIQUE

... exacerbant les sécheresses édaphiques en Europe



1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE

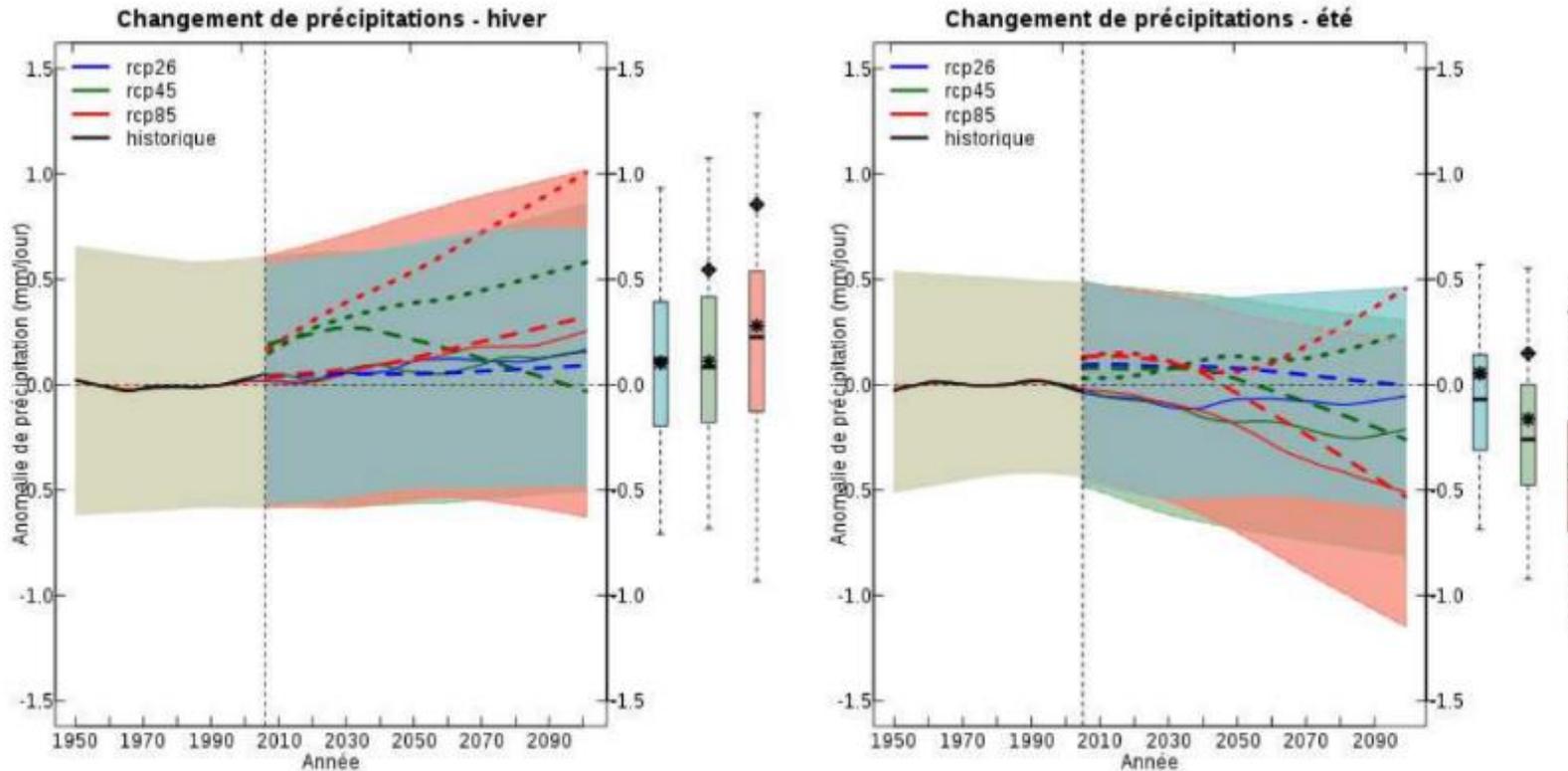
Des augmentations de températures différentes selon la période de l'année considérée.



Une augmentation plus marquée l'été → saison de végétation

1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE

Des modifications des régimes de précipitation différentes selon la période de l'année considérée.



Une baisse potentiellement marquée l'été :

- couplée avec l'augmentation de température ;
- sécheresses pendant la saison de végétation.



1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE

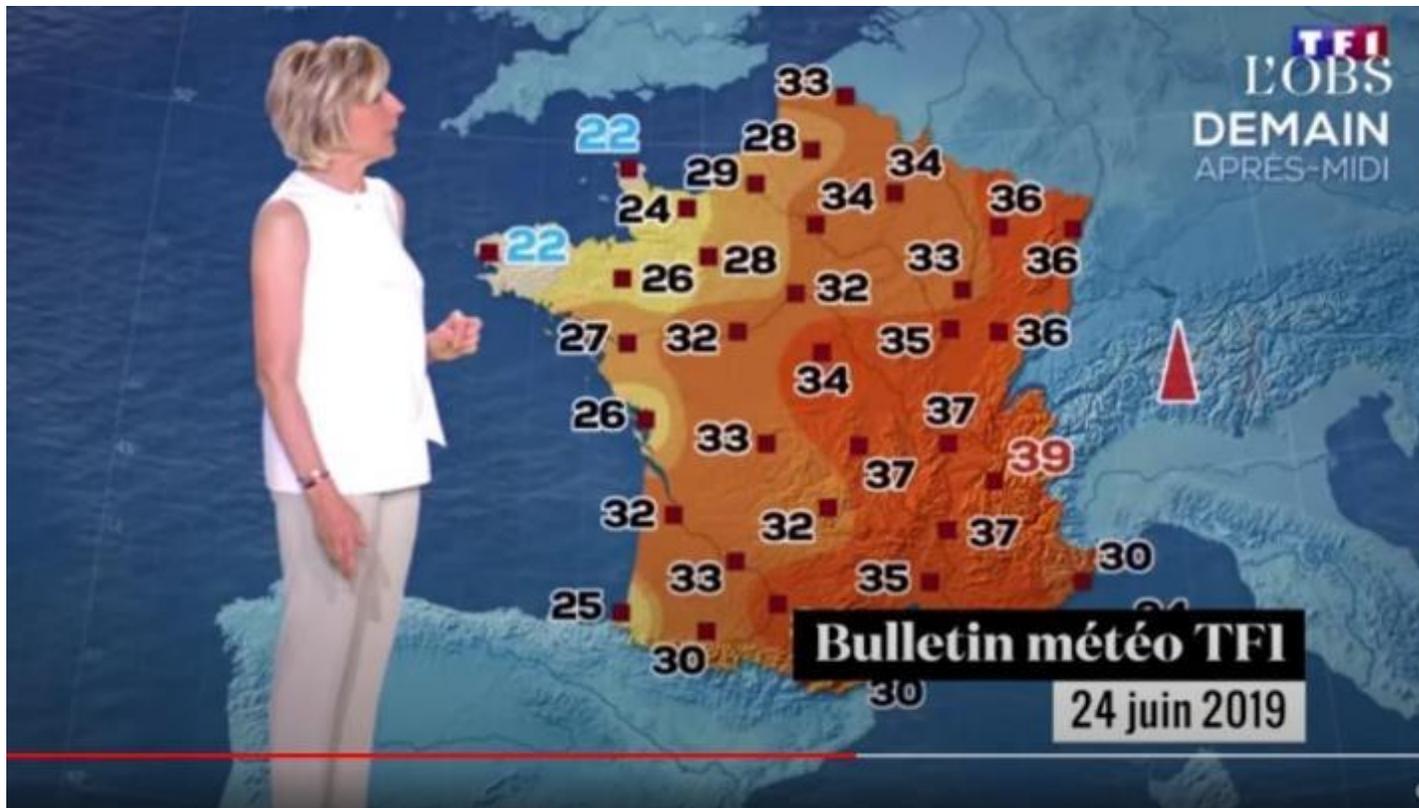
En 2014



Un bulletin météo futuriste pour alarmer sur les conséquences visibles du changement climatique ...

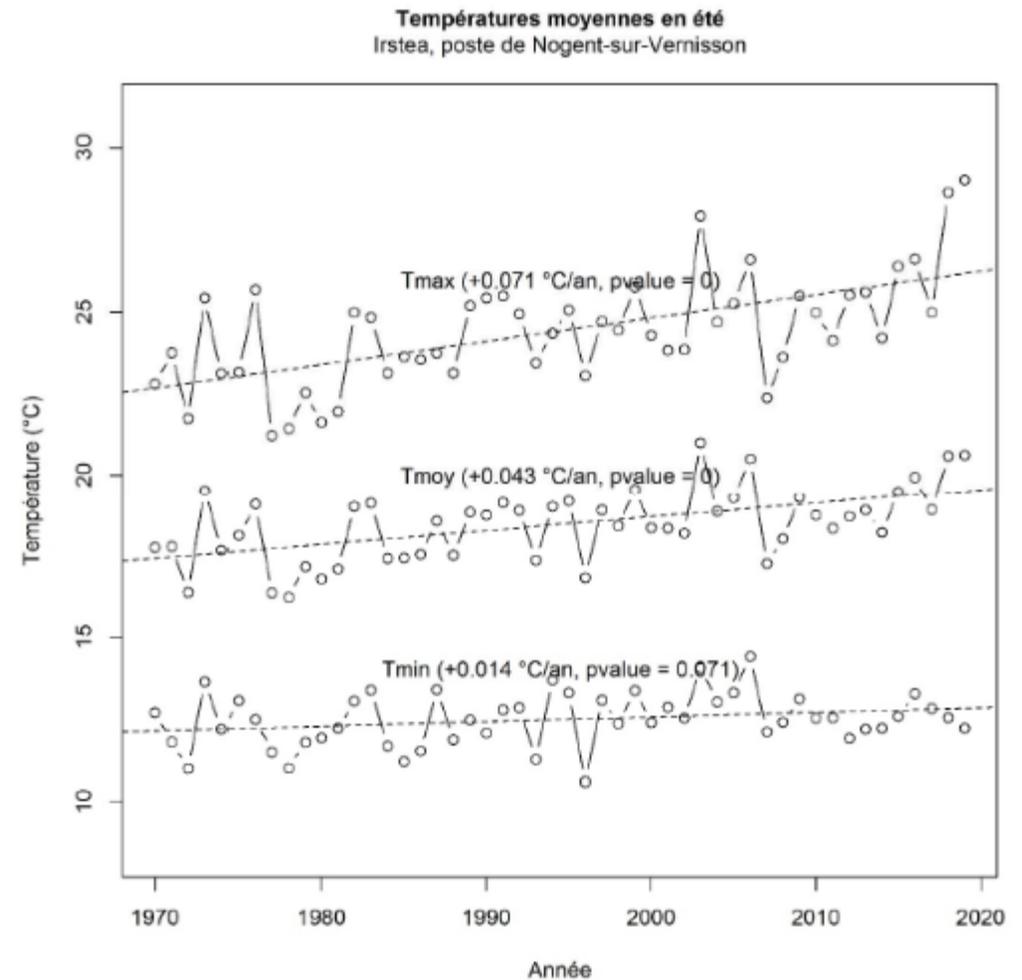
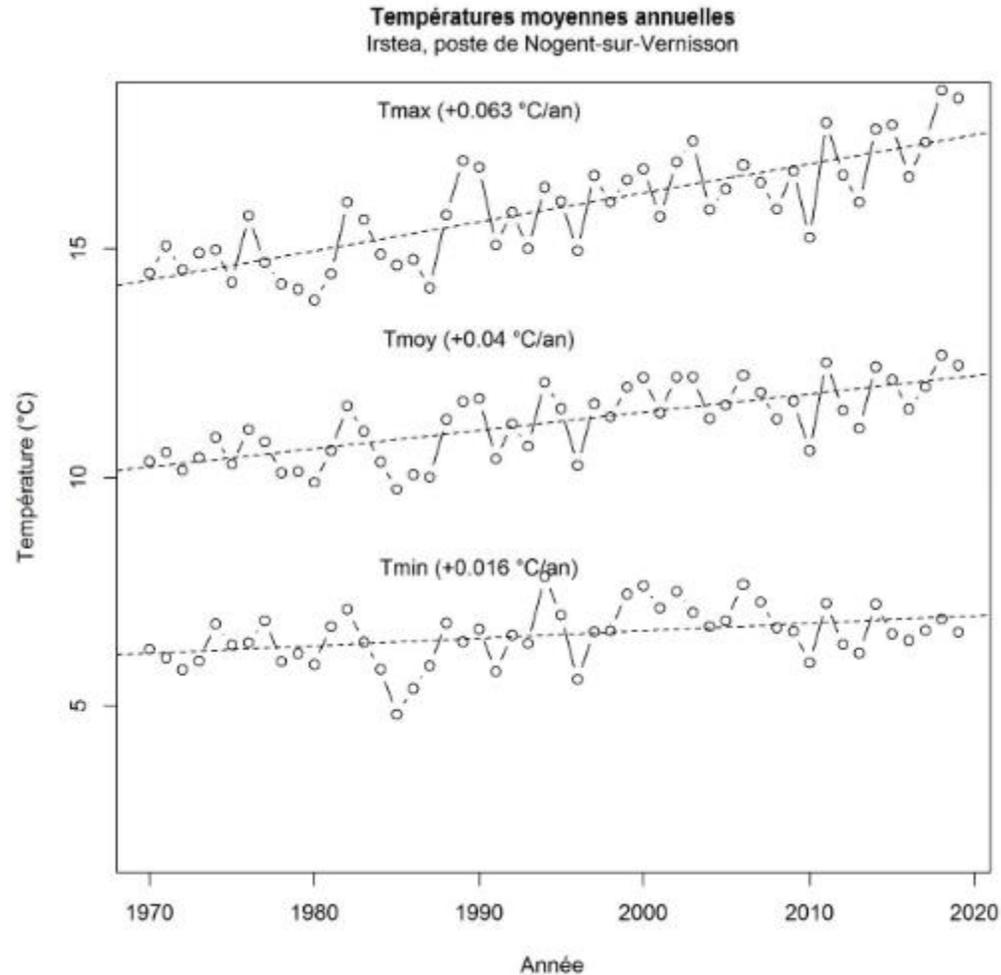
1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE

En 2019



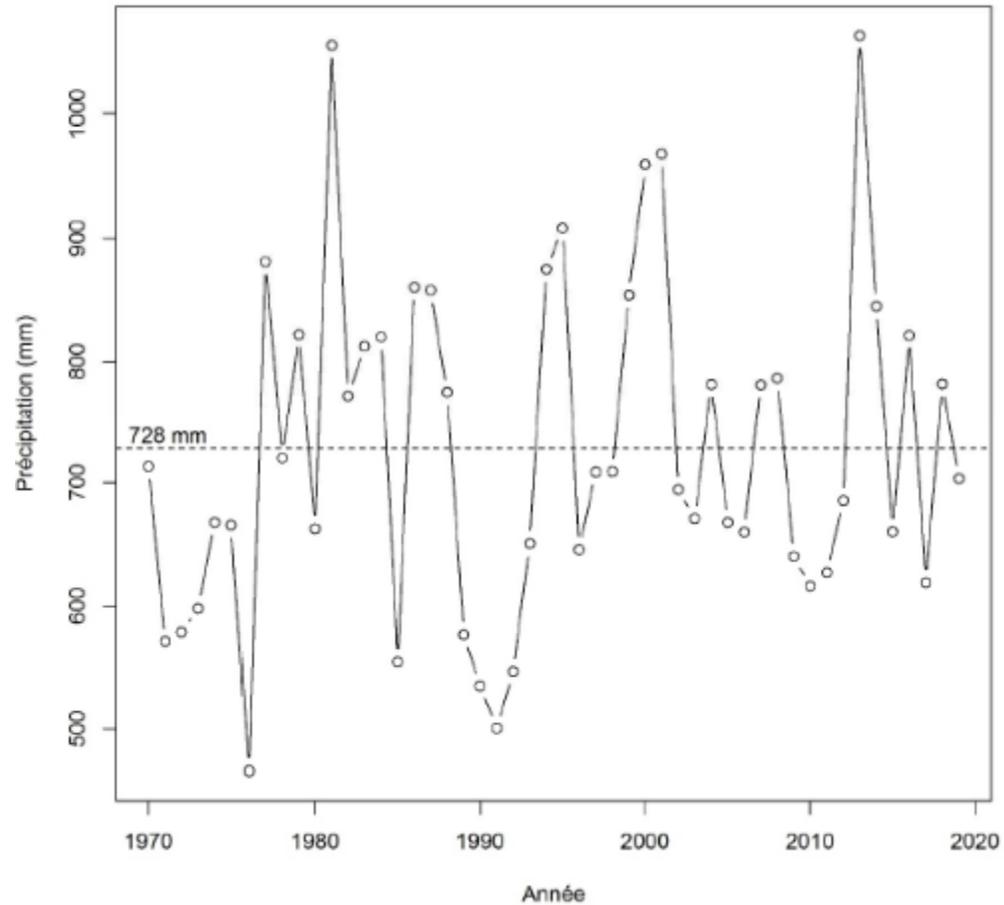
Un bulletin météo futuriste pour alarmer sur les conséquences visibles du changement climatique ... devient presque réalité 5 ans plus tard.

1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE

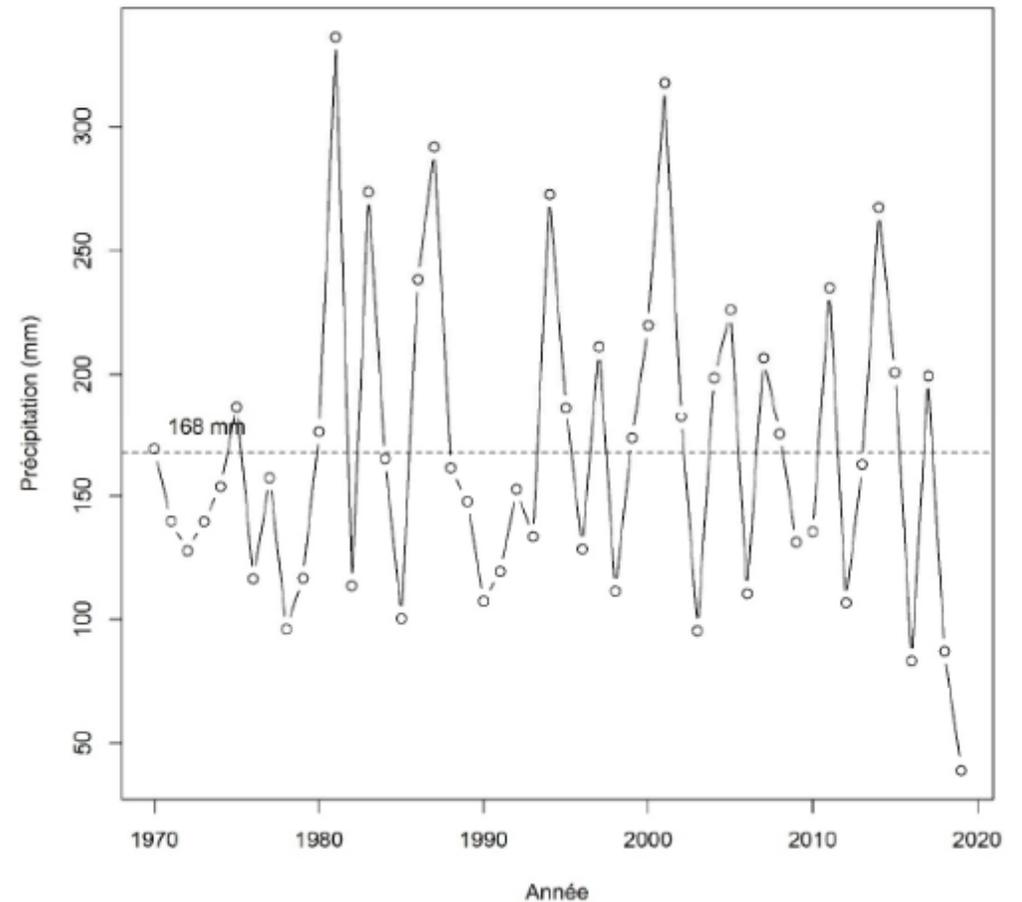


1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE

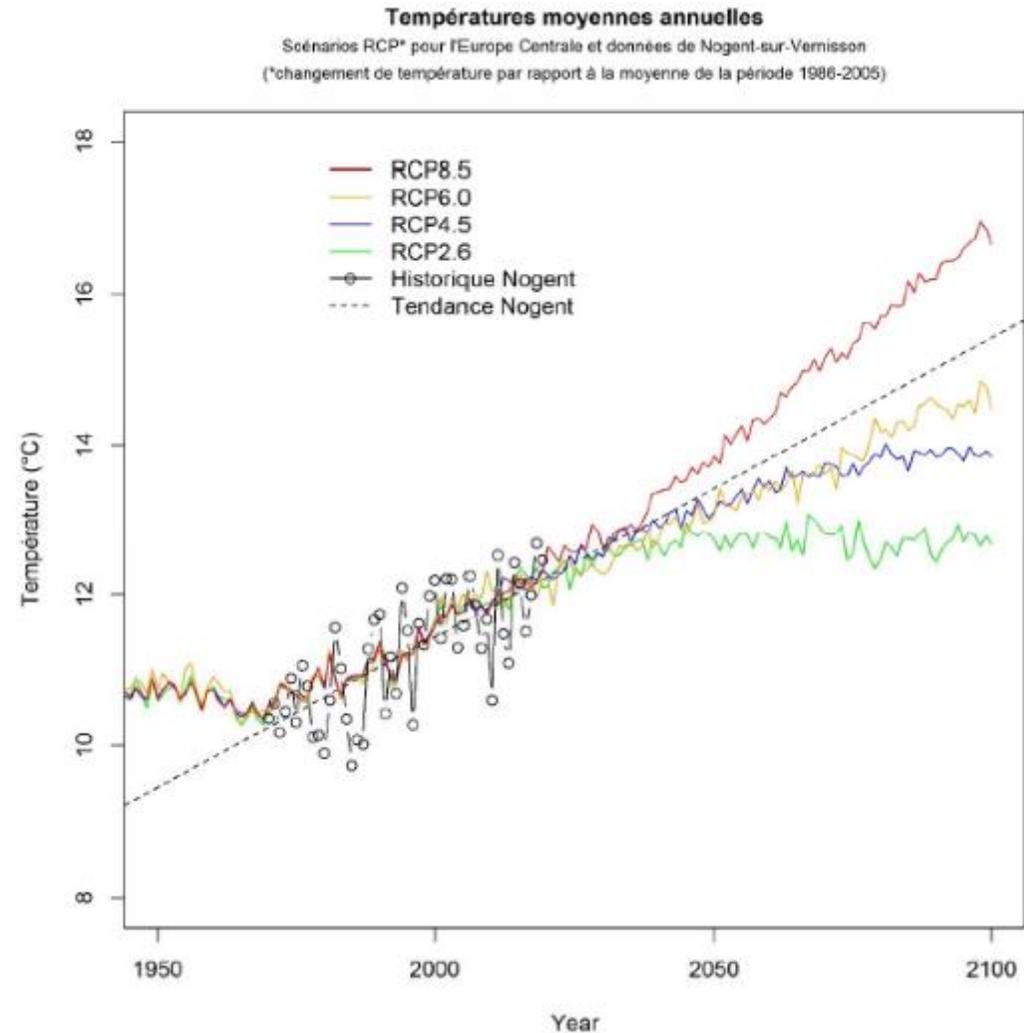
Précipitations sur l'année
Irstea, poste de Nogent-sur-Vernisson



Précipitations d'été
Irstea, poste de Nogent-sur-Vernisson



1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE



1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE

Des changements attendus dans la biogéographie des espèces

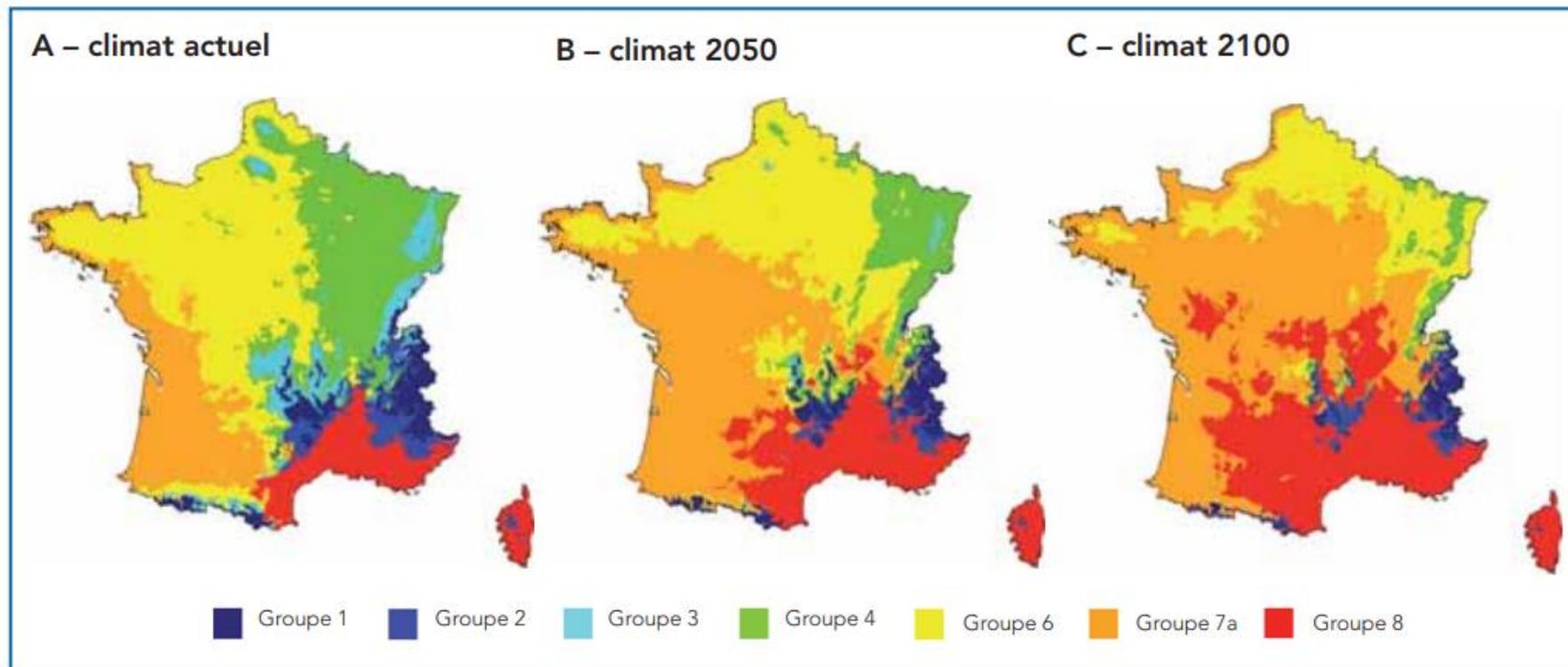
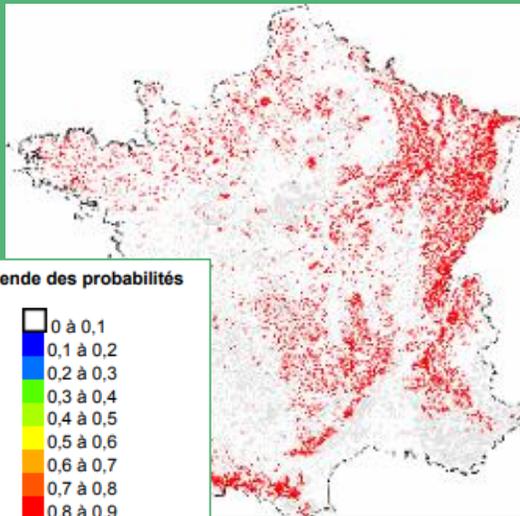


Figure 4 : répartition géographique de sept groupes biogéographiques estimée par analyse discriminante en fonction du climat actuel (A) et extrapolée aux climats futurs (B et C)

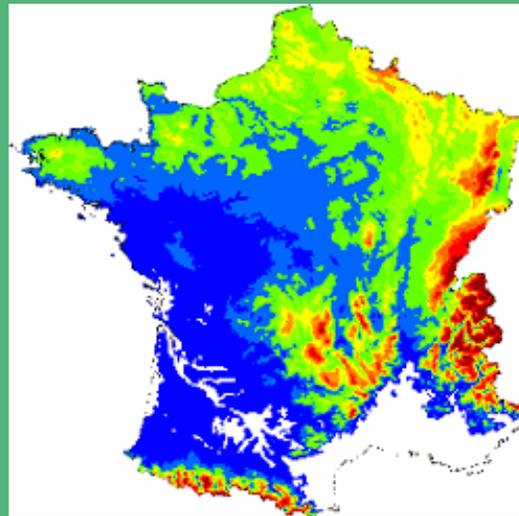
1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE

Des changements attendus dans la biogéographie des espèces – exemple de la répartition du hêtre commun

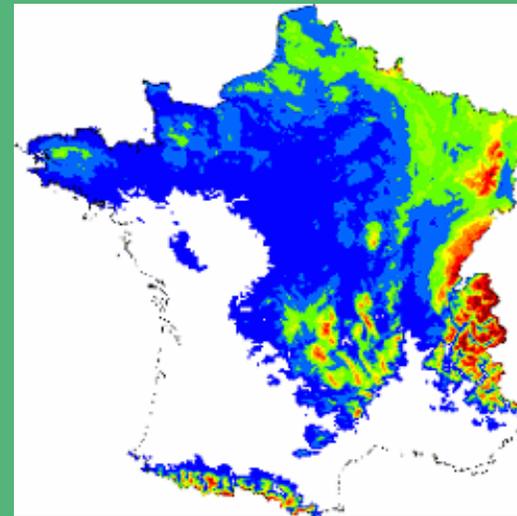
Actuelle



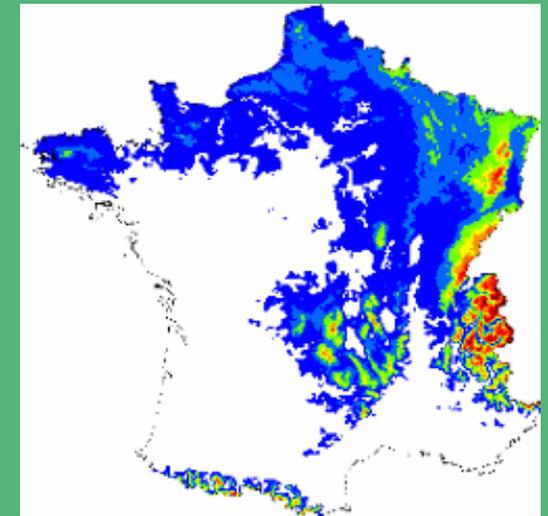
Actuelle modélisé



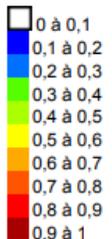
2050



2100

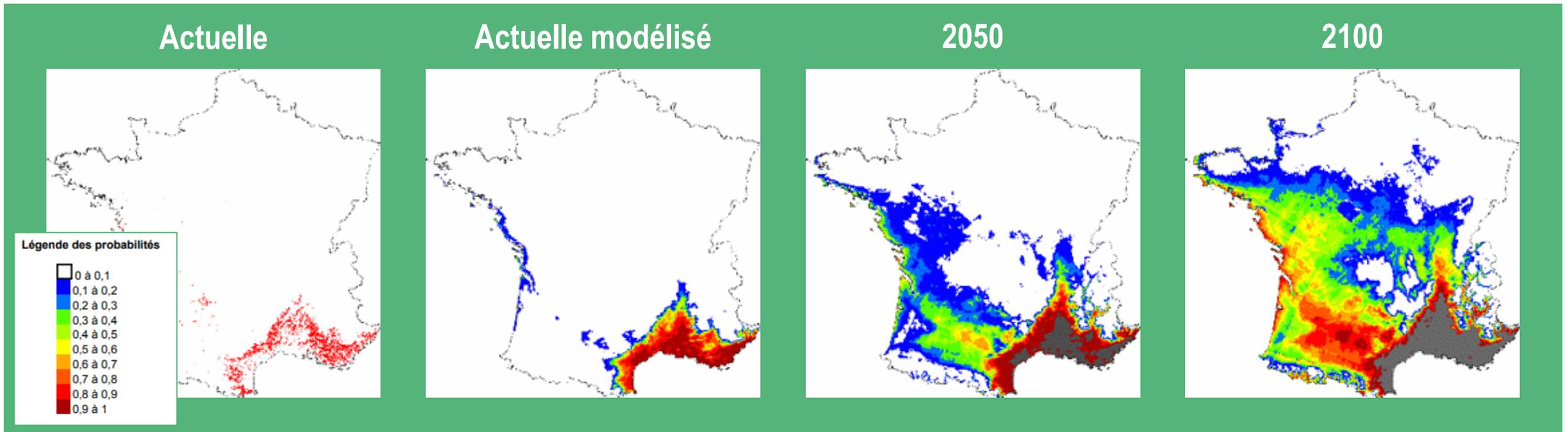


Légende des probabilités



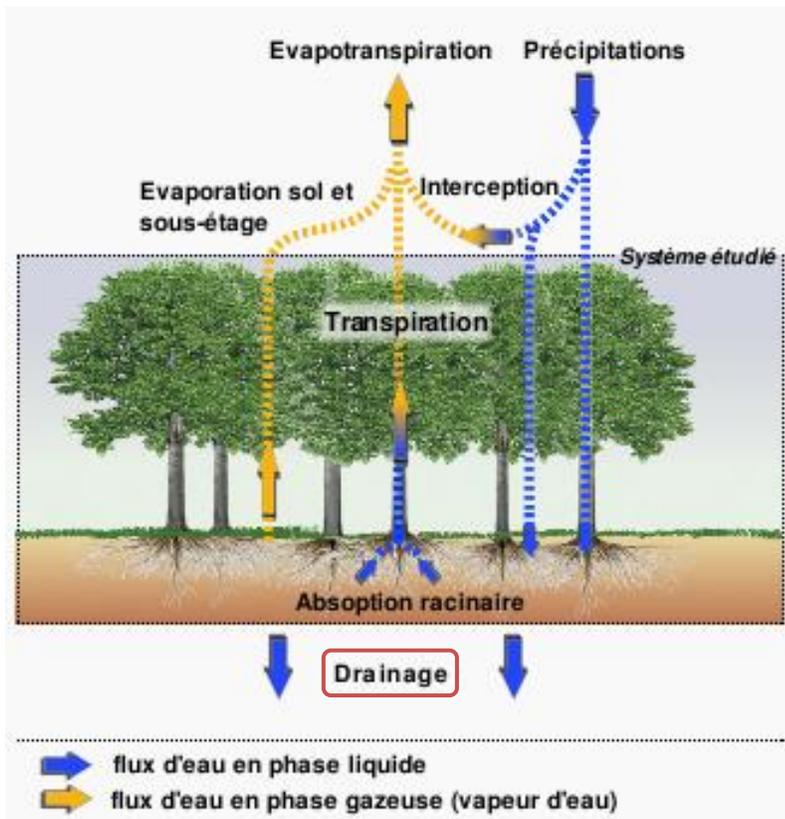
1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE

Des changements attendus dans la biogéographie des espèces – exemple de la répartition du chêne vert



1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – BILAN EN EAU

Des changements attendus dans la biogéographie des espèces – exemple de la répartition du chêne vert

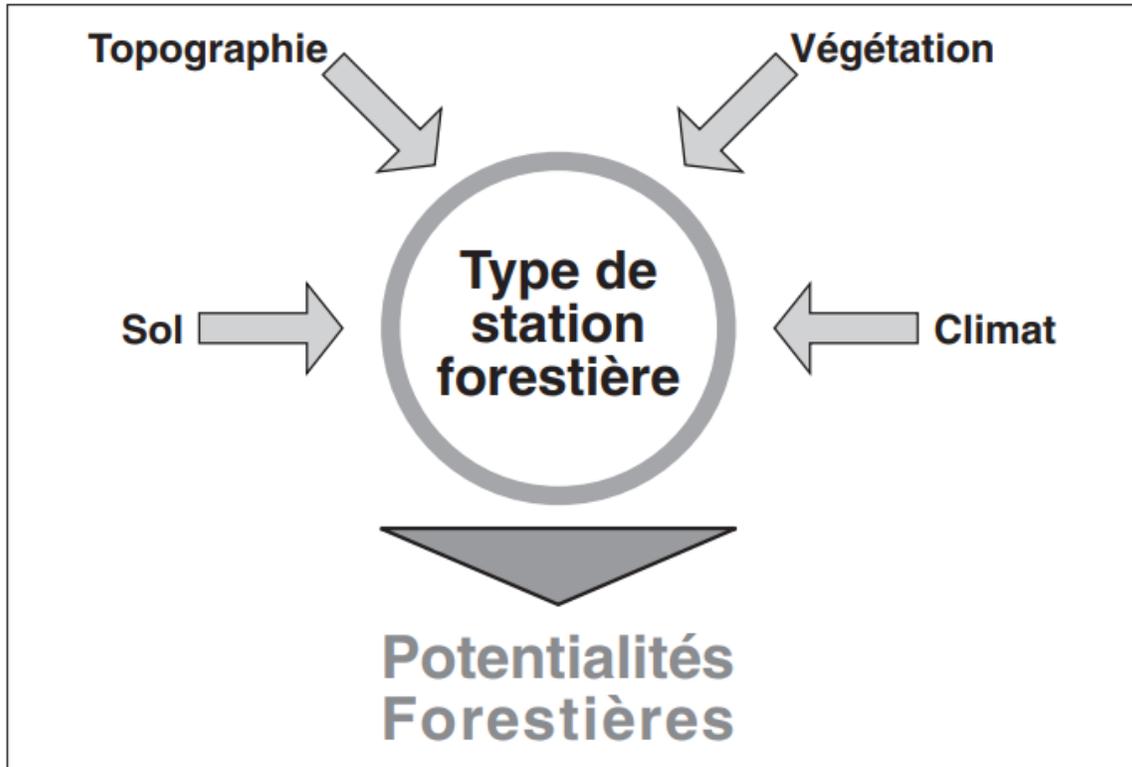


$$ET_0 = \frac{R_n \Delta + \frac{\rho C_p \delta_e}{r_a}}{\lambda(\Delta + \gamma)}$$

ET_0 : évapotranspiration de référence calculée par la relation de Penman [mm/s],
 R_n : rayonnement net [W/m^2],
 Δ : pente de la courbe de pression de vapeur à la température moyenne de l'air [kPa/C°],
 ρ : densité de l'air à pression constante [kg/m^3],
 c_p : capacité thermique de l'air humide [$J/kg/C^\circ$],
 δ_e : différence entre la pression de vapeur saturante e_s [kPa] et la pression de vapeur effective dans l'air e_a [kPa] ($\delta_e = e_s - e_a$),
 r_a : résistance aérodynamique [s/m] (descripteur météorologique traduisant le rôle des turbulences atmosphériques dans le processus d'évaporation),
 λ : chaleur latente de vaporisation de l'eau [J/kg],
 γ : constante psychrométrique [kPa/C°].

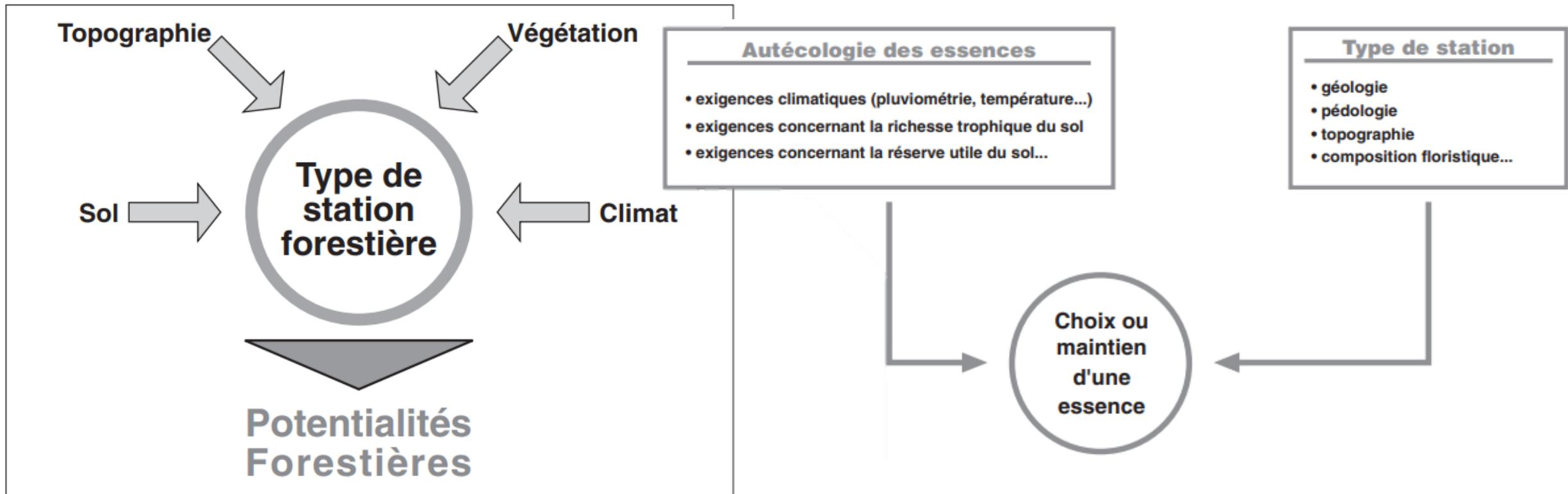
1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – STATION FORESTIÈRE

Définition IGN « une étendue de terrain de superficie variable (quelques mètres carrés à plusieurs dizaines d'hectares), **homogène dans ses conditions physiques et biologiques** : mésoclimat, topographie, géomorphologie, sol, composition floristique et structure de la végétation spontanée »).



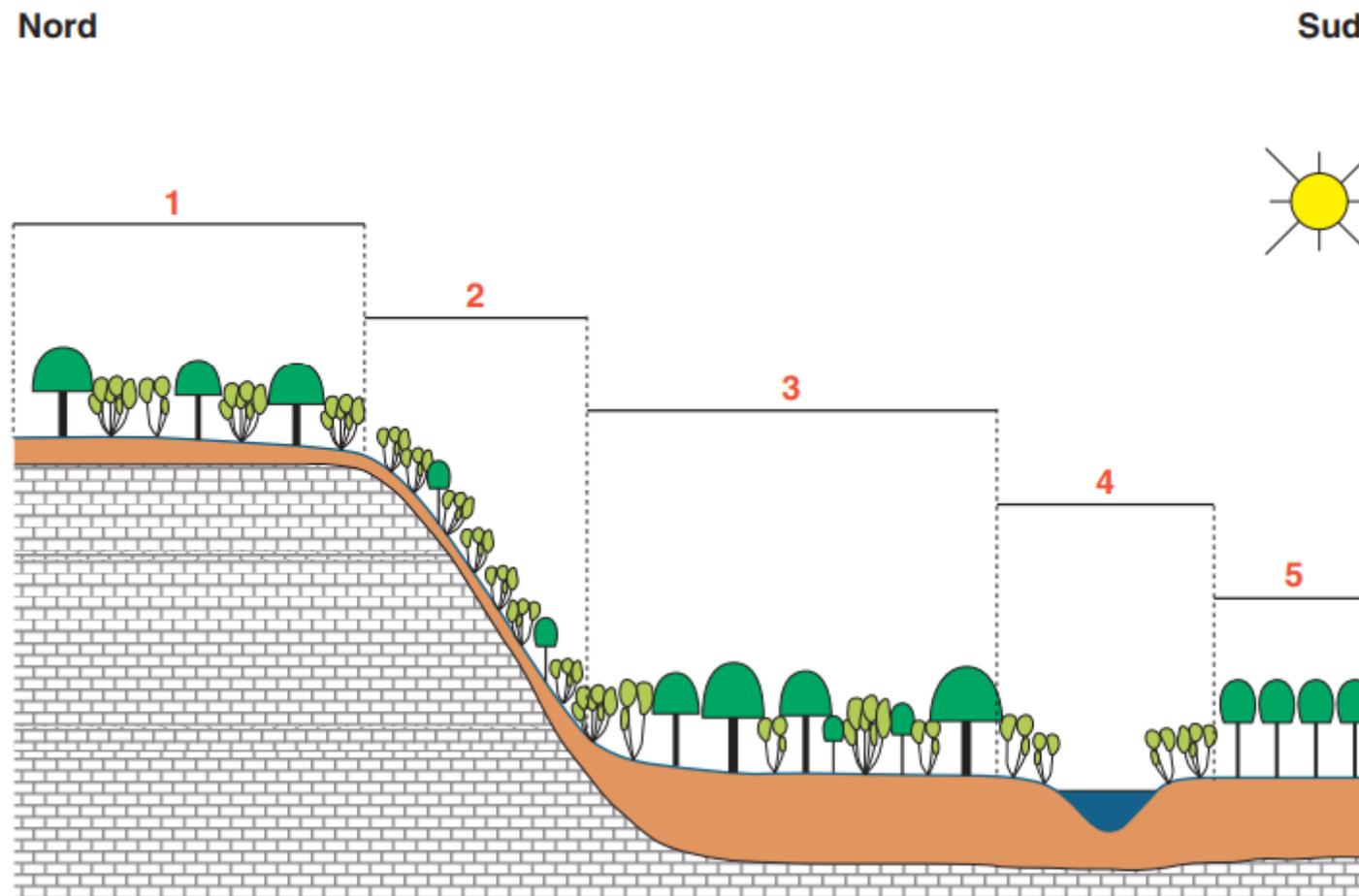
1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – STATION FORESTIÈRE

Définition IGN « une étendue de terrain de superficie variable (quelques mètres carrés à plusieurs dizaines d'hectares), **homogène dans ses conditions physiques et biologiques** : mésoclimat, topographie, géomorphologie, sol, composition floristique et structure de la végétation spontanée »).



1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – STATION FORESTIÈRE

Exemple de ce que peut donner l'analyse des stations sur une zone allant des plateaux calcaires haut-saônois à la vallée de la Saône.



1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – STATION FORESTIÈRE

Exemple de ce que peut donner l'analyse des stations sur une zone allant des plateaux calcaires haut-saônois à la vallée de la Saône.

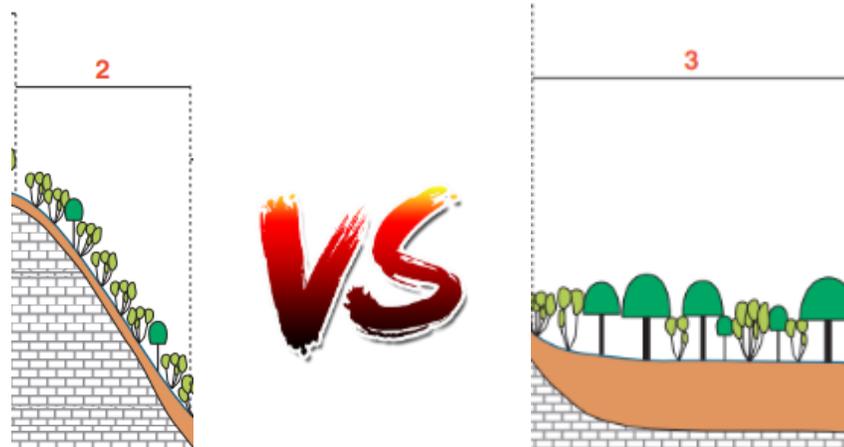
Type de station	1	2	3	4	5
Géologie	Limons à chailles sur terra fusca couvrant une dalle calcaire	Eboulis sur calcaires purs du Bathonien	Alluvions récentes à texture fine (limons argileux)	Alluvions récentes sur argiles limoneuses	Alluvions récentes à texture fine (limons argilo-sableux)
Pédologie	Sol brun légèrement lessivé	Sol brun calcique	Pseudogley	Gley	Gley oxydé
Humus	Mull mésotrophe	Mull calcique	Mull eutrophe	Hydromull	Hydromull eutrophe
Topographie	Plateau	Versant	Plaine	Plaine	Plaine
Exposition	-	Sud	-	-	-
Groupes écologiques discriminants	Neutronitroclines Neuroclines Acidiclines	Calcaricoles Calcicoles	Mésohygrophiles Neutronitrophiles hygroclines Neutronitrophiles	Hygrophiles acidoclines ou acidiphiles Mésohygrophiles	Mésohygrophiles Neutronitrophiles hygroclines Neutronitrophiles
Essences	Chêne, Hêtre, Merisier, Alisier torminal, Charme, Tilleul	Chênes sessile et pubescent, Charme, Tilleul, Alisier blanc, Erable champêtre	Chêne pédonculé, Frêne, Orme, Merisier, Erable sycomore	Aulne glutineux, Saule à oreillettes	Peuplier (interaméricain)
Type de peuplement	Taillis avec réserves assez pauvre, régularisé BM	Taillis simple	Taillis avec réserves très riche, régularisé BM/GB	Taillis simple	Peupleraie
Hauteur dominante	29 m	15 m	35 m	19 m	25 m

1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – STATION FORESTIÈRE

Et en terme de gestion ?

Au moment de la rédaction du document de gestion, l'identification des différentes stations est capitales :

- Le choix des objectifs de gestion



- Le choix de l'essence objectif (ou à introduire dans le peuplement)
- Rotation des coupes, etc.
- Mais attention → changement climatique en cours ...

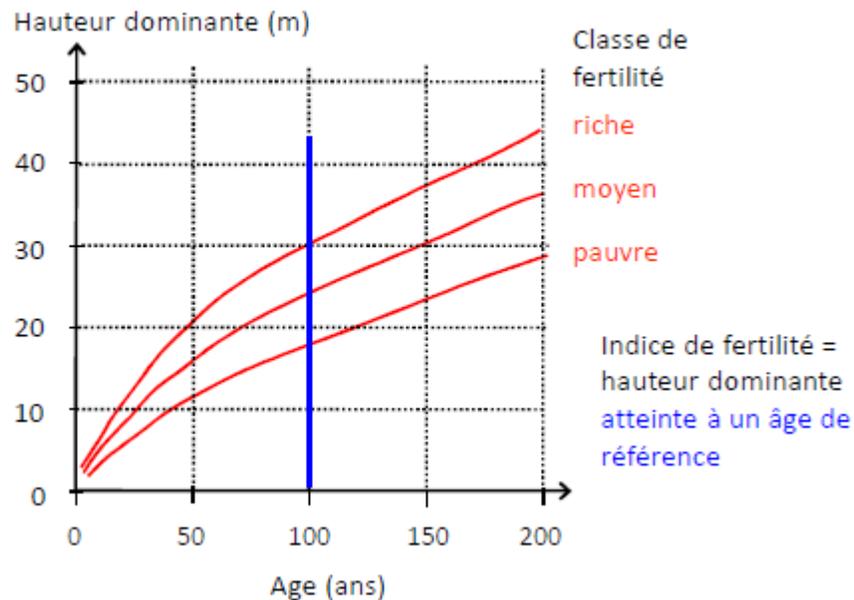
1. ÉLÉMENTS DE BIOGÉOGRAPHIE – STATION FORESTIÈRE



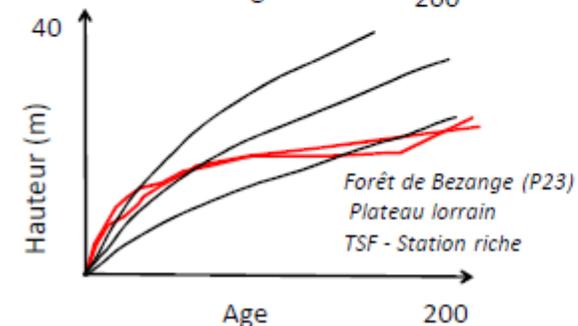
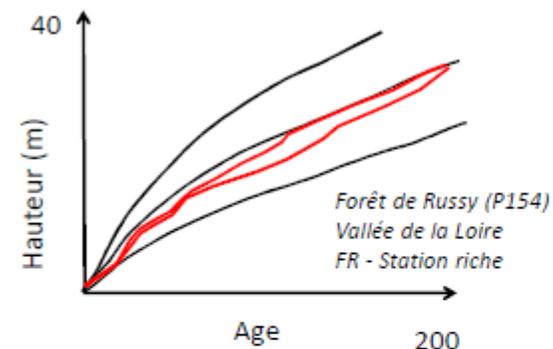
Et en terme de gestion ?

Méthode de détermination de la fertilité d'une station à partir d'un peuplement en place : le couple âge – hauteur dominante

Exemple : faisceau de courbes de référence établi pour les futaies régulières de chêne sessile en France (Duplat et Tran-ha 1997)



Les limites à ce modèle



En trait noir : faisceaux de courbe H_0 /âge établi pour les futaies de chênes (Duplat et Tran-ha 1997)

En trait rouge : courbes reconstituées pour 2 couples d'arbre (Hautot et Dhôte 1997)

→ Croissance régulière en FR

→ Histoire plus complexe du TSF : forte croissance initiale (rejet de souche ?) puis stagnation pendant 100 ans, puis redémarrage

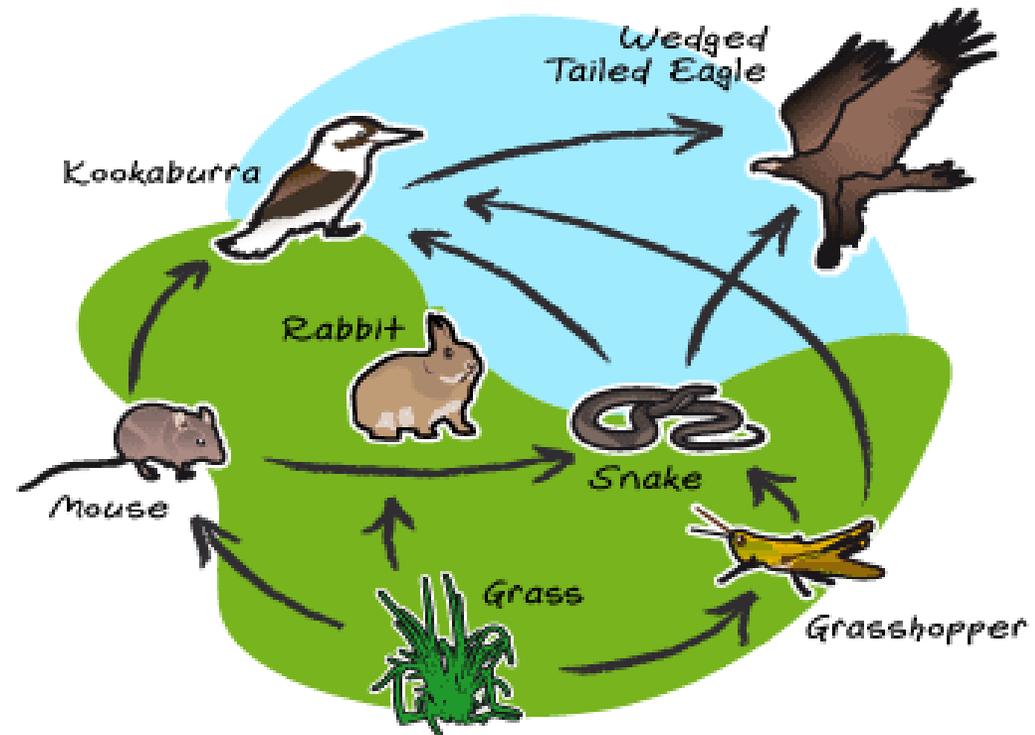
2. INTERACTIONS ENTRE ESPÈCES – SYNÉCOLOGIE

Successions végétales

Relations biotiques

Compétition

Facilitation

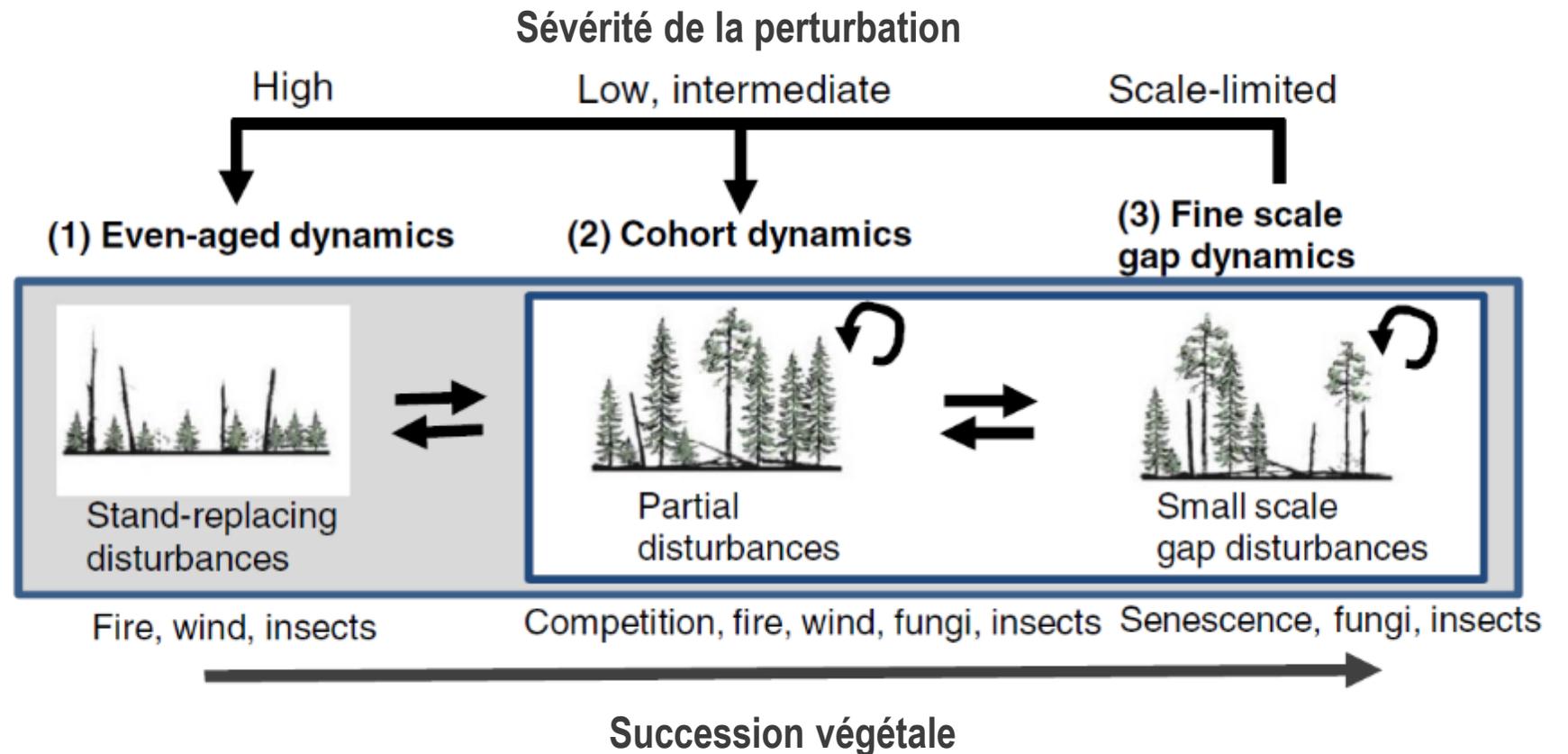


2. SYNÉCOLOGIE – SUCCESSIONS VÉGÉTALES

La forêt est en mouvance permanente et répond à une logique dynamique dans le temps et l'espace (aussi « succession écologique »)

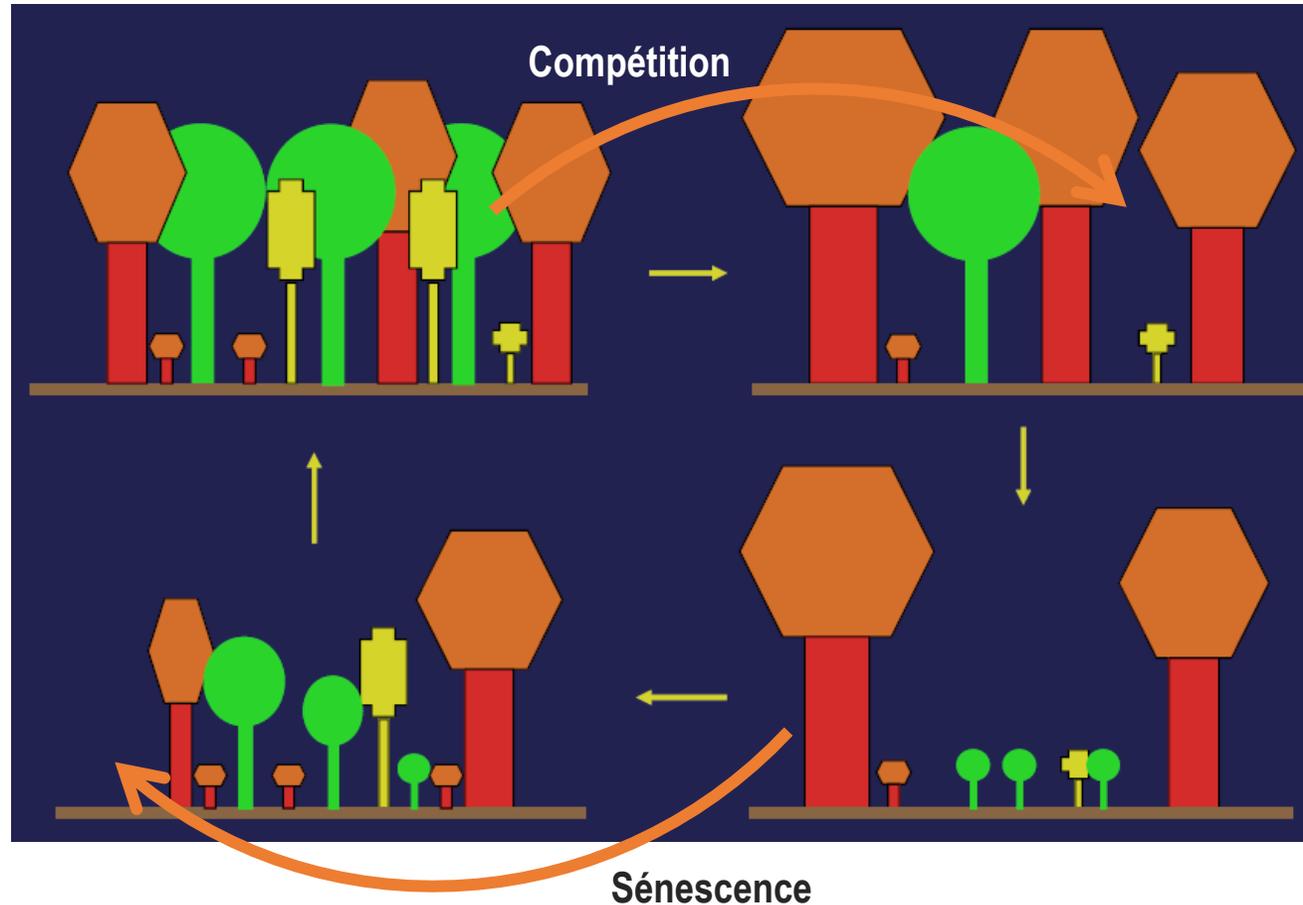
Sa dynamique est régit par

- Des processus internes : croissance des arbres, mortalité, concurrence intra- et interspécifique;
- Des processus externes : perturbations naturelles (feu, tempêtes, ravageurs, pathogènes, etc.) et anthropique.



2. SYNÉCOLOGIE – PROCESSUS INTERNES (COMPÉTITION – SÉNESCENCE)

En processus interne, nous pouvons compter la compétition-concurrence et le processus de sénescence.

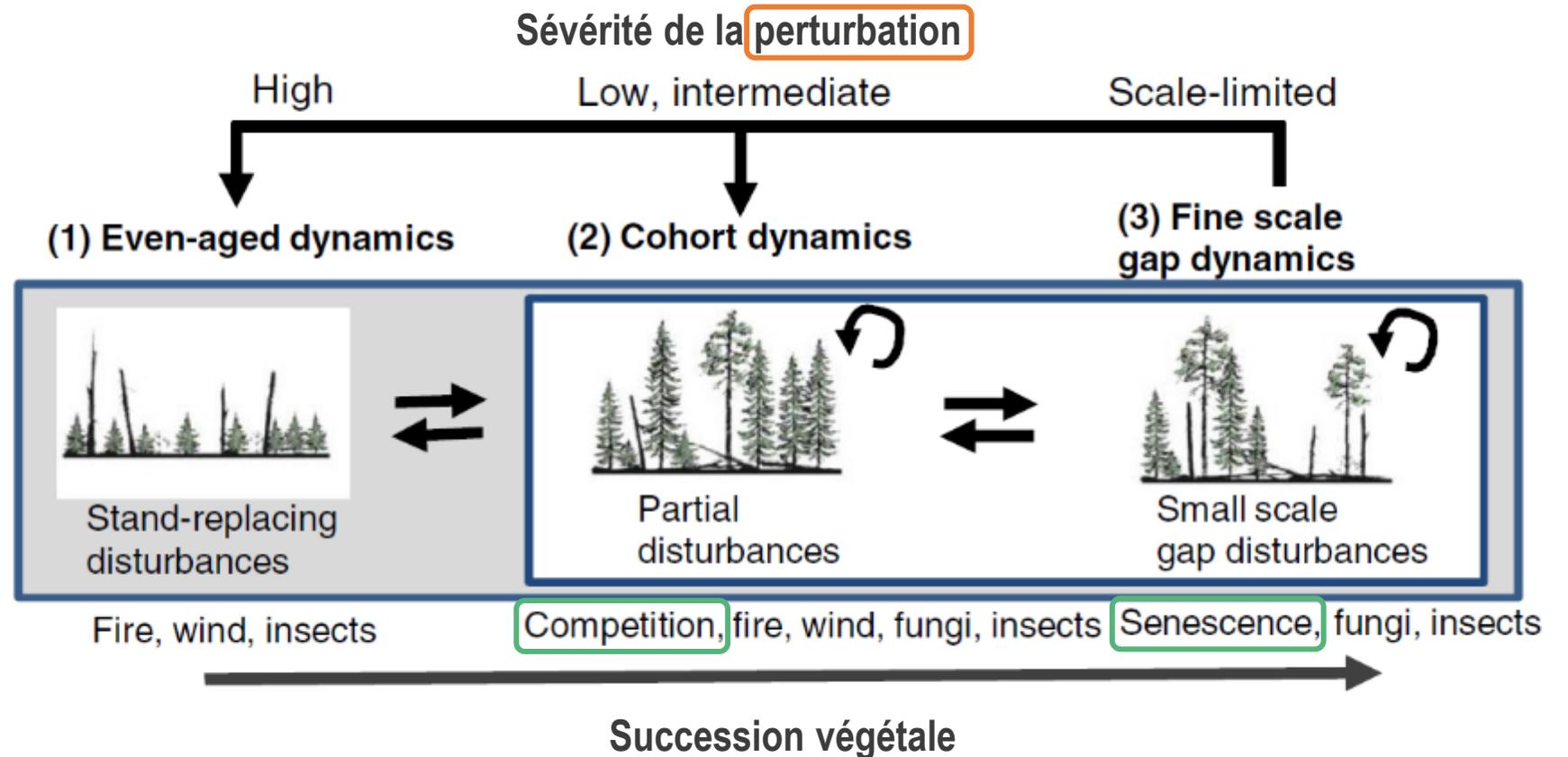


2. SYNÉCOLOGIE – PROCESSUS EXTERNES (PERTURBATIONS)

La forêt est en mouvance permanente et répond à une logique dynamique dans le temps et l'espace (aussi « succession écologique »)

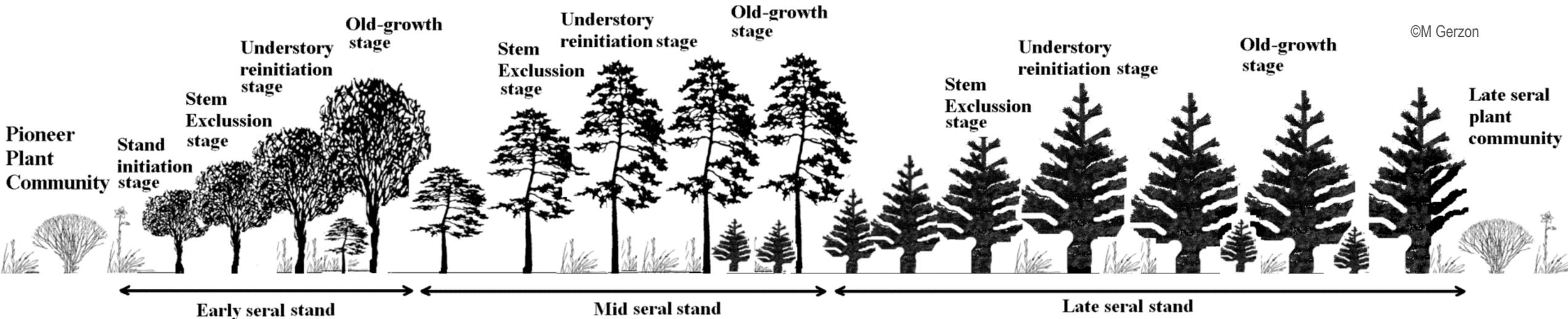
Sa dynamique est régit par

- Des processus internes: croissance des arbres, mortalité, concurrence intra- et interspécifique;
- Des processus externes: perturbations naturelles (feu, tempêtes, ravageurs, pathogènes, etc.) et anthropique.



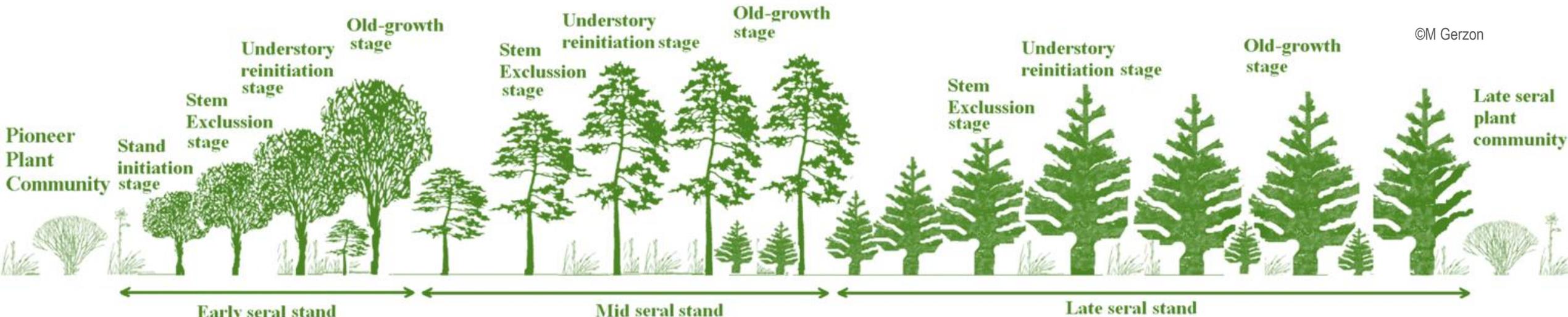
2. SYNÉCOLOGIE – SUCCESSIONS VÉGÉTALES

Pour la seule succession végétale, sans influence des perturbations



2. SYNÉCOLOGIE – SUCCESSIONS VÉGÉTALES (GROUPES FONCTIONNELS)

Et chacun de ces stades est associé à des groupes fonctionnels particuliers d'espèces



©M Gerzon

1^{ers} stades : espèces **pionnières**
Courte durée de vie, héliophiles, forte production de graines.
 Exemple : bouleau, tremble, saules, aulnes, cytise, etc.

2^{emes} stades : espèces **post-pionnières**
Plus longévives, plus ou moins héliophiles.
 Exemple : érables, frêne, ormes, tilleul, chênes, merisier, sorbiers, pins, mélèze, etc.

3^{emes} stades : espèces **dryades**
Grande longévité, sciaphiles, caractéristiques de la phase de maturité.
 Exemple : sapin, épicéa, hêtre, etc.

Tout stade : espèces **nomades**

Opportunistes post-pionnières voire dryades capables de s'installer directement avec ou à la place des espèces pionnières.

Exemple : frêne, érables, merisier, sorbiers, chênes, pins, mélèze, épicéa, etc.

2. SYNÉCOLOGIE – SUCCESSIONS VÉGÉTALES (GROUPES FONCTIONNELS)

Genres	Betula, Salix, Pinus	Abies, Fagus
Maturité sexuelle	Précoce	Tardive
Reproduction	Abondante	Plus faible
Dissémination des graines	Longue (anémochorie)	Plus faible
Reconstitution après perturbations	Aisée	Plus difficile (selon sévérité de la perturbation)
Besoin en eau et nutriments	Faible	Fort
Besoin en lumière (jeune)	Fort	Faible
Croissance	Rapide	Lente (capacité à conserver des semis en dormance « syndrome d'Oskar »)
Durée de vie	Faible	Forte

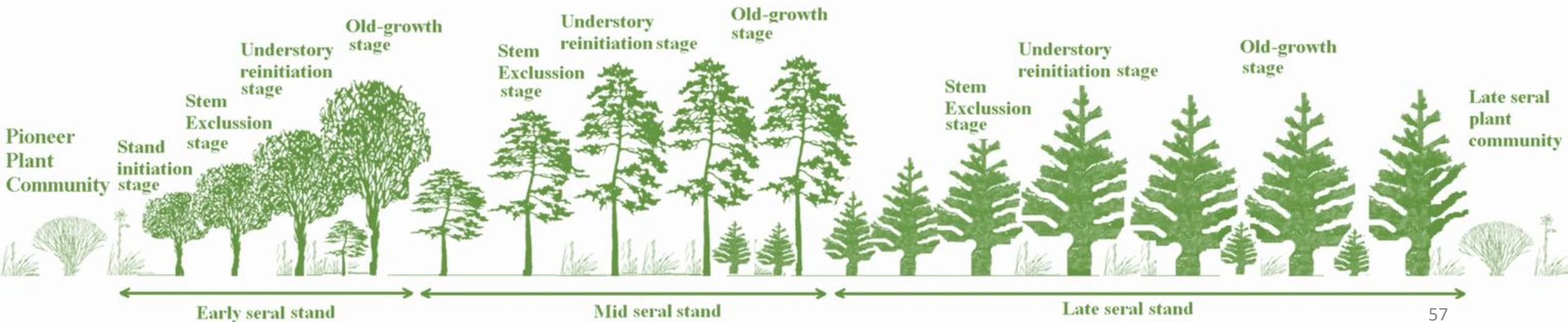
2. SYNÉCOLOGIE – SUCCESSIONS VÉGÉTALES



Et en terme de gestion ?

On évitera de chercher à régénérer une espèce dryade comme on régénère une espèce pionnière (ou on risque les mauvaises surprises → blocage de régénération par exemple).

Par contre, on peut s'appuyer sur ces dynamiques pour implanter certaines essences de production (sous le couvert d'espèces pionnières à faible interception de lumière tel que les bouleaux).



2. SYNÉCOLOGIE – LES GRANDS MODÈLES DE DYNAMIQUE

(Connell & Slatyer, 1977)

1. Le modèle de facilitation
2. Le modèle d'inhibition
3. Le modèle de tolérance

Modèles non exclusifs

Ce ne sont pas des scénarios figés → il existe des cas intermédiaires

2. LES GRANDS MODÈLES DE DYNAMIQUE – FACILITATION

Suite à une perturbation, on revient à des stades précoces de l'écosystème



Colonisation du milieu par des espèces pionnières



Ces premières espèces modifient le milieu, le rendant moins favorable à leur propre régénération mais plus favorable à l'installation d'espèces plus tardives



Les espèces de fin de succession se développent alors que les espèces de début de succession disparaissent



La succession continue jusqu'à ce que l'espèce résidente ne facilite plus l'installation d'autres espèces



À ce stade, la colonisation par de nouvelles espèce ne peut se produire que si un individu des espèces en place est endommagé ou meurt, libérant de l'espace et des ressources

2. LES GRANDS MODÈLES DE DYNAMIQUE – FACILITATION

Exemple :
succession
callune –
pin sylvestre –
hêtre



Lande : végétation à base de callune et de genêt

Colonisation par le pin à partir de semenciers existants

Jeune peuplement de pin. Forte compétition entre les arbres

Peuplement âgé. Installation de semis de hêtre en sous-étage

Hêtraie en mélange avec quelques pins

2. LES GRANDS MODÈLES DE DYNAMIQUE - INHIBITION

Suite à une perturbation, on revient à des stades précoces de l'écosystème



Colonisation du milieu par toute espèce capable de survivre en tant qu'adulte



Ces premières espèces modifient le milieu qui devient défavorable à l'installation de toutes autres espèces, qu'elles soient pionnière ou de fin de succession



Tant que les espèces qui ont colonisées l'espace persistent, toute possibilité de colonisation par de nouvelles espèces est exclue



À ce stade, la colonisation par de nouvelles espèce ne peut se produire que si un individu des espèces en place est endommagé ou meurt, libérant de l'espace et des ressources

2. LES GRANDS MODÈLES DE DYNAMIQUE - INHIBITION

Exemple :
succession avec
le genêt à balais

Le genêt doit
mourir pour qu'il y
ait colonisation
par les arbres



2. LES GRANDS MODÈLES DE DYNAMIQUE - TOLÉRANCE

Suite à une perturbation, on revient à des stades précoces de l'écosystème



Colonisation du milieu par toute espèce capable de survivre en tant qu'adulte



Ces premières espèces modifient le milieu qui devient défavorable à l'installation d'espèces pionnières sans avoir d'effet (ou faible) sur les espèces de fin de succession



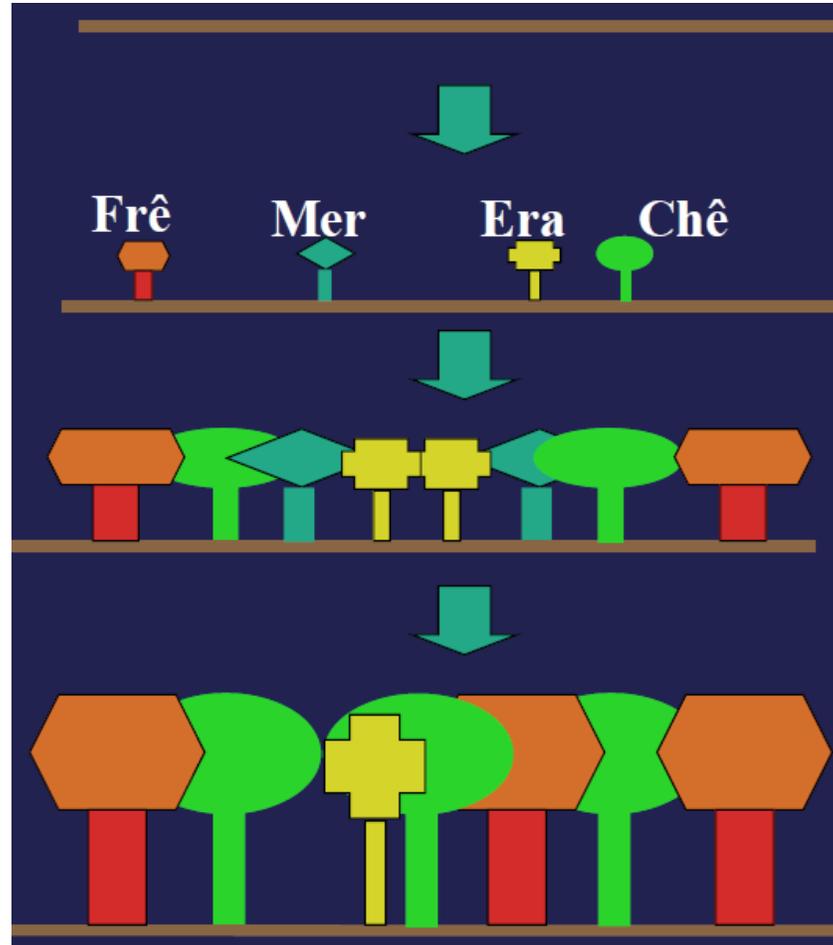
Les espèces de fin de succession se développent avec les espèces initialement présentes qui disparaissent avec le temps



À ce stade, la colonisation par de nouvelles espèce ne peut se produire que si un individu des espèces en place est endommagé ou meurt, libérant de l'espace et des ressources

2. LES GRANDS MODÈLES DE DYNAMIQUE - TOLÉRANCE

Exemple :
accrus dans
la région
Centre



Terre agricole abandonnée

Installation d'essences diverses

Développement d'un peuplement mélangé

Élimination progressive de certaines espèces

2. SYNÉCOLOGIE – LES GRANDS MODÈLES DE DYNAMIQUE

Il existe d'autres modèles de dynamique de la végétation :

- Le modèle des héritages biologiques → hypothèse : une perturbation n'efface pas toute trace de vie du milieu touché, les éléments restants de la perturbations (i.e. organismes vivants + structures = les « héritages ») participent à la résilience du milieu (e.g. le bois mort).

2. SYNÉCOLOGIE – LES GRANDS MODÈLES DE DYNAMIQUE



Et en terme de gestion ?

On pourra s'appuyer sur la présence d'essences pionnières pour l'installation d'essences se développant plus tardivement dans la succession.

Risque de **blocage de régénération** par les **espèces inhibitrices** (on cite le genêt, mais nous pouvons aussi considérer comme telle la molinie ou la fougère aigle).

Possibilité de développement d'un **mélange d'essence** dans le cadre de la **facilitation** (e.g. espèces pionnières et de fin de succession) et de la **tolérance** (e.g. espèces nomades et de fin de succession)

Prise en compte des **héritages biologiques** dans les processus de régénération : **certains héritages biologiques participent au retour rapide de l'état boisé** tout en étant des support à biodiversité (e.g. bois mort sur lequel l'épicéa se développent en priorité et derrière lequel le pin sylvestre se protège des sécheresses).

3. INFLUENCE DES SUCCESSIONS VÉGÉTALES, EXEMPLE DE LA FRANCE

Cartogramme issu des 97 000 points de la campagne 2019
interprétés à partir de photographies aériennes

- ◆ Forêt fermée
- ◆ Forêt ouverte ou bosquet
- ◆ Peupleraie
- ◆ Lande
- ◆ Autre végétation
- ◆ Sans végétation
- ◆ Eau continentale

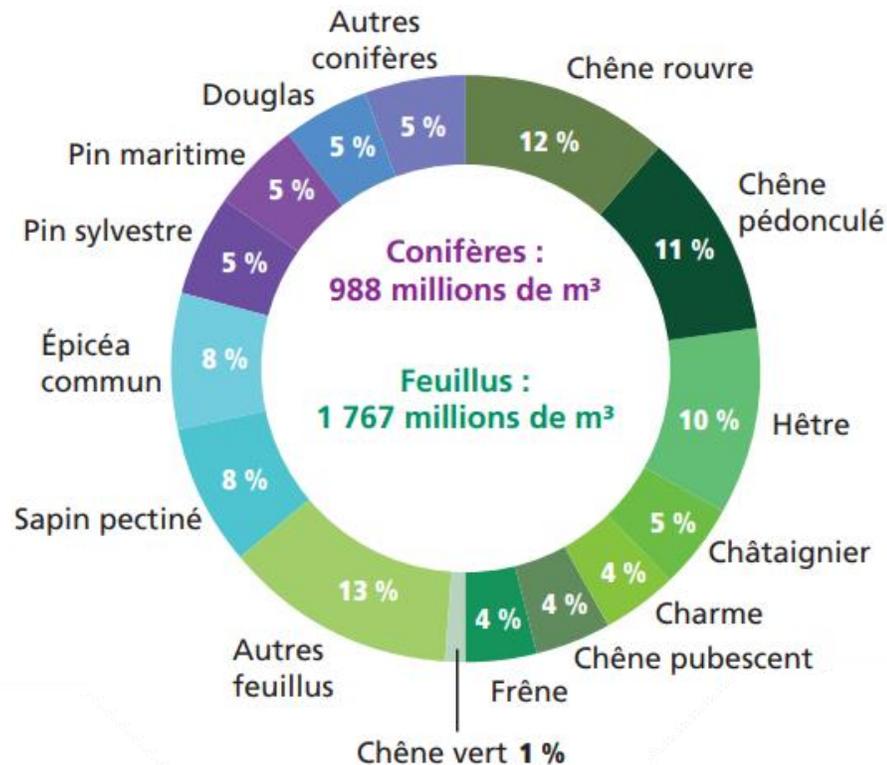


La forêt française métropolitaine présente la plus grande biodiversité des forêts européennes. Elle compte **126 espèces d'arbre** et renferme **27 des 50 types d'écosystèmes forestiers** recensés au niveau européen par les scientifiques.

Avec une moyenne de **173 m³ de bois sur pied par hectare**, la France se situe au niveau de la moyenne européenne (169 m³/ha). La récolte annuelle s'établit à environ 47 millions de m³ dont 35 sont commercialisés.

3. INFLUENCE DES SUCCESSIONS VÉGÉTALES, EXEMPLE DE LA FRANCE

Répartition du volume de bois vivant sur pied par essence



La forêt française métropolitaine → 2,8 milliard de m³ de bois vivant sur pied.

Les **essences feuillues** représentent **64%** du volume total :

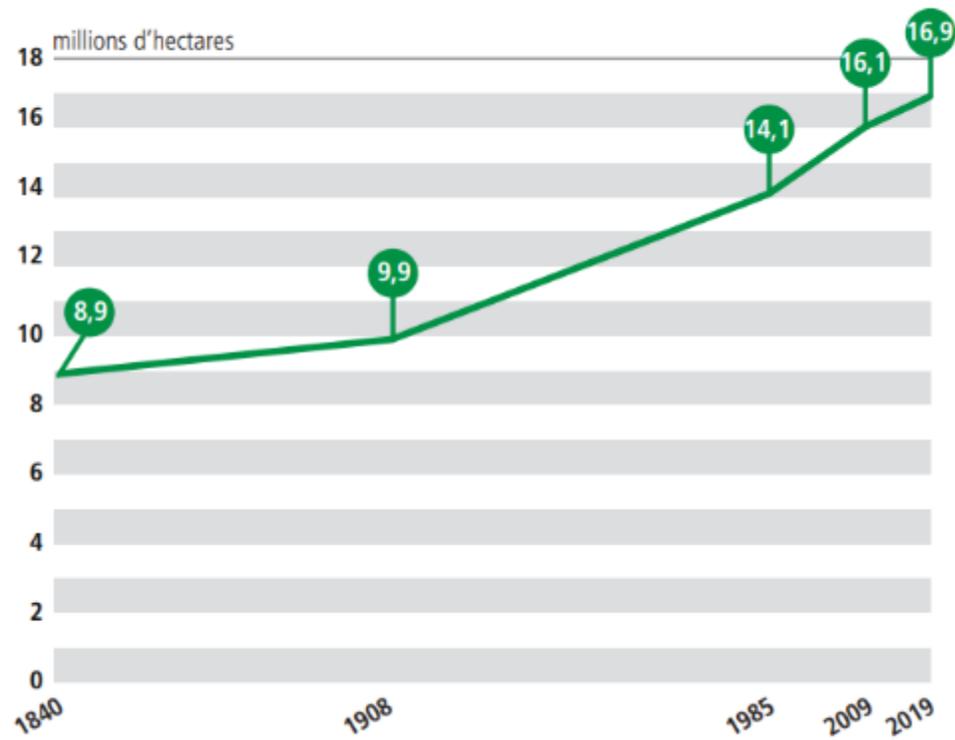
- **Chênes** are n°1 = **44%** du volume des feuillus.

Les **essences conifères** représentent **36%** du volume total :

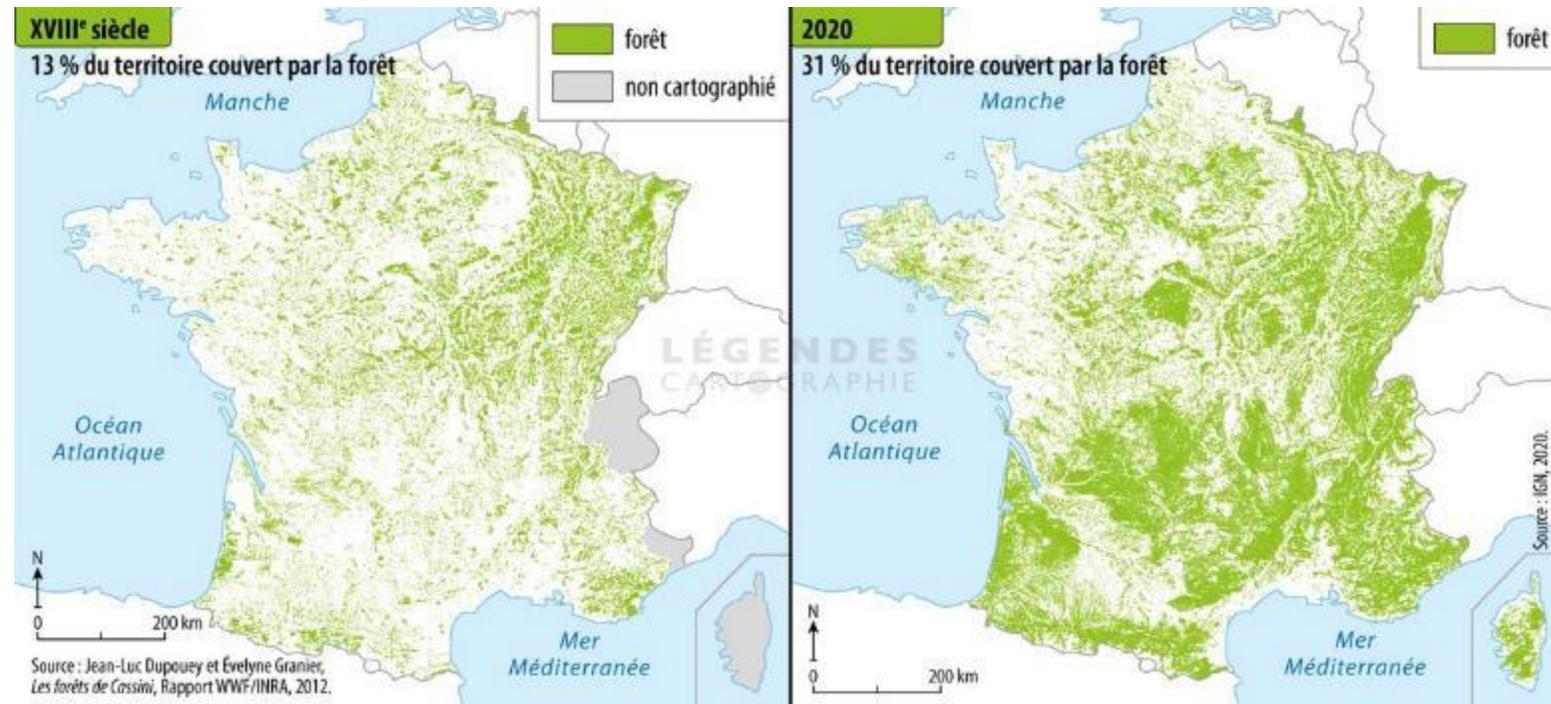
- **Epicéa commun et sapin pectiné** en constituent à eux deux **42%** du volume de conifères.

3. INFLUENCE DES SUCCESSIONS VÉGÉTALES, EXEMPLE DE LA FRANCE

Évolution de la surface forestière depuis la moitié du XIX^e siècle

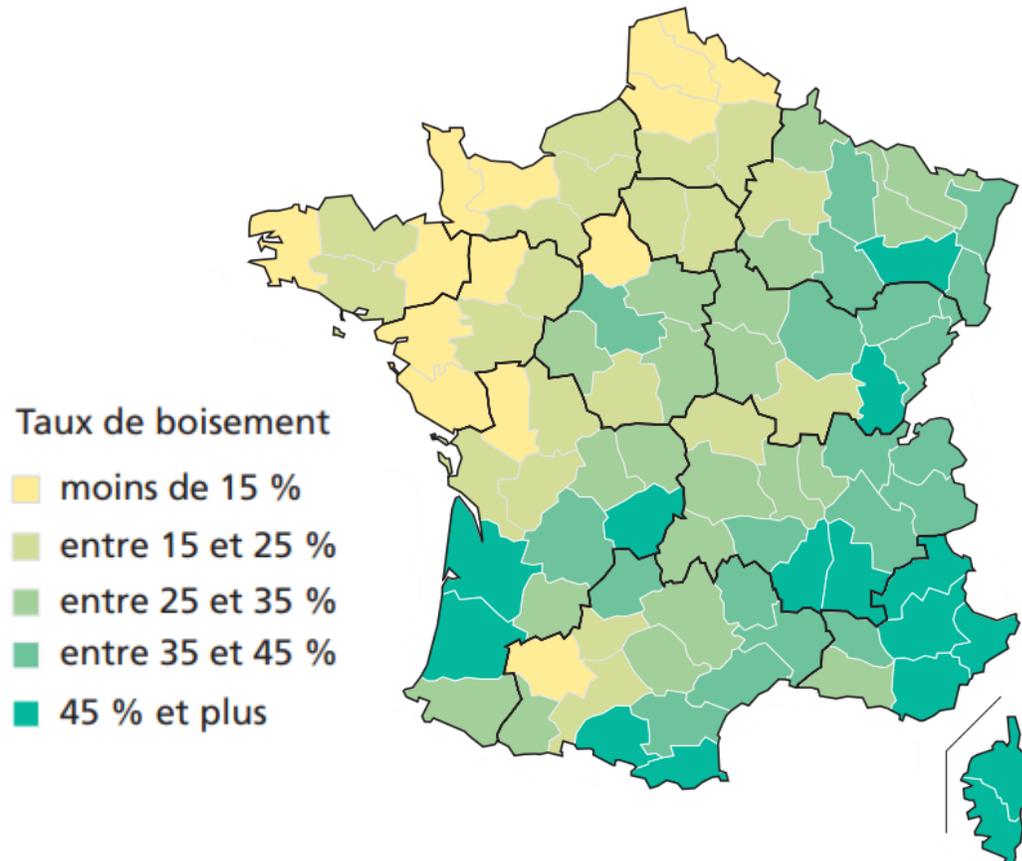


La surface forestière a doublé au XX^{ème} siècle. Au moment de la révolution française, pratiquement tout l'espace était utilisé pour l'agriculture.



3. INFLUENCE DES SUCCESSIONS VÉGÉTALES, EXEMPLE DE LA FRANCE

Taux de boisement des départements



Sa **surface** s'est accrue d'un tiers depuis 1950 et elle a doublé depuis deux siècles.

La **forêt** s'accroît ainsi chaque année de **30 000 hectares**.

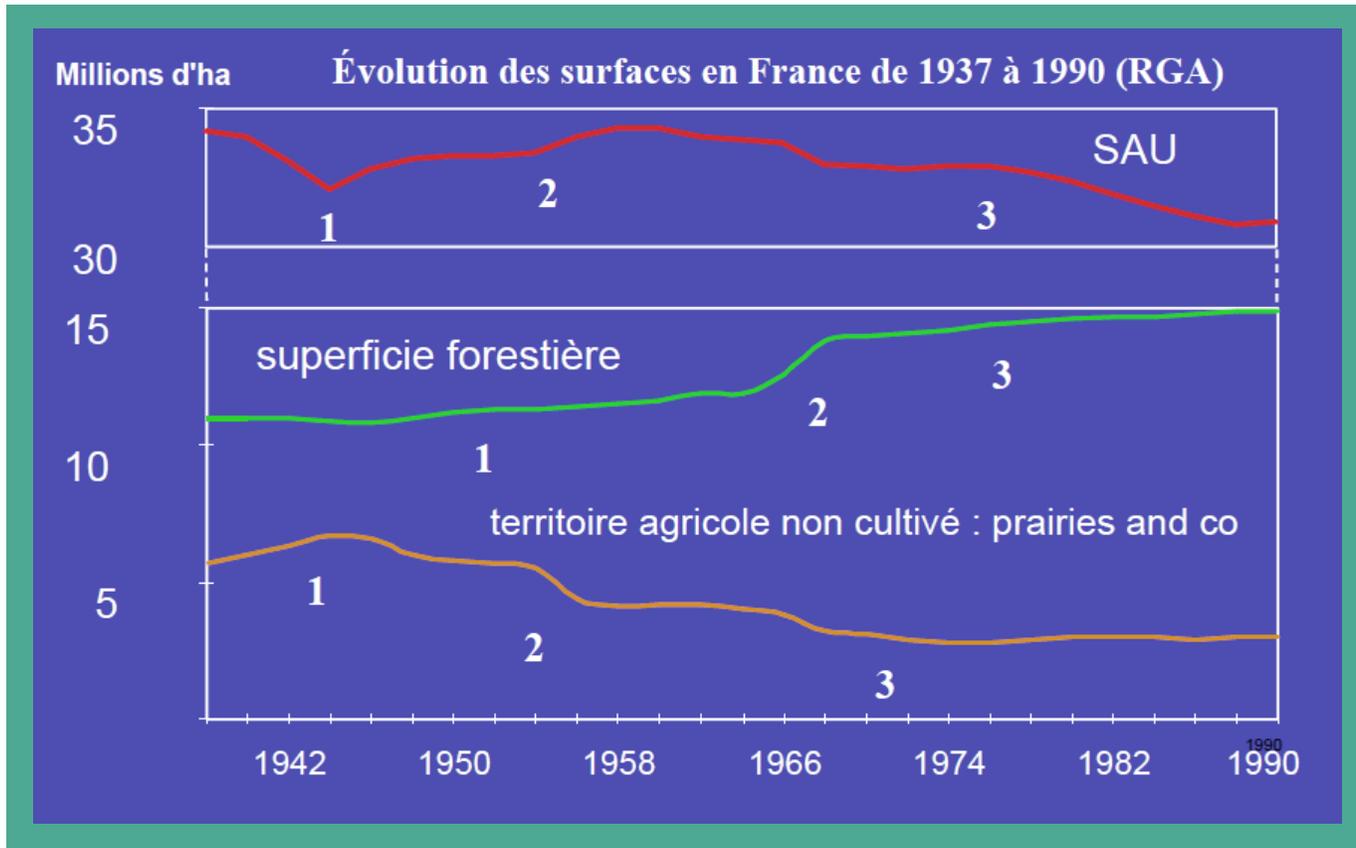
Elle retrouve aujourd'hui la surface qui était la sienne à la fin du Moyen Âge.

3. INFLUENCE DES SUCCESSIONS VÉGÉTALES, EXEMPLE DE LA FRANCE



Cette augmentation de la couverture forestière provient essentiellement d'une **colonisation naturelle des terres abandonnées par l'agriculture.**

3. INFLUENCE DES SUCCESSIONS VÉGÉTALES, EXEMPLE DE LA FRANCE



Cette augmentation de la couverture forestière provient essentiellement d'une **colonisation naturelle des terres abandonnées par l'agriculture.**

3. INFLUENCE DES SUCCESSIONS VÉGÉTALES, EXEMPLE DE LA FRANCE

Vallée de l'Hérault (collection G. Debussche & A. Dervieux)



3. INFLUENCE DES SUCCESSIONS VÉGÉTALES, EXEMPLE DE LA FRANCE

Les Pyrénées Ariégoises (collection J.P. Metalie)



3. INFLUENCE DES SUCCESSIONS VÉGÉTALES, EXEMPLE DE LA FRANCE



Cette augmentation de la couverture forestière provient essentiellement d'une **colonisation naturelle des terres abandonnées par l'agriculture ...**

Mais aussi de **plantations**, notamment de **conifères**, dans un objectif **d'accroissement de la production de bois.**

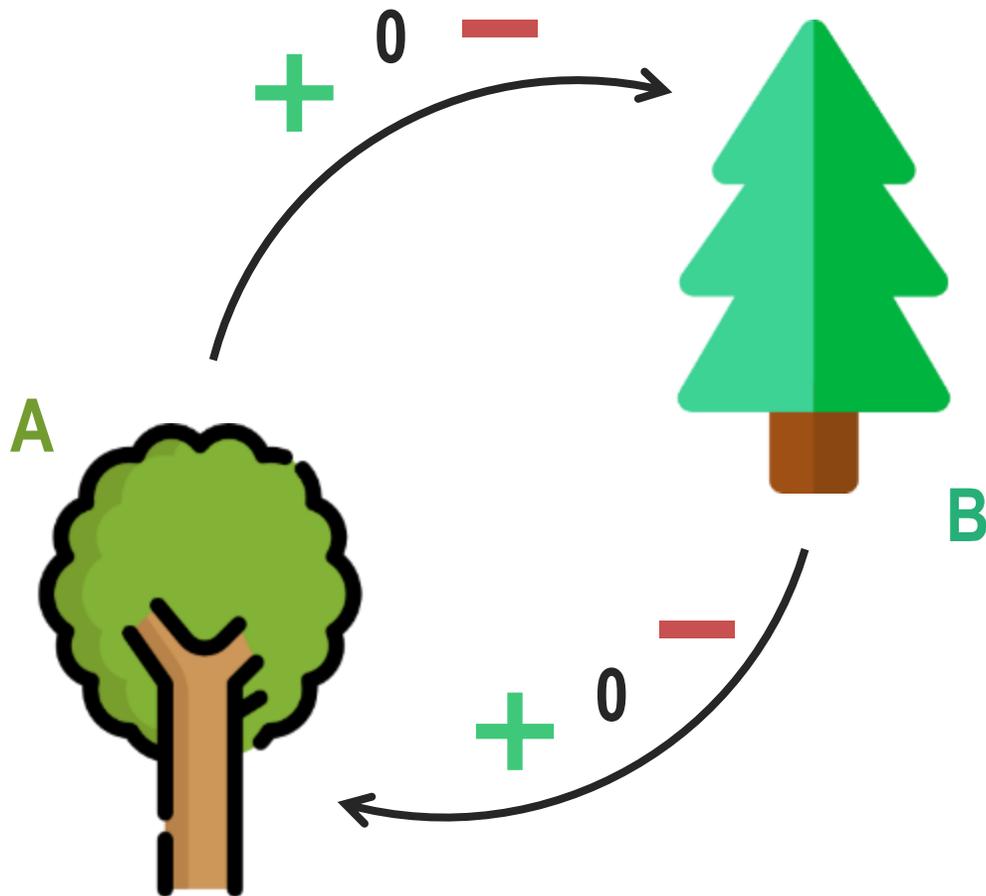
4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

Sylviculture : les outils du gestionnaire

Outils :

- **Eclaircies**, coupes d'arbres en futaie régulière, visant à limiter la compétition entre arbres et à l'amélioration de la qualité du peuplement.
- **Coupes jardinatoire**, coupes d'arbres en futaie irrégulière visant d'abord la récolte des intérêts du peuplement, puis l'amélioration, la régénération, etc.
- **Plantations**, impliquant souvent une gestion de la végétation au sol.
- **Dégagements, nettoiements, dépressage** (travaux réalisés principalement en futaie régulière avant 1^{ère} éclaircie).
- **Gestion des animaux.**
- ...

4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

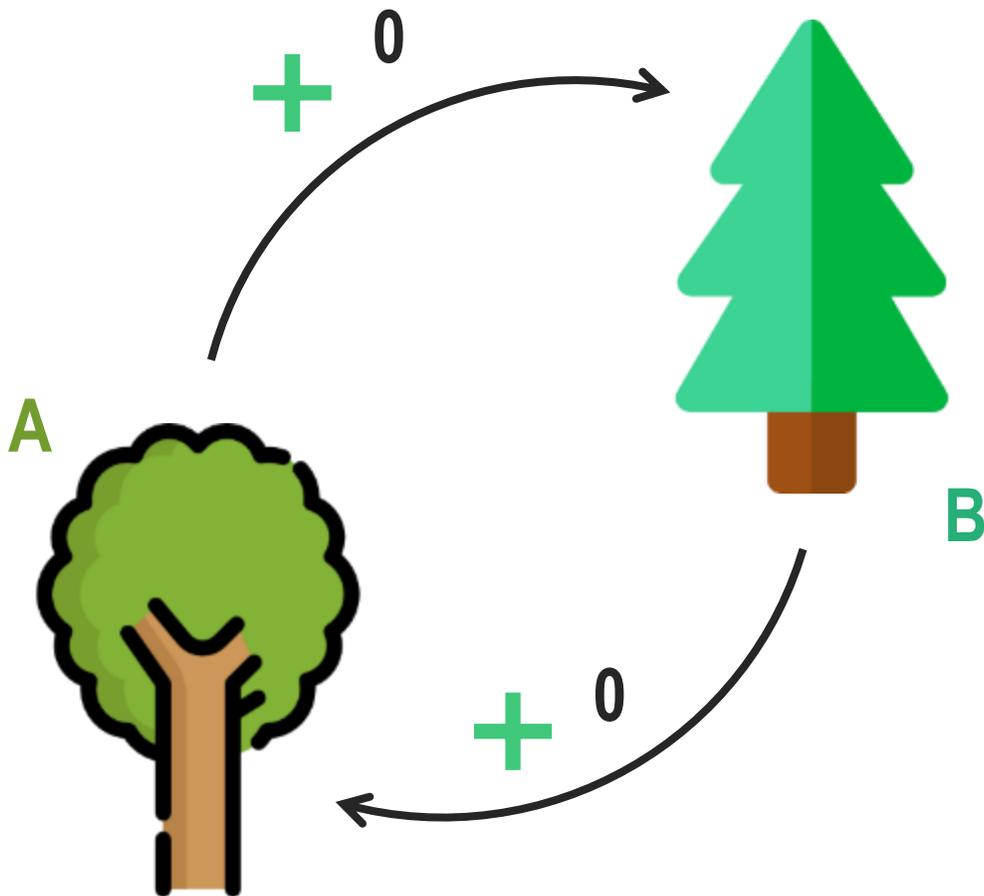


Facilitation (*mutualisme*(+,+)) (*commensalisme* (+,0))

Compétition (-,-) (-,0)

Contre-action (+,-)

4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

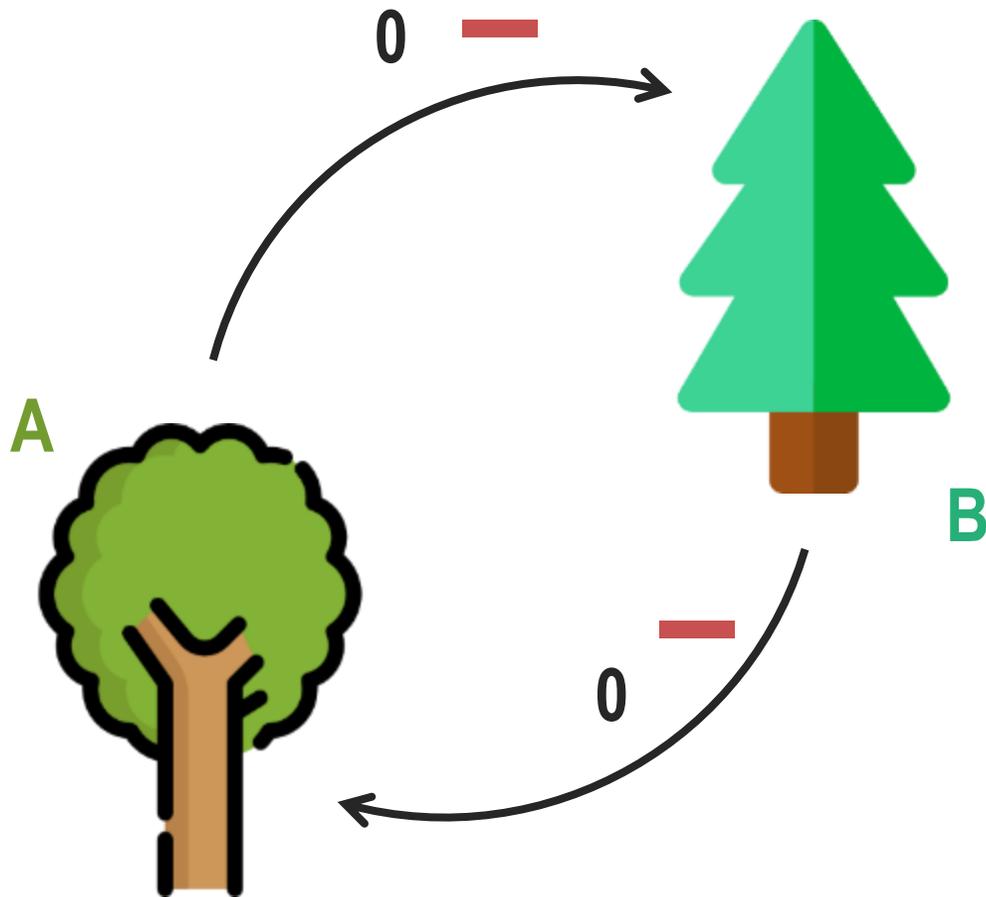


Facilitation (*mutualisme*(+,+)) (*commensalisme* (+,0))

Compétition (-,-) (-,0)

Contre-action (+,-)

4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

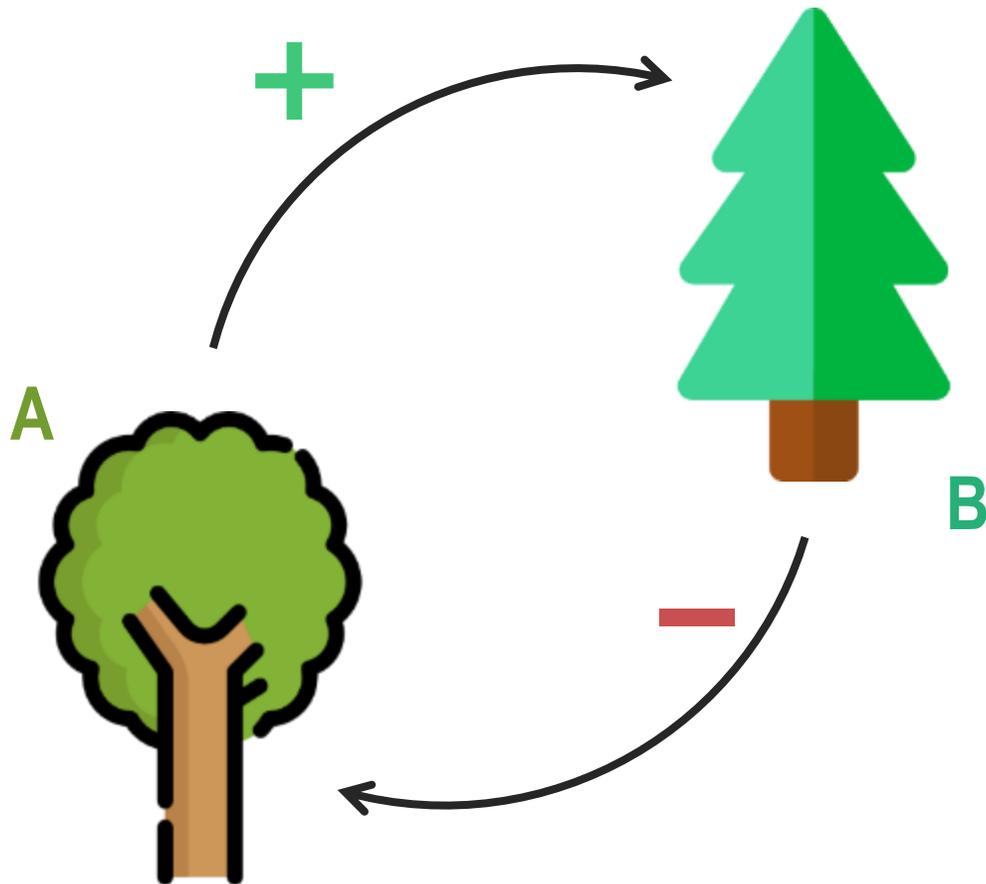


Facilitation (*mutualisme*(+,+)) (*commensalisme* (+,0))

Compétition (-,-) (-,0)

Contre-action (+,-)

4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES



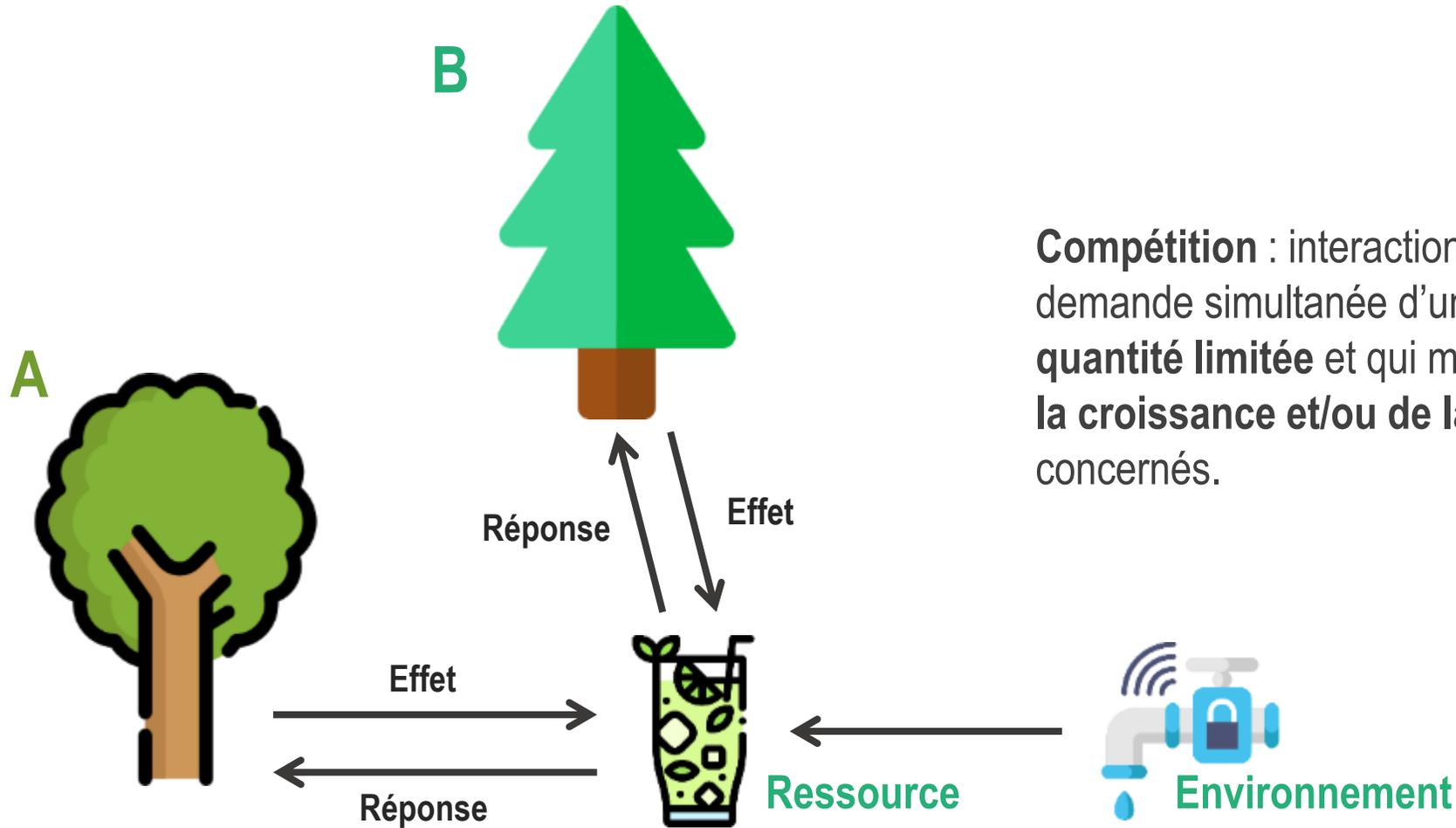
Facilitation (*mutualisme*(+,+)) (*commensalisme* (+,0))

Compétition (-,-) (-,0)

Contre-action (+,-) (e.g. parasitisme → gui ou orobanche)

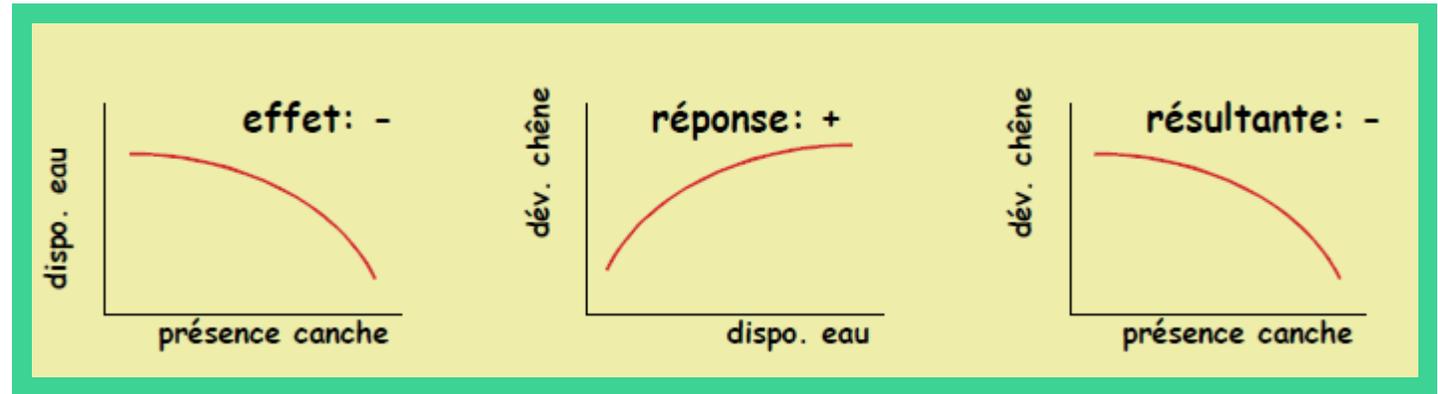
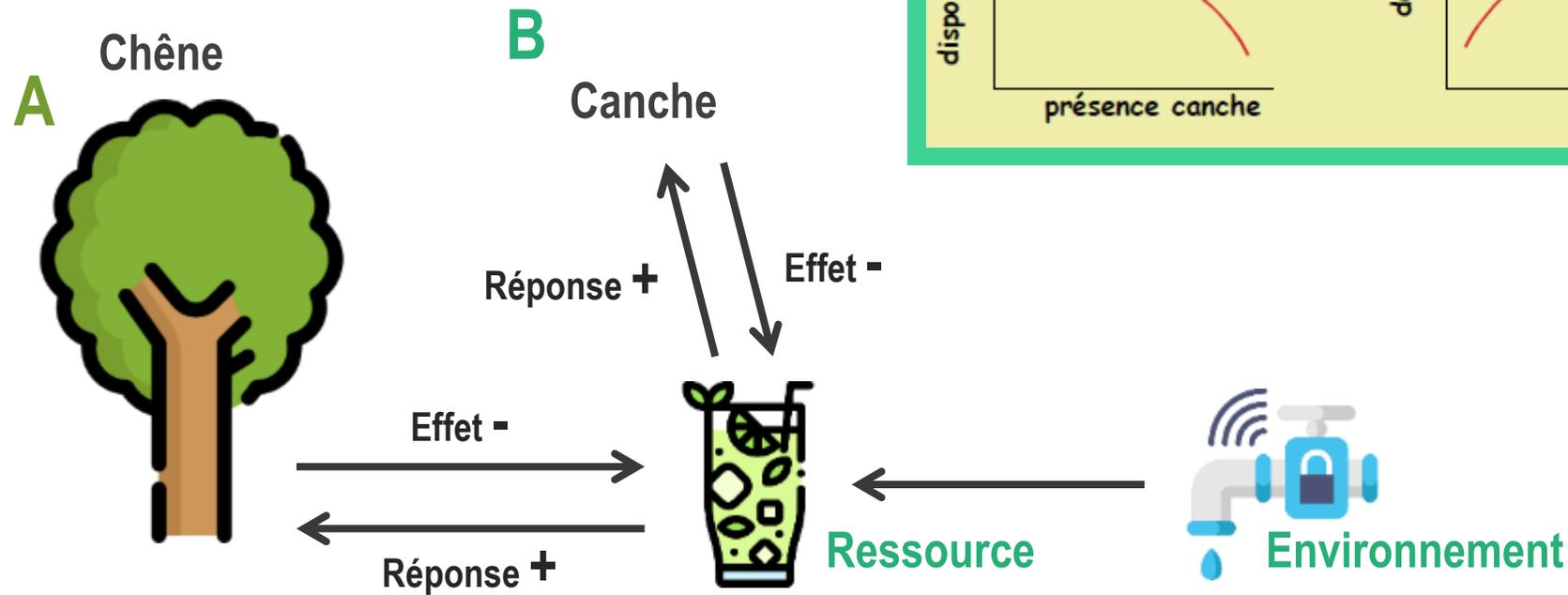


4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES



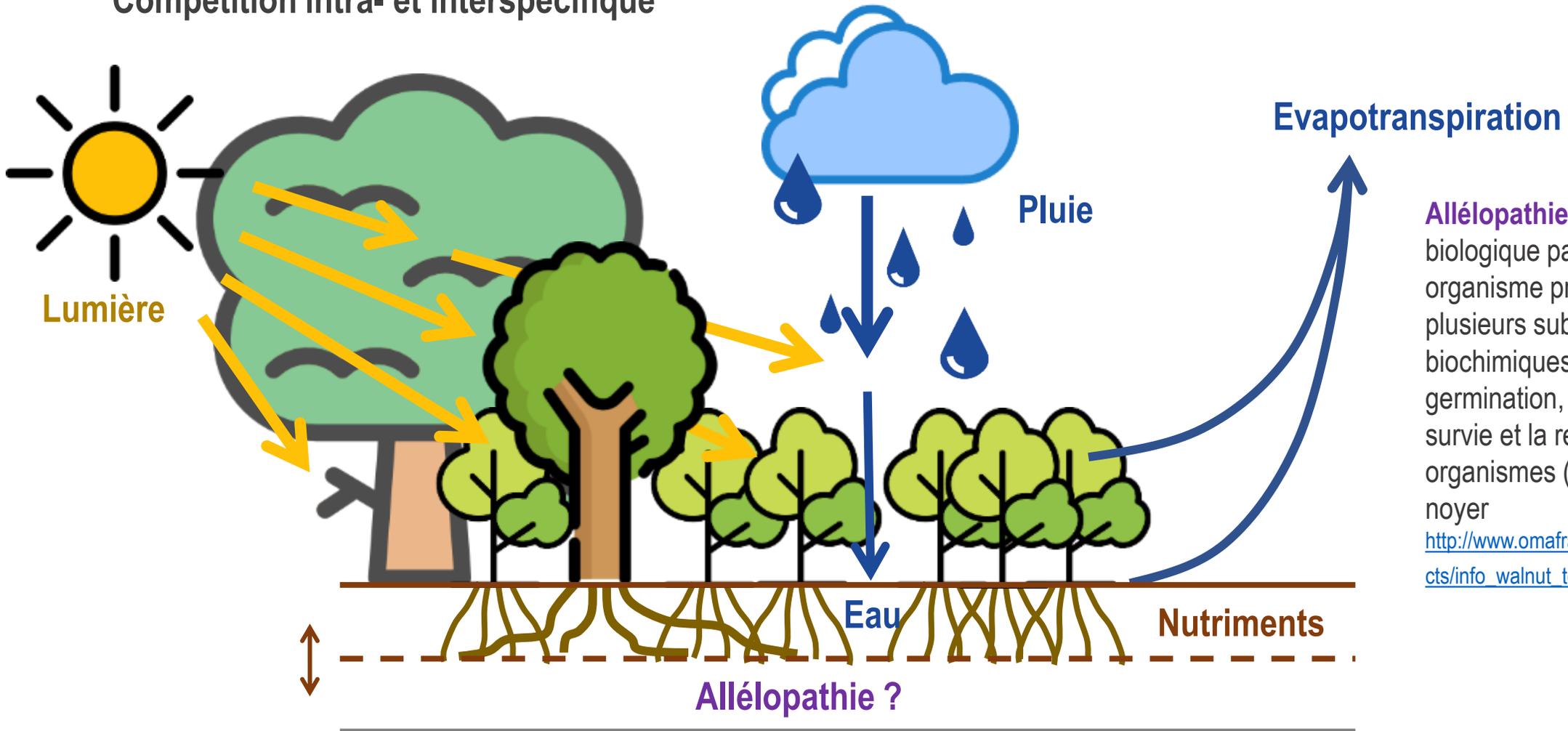
Compétition : interaction entre deux individus produite par la demande simultanée d'une **même ressource disponible en quantité limitée** et qui mène à la **réduction de la survie, de la croissance et/ou de la reproduction** des individus concernés.

4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES



4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

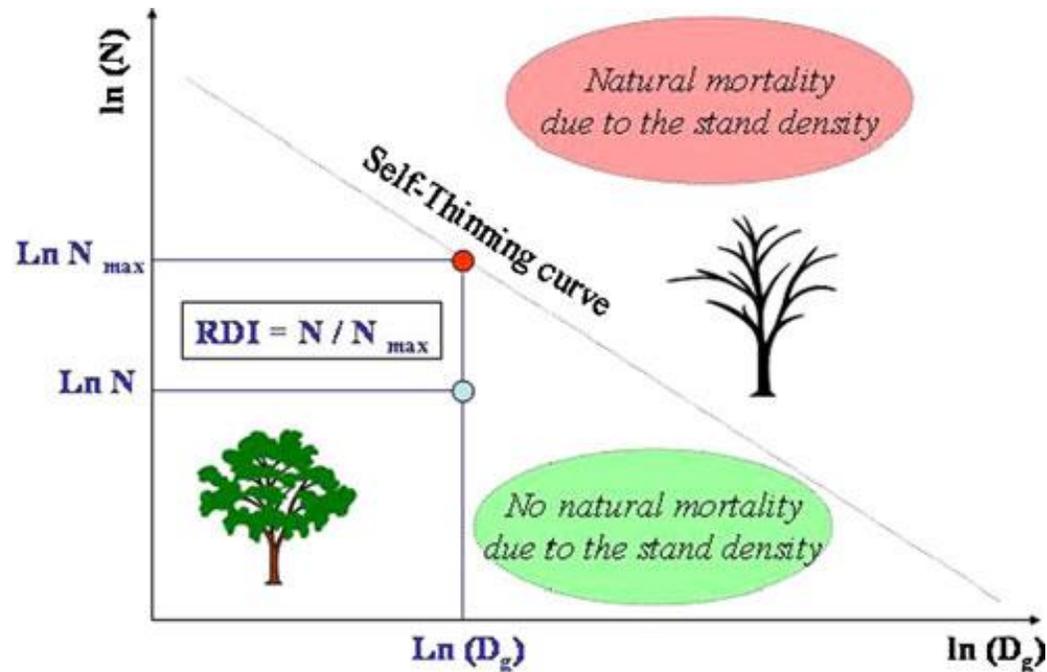
Compétition intra- et interspécifique



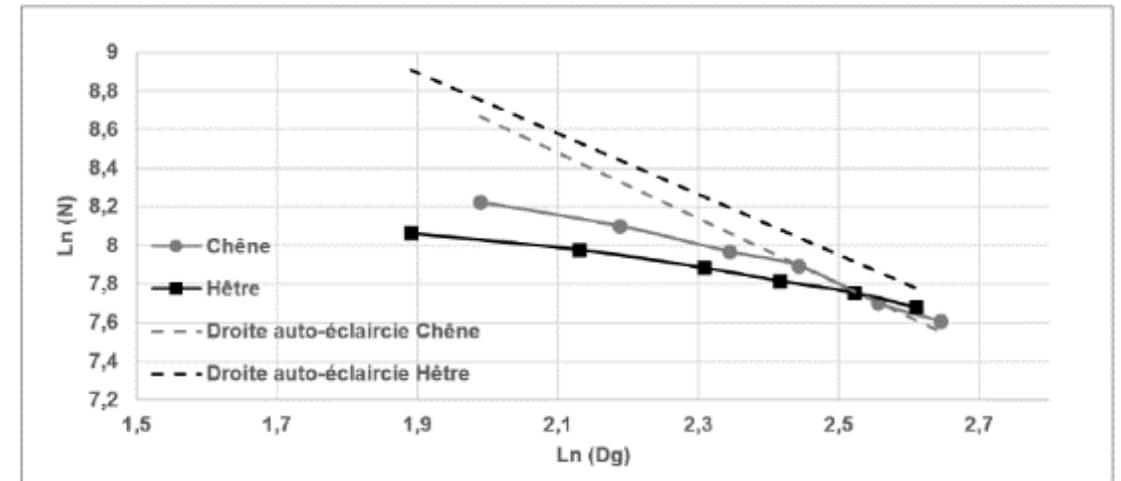
Allélopathie : phénomène biologique par lequel un organisme produit une ou plusieurs substances biochimiques qui influencent la germination, la croissance, la survie et la reproduction d'autres organismes (e.g. juglone du noyer
http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/info_walnut_toxicity.htm).

4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

Compétition intraspécifique (contrôle de la densité des arbres) – mortalité des arbres par compétition (auto-éclaircie)



- $RDI \geq 1$ ➔ Simulation of natural mortality
- $RDI < 1$ ➔ No simulation of natural mortality



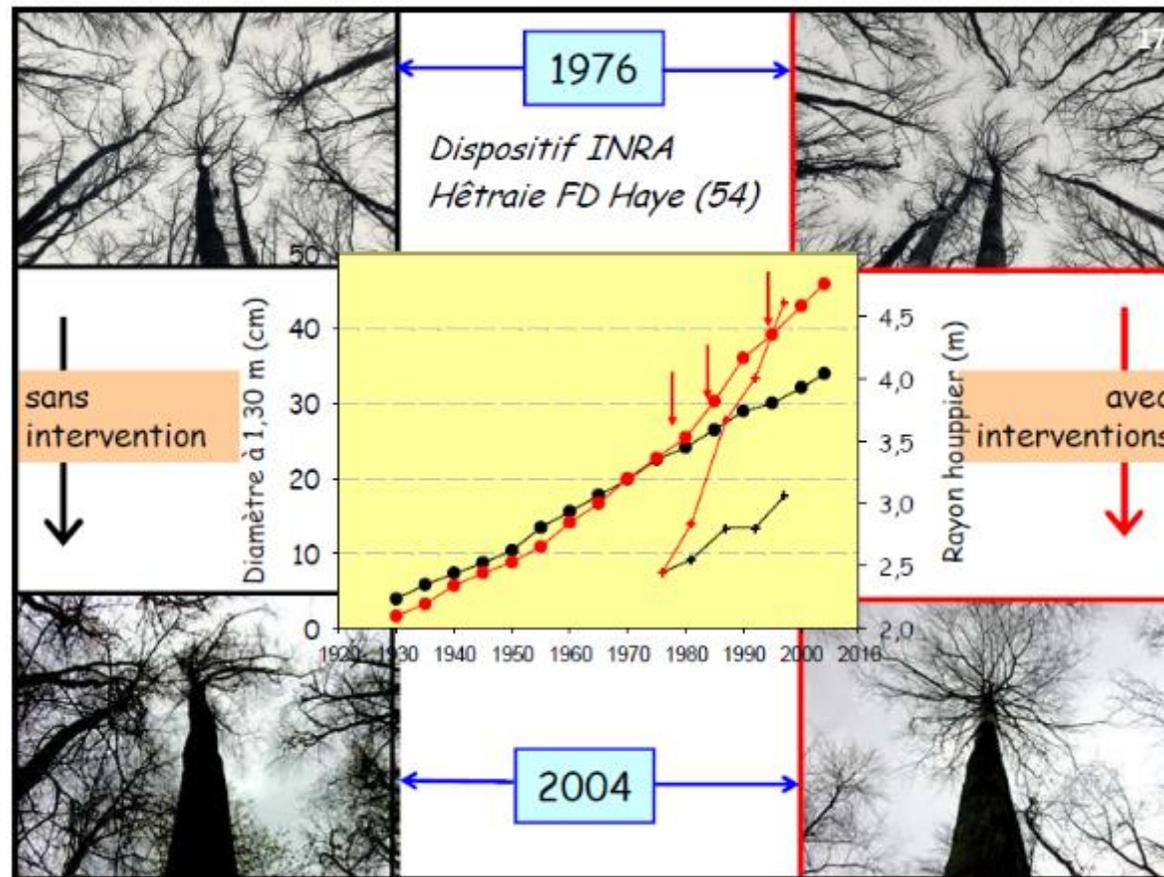
Mesure d'un état de compétition relatif en futaie régulière : calcul du RDI (Relative Density Index).

$$RDI = \frac{N \cdot (\pi \cdot D_g)^b}{\exp(a)}$$

Les paramètres a et b sont différents d'une espèce à l'autre (paramètres de description de la droite d'auto-éclaircie)

4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

L'éclaircie a pour conséquence de relâcher la compétition locale exercée entre les arbres du peuplement, souvent à profit d'arbres dit « objectifs » par : (i) augmentation immédiate de la ressource lumière



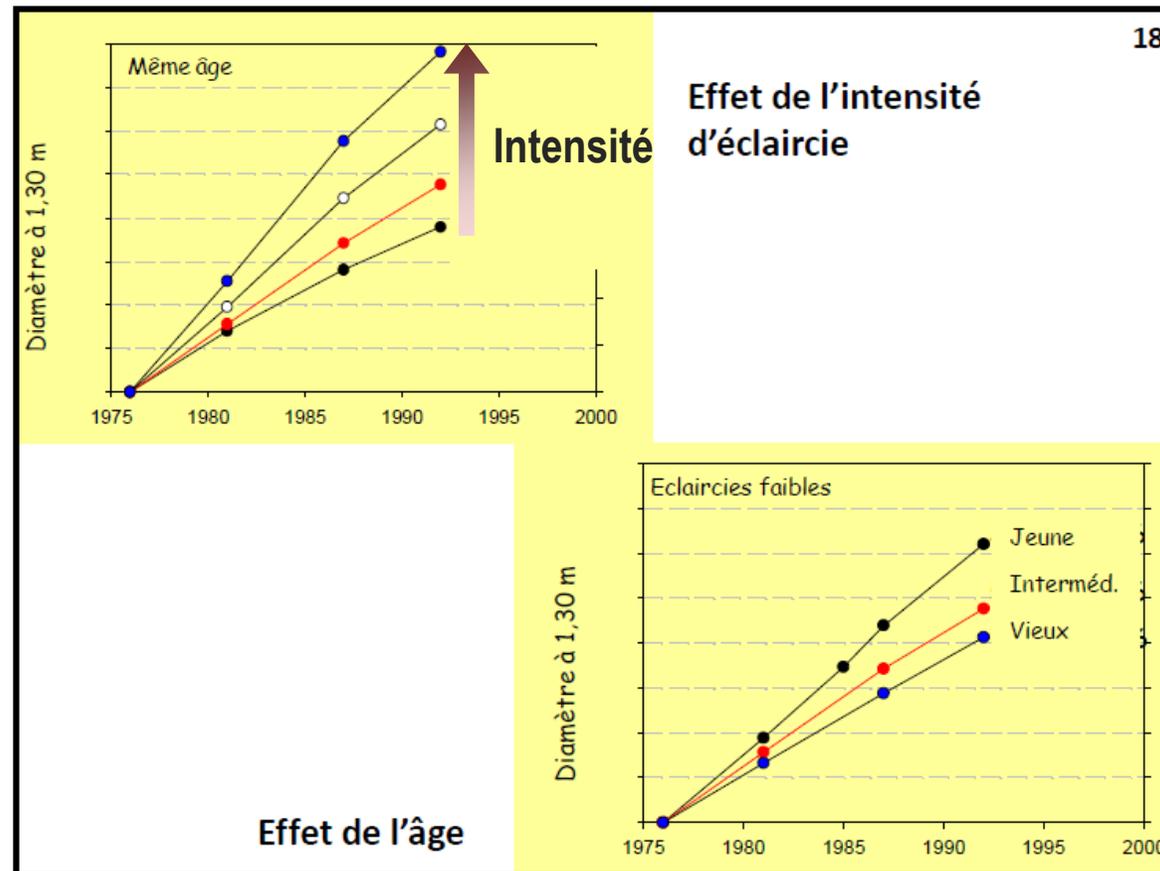
4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

L'éclaircie a pour conséquence de **relâcher la compétition locale** exercée entre les arbres du peuplement, souvent à profit d'arbres dit « objectifs » par : (ii) augmentation plus progressive de la ressource eau et éléments minéraux

Conséquence :
augmentation de la
croissance des tiges

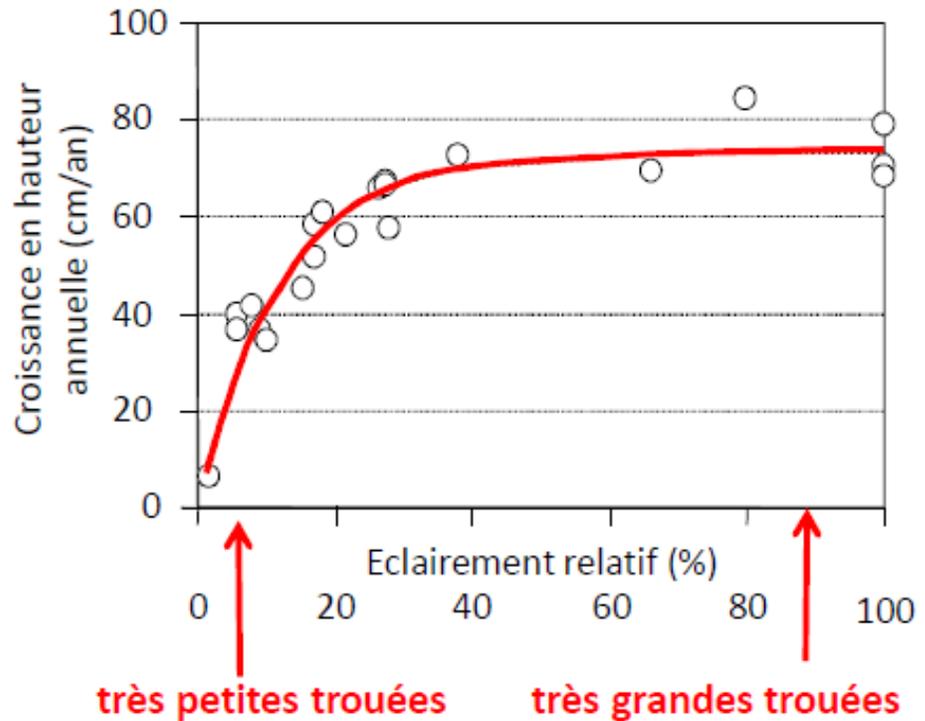
Plus l'éclaircie est réalisée
sur un **peuplement jeune**
est meilleure est sa
réaction

Issu du cours d'Holger
Wernsdörfer

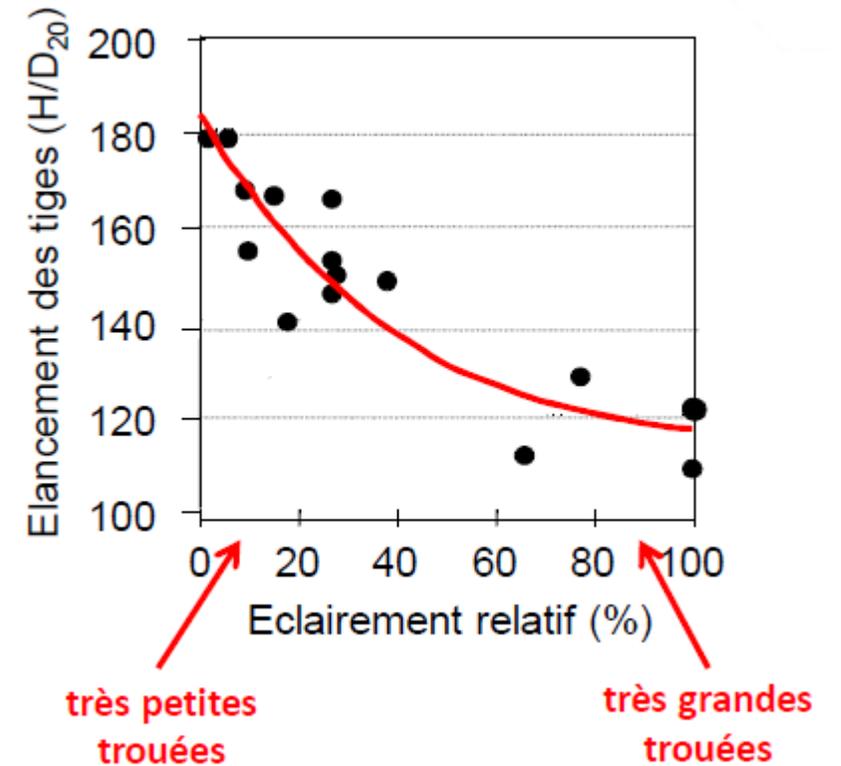


4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

L'éclaircie a pour conséquence de relâcher la compétition locale exercée entre les arbres du peuplement, souvent à profit d'arbres dit « objectifs ».



Aussi, l'éclaircie a pour conséquence (en assurant une **augmentation de la croissance secondaire** (i.e. en diamètre)), tout en induisant une **baisse de la croissance primaire** (i.e. en hauteur), d'assurer un **moindre élancement des tiges** (mesuré à l'aide du ratio H/D (hauteur/diamètre))



4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES



Les éclaircies permettent :

- De **concentrer la croissance** du peuplement sur les tiges dites « objectifs » ;
- **D'assurer la stabilité** du peuplement par l'abaissement du rapport H/D ;
- De **récolter** l'accroissement du peuplement ;
- Il existe des méthodes pour caractériser une coupe forestière (en plus des statistiques descriptives traditionnelles) :
 - Le principal est le **coefficient $k = ve/vav$** où **ve est le volume de l'arbre moyen enlevé à l'éclaircie et vav est le volume de l'arbre moyen avant éclaircie** → coupe par le bas, intermédiaire, par le haut ;

- Mais aussi : le facteur d'espacement d'Hart Becking $s \% = \frac{a}{H_{dom}} \times 100$ a = espace moyen entre les tiges

s = 16 % éclaircie faible

s = 19 % éclaircie modérée

s = 22 % éclaircie forte

s = 25 % éclaircie très forte

Mais essence dépendante

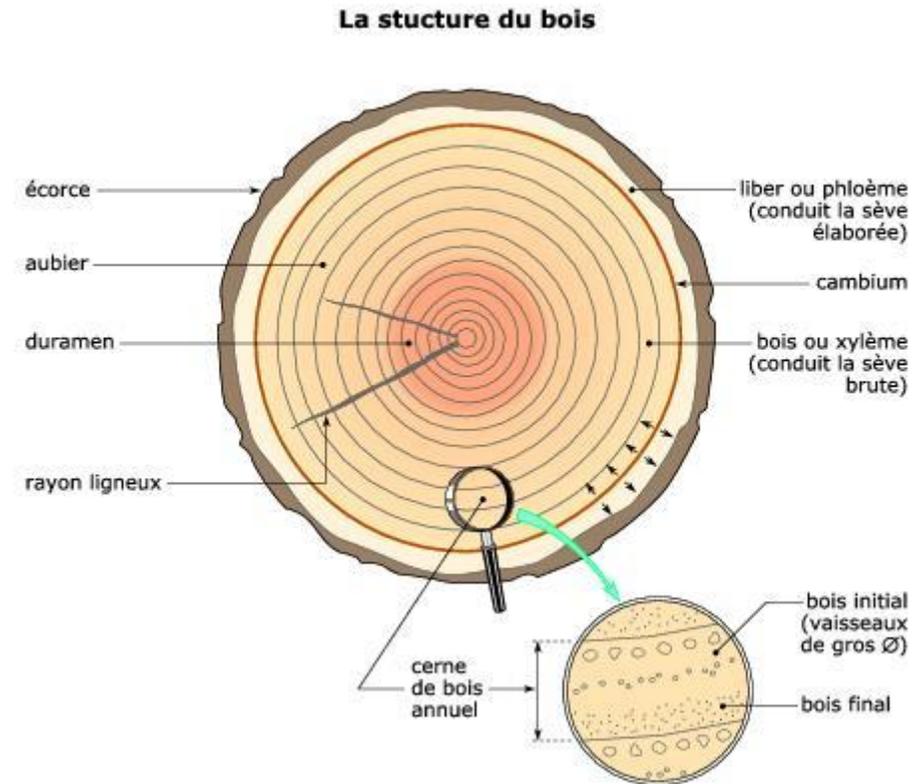
4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES



Mais souvent, un **compromis** est à trouver **entre la vitesse de croissance et la qualité du bois.**

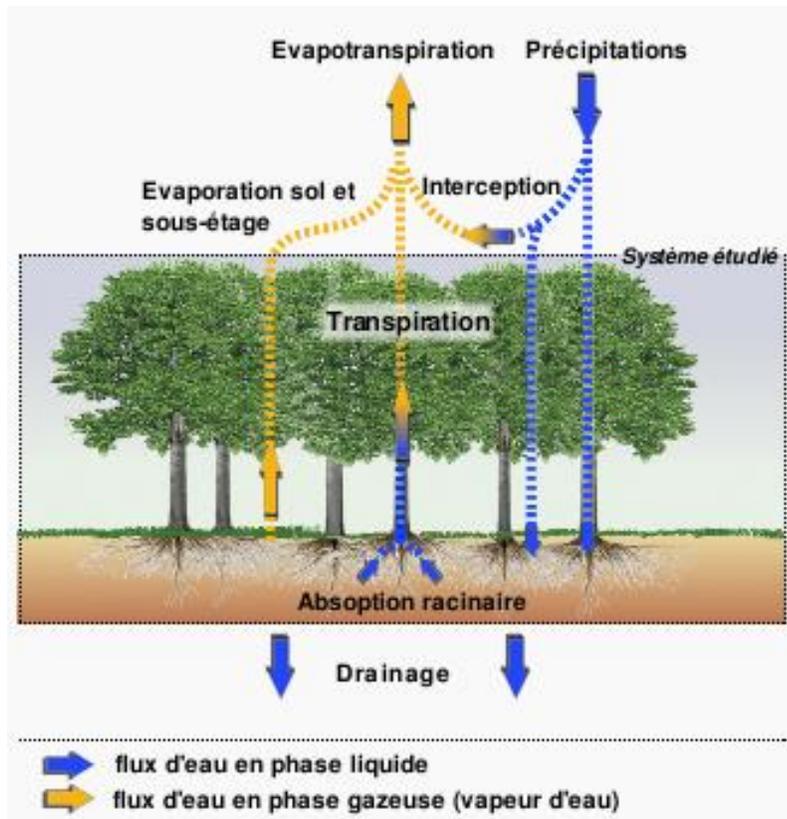
L'un des exemples les plus emblématiques est le **chêne produit pour le merrain** (destination : barriques)

Nécessité de limiter la croissance pour limiter la part de **bois final**.

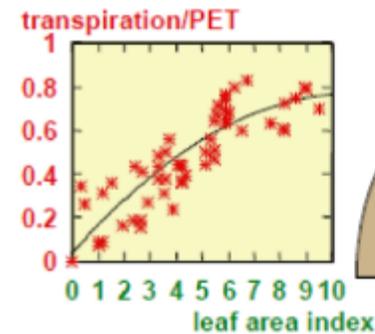


4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

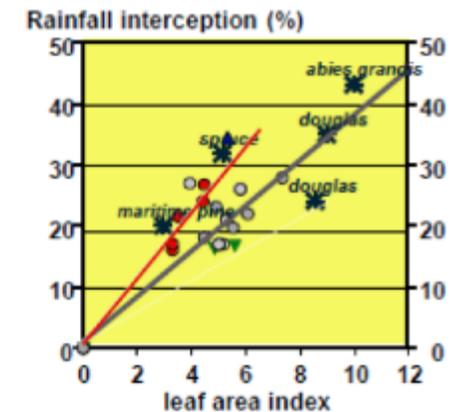
Compétition pour l'eau → de plus en plus à prendre en compte dans le contexte de **changement climatique** (i.e. plus de **sécheresses**, etc.) → importance du **LAI** (indice de surface foliaire)



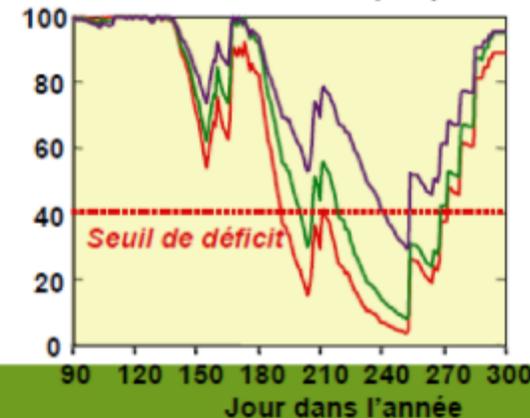
Sortie d'eau : consommation



Entrée d'eau : pluie sous forêt



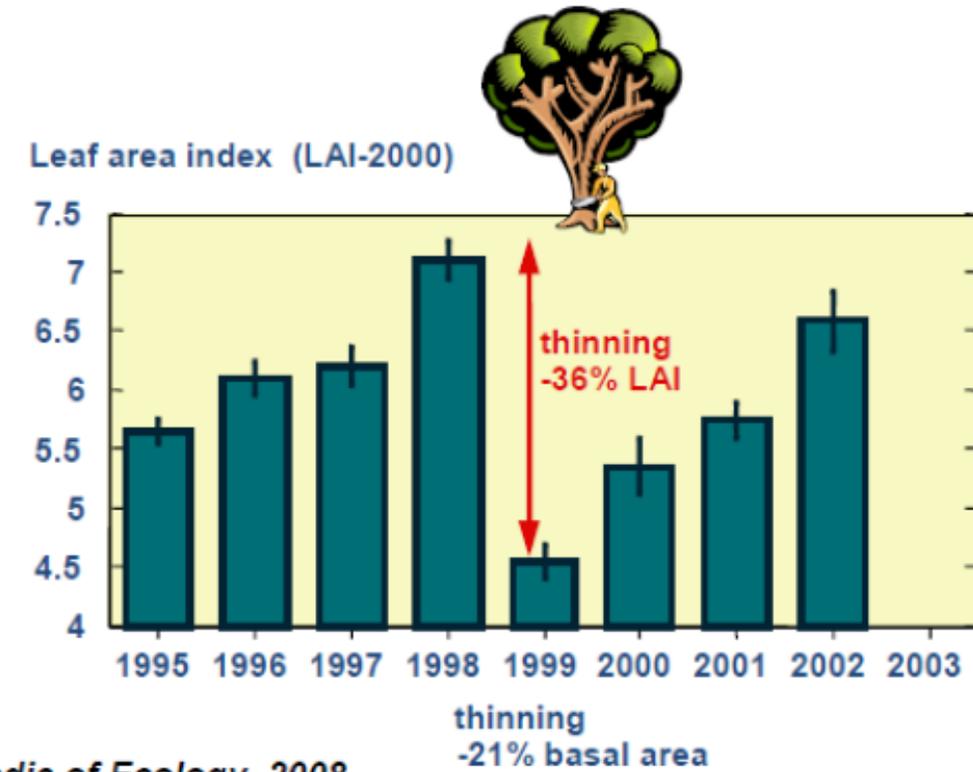
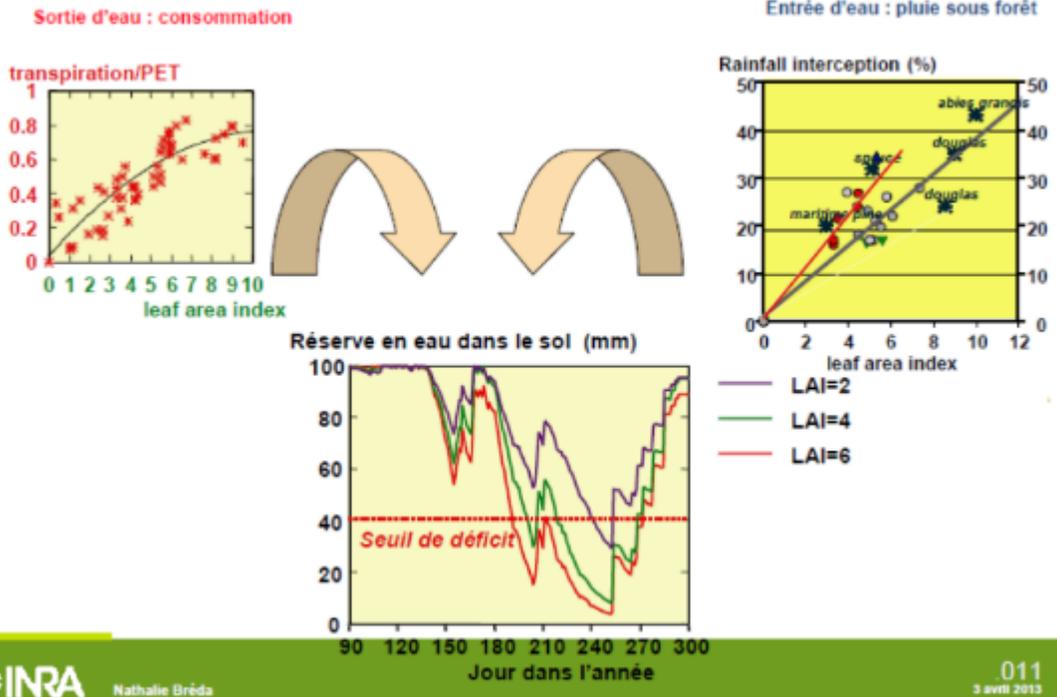
Réserve en eau dans le sol (mm)



- LAI=2
- LAI=4
- LAI=6

4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

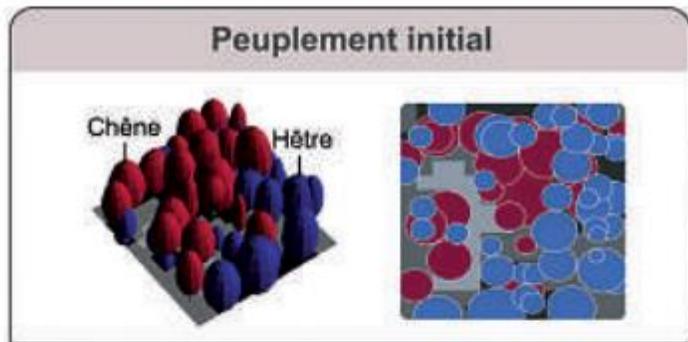
Compétition pour l'eau → de plus en plus à prendre en compte dans le contexte de **changement climatique** (i.e. plus de sécheresses, etc.) → **diminuer les densités d'arbres** : une vraie bonne idée pour **réduire le LAI** !



N. Bréda, *Encyclopedia of Ecology*, 2008

4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

Compétition pour la lumière → gestion de la lumière capitale en sylviculture – **différentes pratiques sylvicoles** auront des effets différents sur les gains d'éclairément, à intensité d'éclaircie égale.



Éclaircie

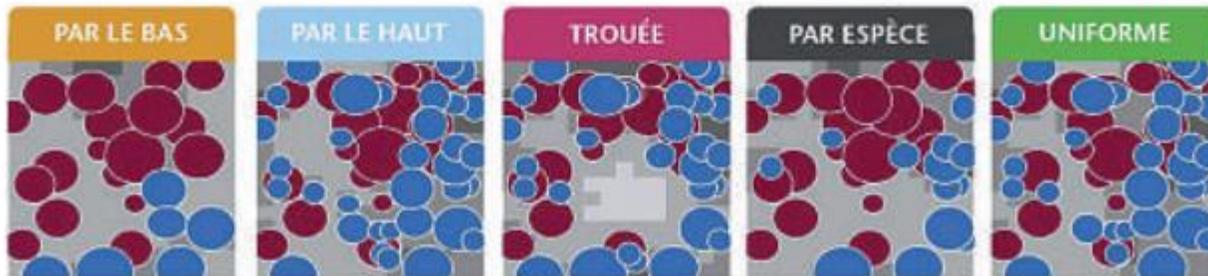
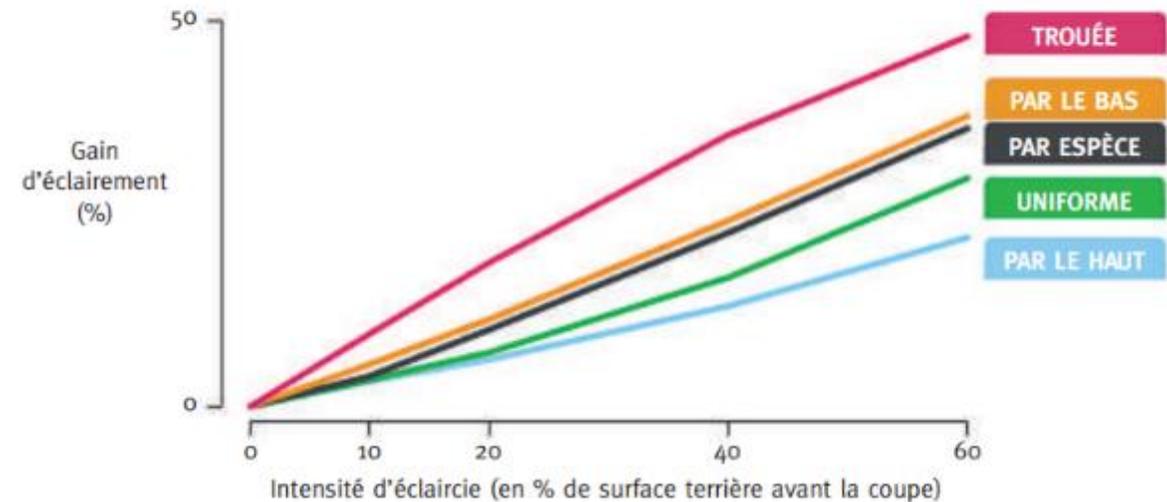


FIGURE 6 GAIN D'ÉCLAIREMENT RELATIF EN FONCTION DE L'INTENSITÉ ET DU TYPE D'ÉCLAIRCIE
À intensité égale, la formation de trouée augmente le plus fortement l'éclairément disponible pour la régénération.



4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

Compétition pour la lumière → gestion de la lumière capitale en sylviculture – les **essences laissent plus ou moins passé de lumière** pour un niveau égal de capital sur pied (ici mesuré par la surface terrière (G) en m²/ha).

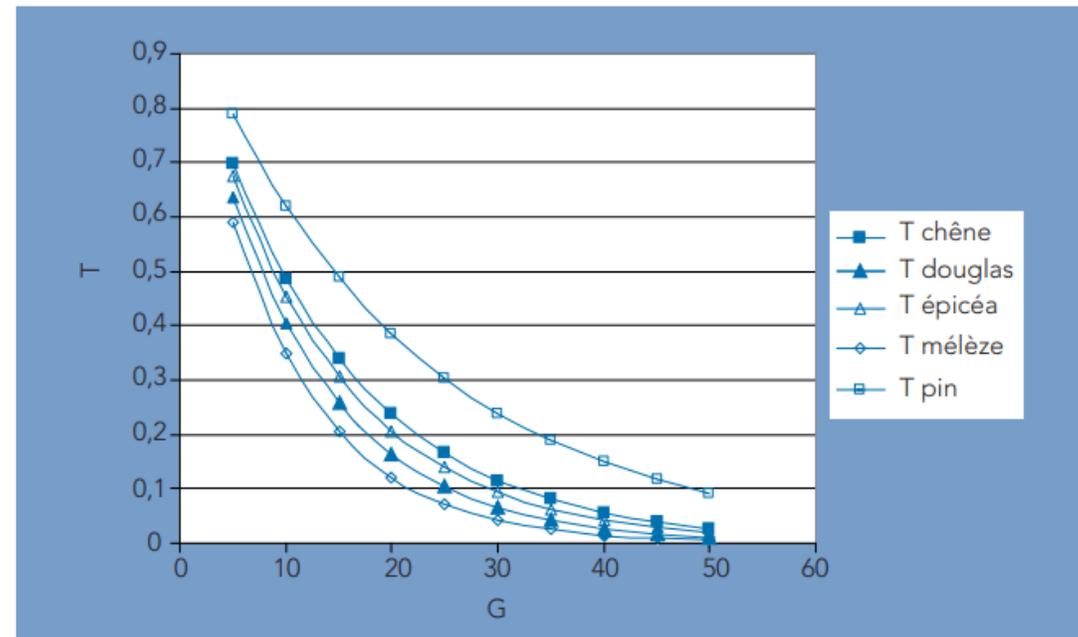
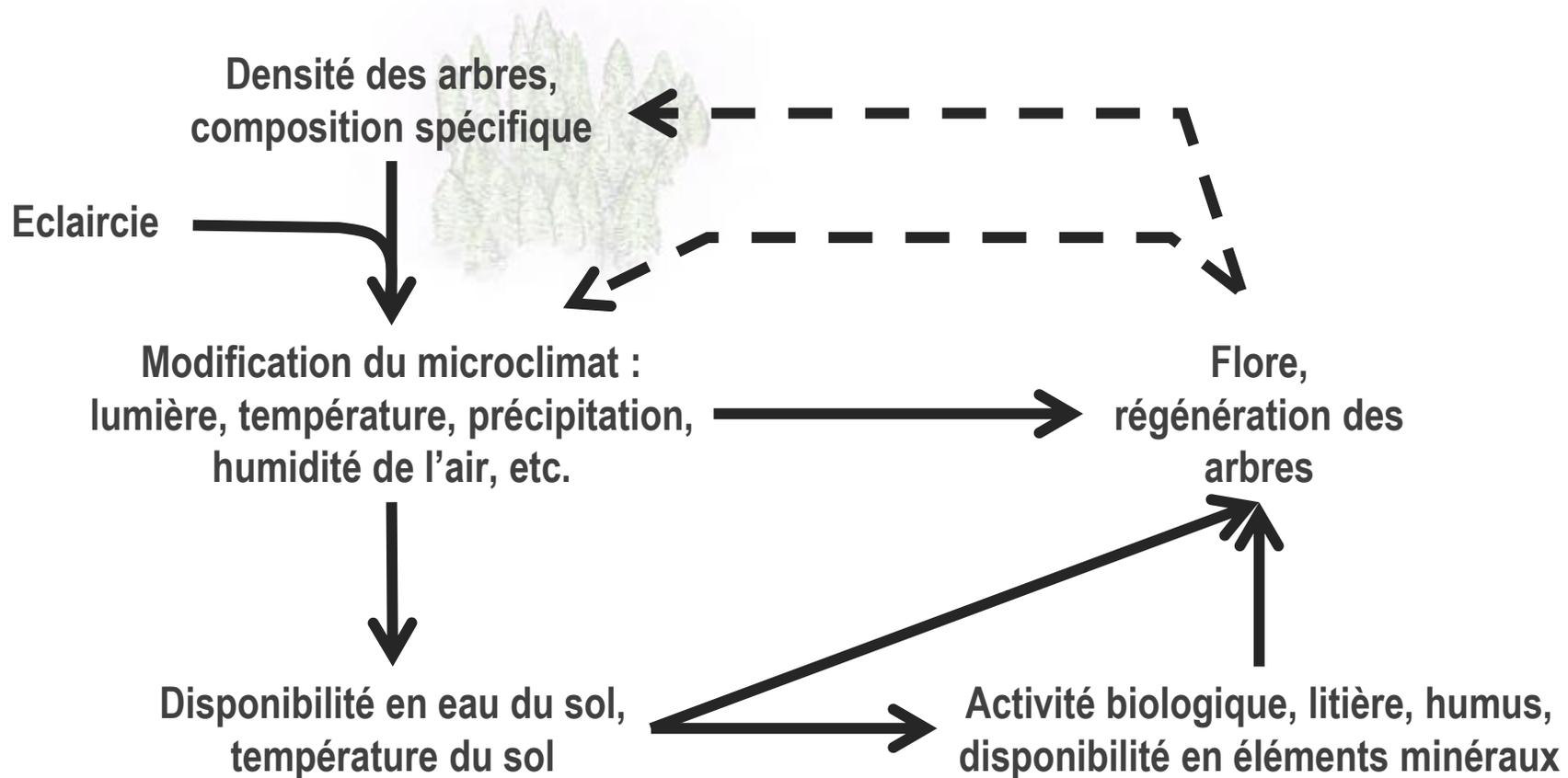


Fig. 1 : décroissance exponentielle de la lumière moyenne journalière transmise dans le sous-bois (T, transmittance), au milieu de la saison de végétation, par diverses essences en peuplements réguliers en fonction de leur surface terrière G (m² ha⁻¹)

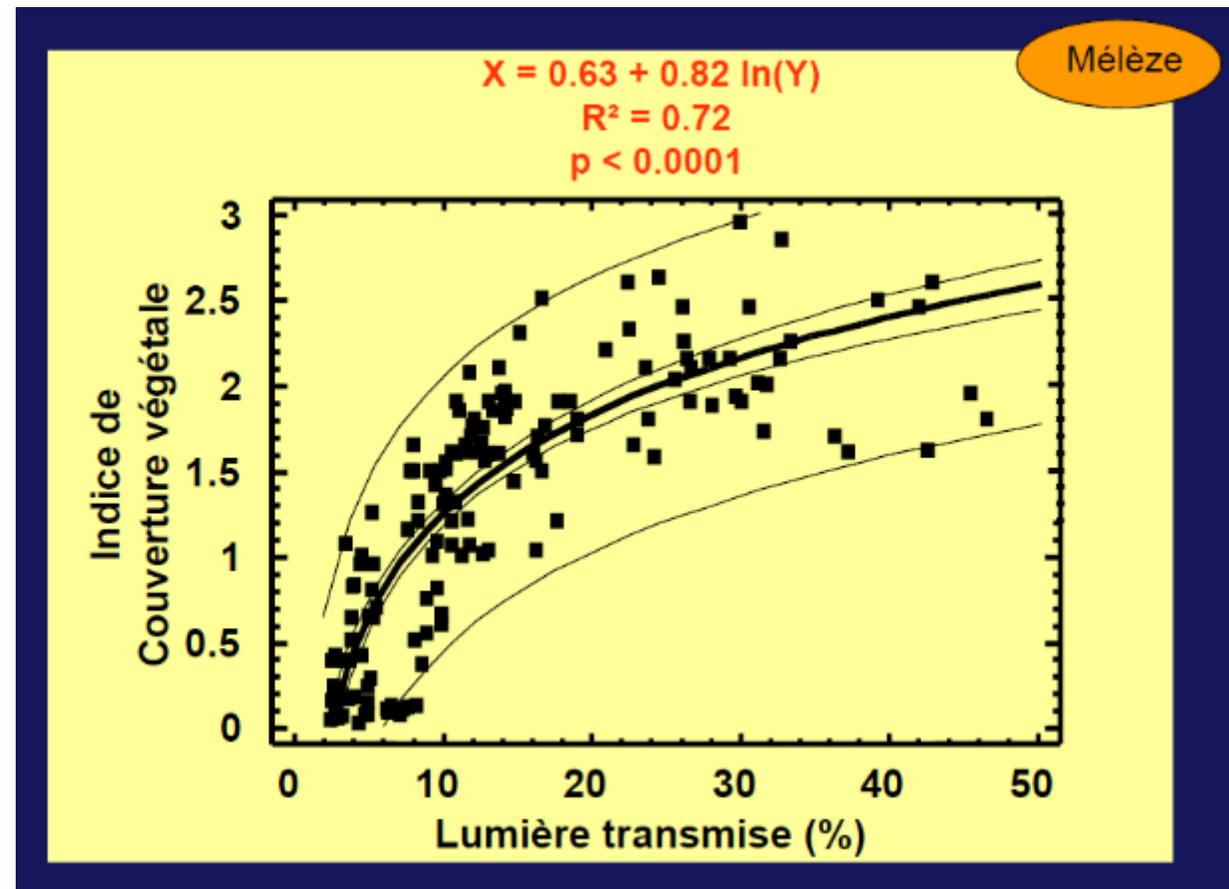
4. LA GESTION DE LA COMPÉTITION / ÉCLAIRCIES

Bilan



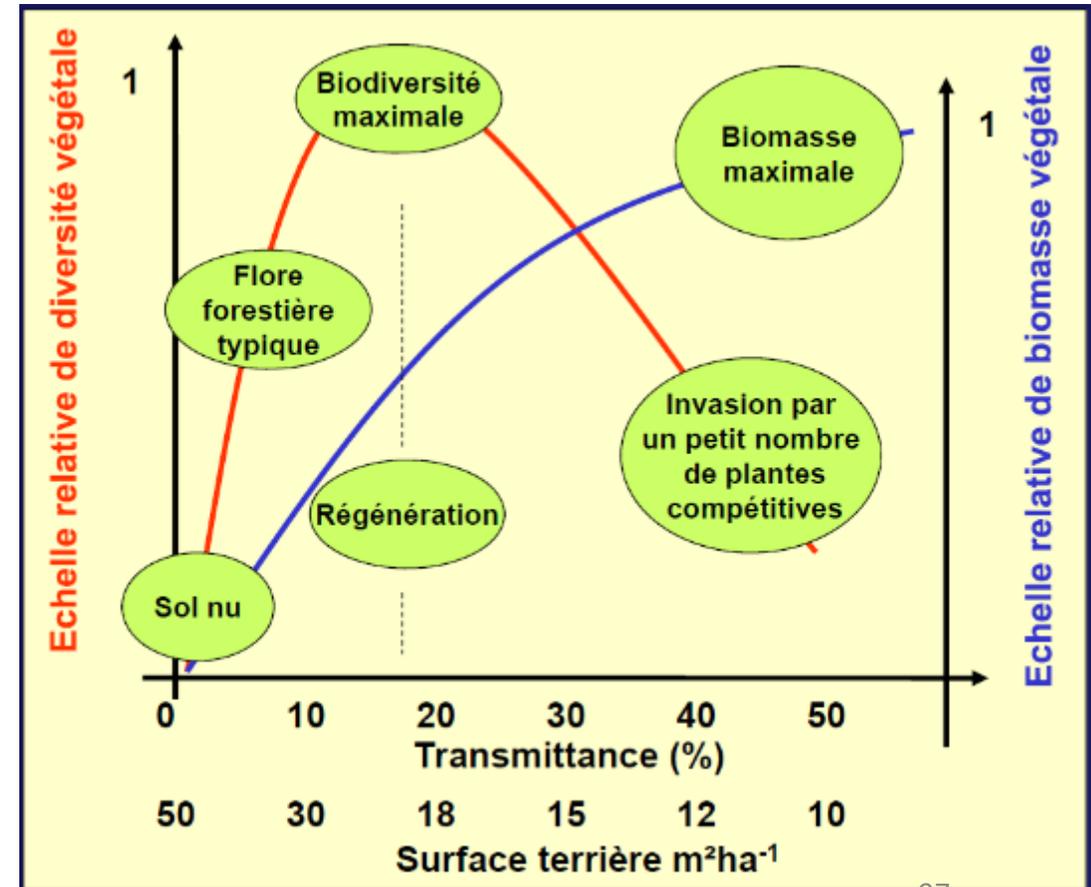
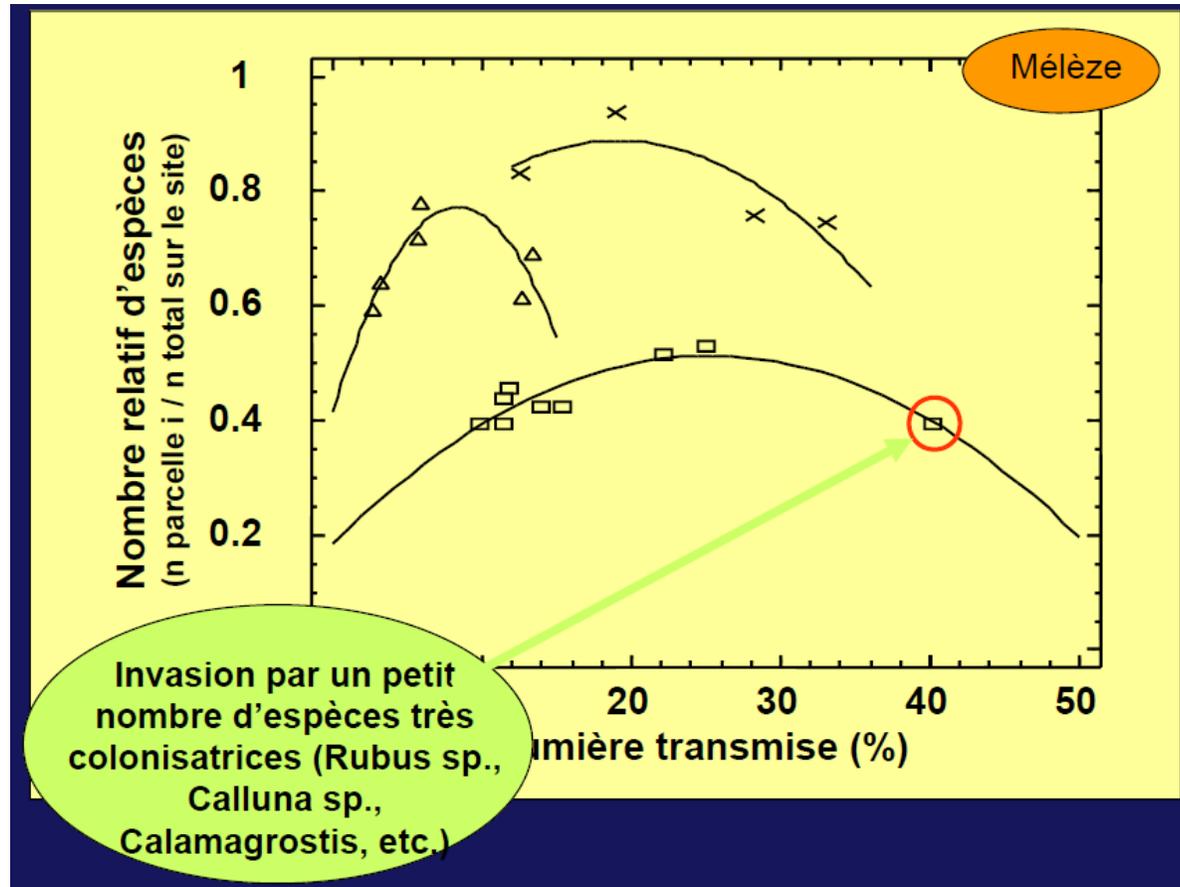
5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE

Influence de la lumière sur la flore du sous-bois



5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE

Influence de la lumière sur la flore du sous-bois



5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE

Prise en compte des strates basses pour la régénération



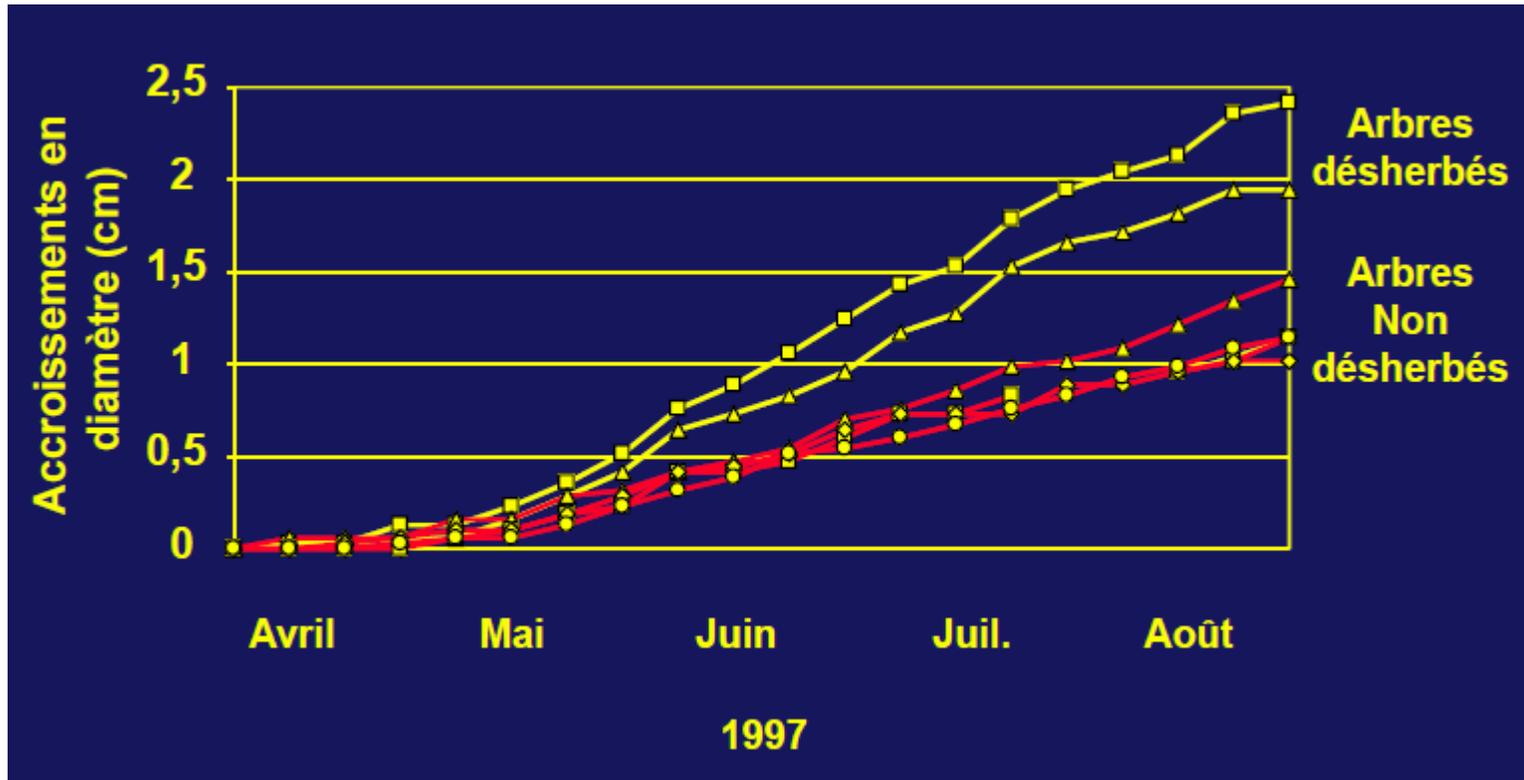
5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE

Prise en compte des strates basses pour la régénération – forme de croissance & compétition pour les ressources

Forme de croissance	Genres	Traits principaux	Principales interactions
Graminées pérennes sociales	<i>Molinia, Deschampsia, Agrostis, Calamagrostis, Agropyron</i>	Dense système racinaire et forte capacité physiologique à absorber eau et nutriments	Compétition pour l'eau, les éléments minéraux
Dicotylédones herbacées couvrantes	<i>Epilobium, Trifolium</i>	Couvert dense	Compétition pour la lumière (+ l'eau et les éléments minéraux)
Semi-ligneux et sous-arbrisseaux couvrants	<i>Rubus, Cytisus</i>	Couvert dense	Compétition pour la lumière (+ l'eau et les éléments minéraux)
Arbustes et petits arbres	<i>Betula, Carpinus, Salix, Ilex</i>	Peut dépasser les individus de l'essence objectif	Compétition pour la lumière (+ l'eau, les éléments minéraux et l'espace)

5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE

Prise en compte des strates basses pour la régénération – effet de la compétition interspécifique par les graminées



5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE

Prise en compte des strates basses pour la régénération – effet de la compétition interspécifique par des dicotylédones pour la lumière → exemple avec la ronce

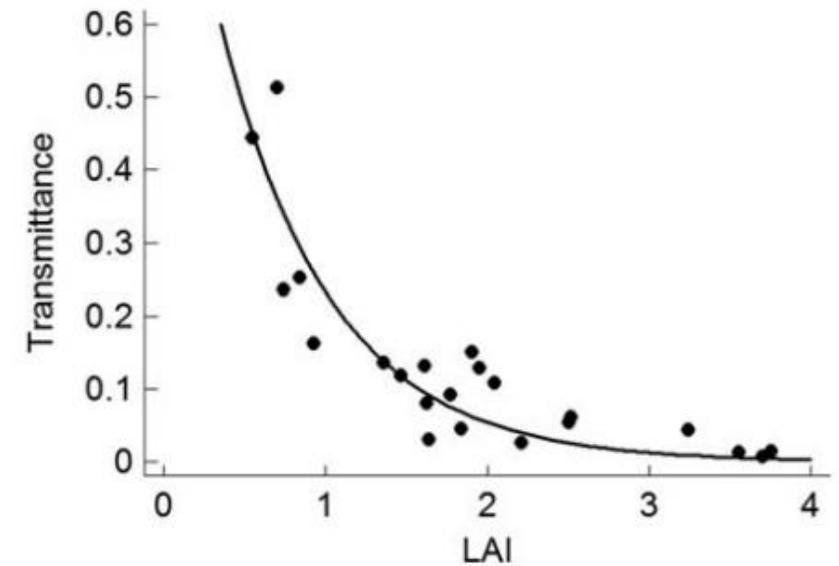
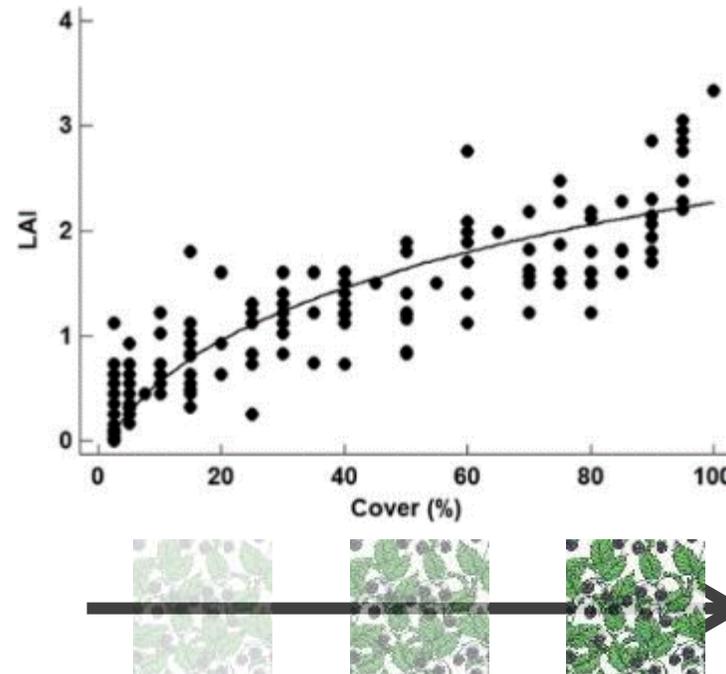
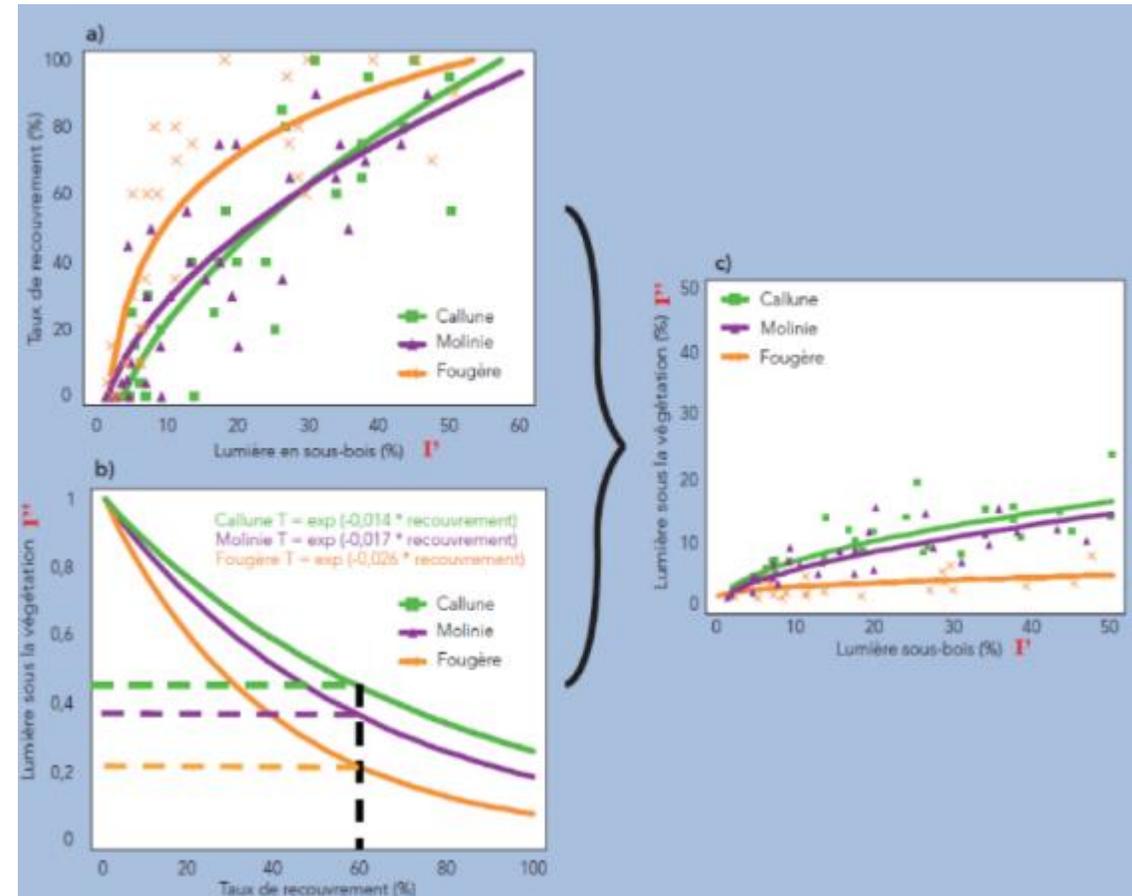
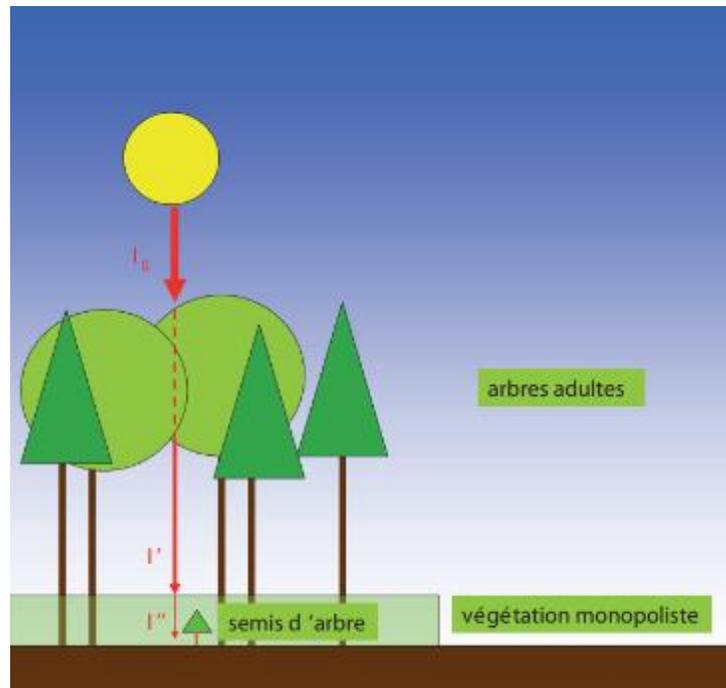


Figure 5 Transmitted light under bramble bushes relative to their LAI ($T = \exp(-1.457 \times \text{LAI})$; $R^2 = 0.80$; $P < 0.0001$).

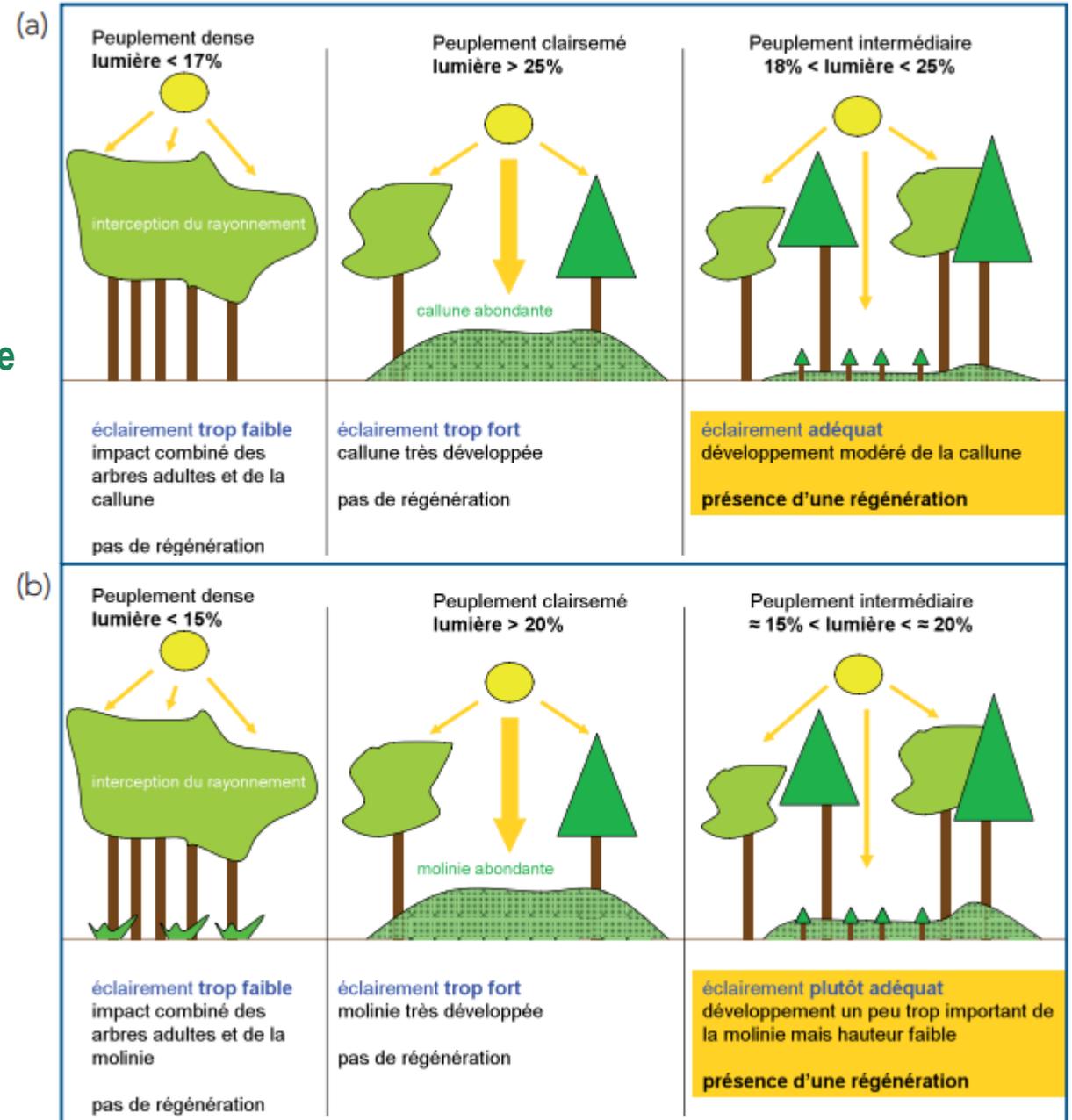
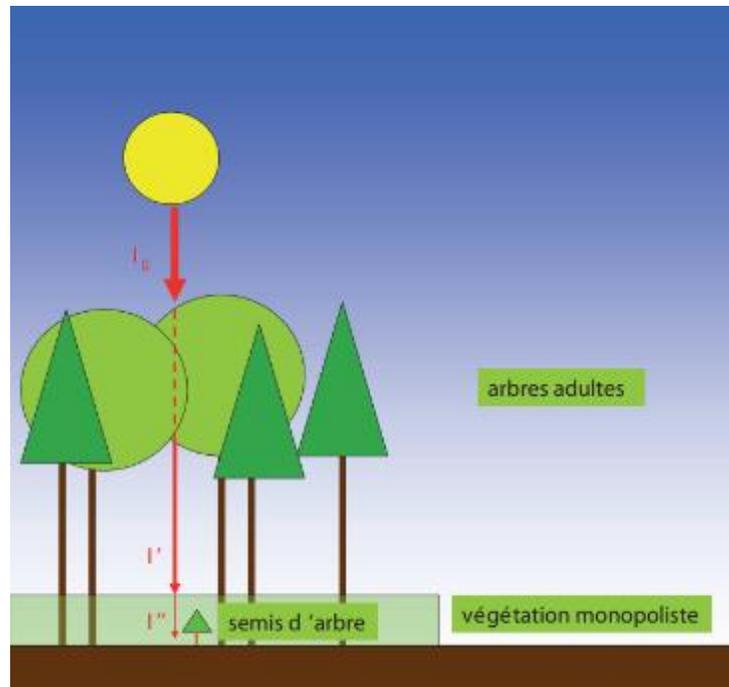
5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE

Prise en compte des strates basses pour la régénération – effet de la compétition interspécifique – des différences d'interception de la lumière selon l'espèce



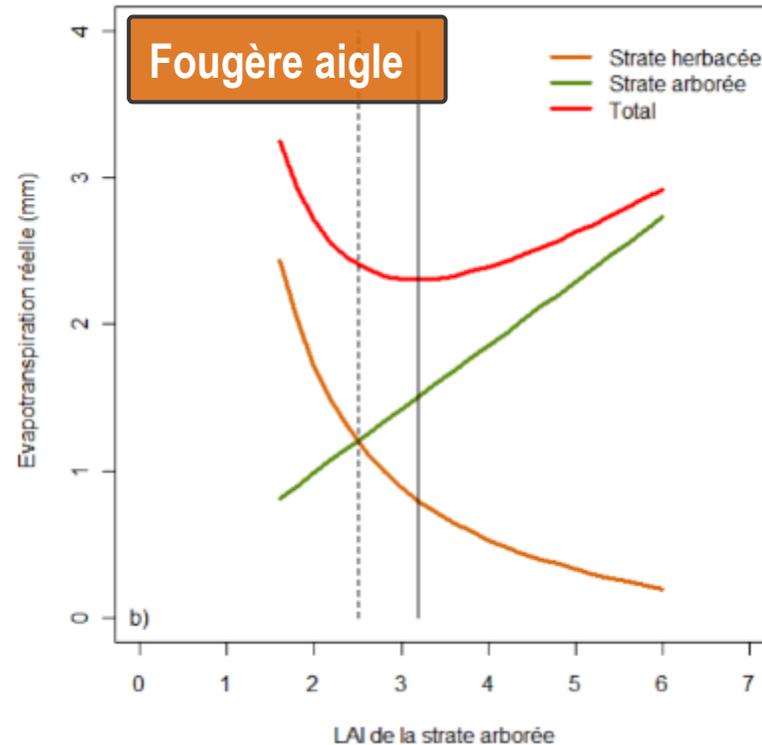
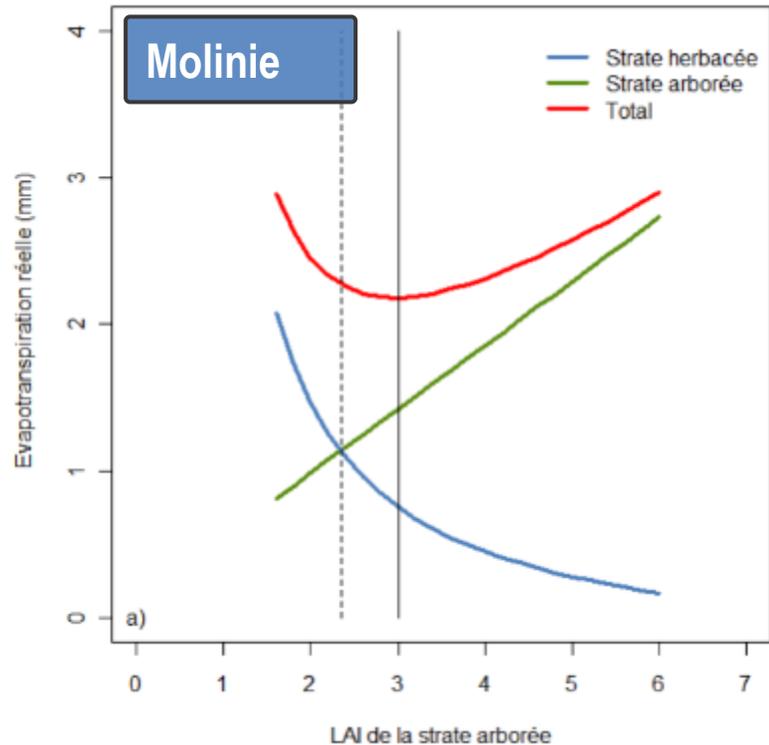
5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE

Illustration des conditions permettant ou non la régénération du pin sylvestre en présence de callune (a) ou de molinie (b)



5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE

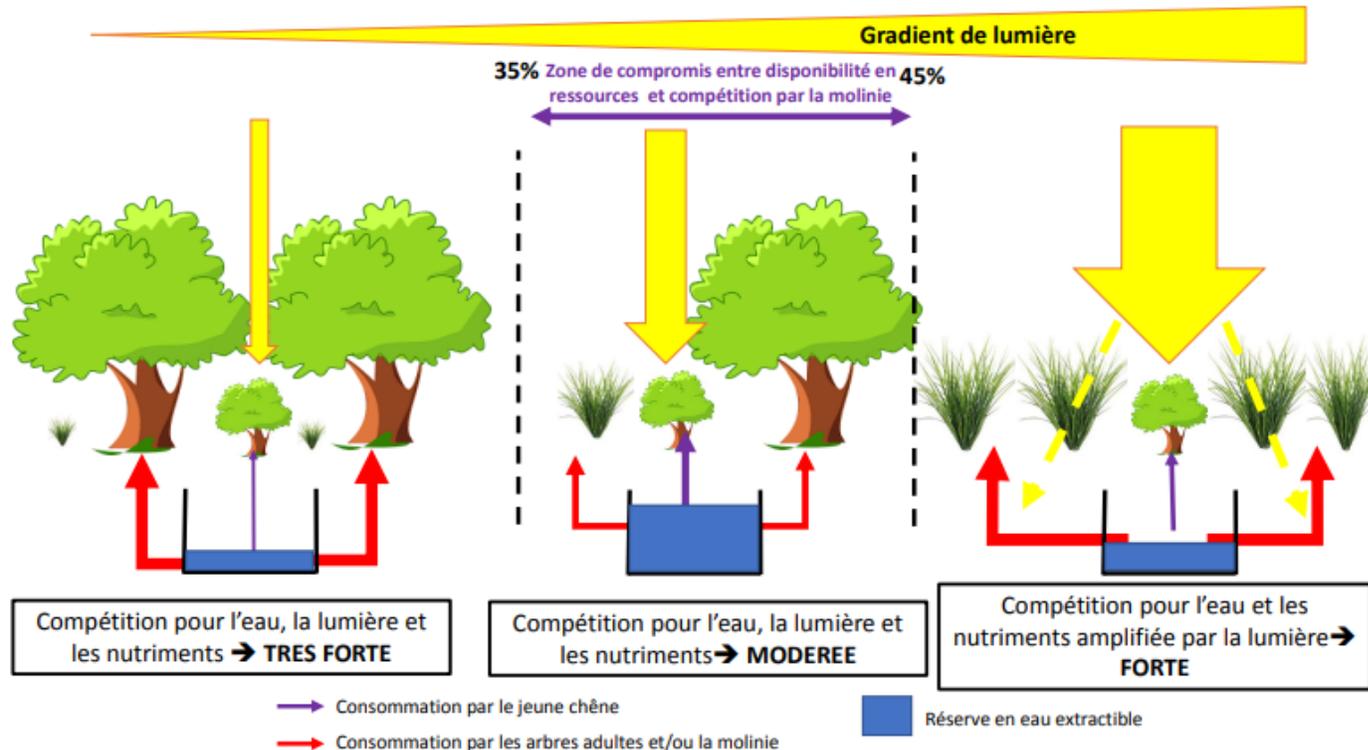
Point de compensation théorique (ligne verticale en pointillée) entre l'évapotranspiration la strate herbacée et la strate arborée, et l'évapotranspiration totale minimale théorique du peuplement (ligne verticale continue) selon le LAI de la strate arborée



Compétition intra- et interspécifique : un compromis croissance des arbres vs. croissance de la strate herbacée

5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE

Pour la régénération forestière, un compromis entre compétition pour la lumière et pour l'eau entre la strate arborée et la strate herbacée



En chênaie, 35% à 45% de transmittance correspond à environ 8 à 10 m²/ha de surface terrière.

5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE

Plantation : avantages

- Accélération de la mise en production, notamment s'il y a blocage de succession
- Choix d'espèces à plus forte valeur ajoutée
- Facilité d'entretien, de contrôle de la croissance



5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE

Plantation : inconvénients

- Microclimat défavorable
- Gestion de la végétation herbacée
- Antécédents cultureaux, propriétés du sol
- Coût



5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE – GESTION DES ANIMAUX

Animaux : nuisibles / favorables

- Impacts favorables des oiseaux, certains rongeurs, prédateurs
- Impacts défavorables des ongulés, petits rongeurs



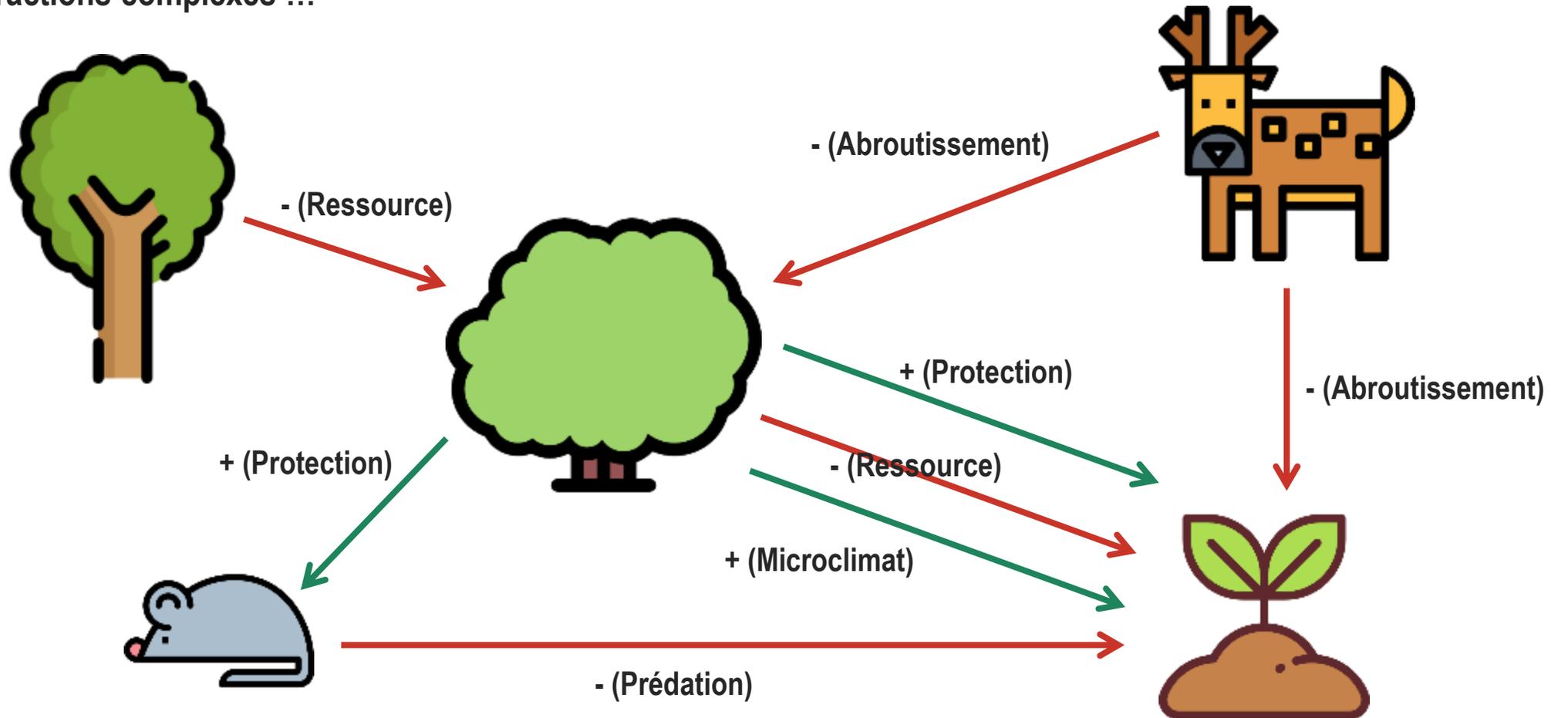
5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE – GESTION DES ANIMAUX

Une question très conflictuelle ...



5. LA RÉGÉNÉRATION FORESTIÈRE – GESTION DES ANIMAUX

Des interactions complexes ...

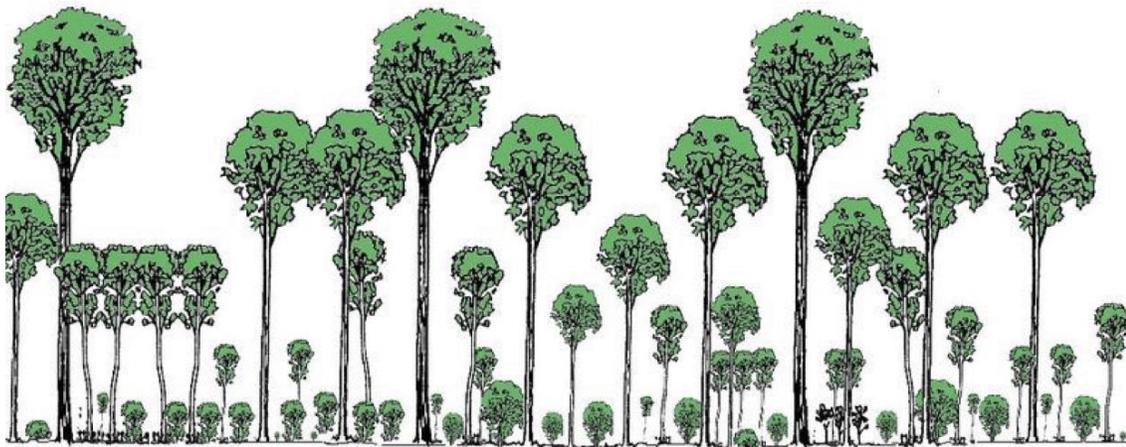


6. GRANDS TYPES DE CONDUITE DES PEUPELEMENTS

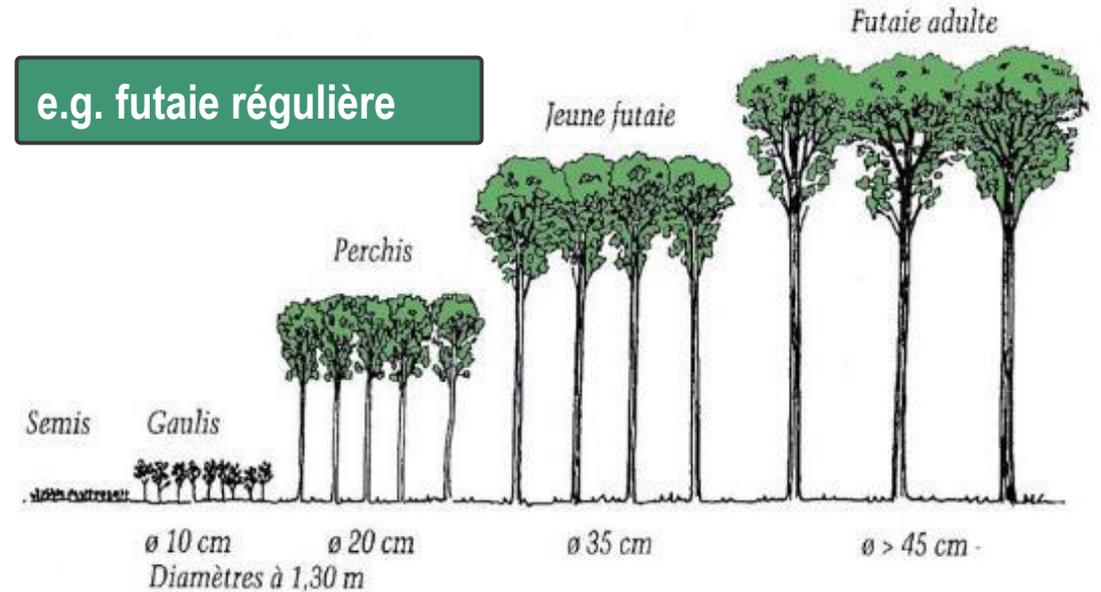
Le retour des définitions ... 

- **Futaie** : peuplement forestier composé d'arbres issus de semis ou de plants.

e.g. futaie irrégulière



e.g. futaie régulière



6. GRANDS TYPES DE CONDUITE DES PEUPELEMENTS

Le retour des définitions ... 

- Futaie irrégulière (comprenant la futaie jardinée) ou futaie à couvert continu – sylviculture proche de la nature.



6. GRANDS TYPES DE CONDUITE DES PEUPELEMENTS

Le retour des définitions ... 

- **Futaie** : généralement, objectif de valorisations « nobles » (menuiserie, ébénisterie, etc.).



6. GRANDS TYPES DE CONDUITE DES PEUPELEMENTS

Le retour des définitions ... 

- **Taillis** : peuplement forestier composé d'arbres issus de rejets de souche ou de drageons.



6. GRANDS TYPES DE CONDUITE DES PEUPLEMENTS

Le retour des définitions ... 

- **Taillis** : généralement, production de bois de chauffage et de biomasse.



6. GRANDS TYPES DE CONDUITE DES PEUPLEMENTS

Le retour des définitions ... 

- **Taillis à courte rotation (et à très courte rotation) TCR & TTCR** : production de biomasse.

