



Comment appréhender le renouvellement des peuplements dans le contexte actuel ?

Patrick LECHINE – Mai 2019

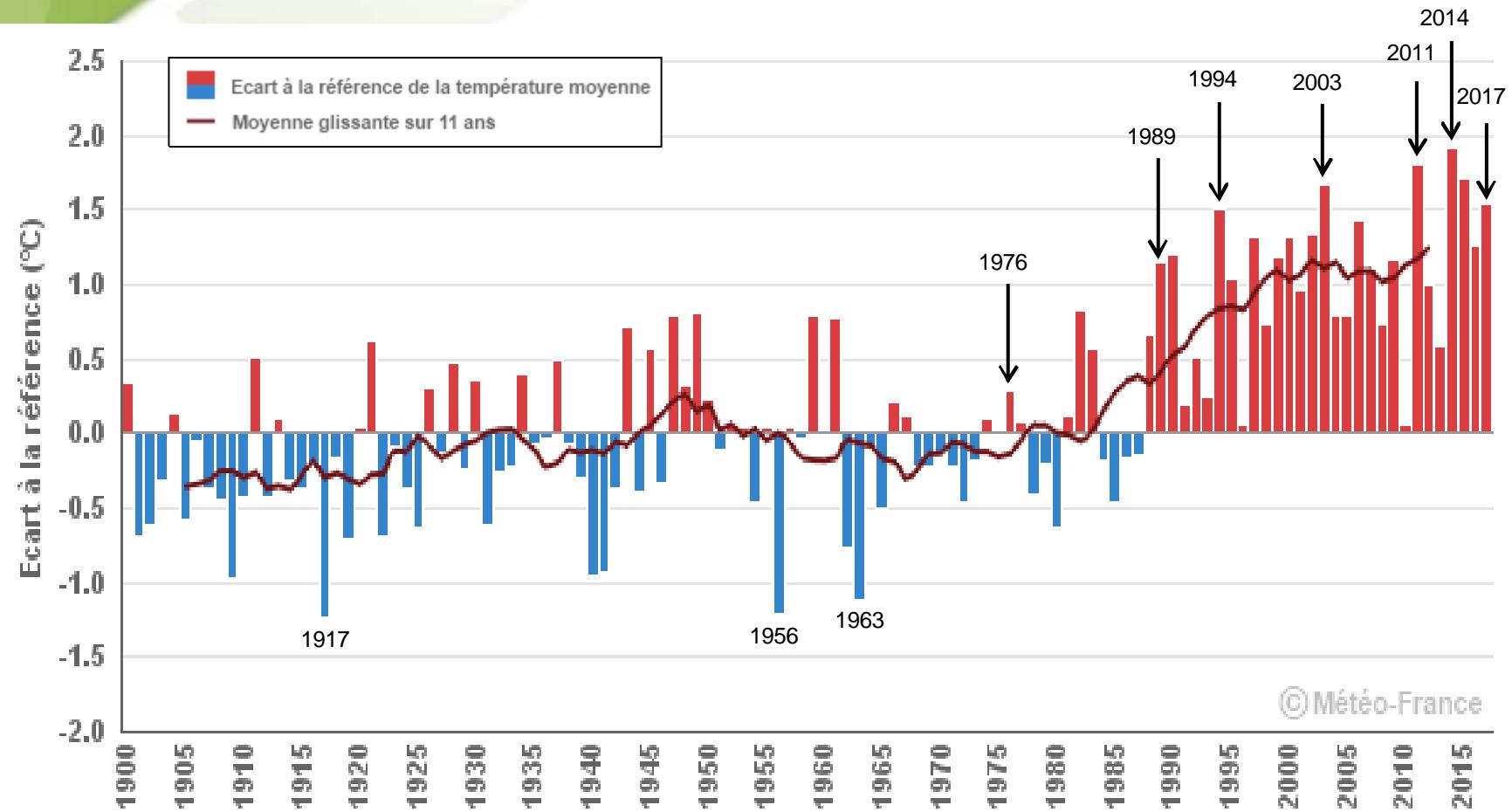


Introduction

Un réchauffement irrégulier, mais incontestable !!



En France, la période 1989 – 2017 compte 19 années parmi les plus chaudes depuis 1900



Evolution de la température moyenne en France sur la période 1900 – 2017 par rapport à la moyenne de référence 1961 – 1990 (<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>)



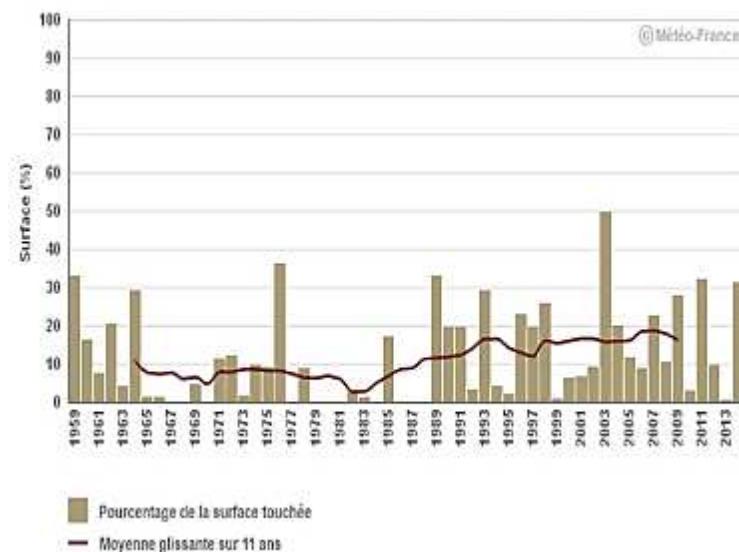
Evolution constatée du climat en Franche-Comté



Comprendre

Tout savoir sur la météo, le climat et Météo-France

- Hausse des températures moyennes en Franche-Comté d'environ 0,3°C par décennie sur la période 1959-2009
- Accentuation du réchauffement depuis les années 1980
- Réchauffement plus marqué en été
- Augmentation des précipitations sur la période 1959-2009
- Assèchement du sol et accentuation de l'intensité des sécheresses

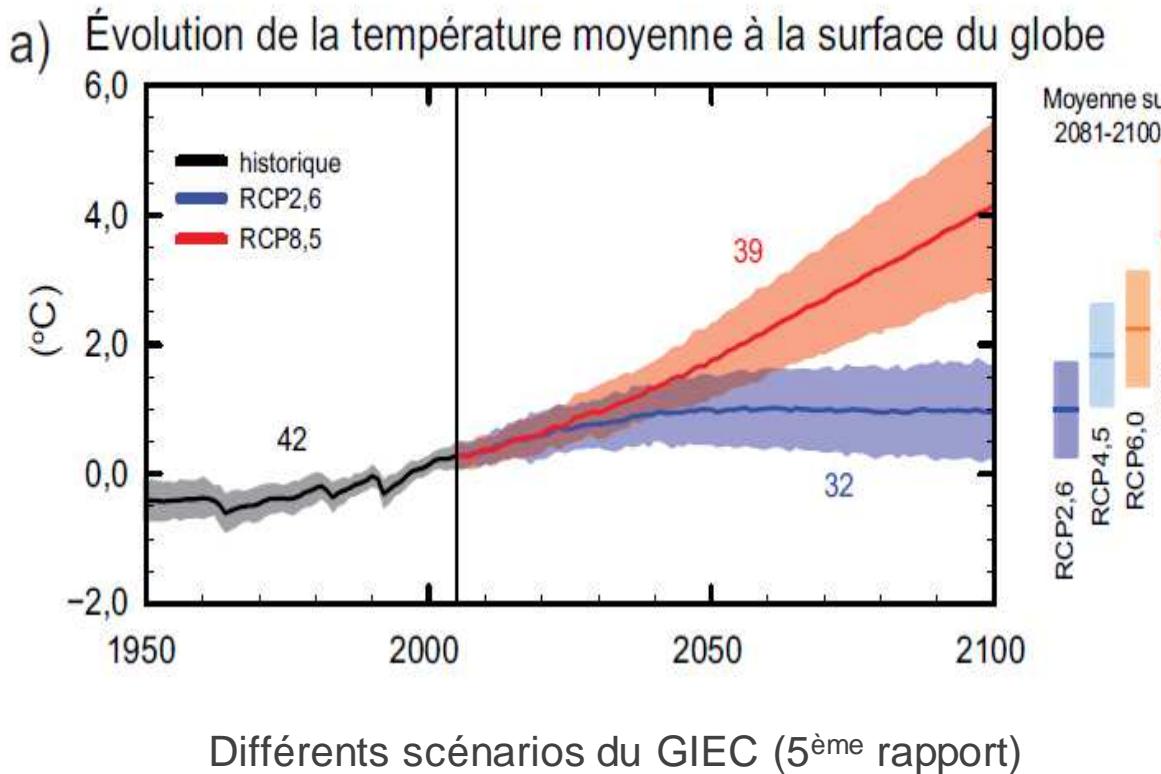


Perspectives d'évolution au 21°S.

Evaluer l'ampleur et la gravité des phénomènes :
un exercice difficile



Évolution du réchauffement global de la surface de la Terre



**Hors RCP2,6 : élévation probablement > 1,5° (RCP4,5)
ou 2° (RCP6,0 et 8,5) par rapport à 1950-2000
et le réchauffement se poursuit après 2100**

Source : GIEC 2013

Evolutions les plus probables/moyenne

1986-2005 :

**+1 à +4°C
en 2081-2100**

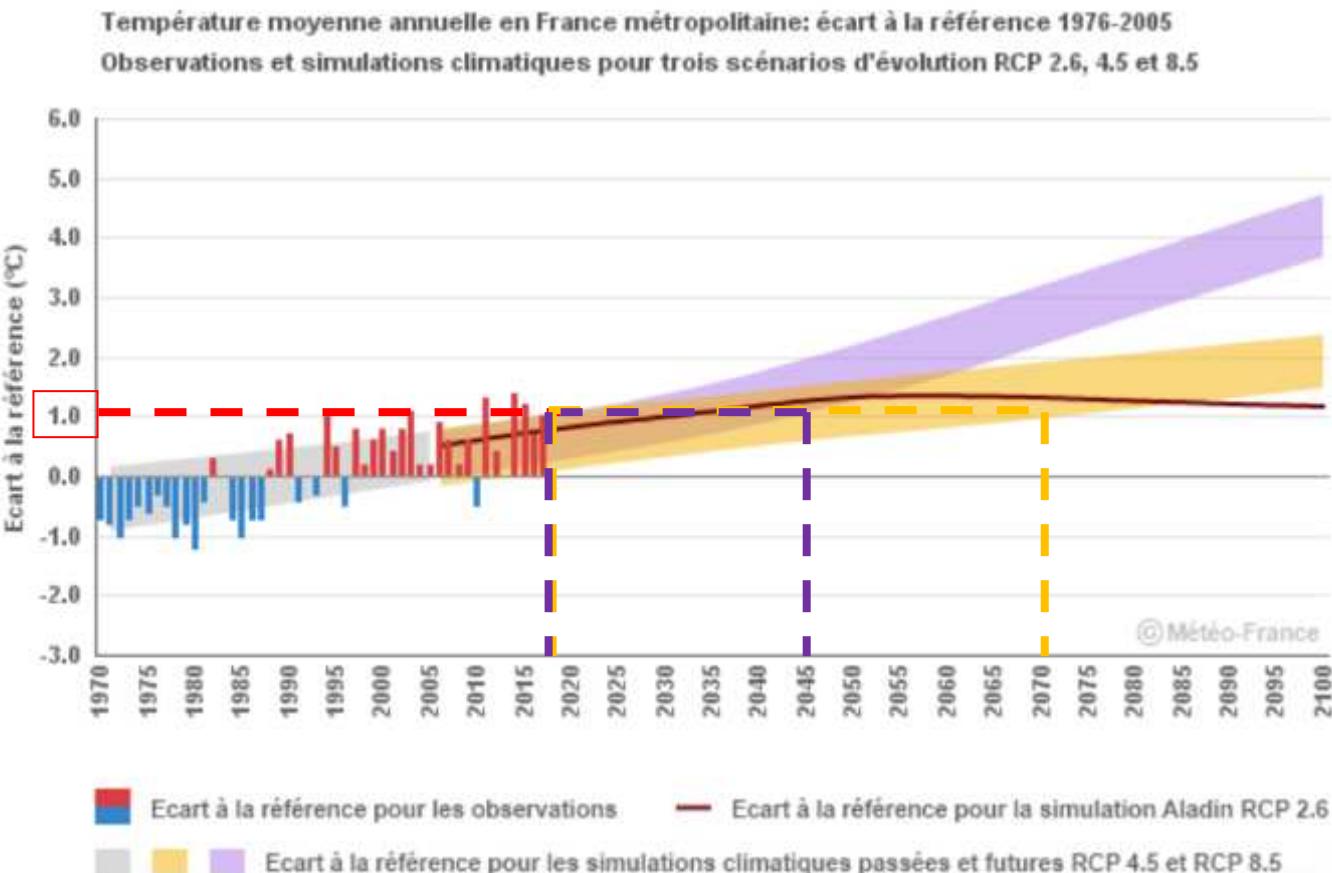
Fourchette large :
+0,3 à + 5,4°C

Peu d'écart sur la période 2016-2035 :
+0,3 à + 0,7°C

**Une hausse de 5°C d'ici 2100
« équivaut » à se déplacer de 10 mètres chaque jour vers le Sud (3 à 4 km/an) !!**

Données climatiques futures

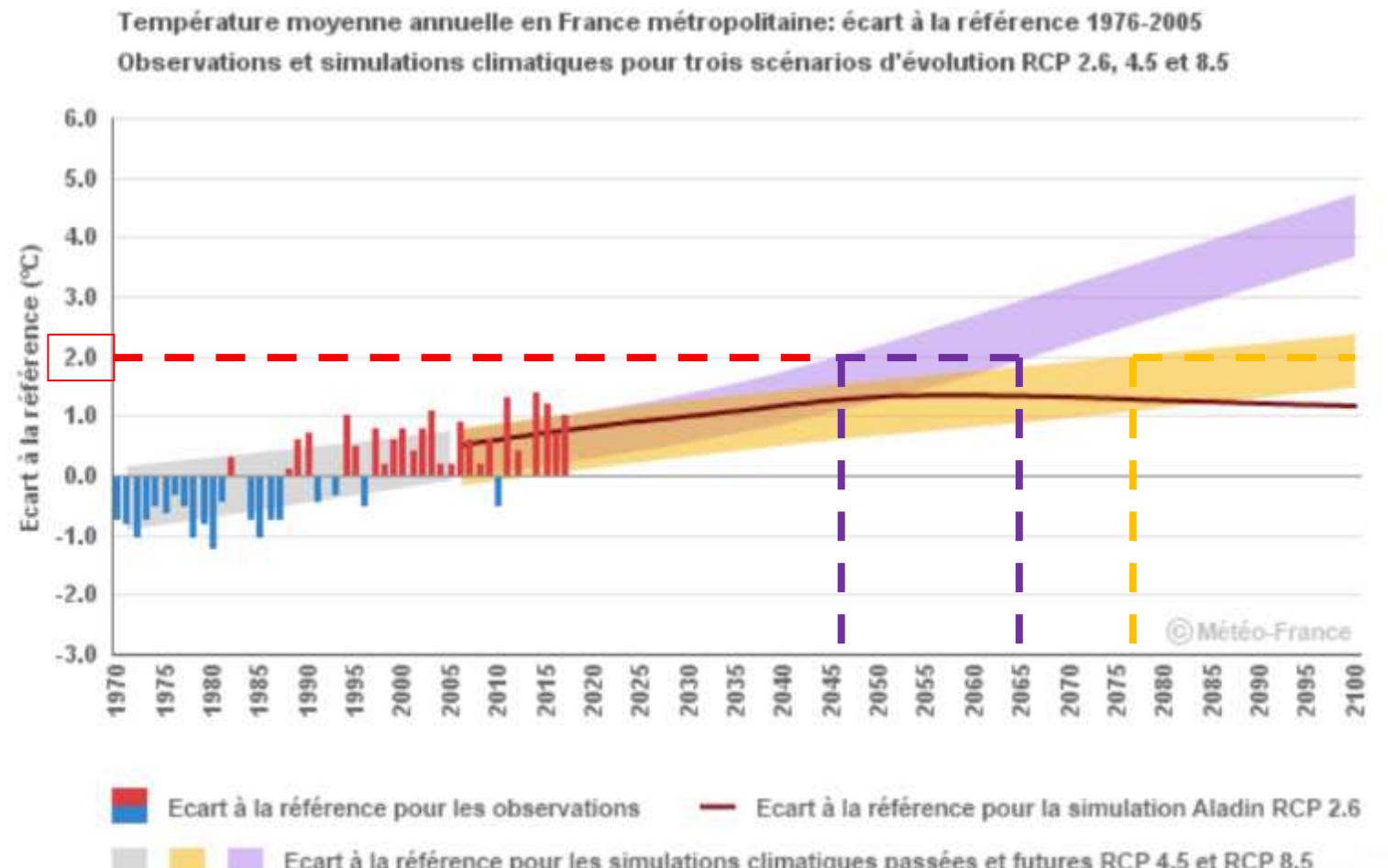
Variabilité entre scénarios pour un même modèle



<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>



Données climatiques futures



<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>



Tendance des évolutions du climat en Franche-Comté au XXI^{ème} siècle

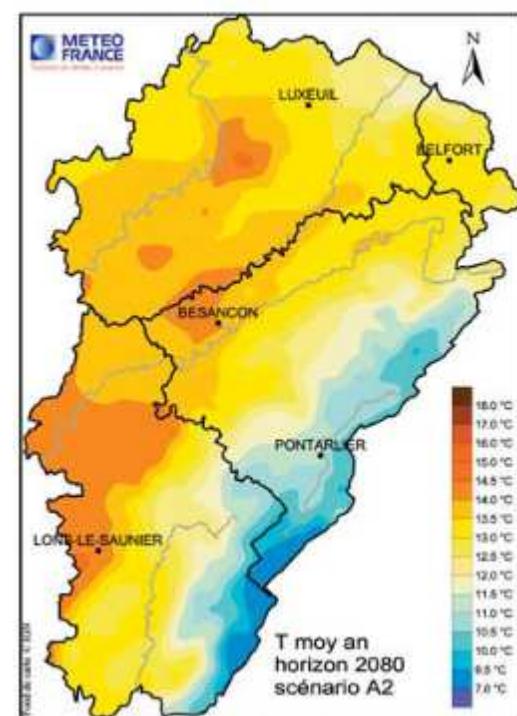
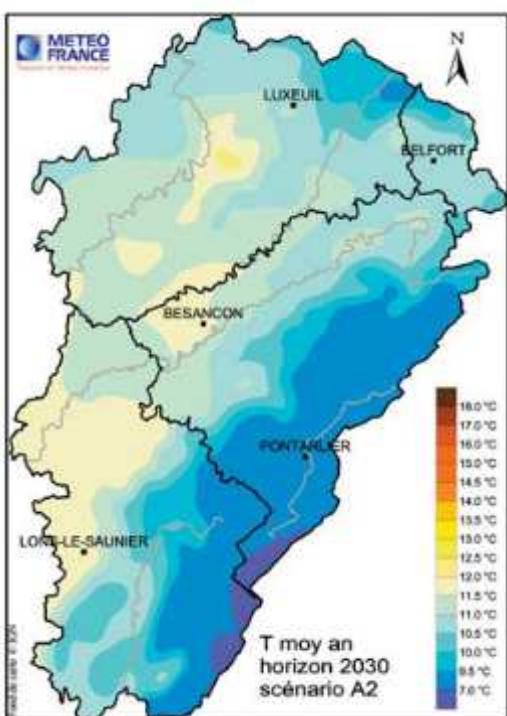
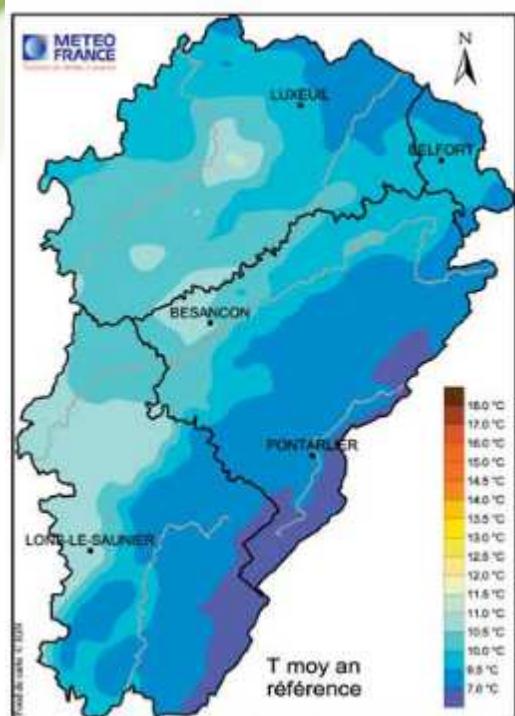


Comprendre
Tout savoir sur la météo, le climat et Météo-France

- Poursuite du réchauffement au cours du XXI^e siècle en Franche-Comté, quel que soit le scénario
- Selon le scénario sans politique climatique, le réchauffement pourrait atteindre 4°C à l'horizon 2071-2100 par rapport à la période 1976-2005
- Peu d'évolution des précipitations annuelles au XXI^e siècle
- Poursuite de la diminution du nombre de jours de gel et de l'augmentation du nombre de journées chaudes, quel que soit le scénario
- Assèchement des sols de plus en plus marqué au cours du XXI^e siècle en toute saison



Évolution de la température moyenne annuelle en Franche-Comté



Référence 1971-2000

2030 : > +1°C

2080 : +2 à +3,5°

Selon scénario A2 du GIEC (pessimiste ou réaliste ?),
l'été 2003 = été moyen en 2070 en France

Source : CESER de Franche-Comté - Météo France



Les conséquences en forêt

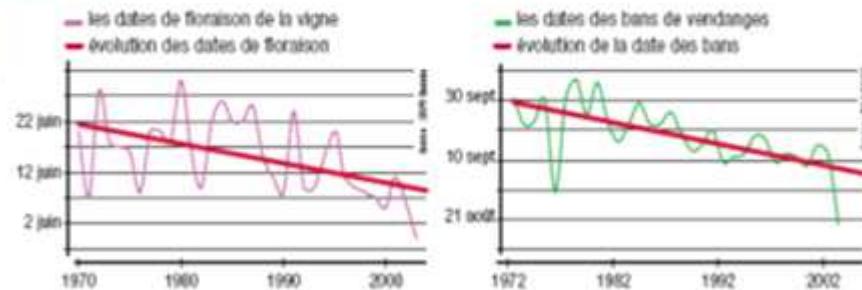
Le fonctionnement des
écosystèmes est déjà impacté



Phénologie modifiée, augmentation de la durée de la saison de végétation, changement de productivité des forêts



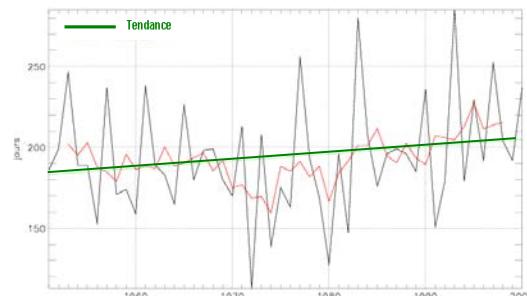
Depuis 1970, la date de floraison de la vigne s'est avancée de 12 jours en Côte-d'Or, et la date des vendanges de 23 jours.



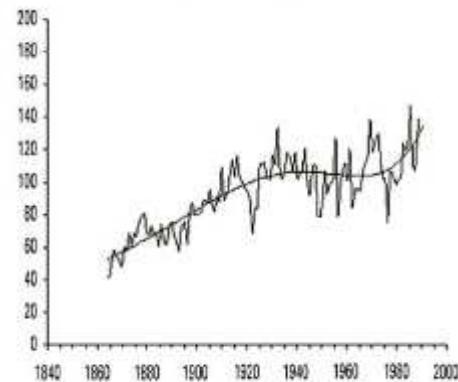
Source : Diaporama IDF / OREB 2005



Grâce à l'allongement de la saison de végétation, à l'augmentation du CO₂ et des dépôts azotés...



Aigoual (48) : +22 jours entre 1950 et 2000



Augmentation de la croissance de 1850 à 2000 pour le sapin dans le Jura (indice de croissance en %)

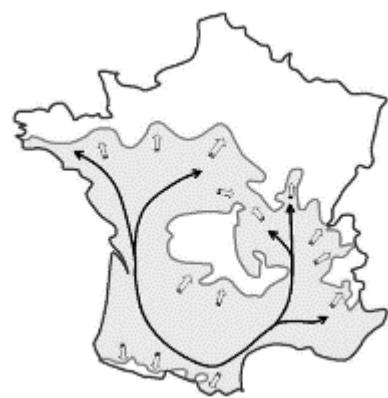
Source : INRA – Becker et al.



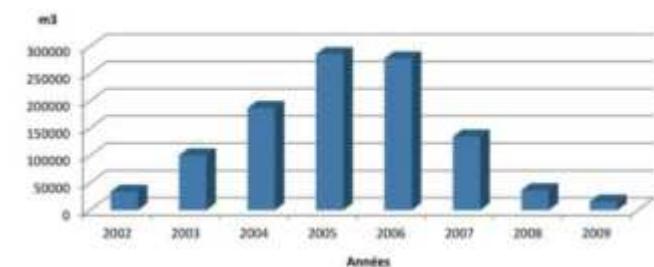
Accidents climatiques, modification des cycles des ravageurs, phénomènes de déprérissement,



Progression de certains ravageurs, crises sanitaires,



Processionnaire du pin
Source : Diaporama IDF / DSF-INRA



Plus grande sensibilité de certains peuplements,

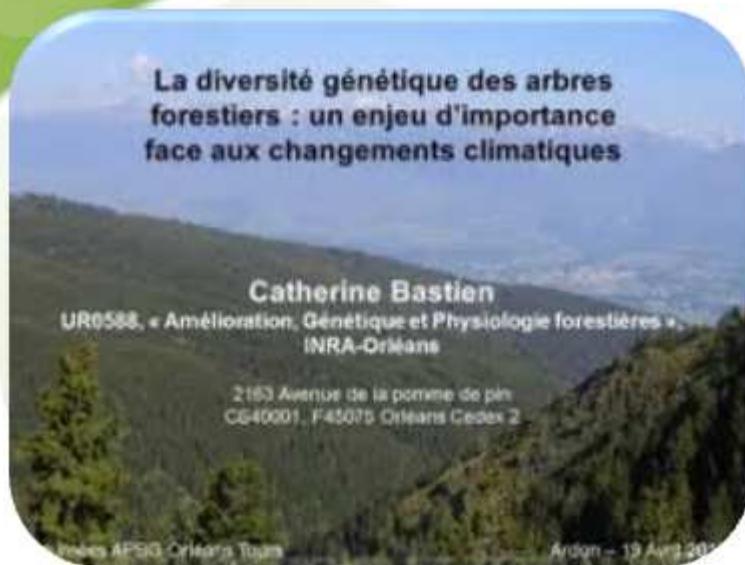


Monospécifiques,
denses et déstabilisés,
sans résilience en cas
d'incident majeur,
sapin guité...

**Risque financier si
récolte anticipée et
reconstitution par
plantation obligatoire**



Mais des inconnues



Conséquences sur la gestion



Anticiper, adopter le principe de précaution, rester souple et réactif



Participer de façon équilibrée à l'atténuation

Séquestration = 15%
des émissions



Stockage



Substitution

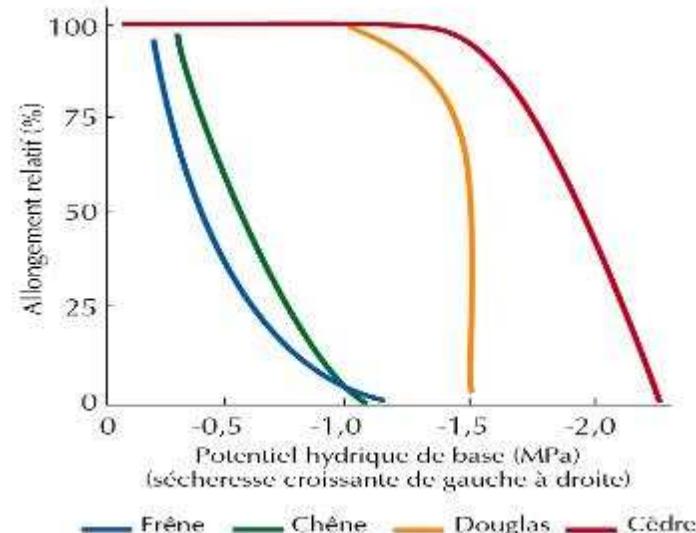
**Les 3 S
pour lutter
contre
l'effet de
serre dû au
CO₂**



Autécologie des essences forestières

Essence	Autécologie	Influence des facteurs		
		Température	Exposition	Sécheresse
Ailier, ormier	Collineen à montagnard : sols riches, basques à légèrement solides (ou solide pour le Cormier), sur matériau plus ou moins calcaire (A, terminal plus plastique associé au développement héliosensible), tolérance à la sécheresse moyenne.	=	=	=
Aubier glutineux	Mais collineen ; sols plus ou moins riches mais constamment alimentés en eau	=	=	--
Chêne	Collineen : préfère les sols riches en eaux mais tolérant à une altitude moyenne, sols secs à très non irrigués	=	-	-
Chêne pédonculé	Collineen jusqu'à la limite du montagnard : large amplitude, des sols riches en basse à haute, mais profonde et bien alimentés en eau (adapté à l'engorgement temporaire, mais craindra les sécheresses estivales)	=	=	--
Chêne sessile	Collineen jusqu'à la base du montagnard : très plastique avec optimum sur sols filtrants, épais, légèrement acides, tolérant à l'engorgement temporaire (pseudo-gelé)	=	=	-
Erable champêtre	Collineen : sols riches en basse et en haute, avec forte humidité	=	-	=
Erable planck	Collineen à montagnard ; sols riches en eaux et en haute, fraîche et bien venté, plus plastiques que E. sylvaticus	=	-	-
Erable sycomore	Collineen mais plutôt montagnard, climat frais à humide : atmosphérique élevée, résistant aux gelées tardives ; sols profonds, aérés, très et bien drainés	-	-	-
Frêne commun	Collineen à montagnard : sols riches en eaux à légèrement acides, fraîche et bien drainés, mais pas supports les sols secs en forêt ouverte (belle et vigueur réduites). Attiré par Chêne sessile qui compromet fortement son avancement dans la production	-	=	--
Hêtre	Collineen à montagnard : précipitations entre 600 et 800 mm et humidité atmosphérique qui décline ; assez large amplitude quant à la température et la nécessité d'un sol bien drainé pour permettre croissance hydro-morphe, tolérance aux coupes de sols et à la sécheresse estivale	--	-	--
Merisier, pommier, poirier	Collineen à montagnard : assez large amplitude, des sols riches en basse à légèrement acides, bien alimentés en eau mais non-hydro-morphes	=	-	-
Noyer com- mun, noir et hybride	Collineen : sols surtout légers, assez profonds, riches en eaux à légèrement acides, fraîche et bien drainés	=	-	-
Poupiers	Collineen en zone de vallée : sols riches en eaux à légèrement acides, profonds et bien drainés en eau en été mais sans risque permanent pénétration de la surface (> 40 cm)	=	-	--
Tilleul	Collineen à montagnard : sols assez riches en eaux à légèrement acides (1 à grande feuillue) et à forte floraison, supportant les sols compactés, très peu humides	=	=	=
Épicéa commun	Montagnard à en-bas, très résistant au froid, plastique mais craint les sols très en calcaires et les sols compacts, préfère l'humidité atmosphérique, très sensible à la sécheresse estivale	--	-	--
Pin sylvestre	Montagnard à en-bas, très résistant au froid, plastique mais craint les sols très en calcaires et les sols compacts, préfère l'humidité atmosphérique, très sensible à la sécheresse estivale	=	-	=
Sapin pectiné	Montagnard à en-bas, très résistant au froid, plastique mais craint les sols très en calcaires et les sols compacts, préfère l'humidité atmosphérique, très sensible à la sécheresse estivale	-	-	-
Cèdre de l'Atlas	Introduit à l'époque coloniale d'où il provient : sols sables ou compactés hydro-morphes dans sa partie calcaire, tolère les sols très drainés si la roche est fissurée, supporte les sols très sableux mais craint les sols gelés	++	-	=
Douglas	Introduit dans les étages collinaires et montagnards inférieurs : sols profonds et drainés, très et peu drap humides, supporte une forte pluviométrie incluse un adaptateur aussi bien les sols secs, résiste assez bien au froid	++	-	-
Mélèzes d'Europe et hybride	Introduit dans les étages collinaires et montagnards inférieurs : sols plastiques et montagnards inférieurs en eau (jouant le rôle de l'épaulement d'eau), ne tolérant pas les sols superficiels ou trop calcaires, s'effondrent le tout très rapidement sous pression tempérée	=	-	--
Pinealet de Corse et de Calabre	Introduit dans l'étage montagnard sous influence méditerranéenne : assez plastique avec sols carbonatés et hydro-morphes (surtout Pinus nigra) supportant les sols secs mais craignant le froid	+	-	=
Robinier	Introduit dans l'étage collinien : très plastique et très rustique au regard de son profond ou superficiel, donc peu pauvre...	=	=	=
Sapin de Norvège	Introduit dans l'étage collinien : très plastique au regard du sol peu superficiel, mais exigeant au froid et aux gelées (niches, nids-sabots) à la sécheresse	=	-	=

Des exigences pour chaque essence



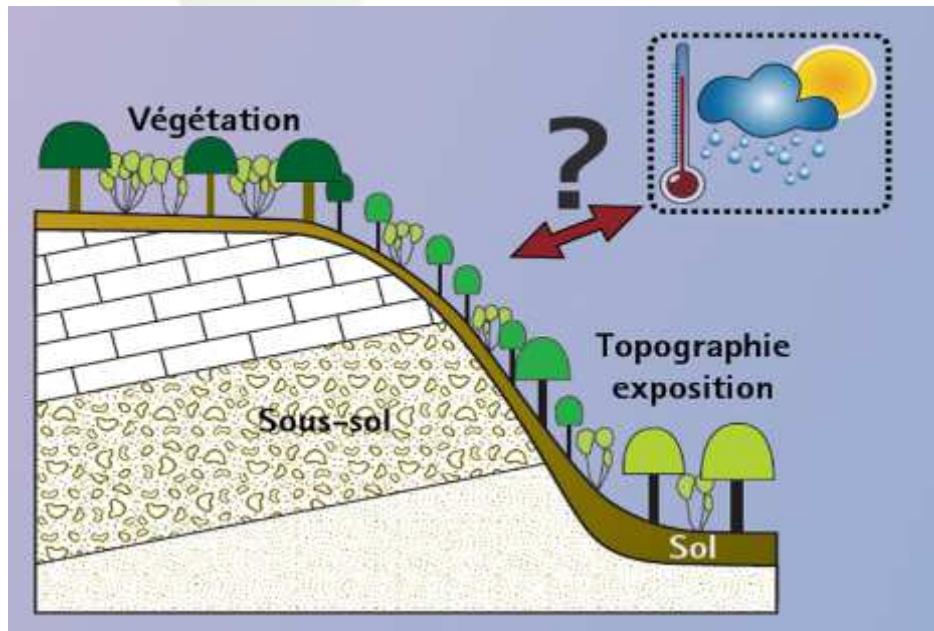
Effets de la sécheresse sur la croissance : certaines sont très sensibles (frêne, chêne pédonculé), d'autres résistent un certain temps mais s'effondrent brutalement (douglas), d'autres résistent mieux (cèdre)

Source : diaporama IDF / Aussenac, 1993



Analyse renforcée, adaptation des outils de diagnostic

Bilan climatique précis,
évaluation de la ressource en eau et de
ses perspectives d'évolution,
diagnostic stationnel prospectif,



Source : Gaudin, CRPF CA, 2008



Identification des zones à risque en fonction des essences

Tenir compte des différences et des exigences de chaque espèce



Etre attentif au choix des essences, mais sans céder à la panique



Adaptation de la gestion sylvicole / diagnostic

Adoption du principe de précaution, sans renoncer à produire du bois d'œuvre de qualité



**Economiser l'eau,
mettre en place une
gestion réversible,
capable de s'adapter
aux évolutions et aux
réactions des essences
forestières, préparer
l'avenir en maintenant
ou introduisant de
futurs porte-graines,
préserver les sols**

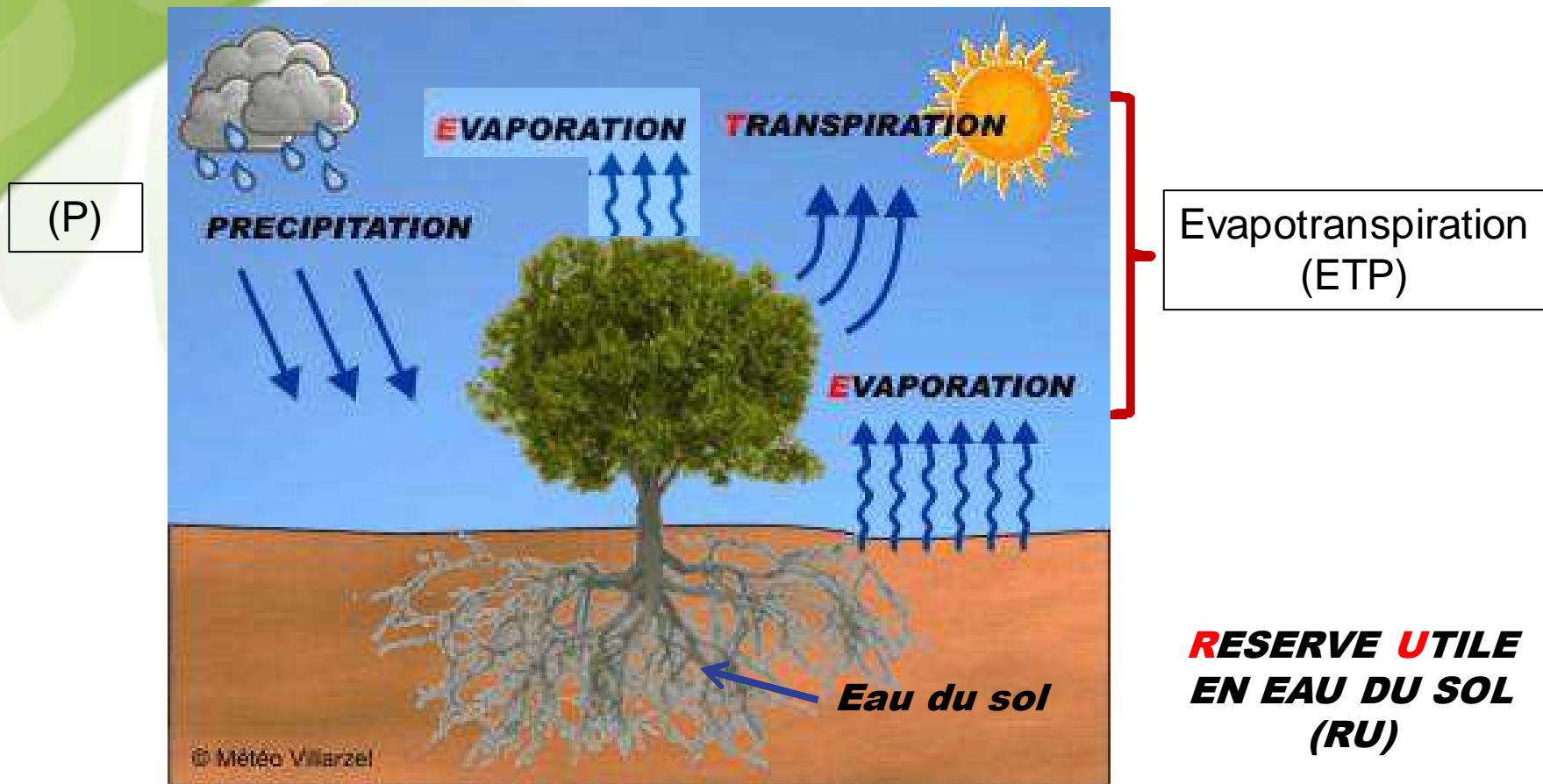


Les outils de diagnostic

Etudes PNR HJ, expertise des catalogues de stations et guides de choix d'essences, application Foreccast by Bioclimsol...



Le cycle de l'eau en forêt



Les arbres puisent dans le sol 5 à 7 litres d'eau/m²/jour sous le soleil d'été :

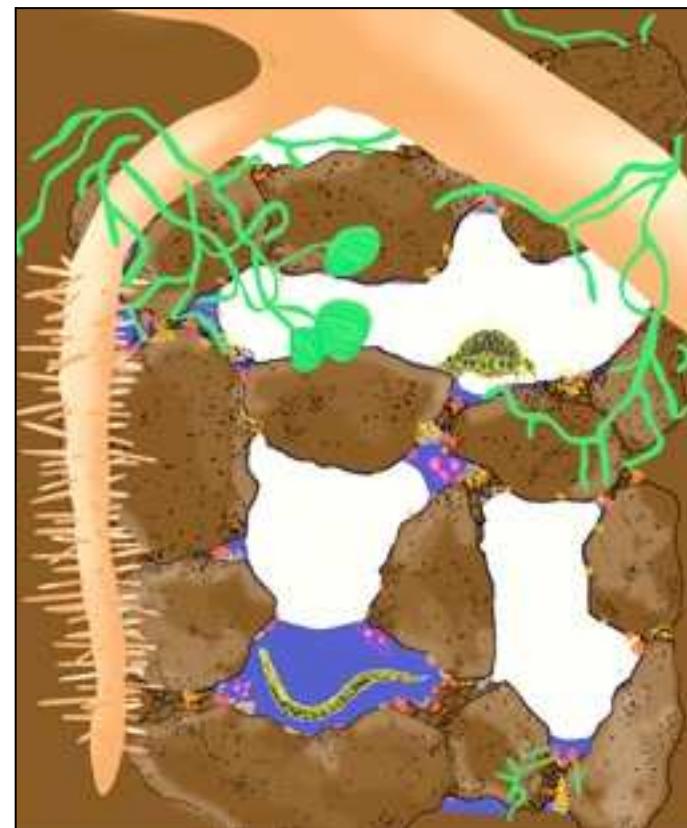
Avec des sécheresses plus fréquentes, longues, intenses = nécessité de connaître la quantité d'eau disponible dans les sols et le bilan hydrique

La réserve utile

Le sol est un réservoir d'eau alimenté par la pluie et asséché par l'évaporation en surface et l'absorption par les plantes (évapotranspiration)



La réserve est mesurée en
mm ou litre/m²

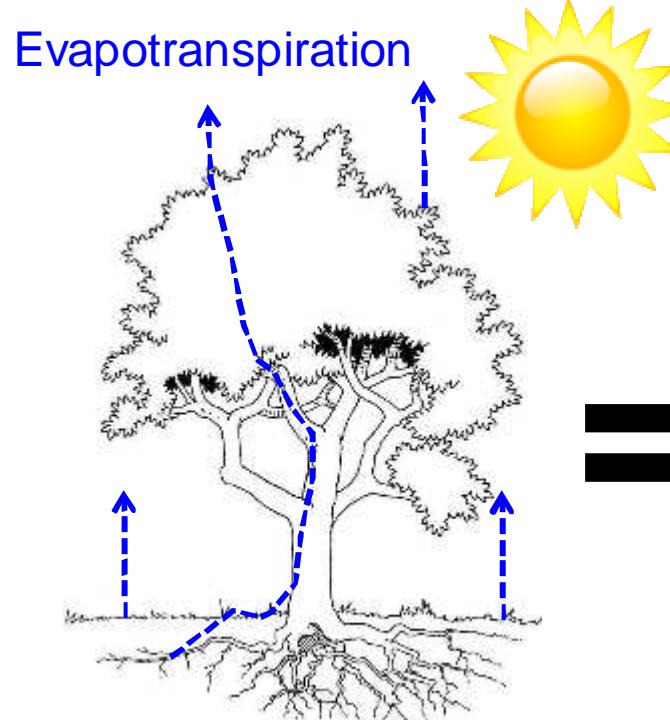


Déterminer le bilan hydrique

Précipitations



P



ETP

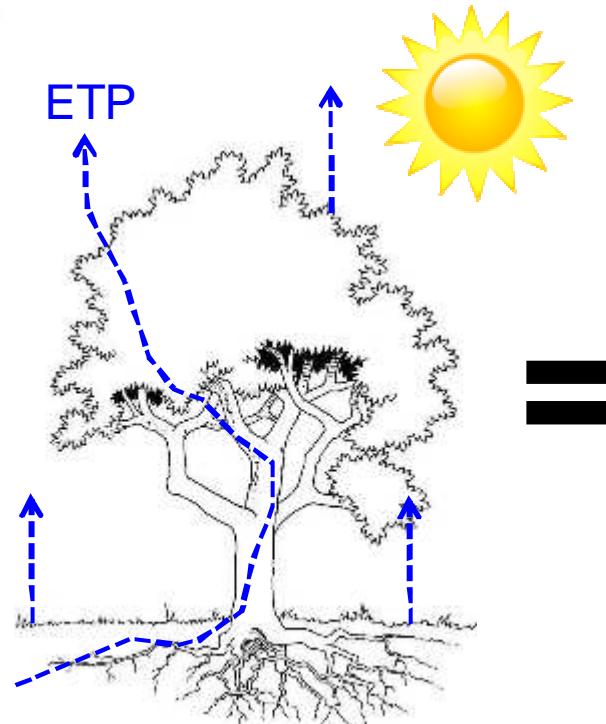
Bilan
hydrique

Bilan
hydrique

La fréquence des précipitations et l'importance de la réserve utile (RU)
déterminent la sensibilité au changement climatique



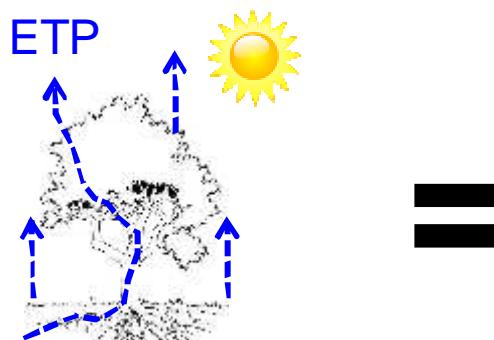
Déterminer la sensibilité au changement climatique



=



Forte sensibilité



=



Faible sensibilité





Programme LEADER 2007-2013

Etude de la vulnérabilité des forêts du territoire
du Parc Naturel Régional du Haut-Jura
vis-à-vis du changement climatique





La réserve en eau des sols forestiers du PNR du Haut-Jura sera-t-elle suffisante face au changement climatique ?

Éric LUCOT

J.-C. MONNET, M. BRIOT, chargés d'études



Le sol détermine la réserve utile

La réserve en eau varie en fonction de :

- l'épaisseur,
- la teneur en argiles,
- la teneur en matière organique,
- la quantité de cailloux (éléments grossiers).



Variabilité spatiale des sols

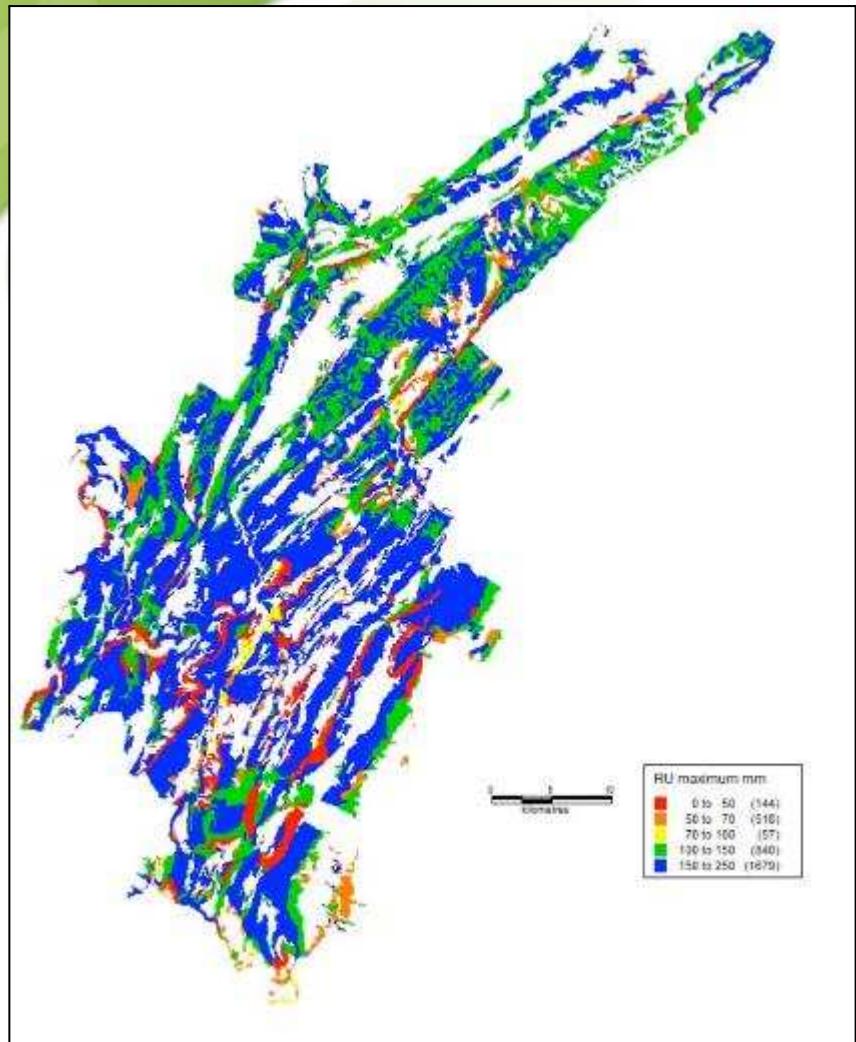
Où sont les zones sensibles aux sécheresses ?

Le laboratoire Chrono-Environnement de l'UFC a mis au point d'une méthode de cartographie adaptée aux sols du Haut-Jura



Briot *et al.* 2010

Cartographie des réserves utiles



Résultats :

Sur 90 % du territoire, il est possible de rencontrer des sols dont la RU est élevée (supérieure à 100 L/m^2)

Mais sur 10 % du territoire les sécheresses auront un impact généralisé et très important

Si épisode de sécheresse "type 2003" (ETP importante) :

- **après 10 jours**

=> Conséquences négatives sur les arbres est possibles sur 100 % du PNR,

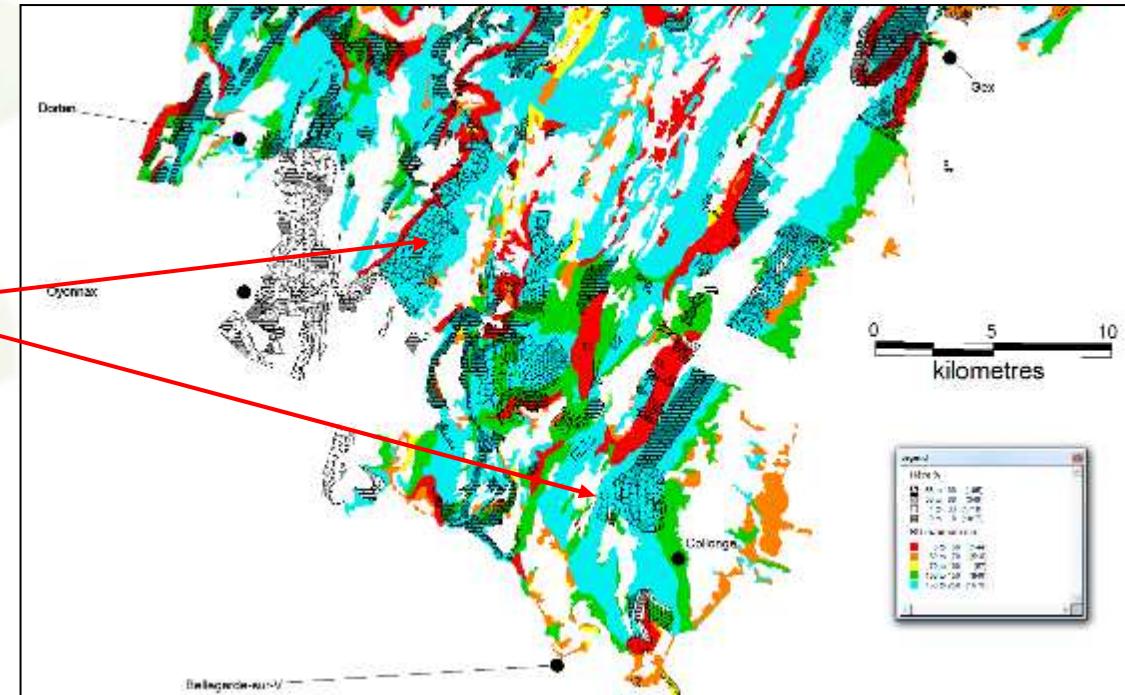
=> Présence d'arbres pouvant résister sur 90 % du PNR,

- **après 15 jours**

=> Présence d'arbres pouvant résister sur 40 % du PNR.

Utilisation des données par les gestionnaires

Superposition de l'abondance des espèces d'arbres dans les parcelles gérées par l'ONF et de la carte des RU

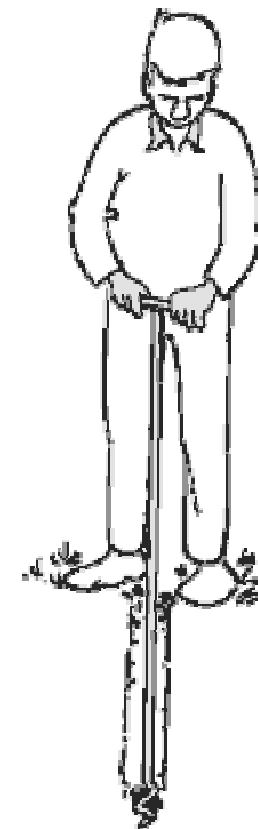
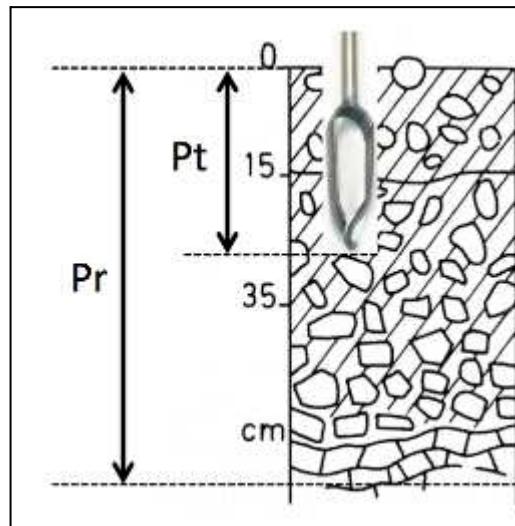


1. Détermination de la **sensibilité globale** au changement climatique d'après les cartes de la RU et zones climatiques
2. **Repérage de zones prioritaires** pour la réalisation du **diagnostic à l'échelle de la parcelle**

Applications pour les gestionnaires

Diagnostic de sensibilité par parcelle

Réalisation de sondages pédologiques pour un diagnostic de sensibilité par parcelle, en utilisant la clé de détermination de la RU



Un forestier soucieux de l'avenir de sa forêt ... !

Applications pour les gestionnaires

Détermination de la **sensibilité de la parcelle** en fonction de la RU totale du sol, la zone climatique et l'échéance, la capacité des espèces à coloniser le sol et à résister à un manque d'eau (si sol sec)

Critère	Indice de sensibilité			
	Fort	—	→ Faible	
RU totale du sol	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Bilan hydrique selon zone climatique, échéance ou sécheresse ponctuelle	Très défavorable	Défavorable	Favorable	Très favorable
Capacité d'enracinement	Épicéa	Hêtre	Hêtre/sapin*	Sapin
Adaptation à la sécheresse quand RU épuisée**	Épicéa	Hêtre	Sapin	
Type de peuplement		Monospécifique équienne	Futaie régulière mélangée	Futaie jardinée

* selon type d'éléments grossiers

** d'après la régulation stomatique et sensibilité à la cavitation



Programme Leader 2007–2013 « Haut-Jura : l'énergie du territoire »

Climatology

Daniel Joly

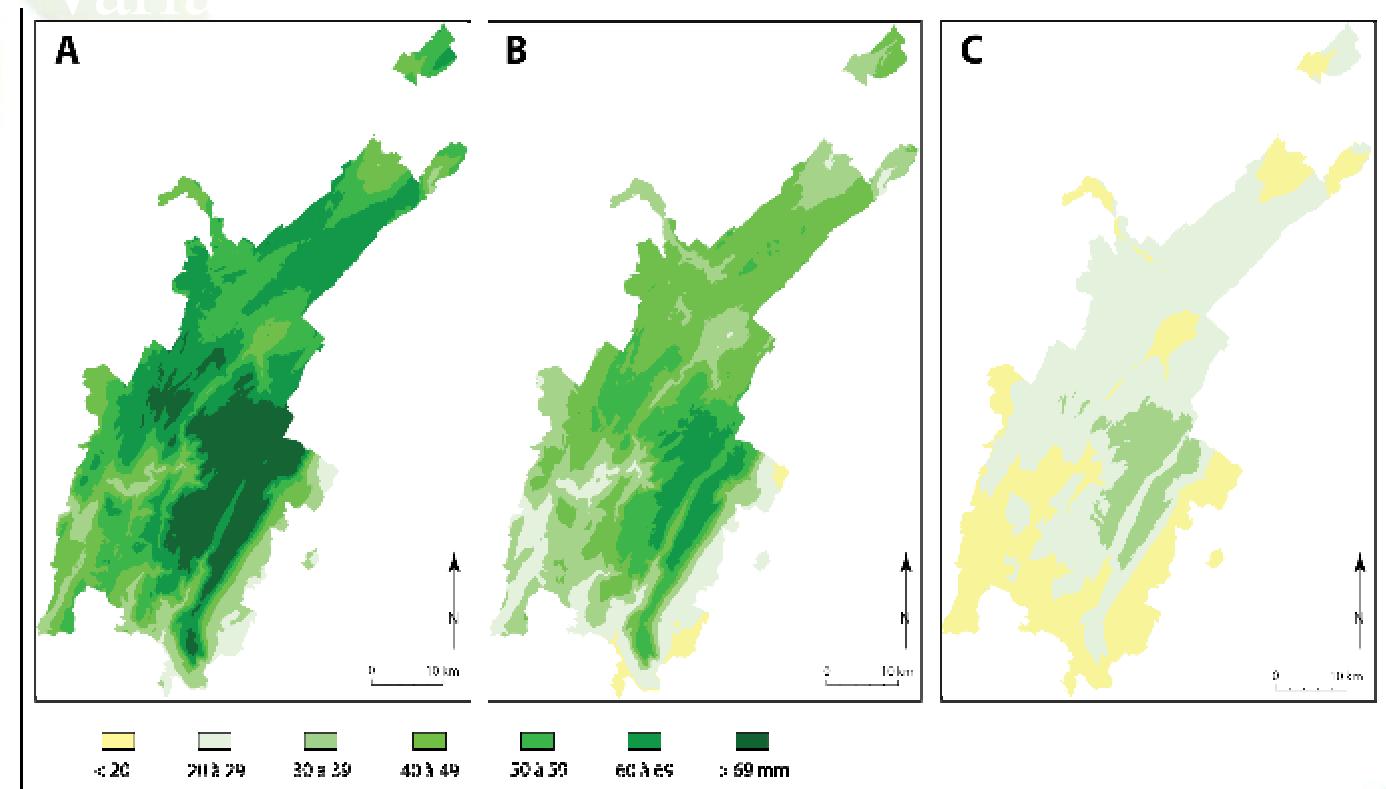


Les bilans hydriques aujourd’hui, demain et après demain

Les bilans P-ETP de juillet pour les trois normales :

- 1981-2010 (A) = référence
- 2021-2050 (B) = évolution faible en 2050
- 2071-2100 (C) = moins favorables en 2100

Pas de gros problème pour la forêt si les précipitations sont bien réparties tout au long de l’été



Croisement des bilans hydriques (mm) de juillet et des données RU

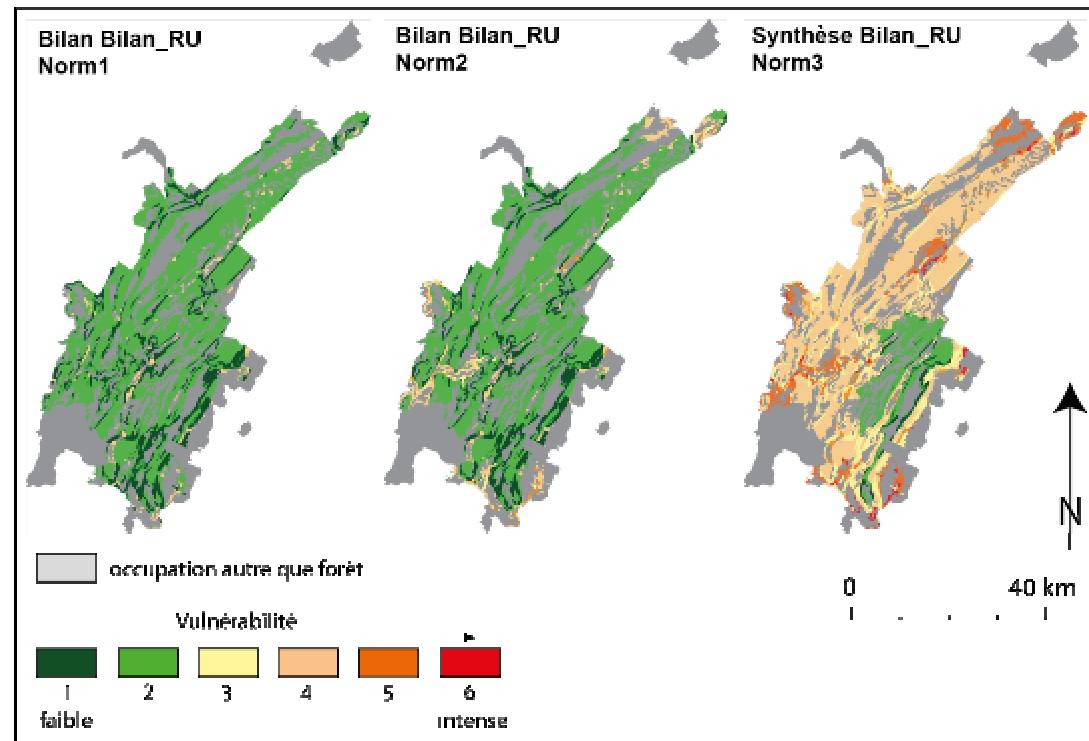
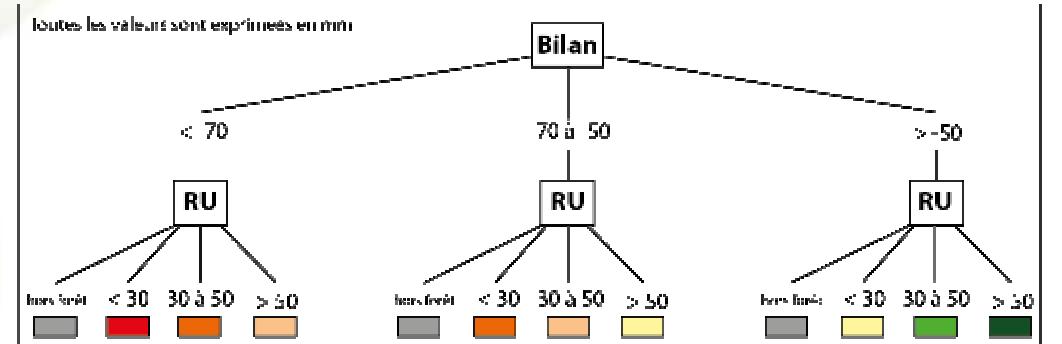
Pour les 5 années les plus déficitaires des trois normales :

- Situation assez satisfaisante jusqu'en 2050
- Absence de problèmes significatifs durant les années « moyennes »

Norm 1 : 1981 – 2010

Norm 2 : 2021 - 2050

Norm 3 : 2071 - 2100





Programme régional



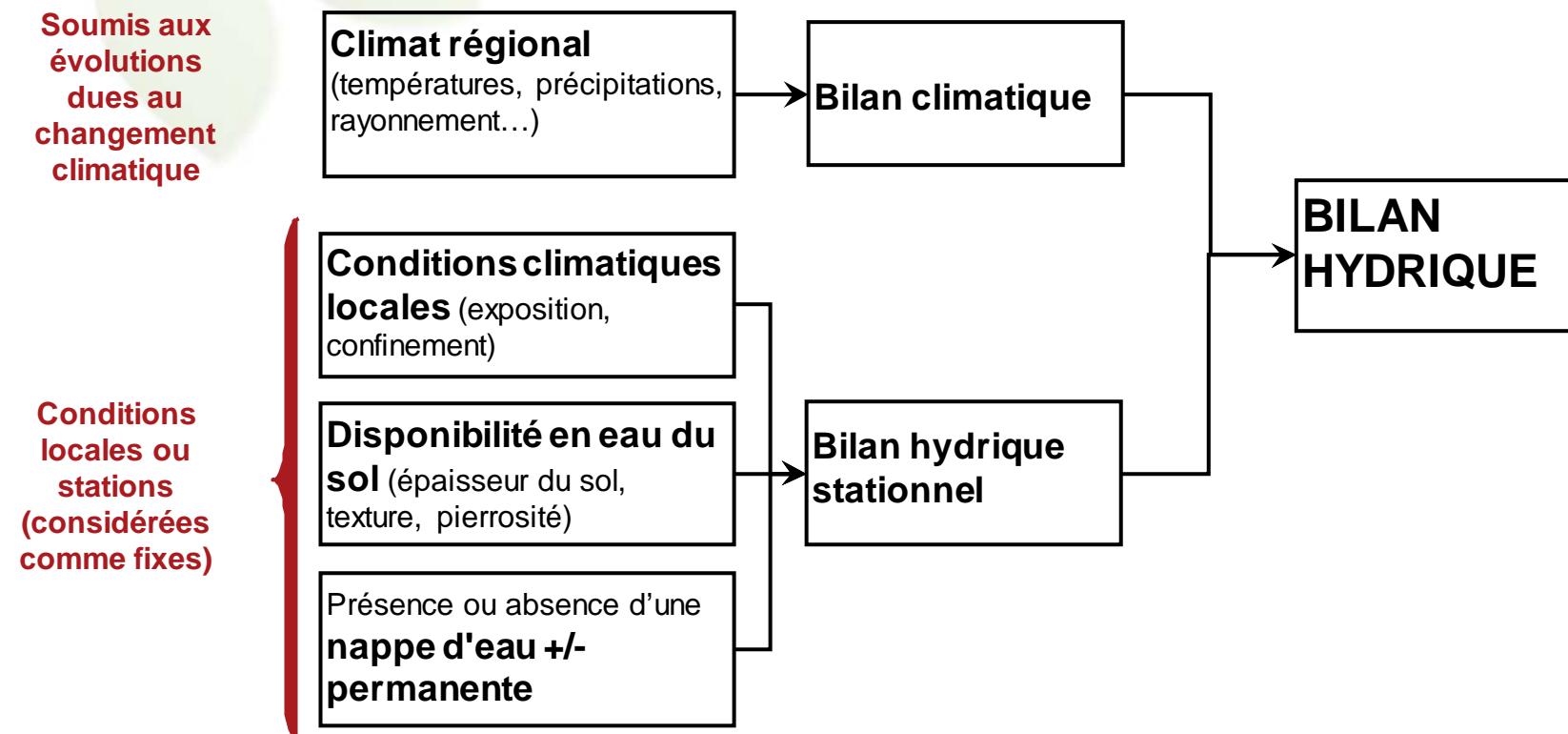
**Évaluation de la sensibilité
des forêts au changement climatique
et aux autres perturbations liées à la
mobilisation supplémentaire de bois**



Objectifs de l'étude

Réviser et enrichir les outils de diagnostics, dans une logique dynamique permettant d'ajuster les préconisations

Sensibilité des couples « stations / essences » aux changements climatiques
(527 stations, 87 % de la surface forestière couverte en FC)



Indice de bilan hydrique stationnel

Affection d'un gradient de note à chaque facteur influençant le bilan hydrique stationnel

Position topographique (code du facteur)	Note	Note sur formations perméables du contexte karstique
Haut de versant marqué (D.)	1	1
Bord de corniche (G.) ou crête (H.)	1	1
Versant (pente > 20%) (E.)	4	4
Plaine et plateau (A.)	4	4
Versant faible (< 20%) (B.)	4	4
Sans exposition topographique marquée (M.)	4	4
Replat de versant (C.)	7	4
Bas de versant marqué (F.)	7	4
Zone alluviale, plaine alluviale, situation de basse terrasse (L.)	7	7
Talweg (I.) ou Fond de vallon (J.)	9	9
Cuvette, dépression et fond de doline (K.)	10	10

Exposition (code du facteur)	Note
Exposition chaude (adret), sud-est à sud-ouest (a.)	0
Sans effet mésoclimatique marqué, nord-est à sud-est ou sud-ouest à nord-ouest (b.)	3
Exposition ou condition froide (ubac), nord-ouest à nord-est ou situation confinée (c.)	9

Présence d'eau dans le sol	Note
Précipitations uniquement (A.)	0
Nappe temporaire située entre 0 et 50 cm (B.)	2
Nappe temporaire située au-delà de 50 cm (C.)	8
Nappe permanente à dominance grisâtre sur plus de 90% de la surface observée) (D.)	20
Nappe circulante (E.)	20
Excès d'eau dans le sol (essences sensibles)	Note
Nappe à proximité de la surface	- 4
Nappe avec hydromorphie marquée entre 10 et 50 cm	- 2
Traces d'hydromorphie profondes au-delà de 50 cm ou hydromorphie peu marquée	0

Altitude (m)	Note
≤ 500 (a.)	1
] 500 ; 800] (b.)	5
] 800 ; 1100] (c.)	7
≥ 1100 (d.)	10

Réservoir utilisable maximum (mm)	Note
[0 ; 25 [(A.)	0
[25; 50[(B.)	1
[50 ; 75 [(C.)	3
[75 ; 100 [(D.)	5
[100 ; 150 [(E.)	8
[150; 200 [(F.)	12
≥ 200 (G.)	16

Indice de bilan hydrique stationnel

Chaque station obtient une note de « bilan hydrique »

Classes d'indice du bilan hydrique stationnel	Valeur d'indice du bilan hydrique stationnel	Nombre d'unités stationnelles concernées et %
Très défavorable	2 à 8	61 (12 %)
Défavorable	9 à 11	78 (15 %)
Assez favorable	12 à 18	196 (37 %)
Favorable	19 à 23	54 (10 %)
Très favorable	24 et + (maximum = 60)	138 (26 %)

Forêts à caractère thermophile



Forêts « humides »

Quelques exemples...	Topo	Expo	Alim.	Alt.	RUM	Note	Classe
Chênaie pubescente sous ensemble typique	1	0	0	1	0	2	Très Défavorable
Hêtraie-chênaie sessiliflore acidiphile (sol podzolique)	4	3	0	1	1	9	Défavorable
Chênaie-Hêtraie-Charmaie neutrophile à mésoneutrophile	4	3	2	1	5	15	Assez Favorable
Hêtraie-Sapinière neutrocalcicole d'ubac	4	9	0	7	1	21	Favorable
Aulnaie acidiphile à laîche allongée	10	3	20	1	3	37	Très Favorable



Essences et bilan hydrique

Classification des essences en fonction de leur tolérance à un déficit hydrique

Prise en compte des connaissances actuelles et des enjeux de production :

- Autécologie
- Références BioClimSol (valeurs déterminantes de P-ETP0608)
- Données biblio
- Observations comportement/stress



Adaptation facile si évolution

Groupe d'essences	Essences	Sensibilité bilan hydrique déficitaire
Groupe 1	Aulne glutineux ; Frênes commun & oxyphylle ; Orme Lisse ; Tremble ; Bouleau pubescent	Très sensible
Groupe 2	Epicéa ; Mélèze d'Europe	Très sensible
Groupe 3	Chêne pédonculé ; Merisier	Sensible
Groupe 4	Douglas (plant. France) ; Sapin ; Erable sycomore ; Hêtre ; Orme des montagnes ; Sorbier des oiseleurs ; Bouleau verrueux	Sensible
Groupe 5	Châtaignier ; Erable plane ; Tilleul à grandes feuilles ; Tilleul à petites feuilles ; Charme ?	Assez tolérante
Groupe 6	Chêne sessile ; Erable champêtre ; Pommier ; Poirier ; Alisiers torminal & blanc ; Orme champêtre ; Noyer noir	tolérante
Groupe 7	Chêne pubescent ; Cormier ; Pins noirs ; Pin sylvestre ; Erable à feuilles d'obier	Tolérante stress prononcé
Groupe 8	Essences méditerranéennes notamment Cèdre de l'Atlas	Très tolérante



Risque lié au changement climatique

Sensibilité des couples « essence / station »

Essai de croisement de l'indice de bilan hydrique stationnel et de la sensibilité des groupes d'essences

	Grp1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8 (Médit.)
Sensibilité à un bilan hydrique déficitaire	Très sensible	Très sensible	Sensible	Sensible	Peu sensible	Tolérante	Tolérante stress prononcé	Très tolérante
Très Défavorable	FORT	FORT	FORT	FORT	FORT	MOYEN	FAIBLE	FAIBLE
Défavorable	FORT	FORT	FORT	FORT	MOYEN	FAIBLE	FAIBLE	FAIBLE
Assez Favorable	FORT	MOYEN	MOYEN	MOYEN	MOYEN	FAIBLE	FAIBLE	FAIBLE
Favorable	MOYEN	MOYEN	FAIBLE	FAIBLE	FAIBLE	FAIBLE	-	-
Très Favorable	FAIBLE	FAIBLE	FAIBLE	FAIBLE	FAIBLE	FAIBLE	-	-



Bilan hydrique des stations par région naturelle

Bilan hydrique stationnel

Plateaux calcaires de haute-Saône et Avants Monts occidentaux

Catalogue des stations	Guide simplifié	Station type du Catalogue			
		n° du Guide	classe de bilan hydrique (BH)	BH	RU racine
Numéro de la station et intitulé du catalogue					
10 - Chênaie pubescente sous ensemble à charme - variante	1	Très défavorable	2	16	
10 - Chênaie pubescente	1	Très défavorable	3	32	
11- Chênaie sessiliflore-hêtraie-(charmaie) thermoxérophile sur calcaire	3	Très défavorable	3	28	
1- Chênaie sessiliflore-charmaie xérophile sur sol très superficiel sur calcaire	3	Très défavorable	5	18	
15- Chênaie sessiliflore-hêtraie-charmaie xérocline de versant mésotherme sur sol superficiel sur calcaire	3	Très défavorable	6	26	
2- Hêtraie-chênaie sessiliflore-charmaie xérocline sur sol assez superficiel sur calcaire	4	Très défavorable	8	24	
3- Hêtraie-chênaie sessiliflore-charmaie mésophile sur sol moyennement profond sur calcaire	4	Défavorable	9	39	
11b - Hêtraie-chênaie sessiliflore-charmaie thermoxérocline sur sol modérément profond sur calcaire	4	Défavorable	9	35	
16 - Hêtraie-chênaie sessiliflore-charmaie mésophile de versant mésotherme sur sol assez profond sur calcaire	5	Défavorable	9	29	
9 - Chênaie-boulaie très acidiphile, à leucobryum, sur limon à chailles, sur sol podzolique	9	Défavorable	10	98	
20 - Hêtraie-chênaie-charmaie mésoacidiphile à acidiphile sur limons à chailles	8	Défavorable	10	87	
4- Hêtraie-chênaie sessiliflore-charmaie mésophile sur sol profond sur calcaire	5	Défavorable	11	70	
5 - Chênaie mixte-(hêtraie)-charmaie mésohygrocline sur sol argileux hydromorphe issu de marne	6	Défavorable	11	41	
7 - Hêtraie-chênaie sessiliflore-(charmaie) mésoacidiphile à acidiphile sur limon à chailles	8	Défavorable	11	54	
17 - Hêtraie-chênaie-charmaie calcicole à calcicole sur marne peu altérée	4	Défavorable	11	52	
18 - Hêtraie-chênaie-charmaie neutrophile à mésoneutrophile sur marne altérée	5	Défavorable	11	42	
19 - Hêtraie-chênaie-charmaie mésoneutrophile à acidiphile sur versant limoneux	7	Défavorable	11	71	
5 - Chênaie mixte-(hêtraie)-charmaie mésohygrocline sur sol argileux hydromorphe issu de marne (bis)	6	Assez favorable	13	59	
6 - Hêtraie-chênaie sessiliflore-charmaie mésoneutrophile à acidiphile sur limon Pseudogley à 30 cm	7	Assez favorable	13	58	
6 - Hêtraie-chênaie sessiliflore-charmaie mésoneutrophile à acidiphile sur limon (bis) Pseudogley 35 à 45 cm.	7	Assez favorable	13	60	
12 - Erablaie-tillaie hygroscaphile, à scolopendre, sur éboulis grossier	2	Assez favorable	14	25	
12 - Erablaie-tillaie hygroscaphile, à scolopendre, sur éboulis grossier (bis)	2	Assez favorable	14	17	
13 - Chênaie-charmaie-tillaie-érablaie hygroscaphile à scolopendre	10	Assez favorable	15	29	
14 - Hêtraie-chênaie sessiliflore-charmaie légèrement hygroscaphile sur versant d'ubac	5	Assez favorable	15	38	
8 - Hêtraie-chênaie sessiliflore très acidiphile, à leucobryum, sur limon à chailles	9	Assez favorable	16	65	
23 - Chênaie pédonculée-charmaie mésohygrocline de fond de vallon sur sols hydromorphes	11	Assez favorable	18	68	
22 - Chênaie-(hêtraie)-charmaie de dépression karstique (dolines, vallons secs) sur matériaux colluviaux drainés	10	Favorable	19	89	
21 - Hêtraie-chênaie-charmaie de bas de versant, sur matériaux colluviaux	5 - 7	Favorable	21	92	
26 - Aulnaie hygrophile	13	Très favorable	31	46	
25 - Aulnaie-frênaie mésohygrophile sur gley oxydé	12	Très favorable	34	47	
24 - Chênaie pédonculée-frênaie hygrocline sur sols alluviaux colluviaux à nappe profonde	11	Très favorable	38	84	



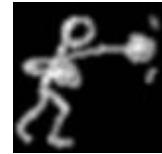
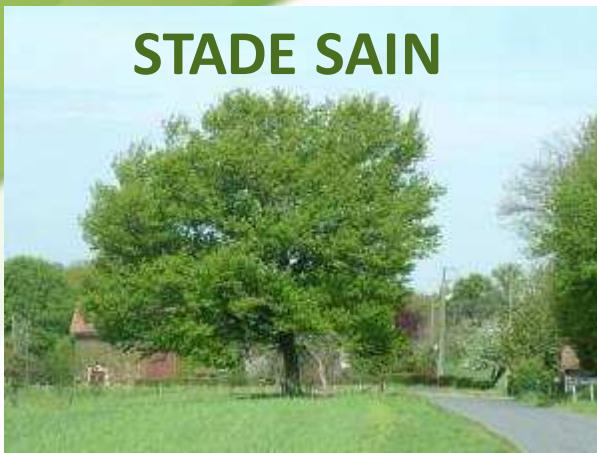


BioClimSol



THEORIE du BOXEUR

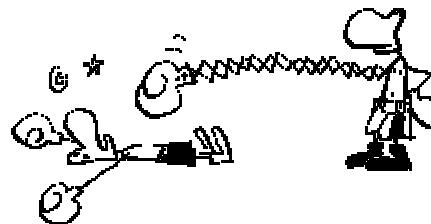
STADE SAIN



STADE STRESSE



STADE IRREVERSIBLE



STADE RESILIENT

FAIM en CARBONE ou MANQUE
d'EAU ?



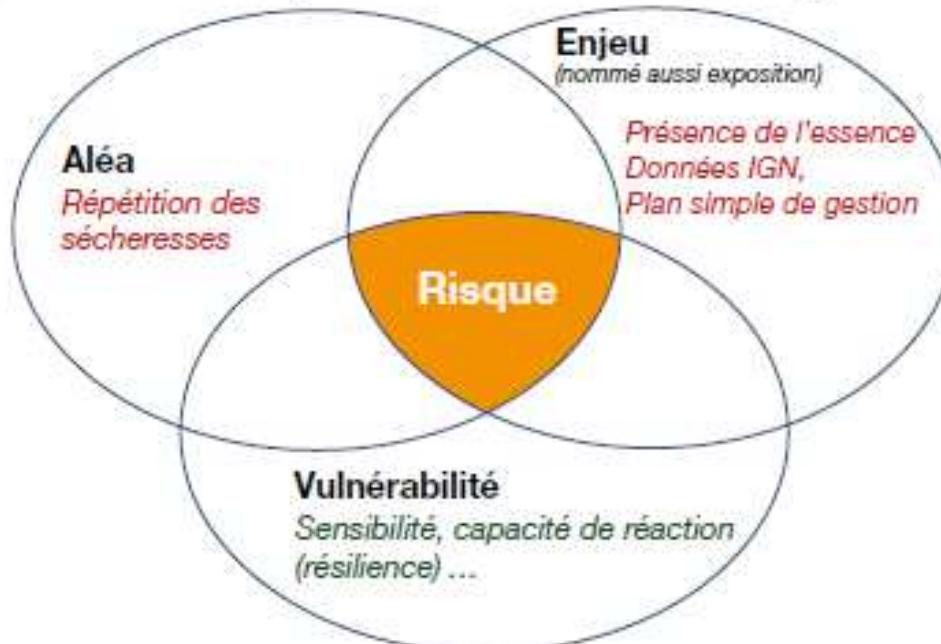
BIOCLIMSOL un OUTIL numérique innovant d'aide au diagnostic dans un contexte de changement climatique

BIO pour prise en compte du **vivant**

CLIM pour prise en compte du **climat**

SOL pour prise en compte des composantes **sol**

Le risque = estimation indispensable dans le contexte du changement climatique



Principes de fonctionnement



Fiche de Vigilance climatique

BIOCLIMSOL

1. REFERENCES de la Parcelle

X Lambert 93 : 657 xxx

Y Lambert 93 : 627xxxx (*les coordonnées ne sont pas rentrées dans leur intégralité*)

YWGS84 : N 43.xxxx

X WGS84 : E 2.xxxx

Département : 81

Commune : XXXXXX

Lieu-dit : XXXXX

Propriétaire : M Dupont A.

Type de peuplement: Futaie de douglas vert



© IGN

2. DONNEES CLIMATIQUES 1981-2010*

TMAN °C	11.0
TN3 °C	2.1
PAN mm	1345
P0410 mm	684
ETPAN mm	808
P-ETP0410 mm	3 (-37)
P-ETP0608 mm	-155 (-185)

Remarques : les valeurs en italique rouge équivalent aux valeurs retenues pour le bilan climatique. Elles correspondent aux données de 1981-10 pour TN3 (pas d'évolution du risque de gelées) et aux données 1981-10 + 1 °C pour les données de le déficit hydrique climatique (P-ETP)

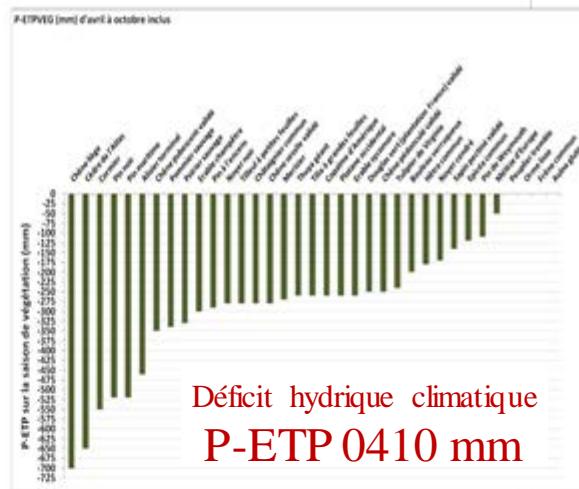
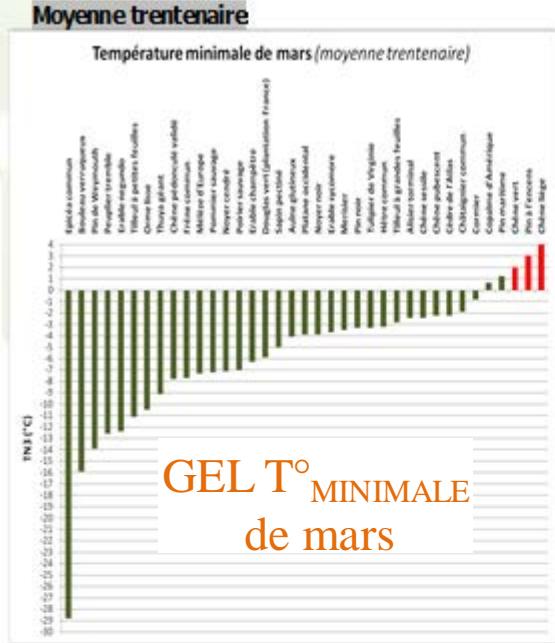
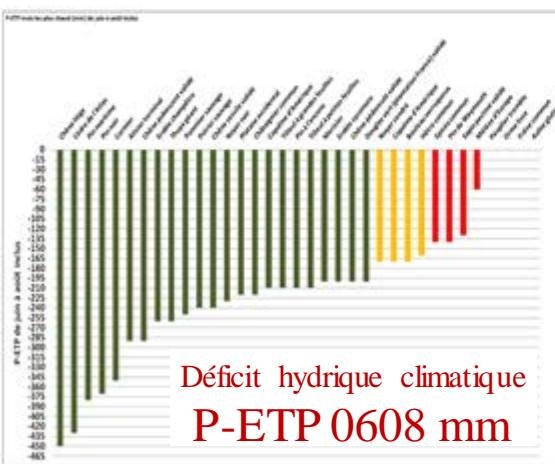
1°C en + → P-ETP 0410 : données 1981_10 - 40 mm
→ P-ETP0608 : données 1981_10 - 30 mm

Principes de fonctionnement

Bilan climatique :
Utilisation des données météo et projections avec augmentation de la température + 1°



Essences retenues



Essences retenues pour le bilan climatique trentenaire liste non exhaustive

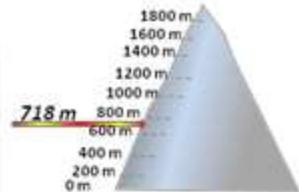
Alisier torminal	Hêtre commun
Aulne glutineux (essence azonale)	Mélèze d'Europe
Bouleau verrueux	Merisier
Cèdre de l'Atlas	Noyer-cendré
Châtaignier commun	Noyer noir
Chêne liège	Orme illicis (essence azonale)
Chêne pédunculé validé	Peuplier tremble (essence azonale)
Chêne pubescent	Pin à l'encens
Chêne sessile	Pin de Weymouth
Chêne vert	Pin maritime
Copalime d'Amérique	Pin noir
Cormier	Platane occidental
Douglas vert (plantation France)	Poirier sauvage
Epicéa commun	Pommier sauvage
Erable champêtre	Sapin pectiné
Erable negundo (essence azonale)	Thuya géant
Erable sycomore	Tilleul à grandes feuilles
Frêne commun (essence azonale)	Tilleul à petites feuilles

Pour les stations situées en position topographique 6 et 7 (schéma B page précédente) les apports latéraux en eau étant élevés, le P-ETP n'est plus un critère prépondérant pour le choix des essences. **Barré double= essence exclue** **Barré simple= essence déconseillée**

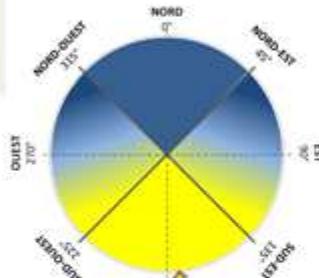
Principes de fonctionnement

1. FACTEURS de COMPENSATION ou d'AGGRAVATION du CLIMAT

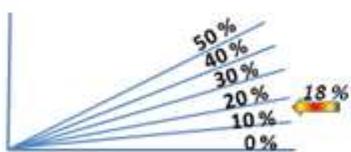
A. Altitude : 718 m



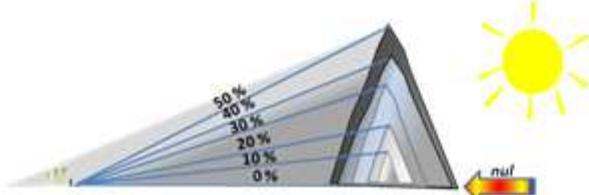
B. Exposition: 173 °



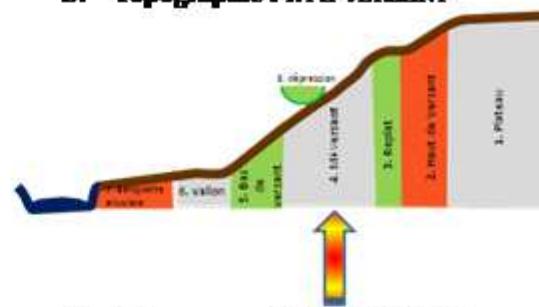
C. Pente : 18%



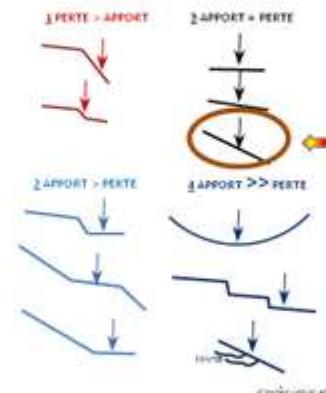
D. Confinement: nul



B. Topographie : 4. MI-VERSANT



C. Bilan en eau : 3 APPORT = PERTE



- 1 Perte d'eau latérale
- 2 Apport = perte
- 3 Apport > perte
- 4 Approvisionnement en eau important

D. Réserve utile minimale : MOYENNE

< 100 mm	faible	100 - 250 mm	moyenne	> 250 mm	élevée
----------	--------	--------------	---------	----------	--------

190 mm



APPLICATION ANDROID pour un APPUI au diagnostic SUR LE TERRAIN !



*Localisation
avec la tablette*

**Module
boisement**



Climat actuel et futur

**Module peuplement
sur pied**





Représentation des catégories de données à collecter

FORECAST
BIOCLIM SOL



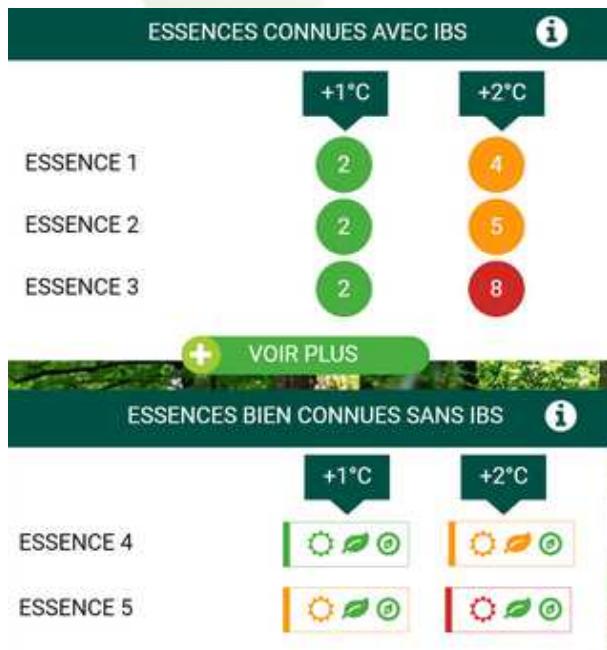
DÉMARRER LA
COLLECTE



BIOCLIM SOL

Module boisement

- Comparaison des essences possibles en reboisement selon leur niveau de vigilance
- Pour les essences ayant fait l'objet d'une étude ET d'autres essences
- Dans le contexte climatique actuel et selon des modèles de climat futur



Pour :

- *Limiter les risques en plantation (mélanges, diversification)*
- *Chercher à comprendre les facteurs limitants*
- *Estimer l'évolution du risque (+/- rapide ?)*

Renouveler son peuplement



Pourquoi
et quand ?



Gestion durable

Peuplements parvenus à maturité



Peuplements insuffisamment productifs ou sans avenir malgré potentiel



Gestion durable

Dépérissements ou problèmes sanitaires



Etalement des investissements (homogénéité propriété, sensibilité climat...)





Renouveler son peuplement

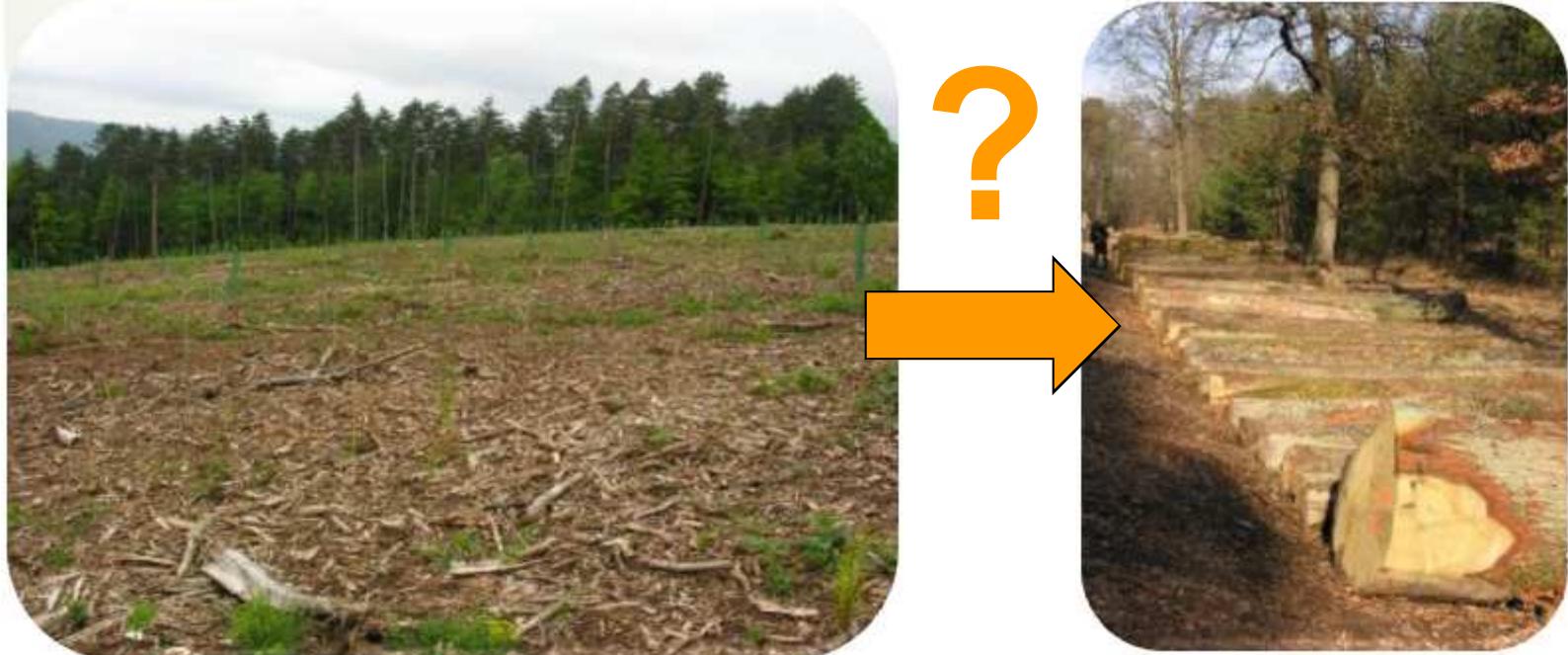
**Un investissement long
et important
qui mérite réflexion !!**



Des étapes coûteuses mais indispensables

Il ne suffit pas de planter pour récolter !

Une bonne question préalable : aurai-je les moyens de mon ambition ?



Renouveler un peuplement forestier suppose,
selon l'itinéraire et les essences choisis,
10 à 30 ans de travaux et d'investissements,
parfois plus, rarement moins !!



Tenir compte des contraintes et moyens

Contraintes réglementaires : surface coupe rase, zonages, DGD...



Moyens humains, techniques et financiers



Renouveler son peuplement



**Réfléchir au choix
des essences**



Exigences des essences ou mode ?

Quelles essences choisir ?



Une ou plusieurs essences ?



Difficultés dans les renouvellements et jeunes peuplements hors contexte favorable

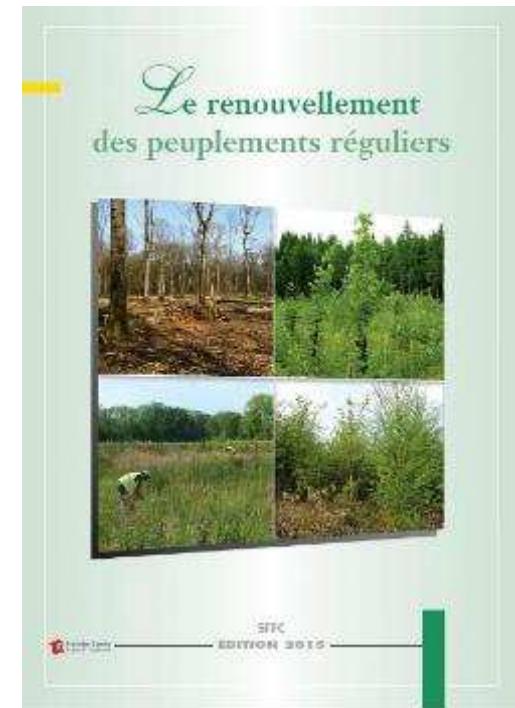
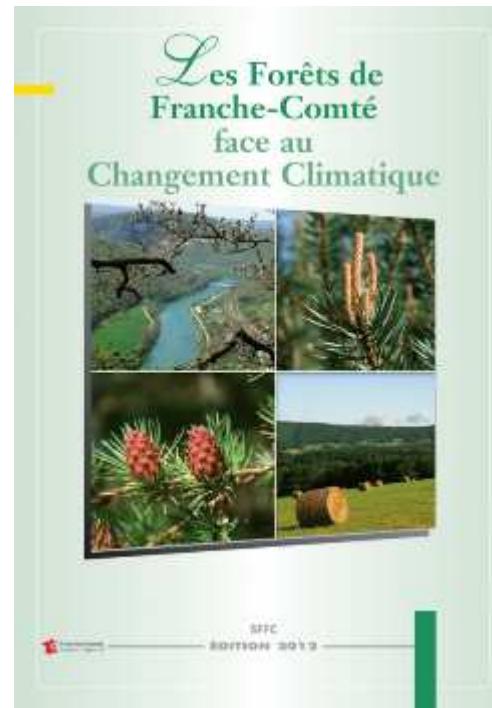
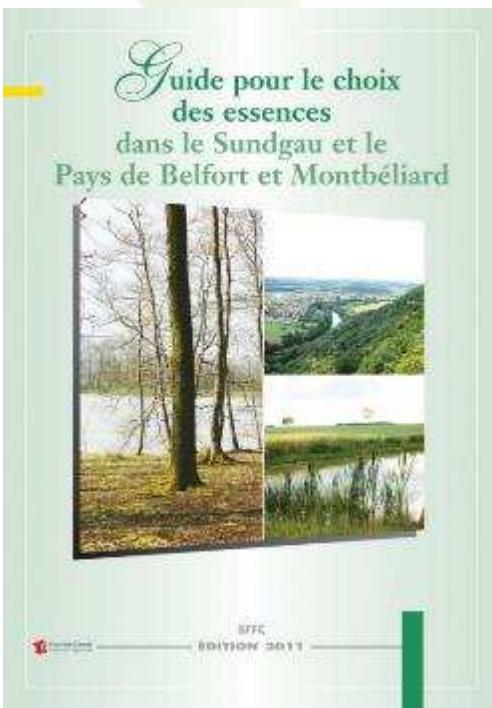


Eviter les paris trop osés, ne pas se laisser influencer trop fortement par les besoins bois du moment !!

Etablir la liste des essences adaptées au contexte local et aux évolutions climatiques

- Diagnostic stationnel + bilan climatique et évolutions
- Outils de diagnostic

Utiliser les guides



Renouveler son peuplement



Comment ?



Tenir compte du contexte

Conditions d'exploitation des produits



Possibilité de régénérer naturellement ou obligation de planter ?



Tenir compte du contexte

Végétation concurrente des semis ?



Etat d'équilibre forêt - grande faune ?



Choisir le mode de renouvellement



Privilégier la régénération naturelle

Analyser le potentiel pour conserver et régénérer naturellement les essences en place ou celles adaptées au diagnostic prospectif.

Complément possible par plantation

Substituer par plantation

Introduction d'essences nouvelles ou minoritaires, amélioration génétique...

Plantation en plein, à faible densité, par placeaux, par îlots, en complément de régénération...

Choisir les essences objectifs et favoriser les mélanges, en tenant compte d'un climat évolutif sur la révolution du peuplement



Renouveler son peuplement

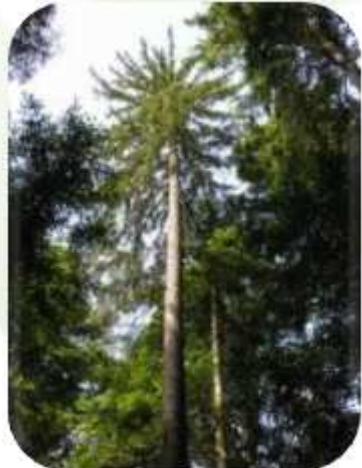


La régénération naturelle



Les conditions incontournables

Présence de semenciers de qualité dans le peuplement ou aux alentours



Arbres de belle qualité (aspect)



Aptes à se régénérer



Sans
risque
sanitaire
majeur



Adaptés à
la station
et au
climat



Les semis sont déjà présents

① Recouvrement important



Enlèvement progressif du couvert, travaux sylvicoles pour lutter contre la végétation concurrente, favoriser le mélange d'essences...

Les essences exigeantes en lumière demandent beaucoup d'attention !

② Semis plus disséminés



Privilégier les porte-graines lors des coupes de régénération, maîtrise de la végétation concurrente pour l'installation et le développement des semis, complément éventuel par plantation



Les semis sont rares ou absents

1 Couvert trop fermé



2 Forte concurrence



Coupes de régénération : pour favoriser l'installation et le développement des semis

Toutes les essences ne fructifient pas régulièrement : attendre une glandée pour le chêne...

Lutte éventuelle contre la végétation concurrente (arrachage de la ronce, destruction difficile de la fougère), travail du sol en profitant d'une bonne fructification. **Il est souvent nécessaire de compléter par plantation**

Les étapes pour obtenir une régénération naturelle



Avant la régénération : coupe préparatoire (ensemencement)

- Réduction des essences indésirables ou envahissantes
- Élimination des bois mal conformés, tarés
- Mise en lumière des semenciers
- Installation des cloisonnements d'exploitation (20 à 40 m)



Coupes secondaires (1 ou 2)

- Éclairer progressivement les semis
- Limiter le développement de la végétation concurrente



Coupe définitive (après 5 à 15 ans)

- Récolte des derniers porte-graines
- Mise en lumière totale des semis acquis (ne pas garder des tiges isolées = aucun avenir)
- Complément éventuel par plantation



Renouveler son peuplement



La plantation



Choisir une densité de plantation

Le choix de la densité dépend de plusieurs critères techniques :

Terre agricole ou milieu forestier ?



Feuillus ou résineux, essence ?



Avec ou sans accompagnement ligneux ?



Essences à densité finale



La densité dépend aussi des objectifs et moyens du propriétaire



Plantation en plein

Densité "habituelle" pour l'essence considérée, répartition en carré ou en rectangle ; à réservé aux plants "bon marché"



Quelques exemples (nombre de plants/ha) :

- Sapin, épicéa : 1000 à 2000
- Douglas, mélèze d'Europe : 1000 à 1700
- Hêtre, chênes : 1600 à 3000
- Feuillus précieux : 800 à 1600

Importante capacité de sélection,
part d'auto-éducation acceptable

Plantation à faible densité

Matériel végétal de qualité. Frais d'installation réduits, nombre de tiges autorisant quelques "pertes" (rôle éducatif, sélection). 4 à 5 m minimum entre lignes.



Quelques exemples (nombre de plants/ha) :

- Douglas, mélèze d'Europe : 600 à 1000
- Hêtre, chênes : 800 à 1600
- Feuillus précieux : 400 à 800

Passages en travaux sylvicoles
réguliers **obligatoires** pendant
15 ans environ



Penser au mélange des essences

Le mélange des essences : des avantages et atouts certains/risques et production, mais des contraintes à bien appréhender.

Il peut concerner les essences principales et/ou d'accompagnement :

- Directement en mélangeant les plants
- En complétant la plantation par des semis naturels



Tous les mélanges ne sont pas permis :

- Selon objectifs assignés au mélange (éducation, réduction des risques, production...)
- Vitesse de croissance des espèces
- Comportement, essence sociale ou non, tolérance ou non à l'ombrage
- Valorisations de produits différents avec des volumes faibles (petites surfaces...)





© CRPF Bourgogne



© CRPF Bourgogne

Choisir ses plants

**Ce n'est pas la pépinière qui importe,
mais la provenance du matériel végétal !!!**



La plupart des essences forestières sont
règlementées = plants fournis avec une
étiquette de couleur / qualités génétiques



Sélectionner les provenances et le type de matériel végétal

La plupart des essences forestières sont réglementées



- AAL 101 : Normandie
- AAL 202 : Massif Vosgien
- AAL 241 : Nord-est
- AAL 501 : Jura

Etiquette bleue

Testée

Performances supérieures de la descendance validées

Etiquette rose

Qualifiée

Matériel de qualité supérieure : vergers à graines

Etiquette verte

Sélectionnée

Peuplements sélectionnés /aspect des arbres = qualité potentielle

Etiquette jaune

Identifiée

Région de provenance connue (localisation géographique)

Le choix du matériel végétal est important. Selon les essences et les disponibilités, les plants sont fournis avec une étiquette de couleur correspondant à leurs qualités génétiques, selon l'origine des graines



Préparer le terrain : gestion des rémanents

Andains



Source : Internet

Plus rarement, broyeur lourd



© CRPF Champagne-Ardenne

Préparer le sol

Travail mécanique : rarement en plein, sur ligne ou à l'emplacement des plants

Charrue à disques, dent de ripper



© CRPF Champagne-Ardenne

Dents de sous-solage



Préparer la plantation

Jalonnement (alignements) ou piquetage : selon mécanisation,
lignes obligatoirement dans le sens de la pente sur versant



Protéger les plants du dessèchement



Source: CRPF Champagne-Ardenne



Source: CRPF Champagne-Ardenne



Protéger contre le gibier

Dégâts différents selon les espèces



Source : Internet

H = 1,80 m



Source : Internet

H = 1,20 m



Source : Internet

H = 0,60 m

Aboutissement



Frottis



Ecorçage



Précautions

Réfléchir, expérimenter,
tester avant de faire...



Itinéraire en présence d'une régénération naturelle dense mais à risque ?



**Exemple du sapin pectiné sous
peuplement feuillu à faible altitude**





Résineux à
basse altitude



Chênaies menacées par la
forte dynamique du hêtre



Feuillus en altitude ?

Limites aux
introductions
d'exotiques



Quelques exemples



Intérêts du travail préalable du sol



Plantations par nids



Expérimentation vergers de douglas



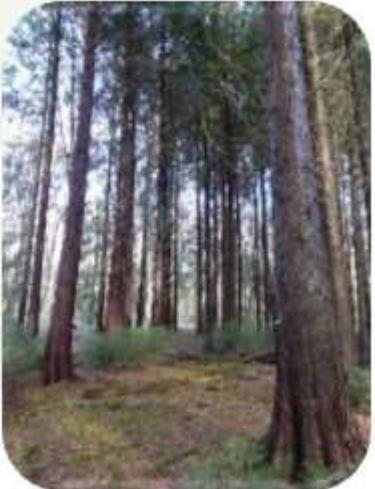
Bouquets essaimeurs de cèdre de l'Atlas



Plantation mélangée



Des axes de travail



Recensement des essences exotiques ou des essences en contexte stationnel atypique

Atouts de la protection des sols sensibles en adaptant l'exploitation



Tester de nouvelles essences

Tester différentes provenances

Mutualiser les connaissances



Conclusion

Plus que jamais, **ne pas mettre tous ses œufs dans le même panier !**

