



Comment appréhender le renouvellement des peuplements dans le contexte actuel ?

Patrick LECHINE – Mai 2019

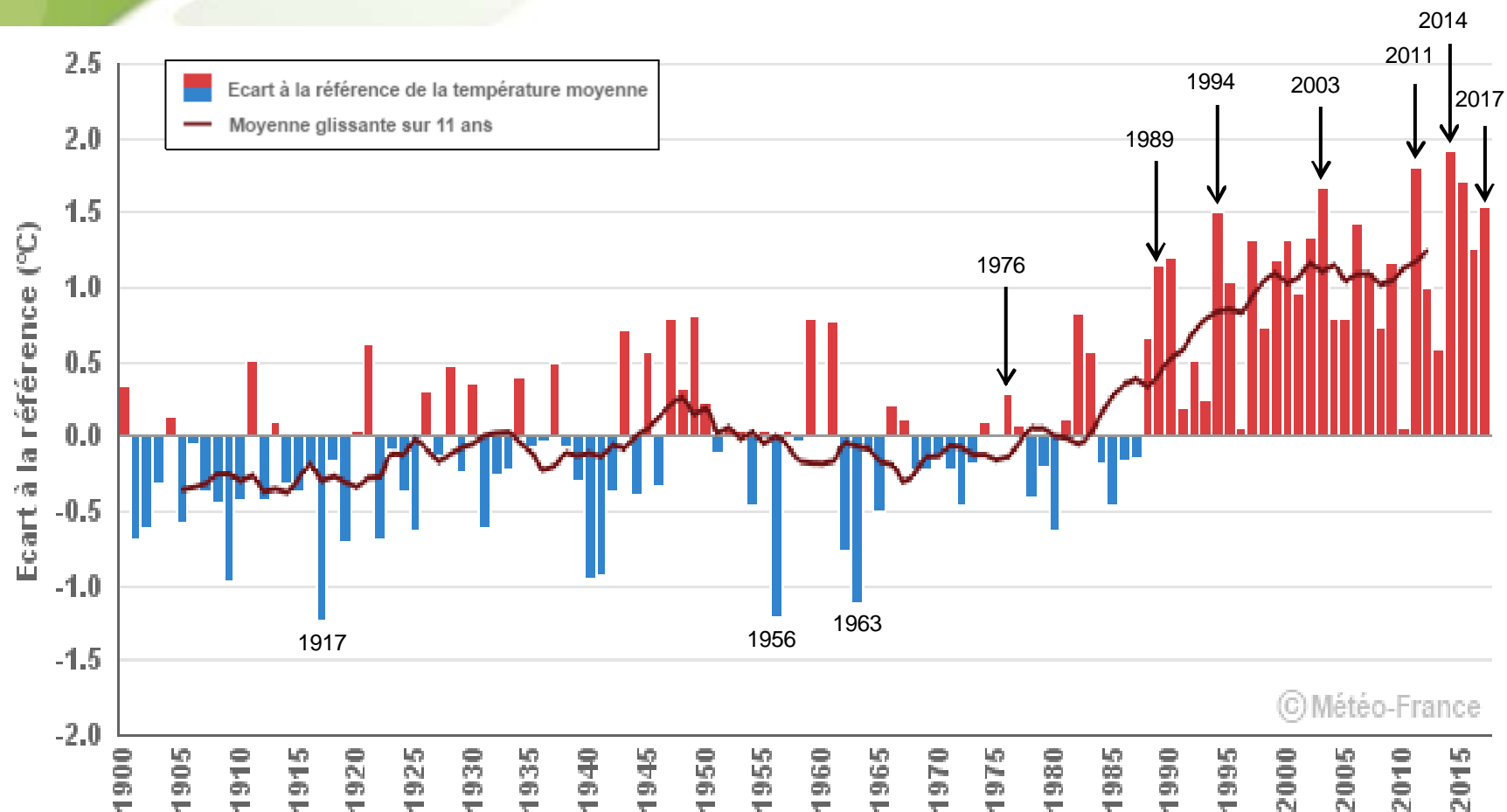


Introduction

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>)



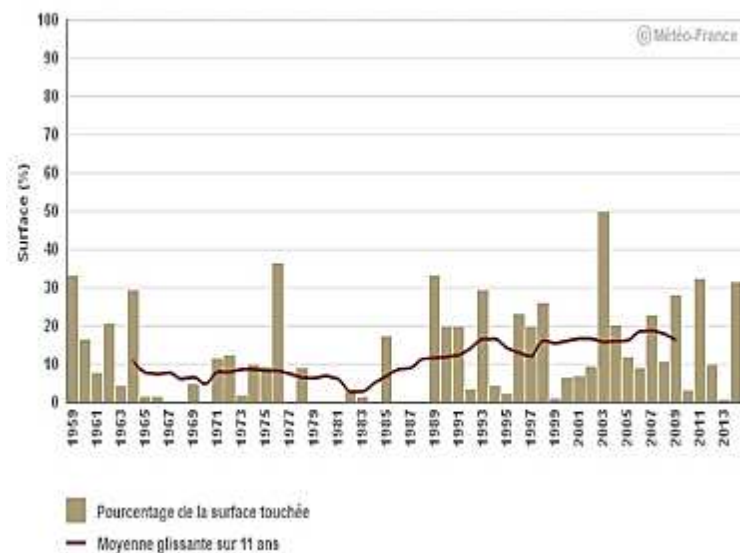
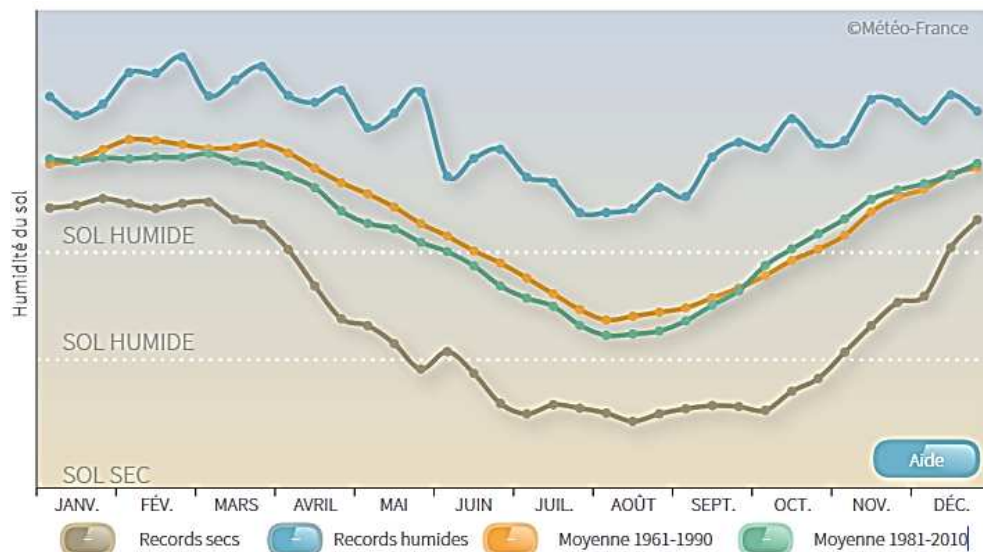
Evolution constatée du climat en Franche-Comté



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



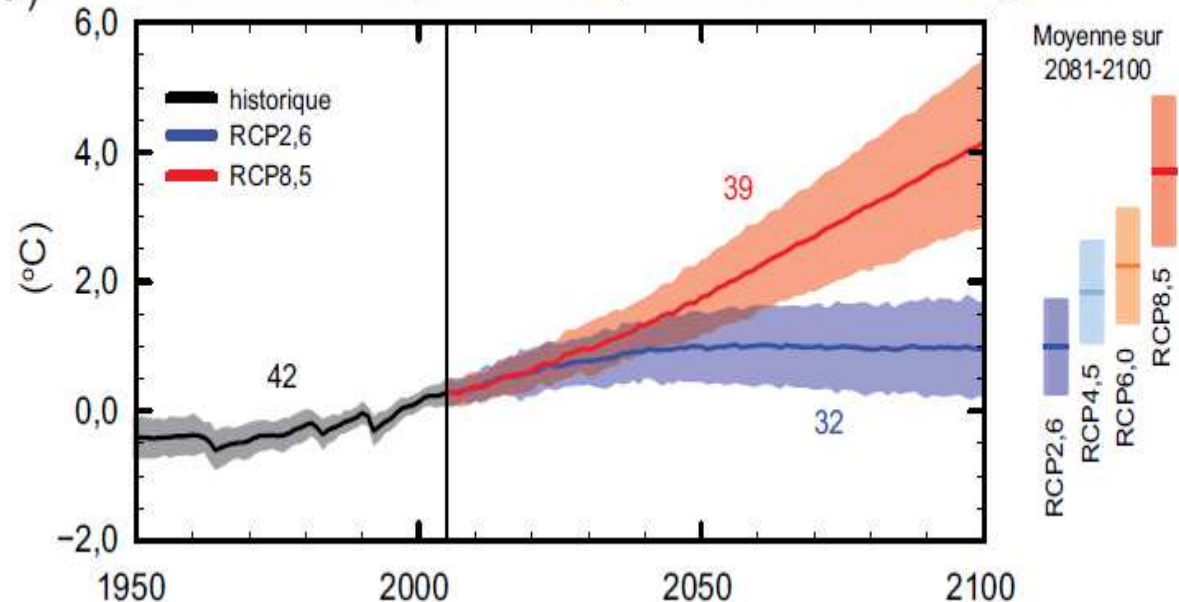
Perspectives d'évolution au 21^oS.

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



Évolution du réchauffement global de la surface de la Terre

a) Évolution de la température moyenne à la surface du globe



Différents scénarios du GIEC (5^{ème} rapport)

**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**

Evolutions les plus probables/moyenne
1986-2005 :

**+1 à +4°C
en 2081-2100**

Fourchette large :
+0,3 à + 5,4°C

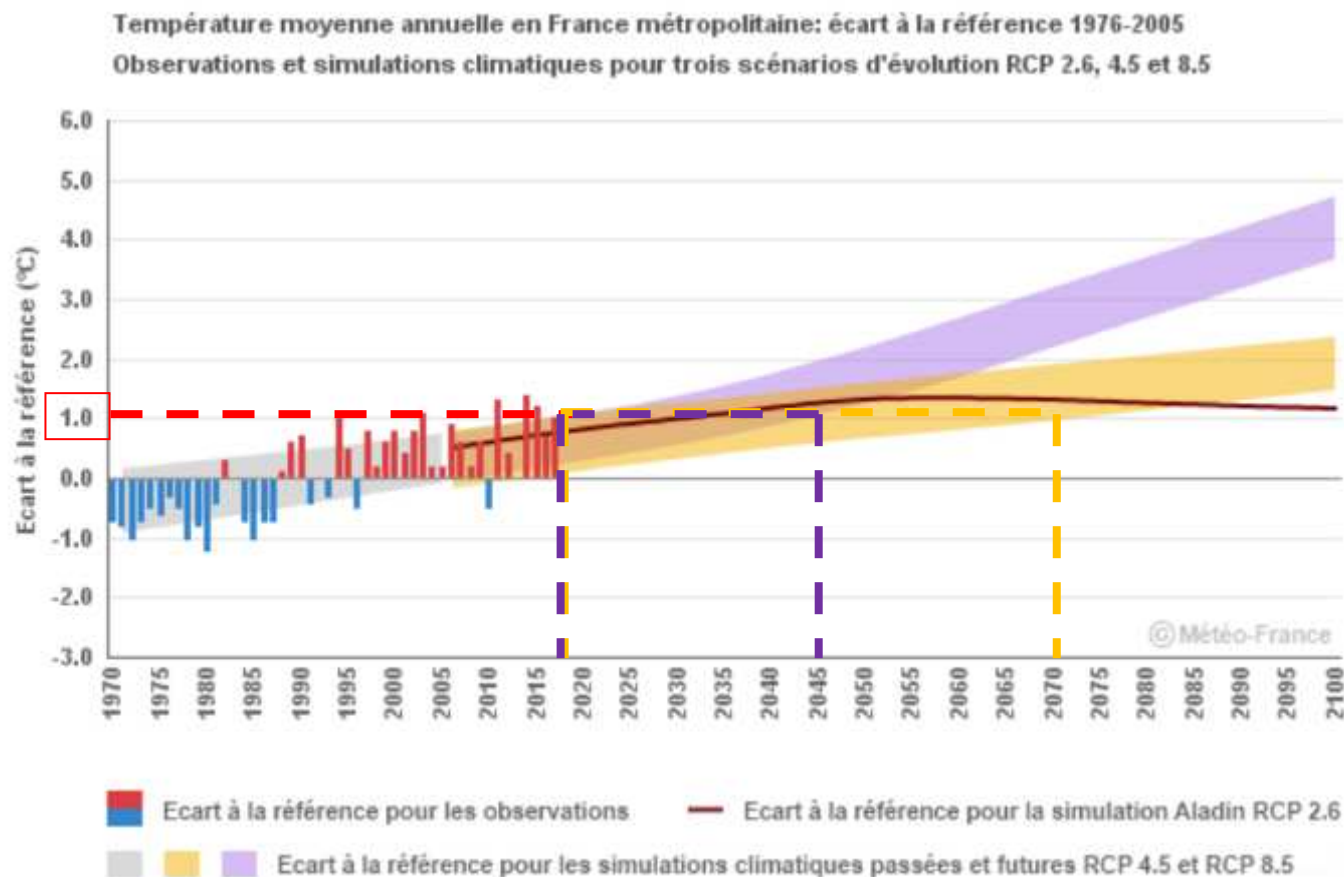
Peu d'écart sur la
période 2016-2035 :
+0,3 à + 0,7°C

**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

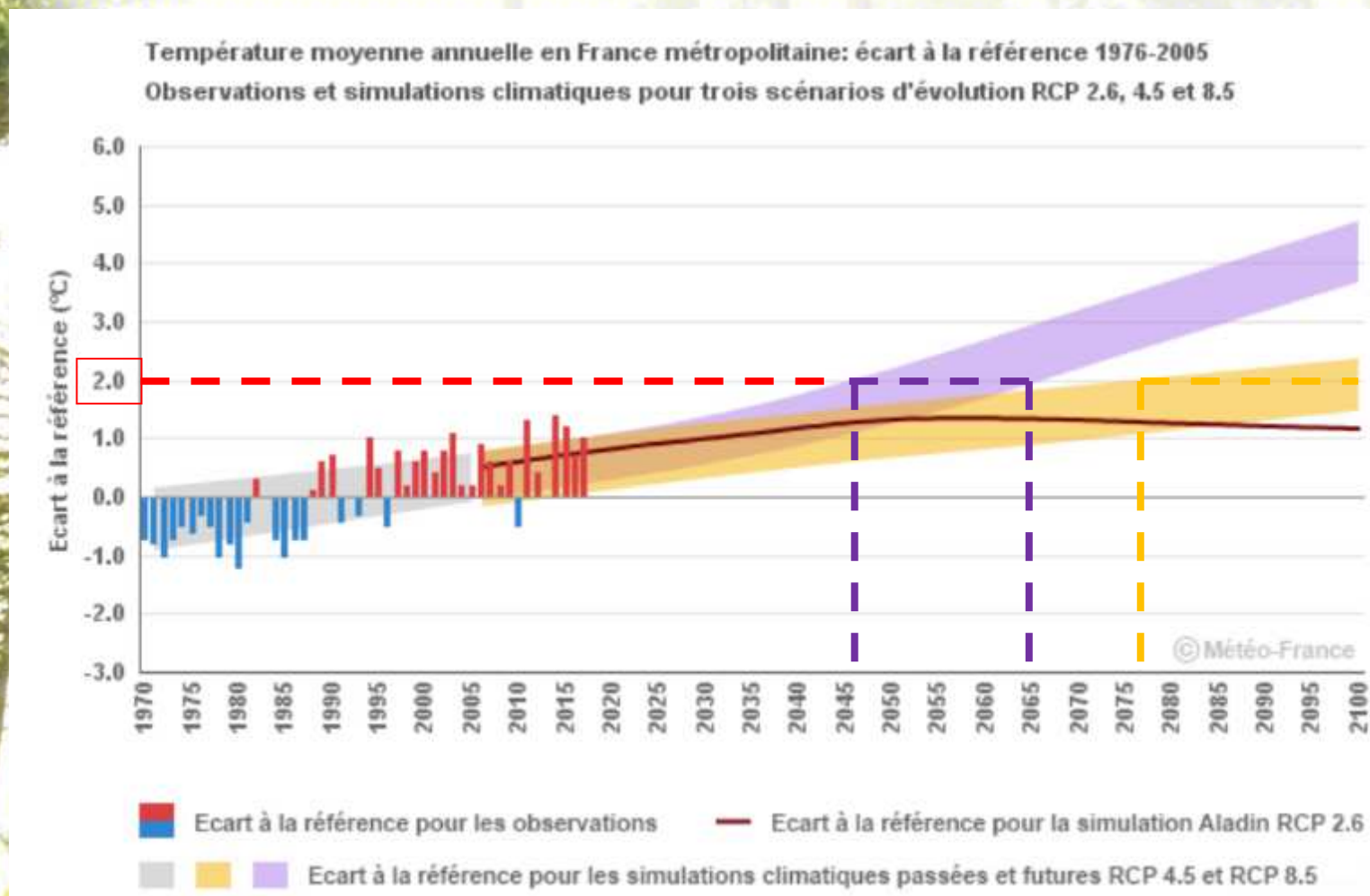
Variabilité entre scénarios pour un même modèle



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



Données climatiques futures



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





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



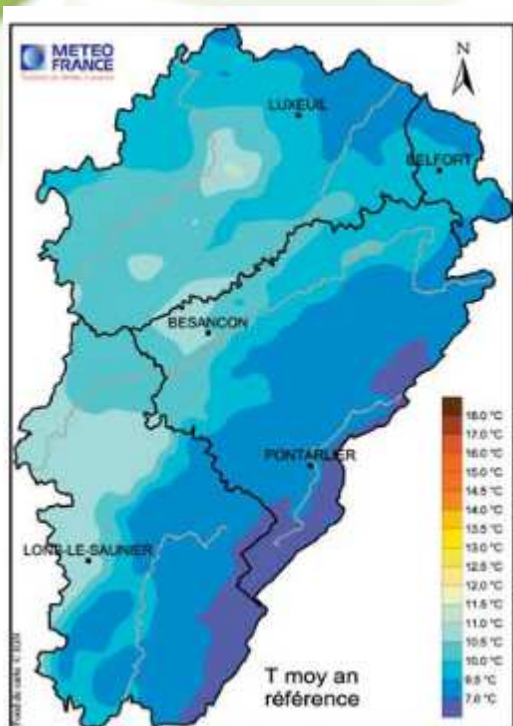
Comprendre

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

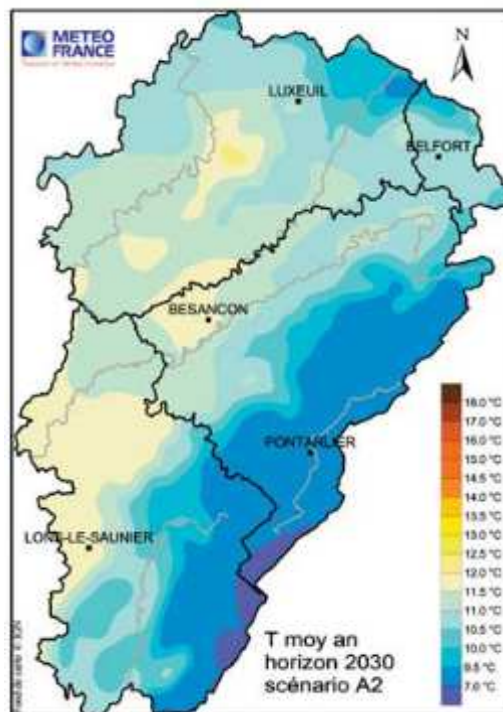
- Poursuite du réchauffement au cours du XXI^e siècle en Franche-Comté, quel que soit le scénario
- Selon le scénario sans politique climatique, le réchauffement pourrait atteindre 4°C à l'horizon 2071-2100 par rapport à la période 1976-2005
- Peu d'évolution des précipitations annuelles au XXI^e siècle
- 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



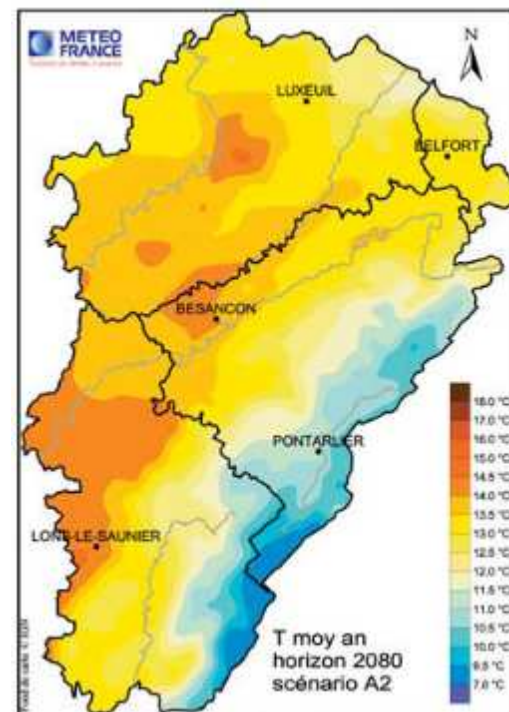
Évolution de la température moyenne annuelle en Franche-Comté



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

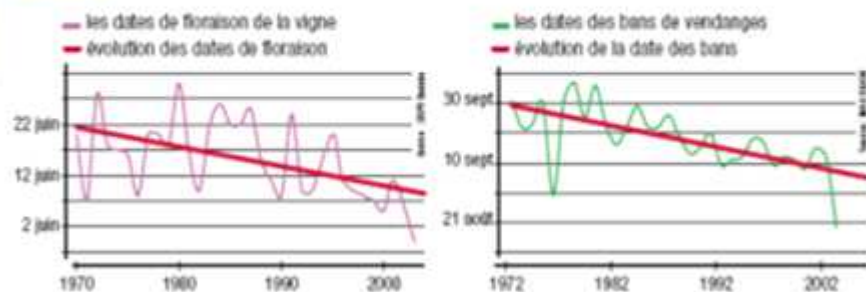
Le fonctionnement des
écosystèmes est déjà impacté



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



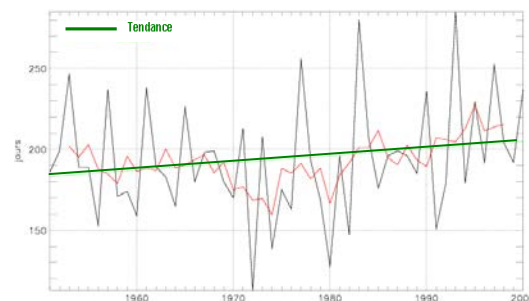
Depuis 1970, la date de floraison de la vigne s'est avancée de 12 jours en Côte-d'Or, et la date des vendanges de 23 jours.



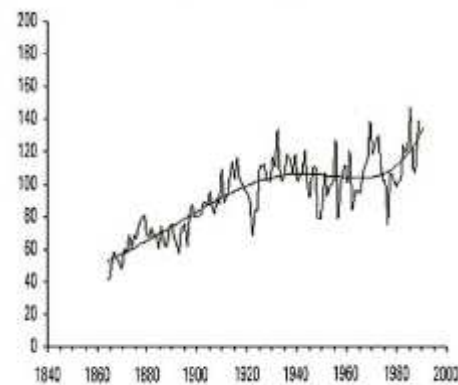
Source : Diaporama IDF / OREB 2005



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 %)

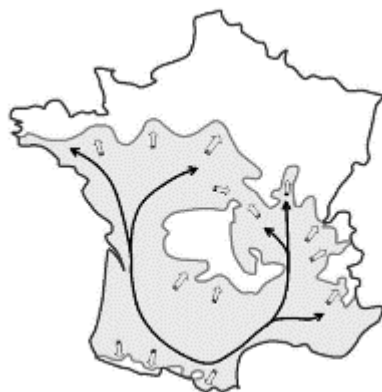
Source : INRA – Becker et al.



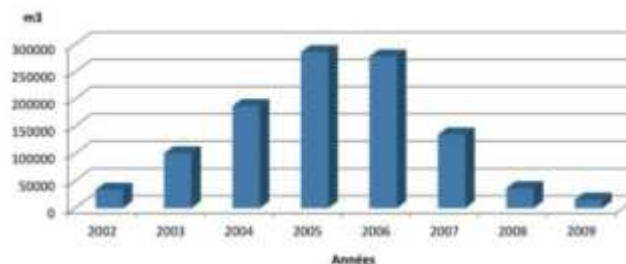
Accidents climatiques, modification des cycles des ravageurs, phénomènes de dépérissement,



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 gité...

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



Mais des inconnues

**La diversité génétique des arbres
forestiers : un enjeu d'importance
face aux changements climatiques**

Catherine Bastien

UR0588, « Amélioration, Génétique et Physiologie forestières »,
INRA-Orléans


2163 Avenue de la pomme de pin
CS40001, F45075 Orléans Cedex 2

Index APSG Orléans Tours

Ardon - 19 Avril 2017



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

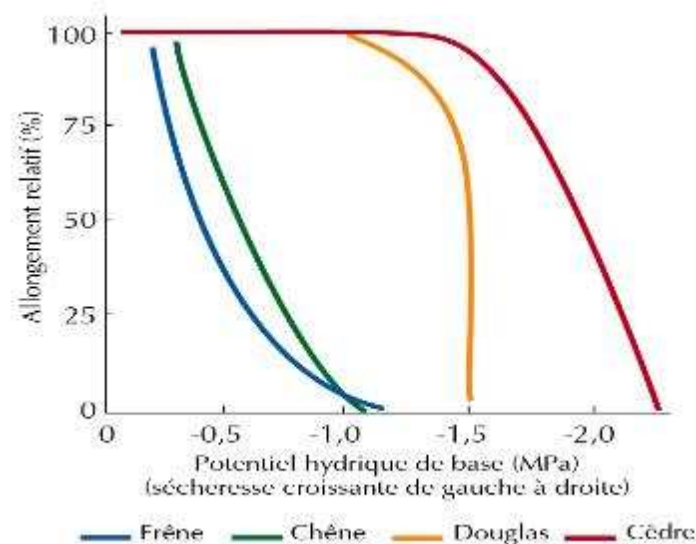
**Les 3 S
pour lutter
contre
l'effet de
serre dû au
CO₂**



Autécologie des essences forestières

	Essence	Autécologie	Influence des facteurs		
			Température	Engorgement	Sécheresse
Feuillus	Aletrisier, cornier	Collinéen à montagnard ; sols riches, basiques à légèrement acides (ou acides pour le cornier), sur matériau plus ou moins calcaireux (A. forme le plus plastique associé l'engorgement temporaire), tolérant à la sécheresse	=	=	=
	Aulne glutineux	Humide collinéen ; sols plus ou moins riches mais constamment alimentés en eau	=	=	=
	Chêne	Collinéen ; préfère les sols riches en bases mais tolérant à une acidité moyenne, sols secs à frais non engorgés	=	=	=
	Chêne pédonculé	Collinéen jusqu'à la base du montagnard ; large amplitude, des sols riches en bases à acides, mais profonds et bien alimentés en eau (adapté à l'engorgement temporaire mais craint les sécheresses estivales)	=	=	=
	Chêne sessile	Collinéen jusqu'à la base du montagnard ; très plastique avec optimum sur sols frais, épais, légèrement acides, tolérant à l'engorgement temporaire (pseudo-gley)	=	=	=
	Erable champêtre	Collinéen ; sols riches en bases et en azote, pas trop humides	=	=	=
	Erable plane	Collinéen à montagnard ; sols riches en bases et en azote, frais et bien aérés, plus plastiques que E. champêtre	=	=	=
	Erable sycomore	Collinéen mais plutôt montagnard, climat frais à humidité atmosphérique élevée, résistant aux gelées tardives ; sols profonds, aérés, frais et bien drainés	=	=	=
	Frêne commun	Collinéen à montagnard ; sols riches en bases à légèrement acides, frais à humides et bien drainés, mais supporte les sols secs en forêt ouverte (saule et vigoureux recouverts). Attiré par la Charentaise qui comprend fortement son avenir en forêt de production	=	=	=
	Hêtre	Collinéen à montagnard ; préférences annuelles supérieures à 750 mm et humidité atmosphérique élevée ; assez large amplitude quant à la température et la richesse du sol (modérément superficiel), craint l'hydromorphie, sensible aux coups de soleil et à la sécheresse estivale	=	=	=
Résineux	Merisier, cornier, pinier	Collinéen à montagnard ; assez large amplitude, des sols riches en bases à légèrement acides, bien alimentés en eau mais non hydromorphes	=	=	=
	Noyers commun, noir et hybridés	Collinéen ; sols surtout légers, assez profonds, riches en bases à légèrement acides, frais et bien drainés	=	=	=
	Peupliers	Collinéen en zone de vallées ; sols riches en bases à légèrement acides, profonds et bien alimentés en eau en été mais sans risque permanent proche de la surface (< 40 cm)	=	=	=
	Tilleuls	Collinéen à montagnard ; sols assez riches en bases à légèrement acides (il a grandes feuilles vertes acides (P. à petites feuilles), supportant les sols compacts mais pas trop humides	=	=	=
	Épicéa commun	Montagnard à subalpin, très résistant au froid ; plastique mais craint les sols riches en carbonates et les sols compacts, préfère l'humidité atmosphérique, très sensible à la sécheresse estivale	=	=	=
	Pin sylvestre	Collinéen à subalpin ; frappe mais résiste mal aux sols carbonatés et peu tolérant aux sols compacts ou hydromorphes, résistant à la sécheresse estivale et au froid mais craint les coups de soleil	=	=	=
	Sapin pectiné	Montagnard à subalpin (intérieur) ; tolérant à la sécheresse climatique mais craint les sols compacts ou hydromorphes et les sols superficiels, exige une humidité atmosphérique élevée et tolérant la sécheresse estivale	=	=	=
	Cèdre de l'Atlas	Introduction à l'étage climatologique du chêne pubescent ; sols riches non compacts sans hydromorphie (sols sur éboulis calcaires), tolère les sols superficiels si la roche est fissurée, supporte les fortes sécheresses mais craint les fortes gelées	++	=	=
	Douglas	Introduction aux étages collinéen et montagnard inférieur ; sols profonds et humides, frais et pas trop humides, exigeant une bonne pluviosité annuelle et un supportant assez bien les sols acides, résiste assez bien au froid	=	=	=
	Mélèzes d'Europe et hybride	Introduction aux étages collinéen et montagnard inférieur ; assez plastique si les écosystèmes sont suffisamment humides en eau (peuvent le sec et résistent à sec), ne tolèrent pas les sols superficiels ou trop calcaires, supportent le froid mais sensibles aux gelées tardives	=	=	=
Introductions	Pins laricio de Corse et de Calabre	Introduction dans l'étage montagnard sous influence méditerranéenne ; assez plastiques sur sols carbonatés et hydromorphes (surtout sur éboulis calcaires), supportent les fortes sécheresses mais craignent le froid	+	=	=
	Robinier	Introduction dans l'étage collinéen ; très plastique et très rustique au regard du sol ; profond ou superficiel, riche ou pauvre...	=	=	=
	Sapin de Nordmann	Introduction à l'étage collinéen de préférence au sapin pectiné ; tolérant à la sécheresse climatique, peu exigeant à l'égard du sol (peu superficiel) ; craint l'hydromorphie, mais résistent au froid et aux gelées tardives, moins sensibles à la sécheresse	=	=	=

Des exigences pour chaque essence



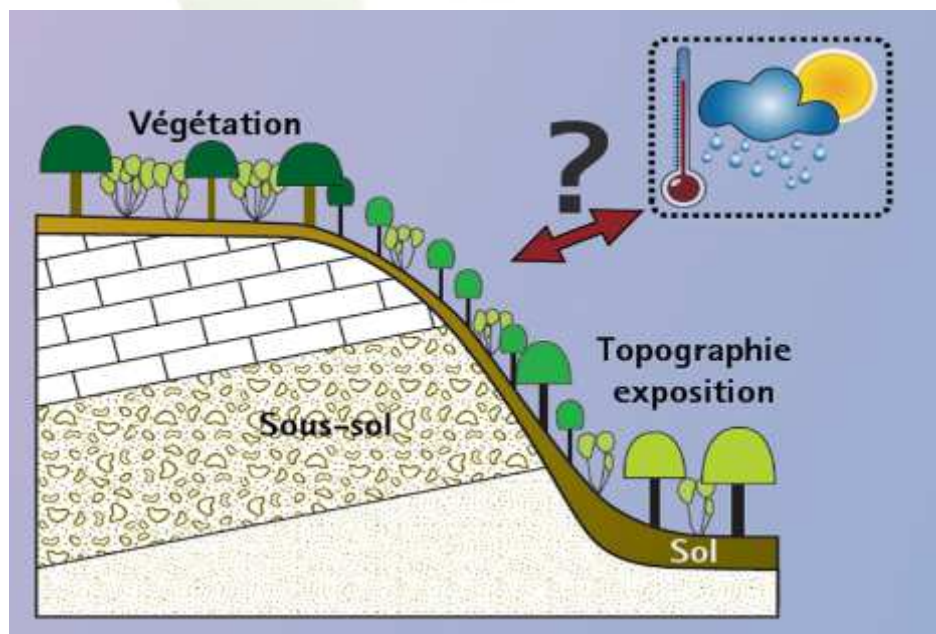
Effets de la sécheresse sur la croissance : certaines sont très sensibles (frêne, chêne pédonculé), d'autres résistent un certain temps mais s'effondrent brutalement (douglas), d'autres résistent mieux (cèdre)

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,
préservier les sols**

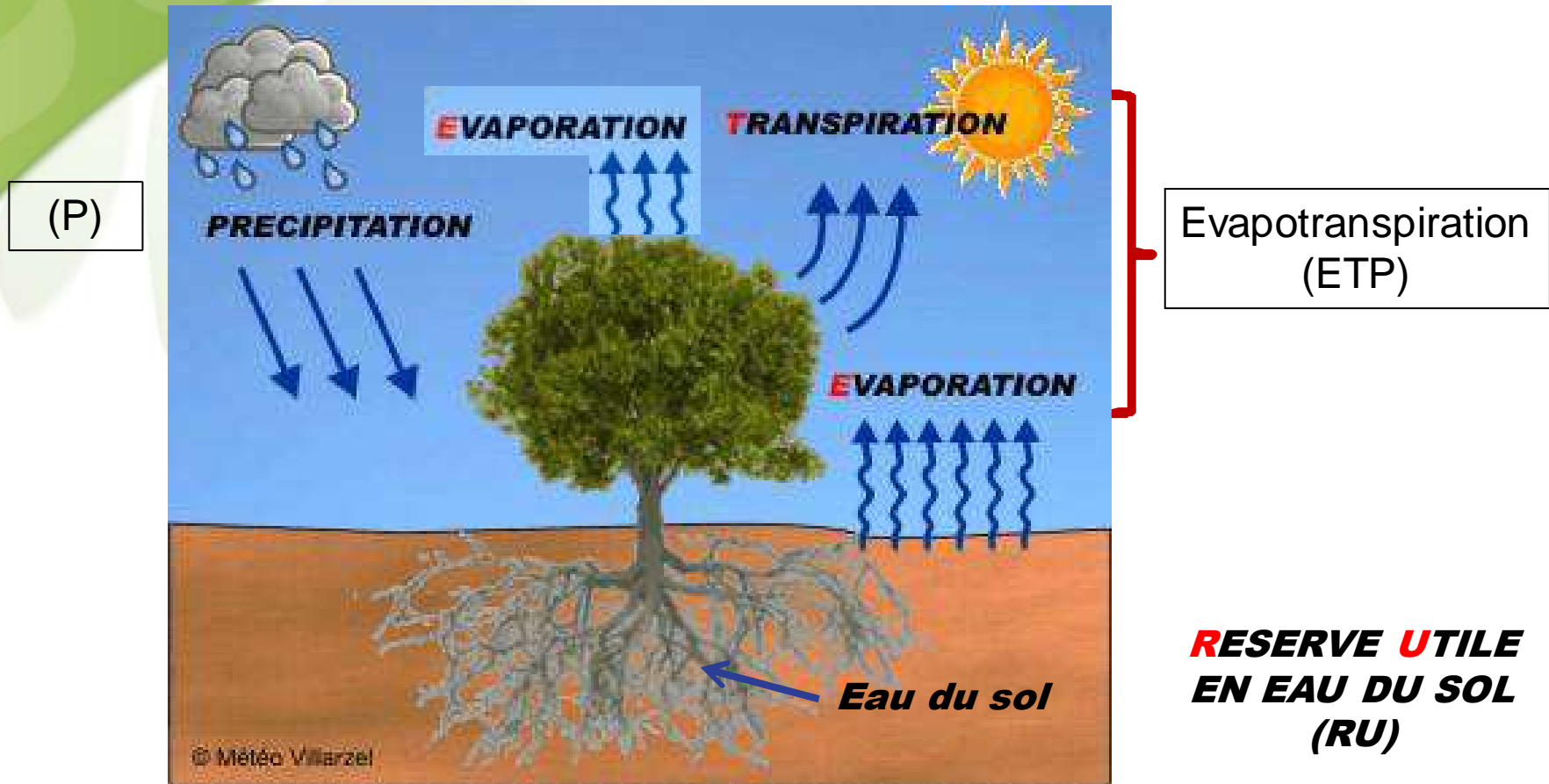


Les outils de diagnostic

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



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

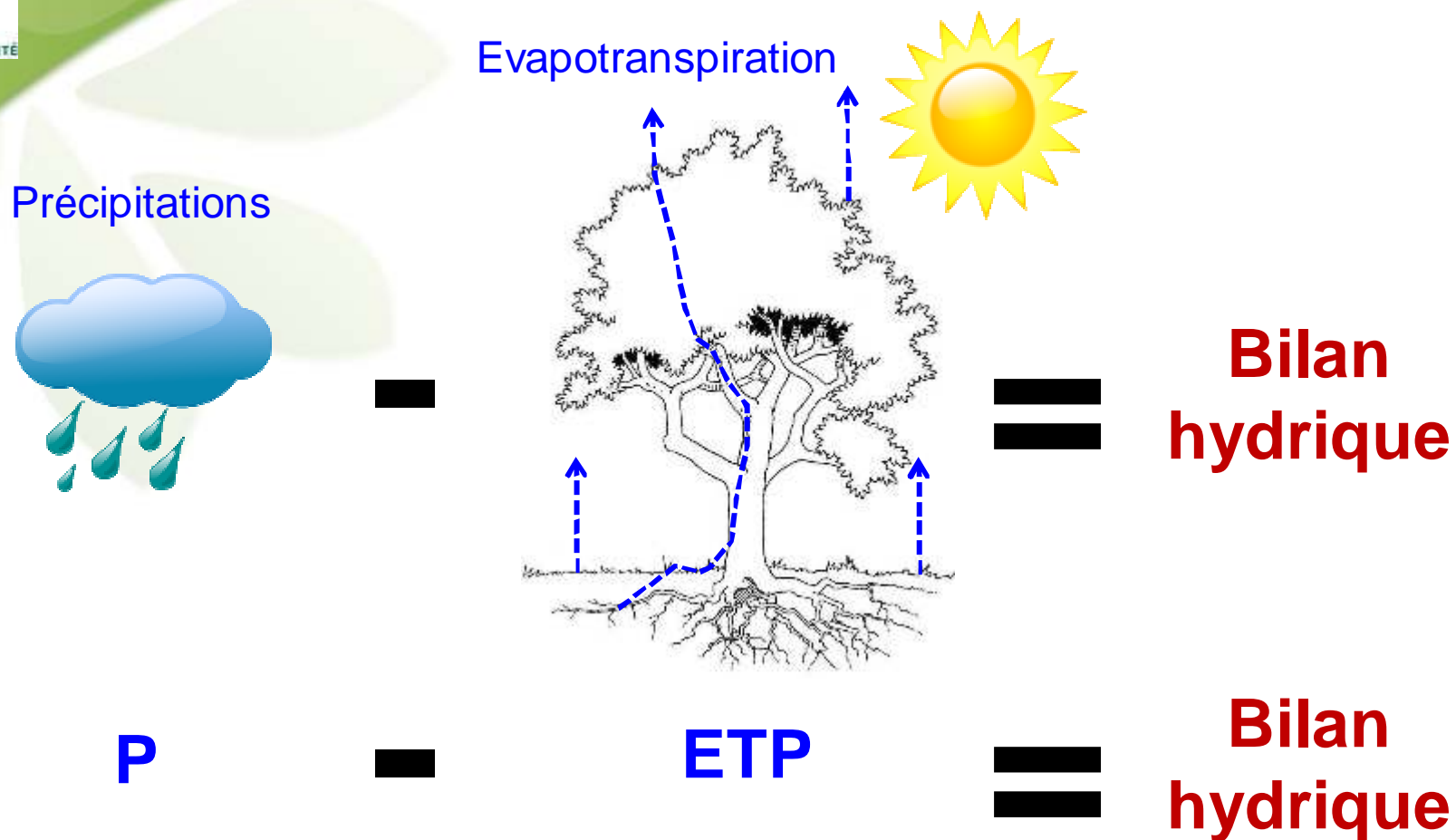
Le sol est un **réservoir d'eau** alimenté par la pluie et **asséché** par l'évaporation en surface et l'absorption par les plantes (évapotranspiration)



La réserve est mesurée en
mm ou litre/m²



Déterminer le bilan hydrique



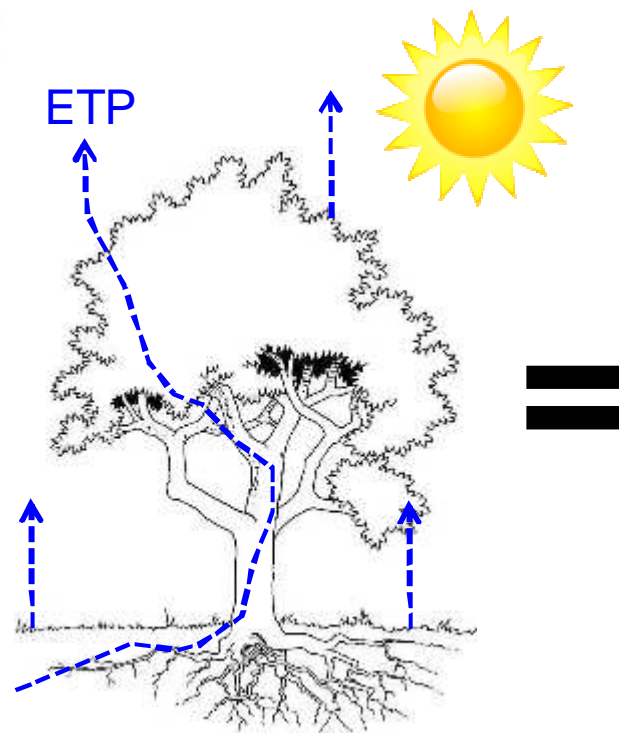
La fréquence des précipitations et l'importance de la réserve utile (RU)
déterminent la sensibilité au changement climatique



Déterminer la sensibilité au changement climatique



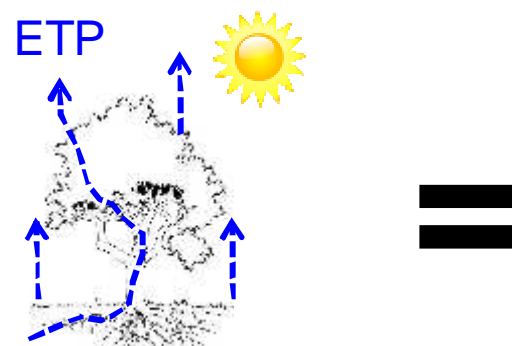
et



Forte sensibilité



et



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





**CHRONO
ENVIRONNEMENT**
UMR 6249

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



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

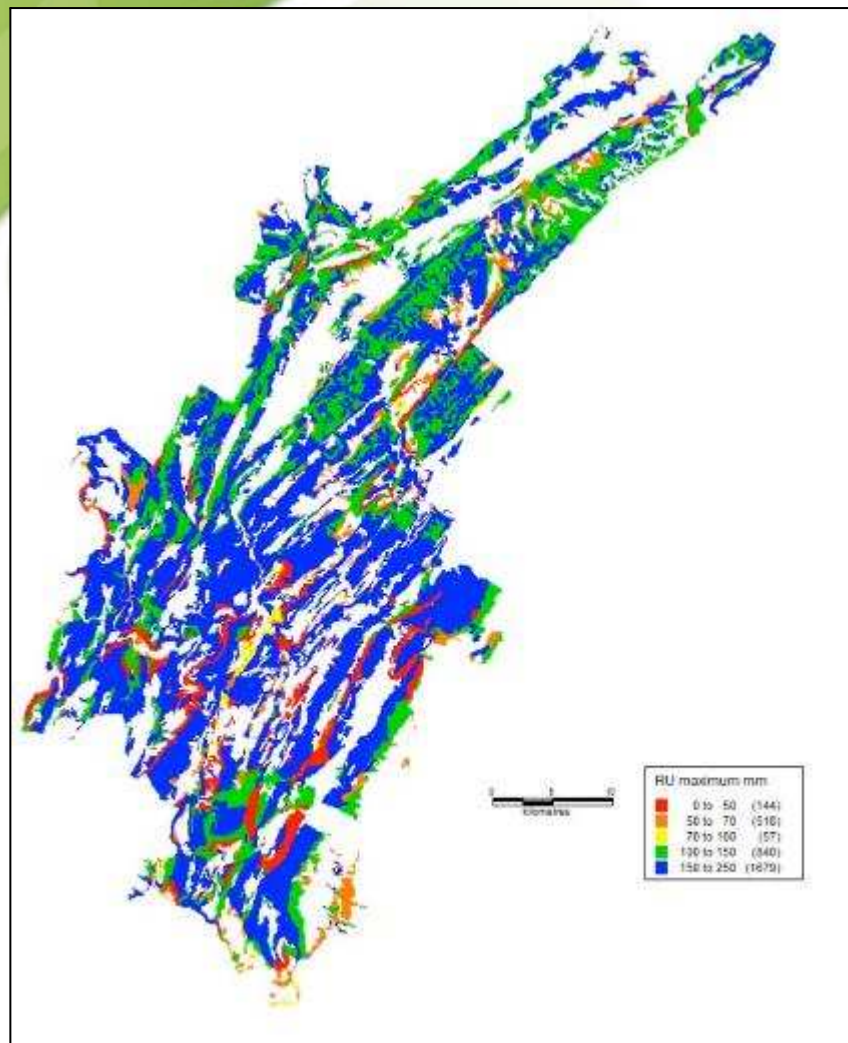
Où sont les zones sensibles aux sécheresses ?

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



Réserve en eau maximum (L/m²)

Résultats :

Sur 90 % du territoire, il est possible de rencontrer des sols dont la RU est élevée (supérieure à 100 L/m²)

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,

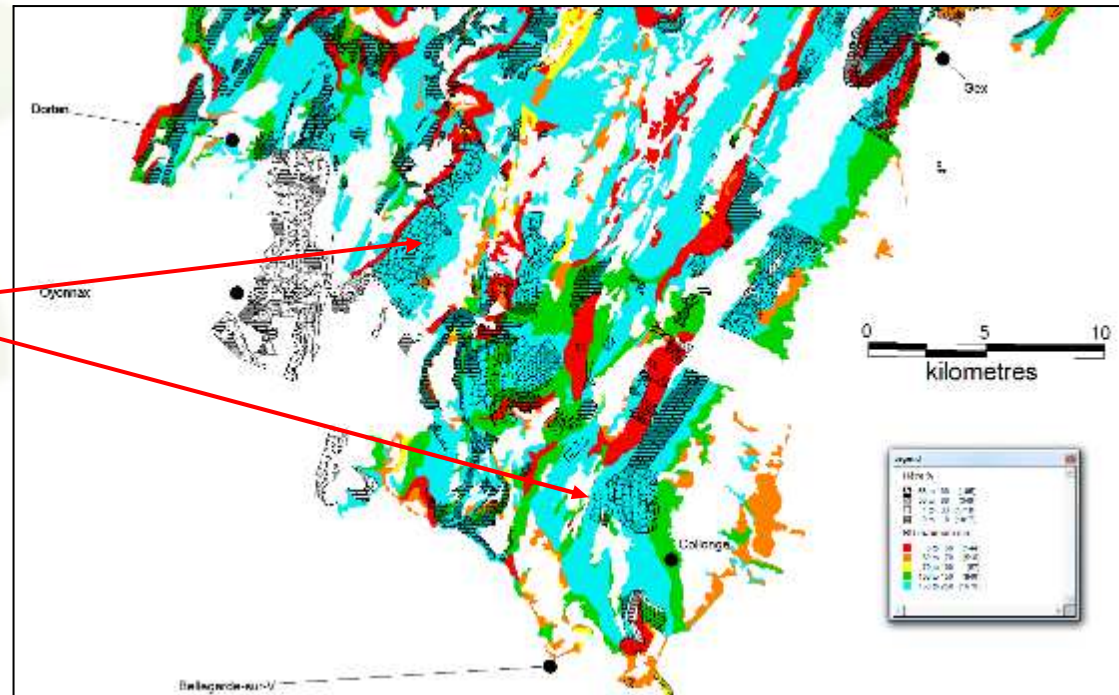
=> Présence d'arbres pouvant résister sur 90 % du PNR,

- **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

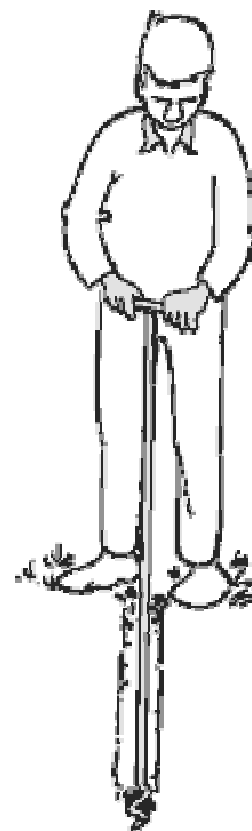
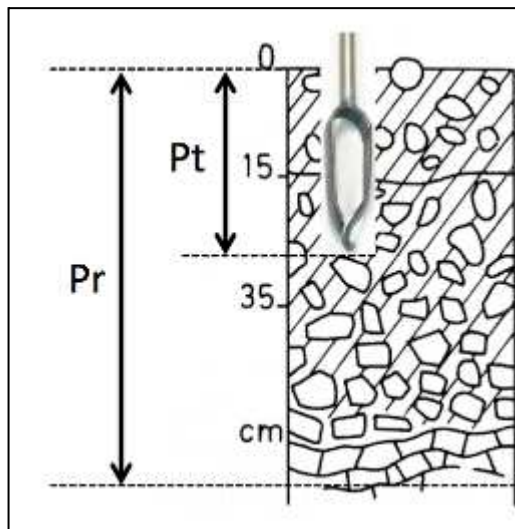


1. Détermination de la **sensibilité globale** au changement climatique d'après les cartes de la RU et zones climatiques
2. **Repérage de zones prioritaires** pour la réalisation du **diagnostic à l'échelle de la parcelle**

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)

	<div> <div>Fort</div> <div>Indice de sensibilité</div> <div>→ Faible</div> </div>			
Critère				
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 »

Climatologie

Daniel Joly

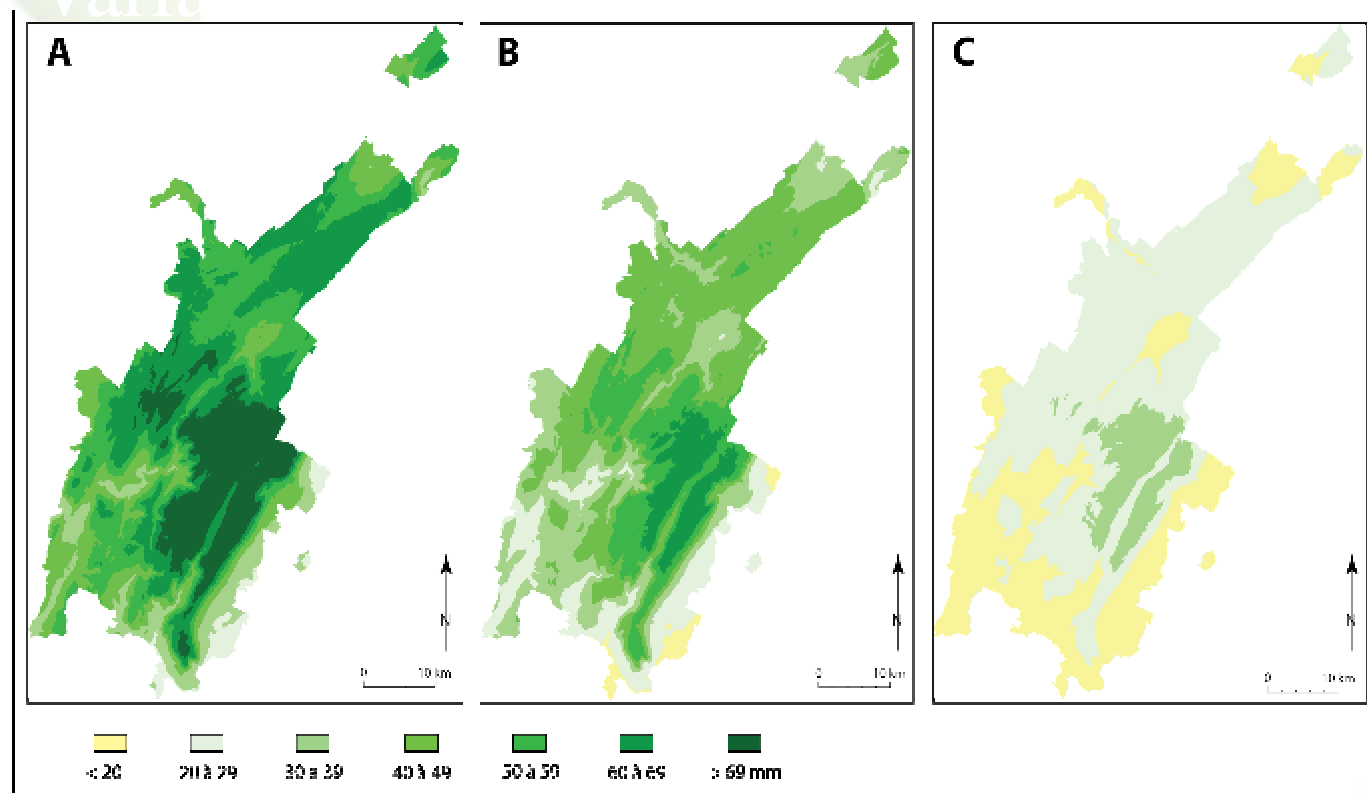


Les bilans hydriques aujourd'hui, demain et après demain

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 forêts
si les
précipitations
sont bien
réparties tout
au long de
l'été



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

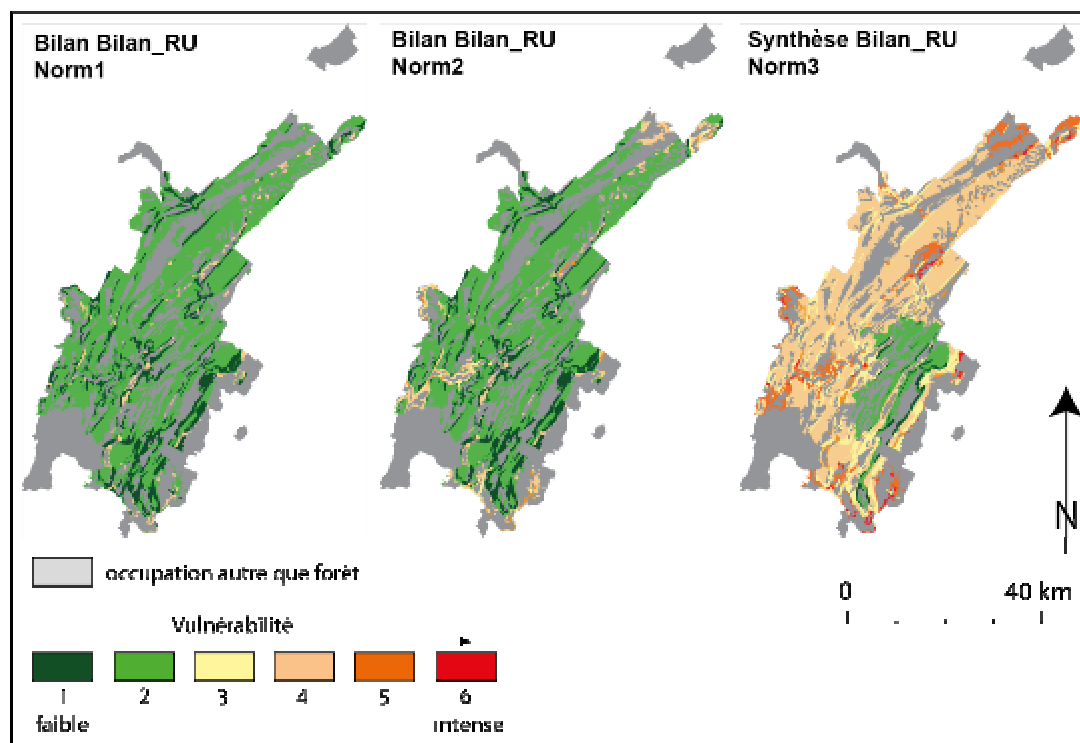
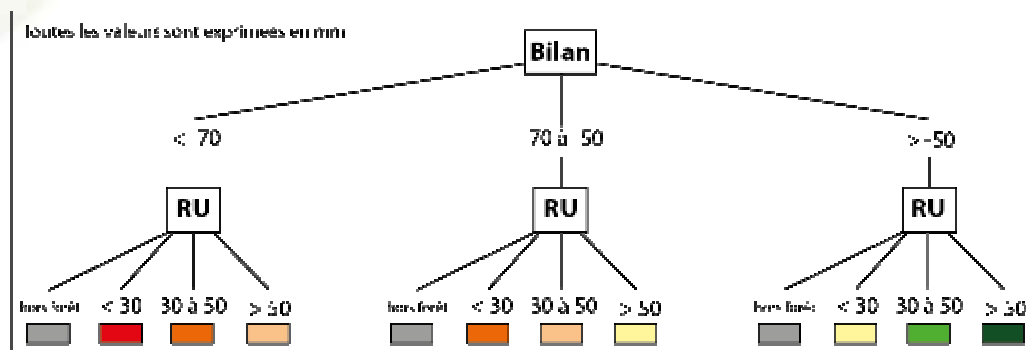
Pour les 5 années les
plus déficitaires des
trois normales :

- 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)

Soumis aux évolutions dues au changement climatique

Climat régional
(températures, précipitations, rayonnement...)

Bilan climatique

Conditions locales ou stations (considérées comme fixes)

Conditions climatiques locales (exposition, confinement)

Disponibilité en eau du sol (épaisseur du sol, texture, pierrosité)

Présence ou absence d'une **nappe d'eau +/- permanente**

Bilan hydrique stationnel

BILAN HYDRIQUE



Indice de bilan hydrique stationnel

Affectation 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 acidicline 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 verruqueux	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

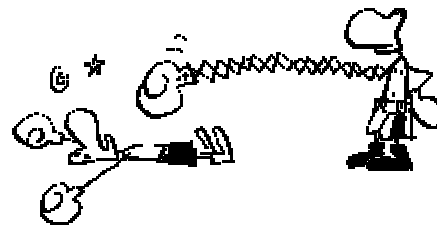
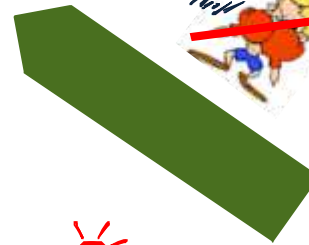
Catalogue des stations	Guide simplifié	Station type du Catalogue		
Numéro de la station et intitulé du catalogue	n° du Guide	classe de bilan hydrique (BH)	BH	RU racine
10 - Chênaie pubescente sous ensemble à charme - variante	1	Très défavorable	2	16
10 - Chênaie pubescente	1	Très défavorable	3	32
11 - 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 chaillies, sur sol podzolique	9	Défavorable	10	98
20 - Hêtraie-chênaie-charmaie mésoacidiphile à acidiphile sur limons à chaillies	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 chaillies	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 acidocline 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 acidocline sur limon Pseudogley à 30 cm	7	Assez favorable	13	58
6 - Hêtraie-chênaie sessiliflore-charmaie mésoneutrophile à acidocline sur limon (bis) Pseudogley 35 à 45 cm	7	Assez favorable	13	60
12 - Erablaie-tillaie hygrosclaphile, à scolopendre, sur éboulis grossier	2	Assez favorable	14	25
12 - Erablaie-tillaie hygrosclaphile, à scolopendre, sur éboulis grossier (bis)	2	Assez favorable	14	17
13 - Chênaie-charmaie-tillaie-érablaie hygrosclaphile à scolopendre	10	Assez favorable	15	29
14 - Hêtraie-chênaie sessiliflore-charmaie légèrement hygrosclaphile sur versant d'ubac	5	Assez favorable	15	38
8 - Hêtraie-chênaie sessiliflore très acidiphile, à leucobryum, sur limon à chaillies	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





THEORIE du BOXEUR

STADE SAIN



STADE IRREVERSIBLE



FAIM en CARBONE ou MANQUE
d'EAU ?

STADE STRESSE



STADE RESILIENT



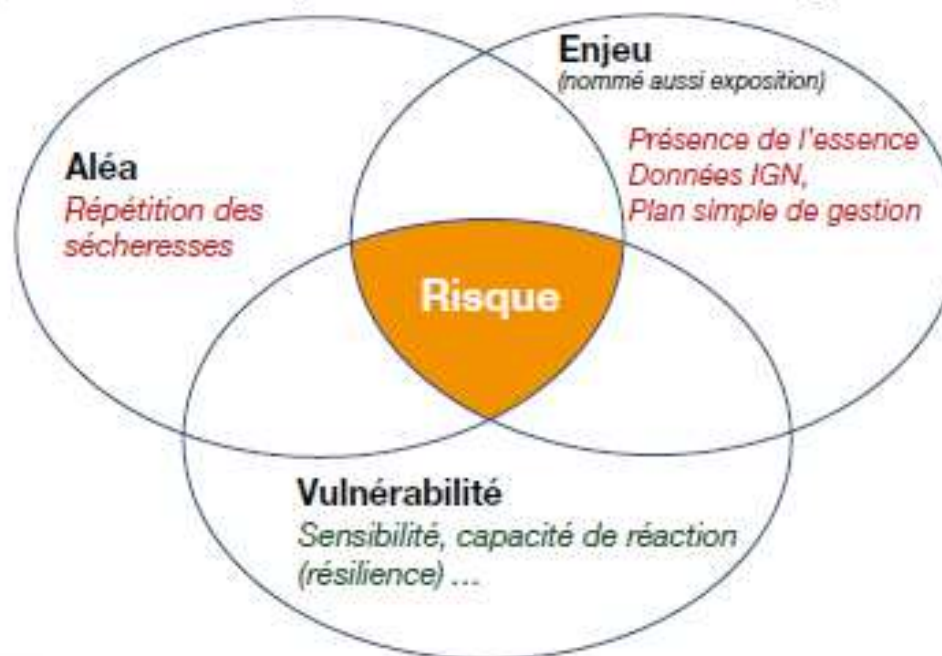
BIOCLIM**SOL** un OUTIL numérique innovant d'aide au diagnostic dans un contexte de changement climatique

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 reprises dans leur intégralité)

Y WGS84 : 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

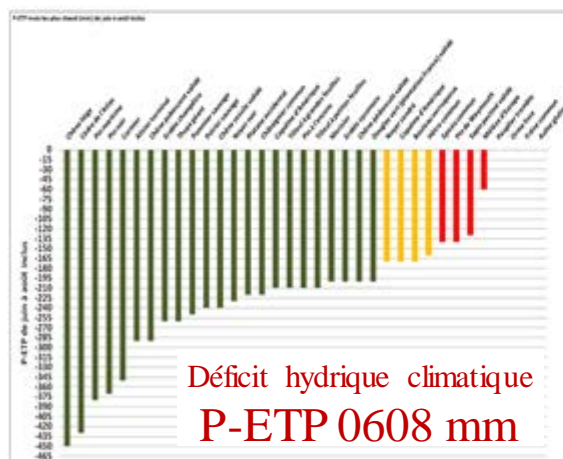
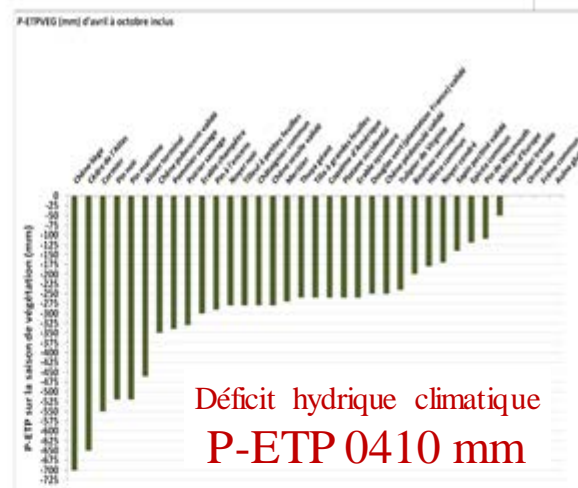
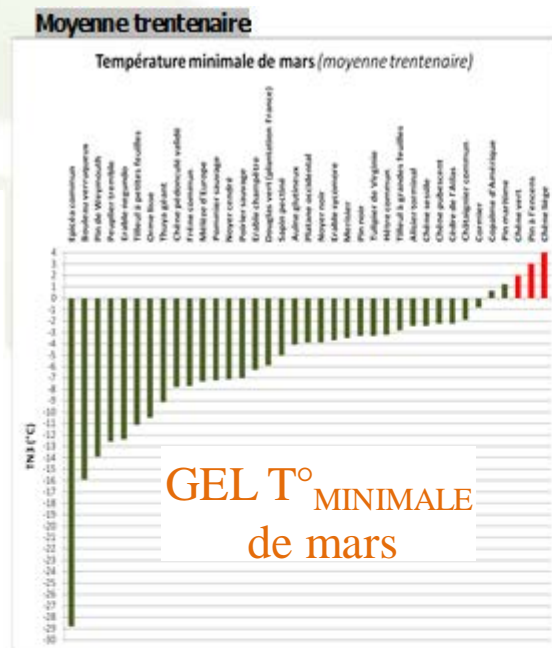


Principes de fonctionnement

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

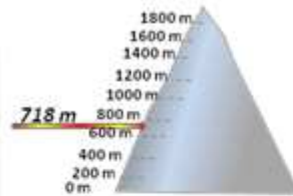
Alisier torminal	Hêtre commun
Aulne glutineux (essence azonale)	Mélèze d'Europe
Bouleau-verruqueux	Merisier
Cèdre de l'Atlas	Noyer cendré
Châtaignier commun	Noyer noir
Chêne liège	Orme lisse (essence azonale)
Chêne pédonculé validé	Peuplier-tremble (essence azonale)
Chêne pubescent	Pin à l'encens
Chêne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

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. **Barre double** = essence exclue **Barre simple** = essence déconseillée

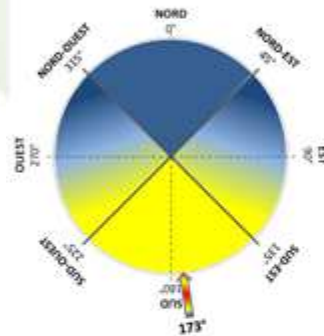
Principes de fonctionnement

1. FACTEURS de COMPENSATION ou d'AGGRAVATION du CLIMAT

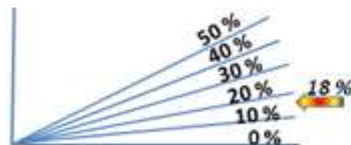
A. Altitude : 718 m



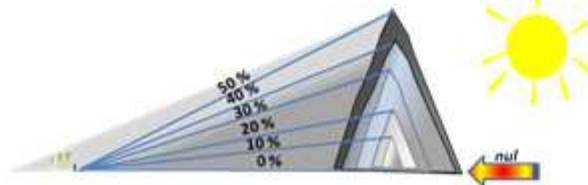
B. Exposition: 173°



C. Pente: 18%



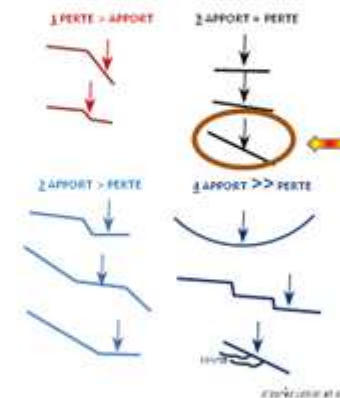
A. Confinement: nul



B. Topographie : 4. MI-VERSANT



C. Bilan en eau : 3 APPOIT=PERTE



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

D. Réserve utile minimale : MOYENNE

< 100 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**





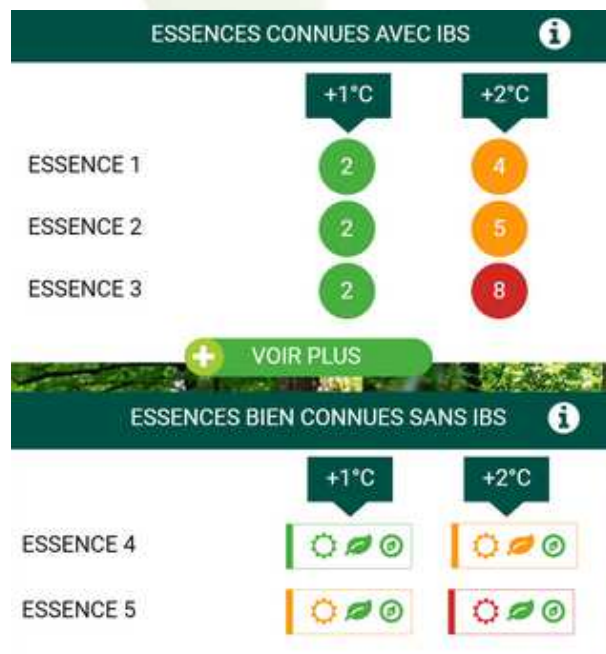
Représentation des catégories de données à collecter



DÉMARRER LA COLLECTE



- 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 :

- *Limitier 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

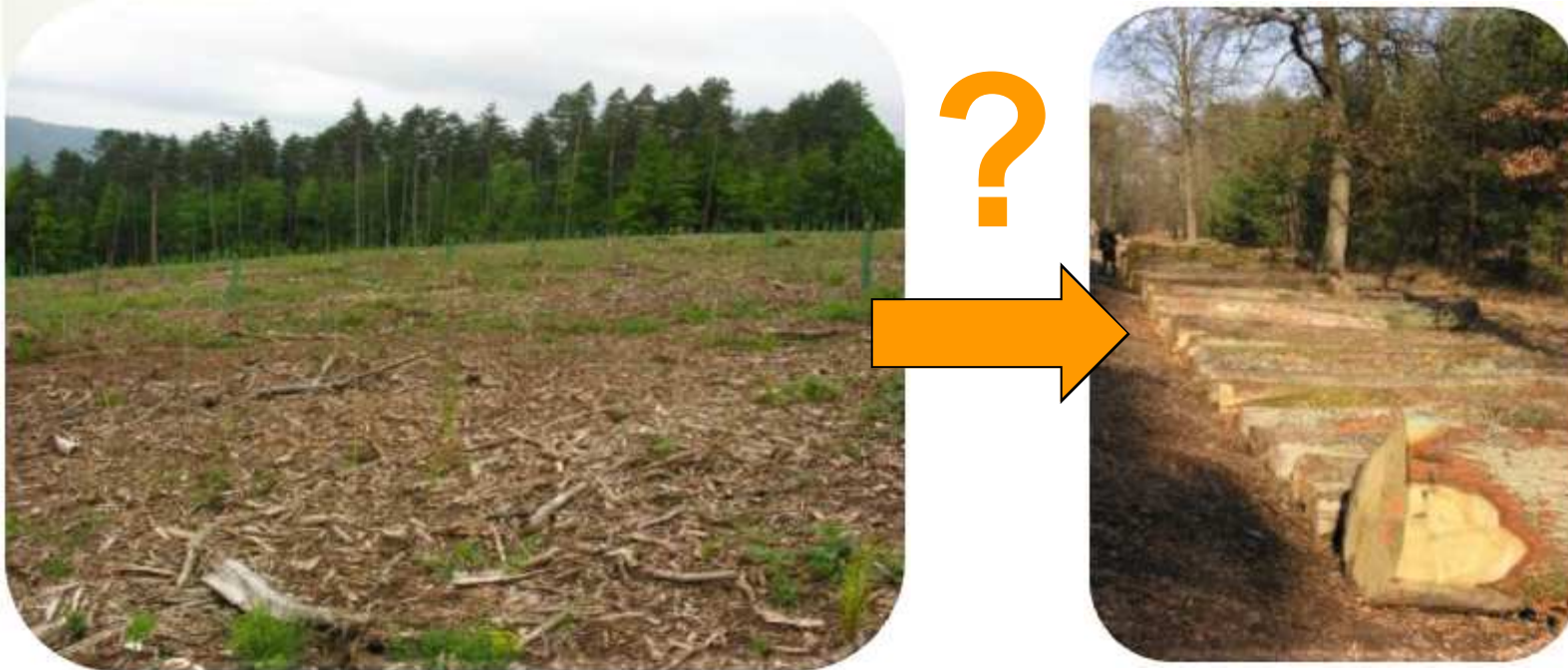
**Un investissement long
et important
qui mérite réflexion !!**



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

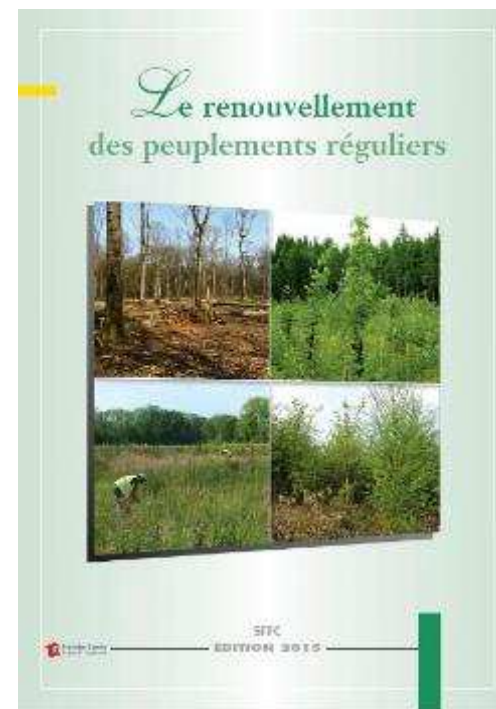
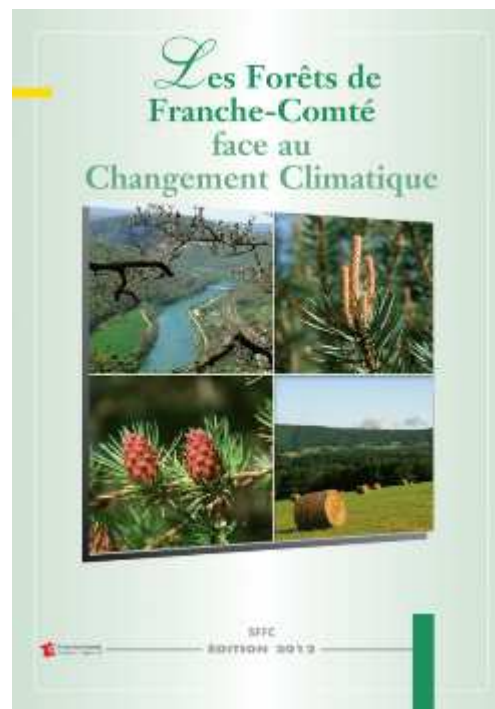
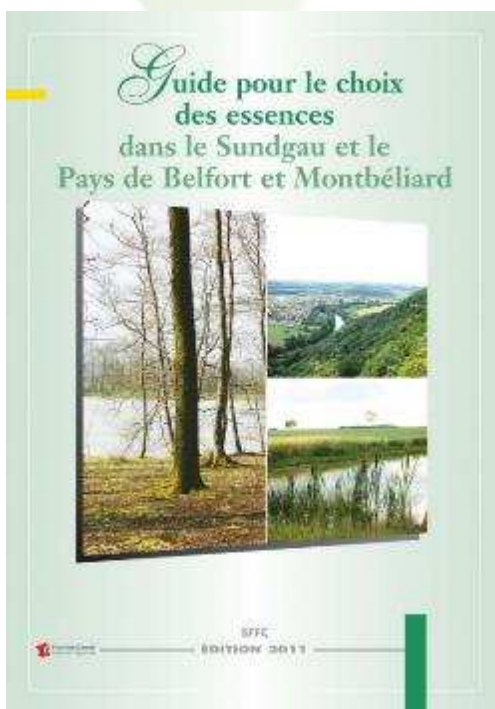


Eviter les paris trop osés, ne pas se laisser influencer trop fortement par les besoins bois du moment !!

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 ilots, 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



Adaptés à
la station
et au
climat



Sans
risque
sanitaire
majeur



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



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...

② Forte concurrence



© CDAF (B) / CRPF Bourgogne

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 réserver 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 !!!



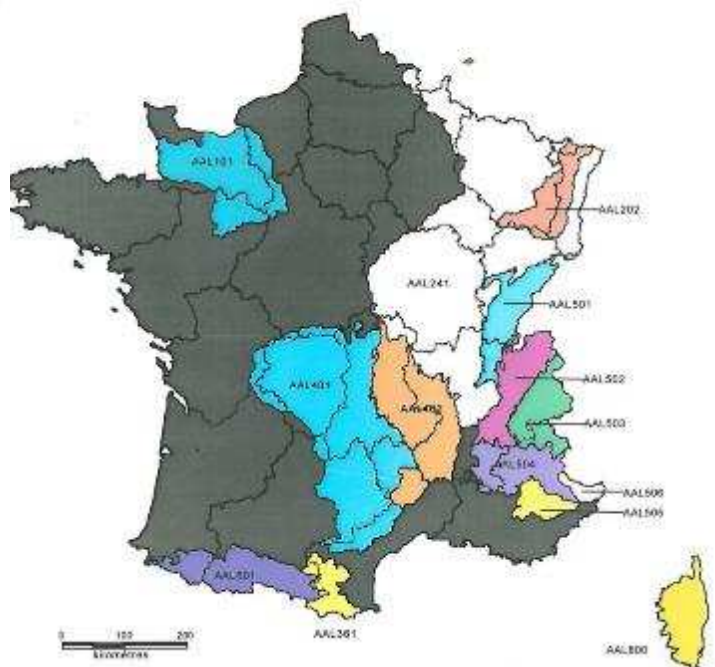
La plupart des essences forestières sont
réglementées = plants fournis avec une
étiquette de couleur / qualités génétiques



Sélectionner les provenances et le type de matériel végétal

La plupart des essences forestières sont règlementées

Régions de provenance du Sapin pectiné



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



Plants protégés sous toile humide

Source : CRPF Champagne-Ardenne



Protéger contre le gibier

Dégâts différents selon les espèces



Source : Internet

H = 1,80 m

Abrousissement



Source : Internet

H = 1,20 m

Frottis



Source : Internet

H = 0,60 m

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



Chêne sessile ou pédonculé ?



Limites aux
introductions
d'exotiques



Chênaies menacées par la
forte dynamique du hêtre



Feuillus en altitude ?



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 !**

