

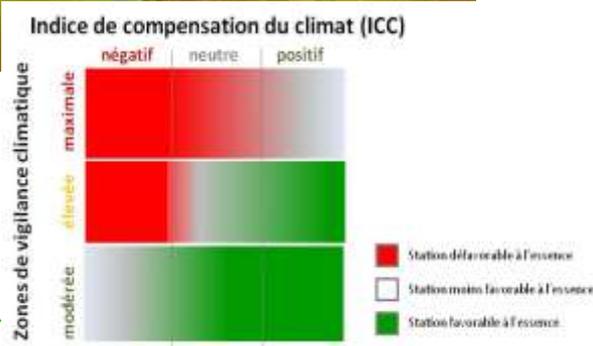
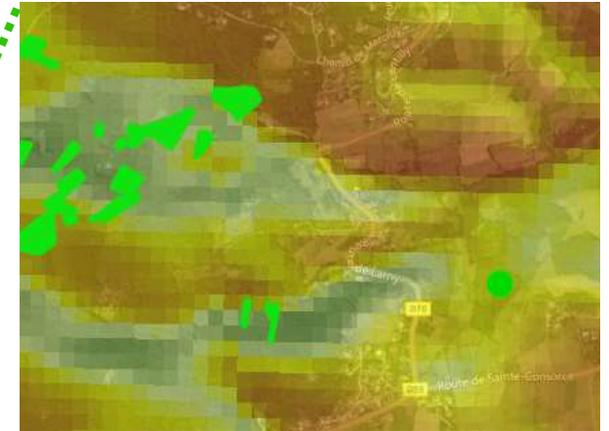
23/09/16



B
I
O
C
L
I
M
S
O
L



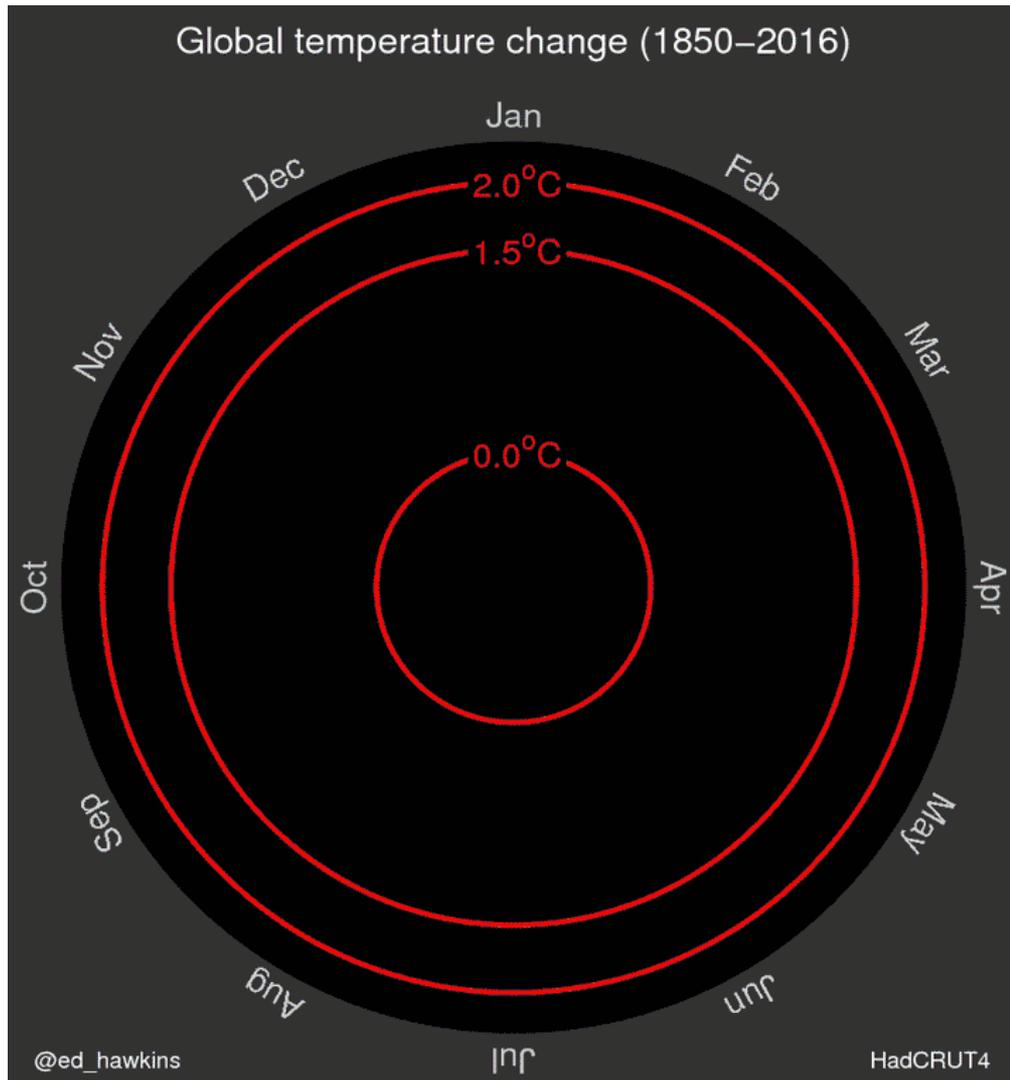
Jean Lemaire
IDF Lyon
Responsable Bioclimsol



Recommandations sylvicoles
dans un contexte de
changement du climat



**B
I
O
C
L
I
M
S
O
L**

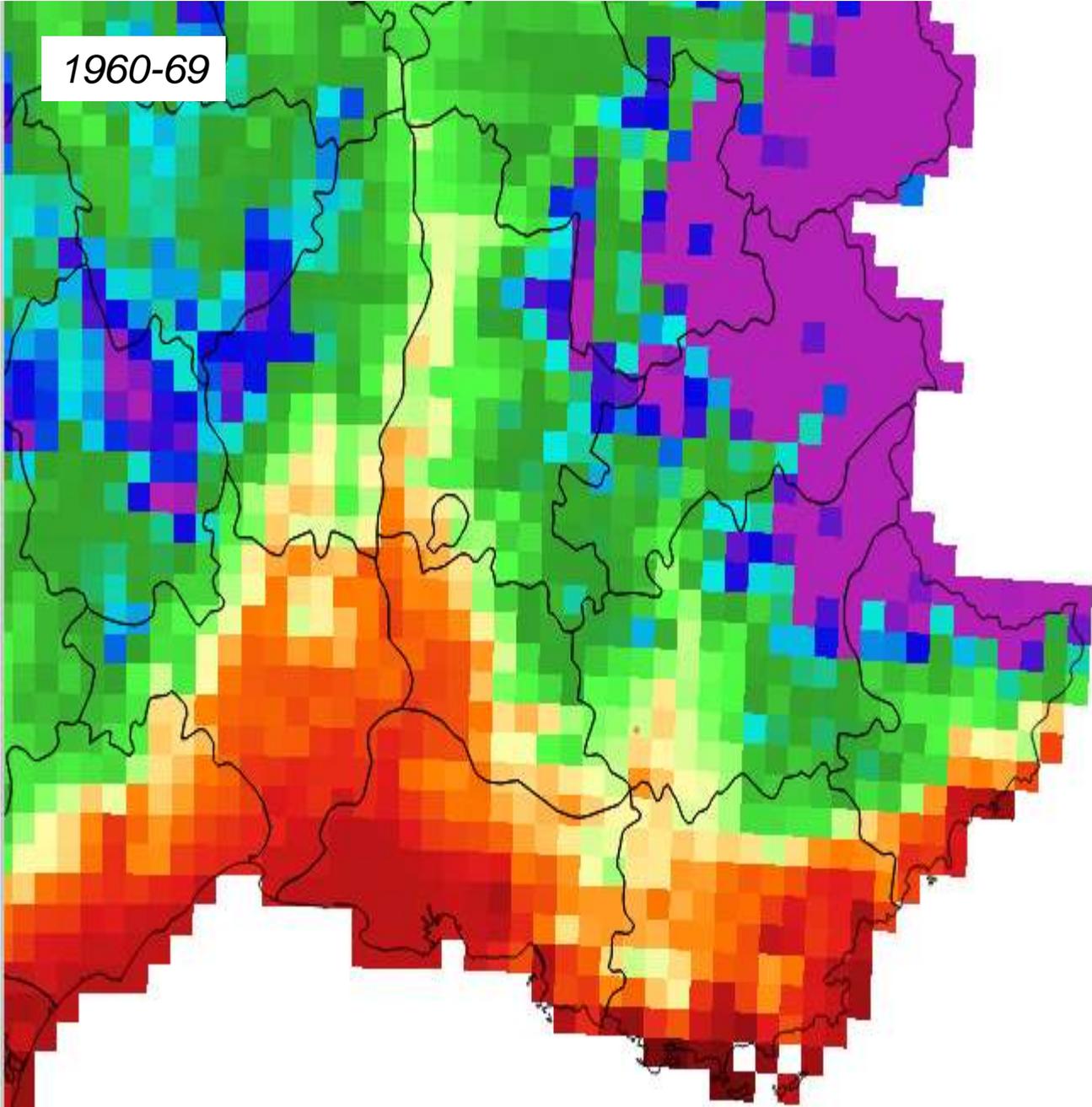
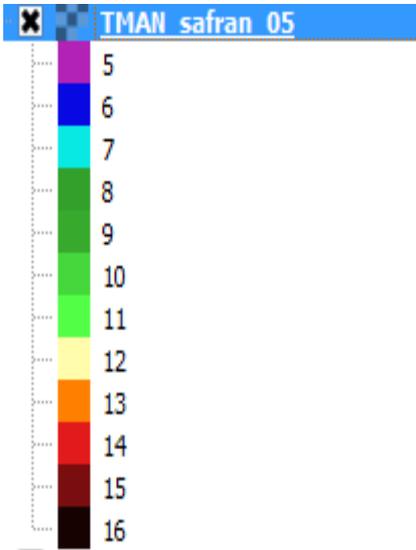


<http://www.climate-lab-book.ac.uk/2016/spiralling-global-temperatures/>



Evolution de la température annuelle moyenne annuelle : moyenne par décennie

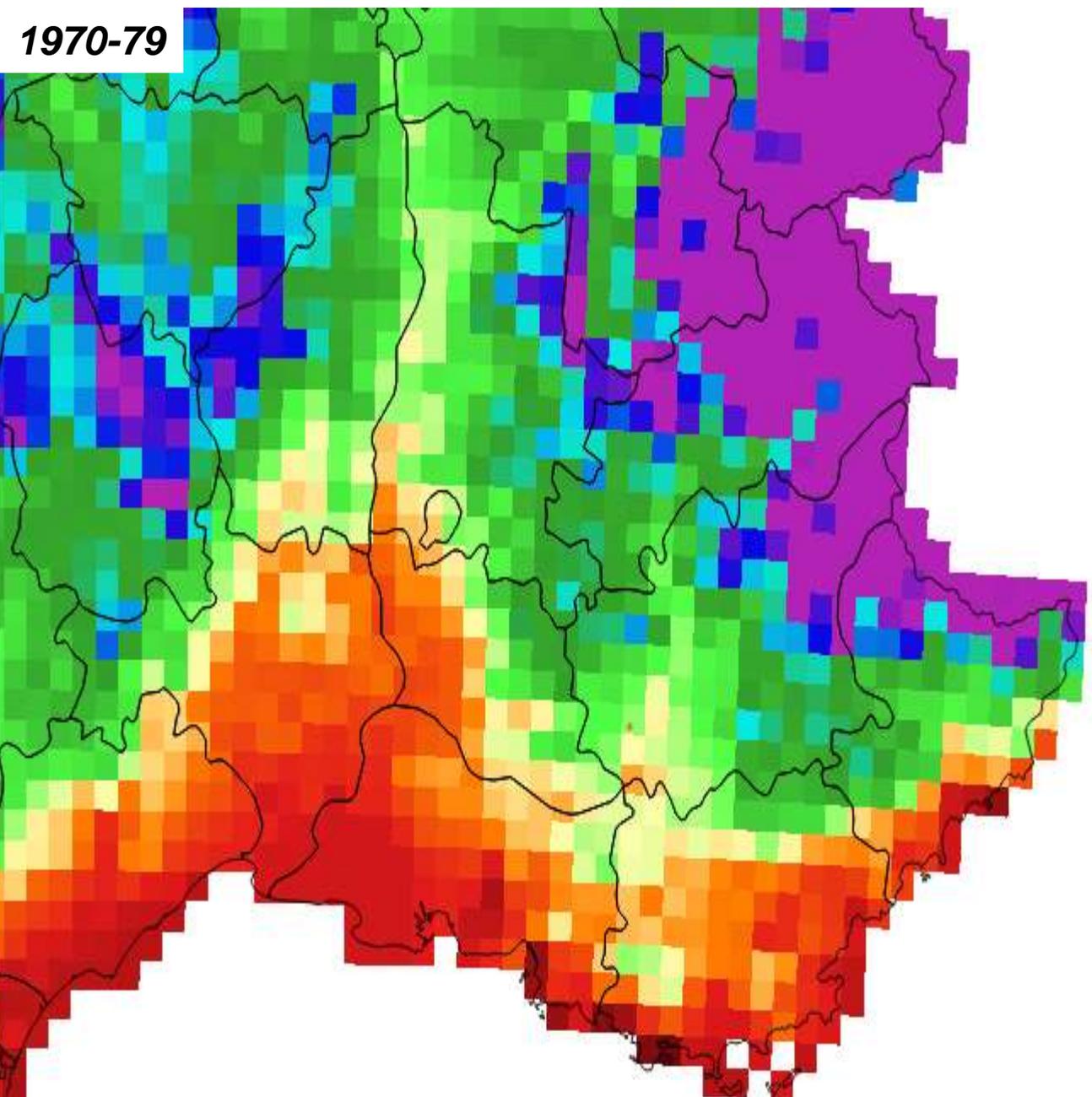
1960-69



Source SAFRAN Météofrance
1960 à 2009 inclus
Résolution 8 km * 8 km



Evolution de la température annuelle moyenne annuelle : moyenne par décennie

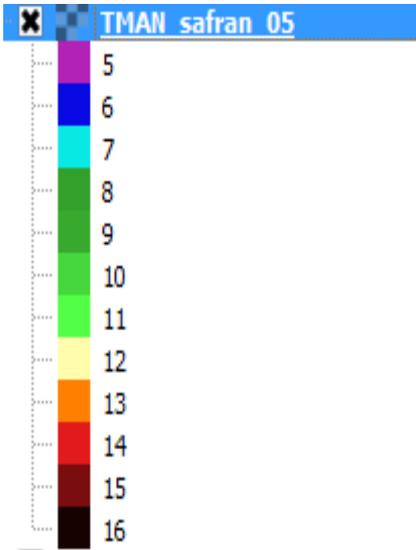
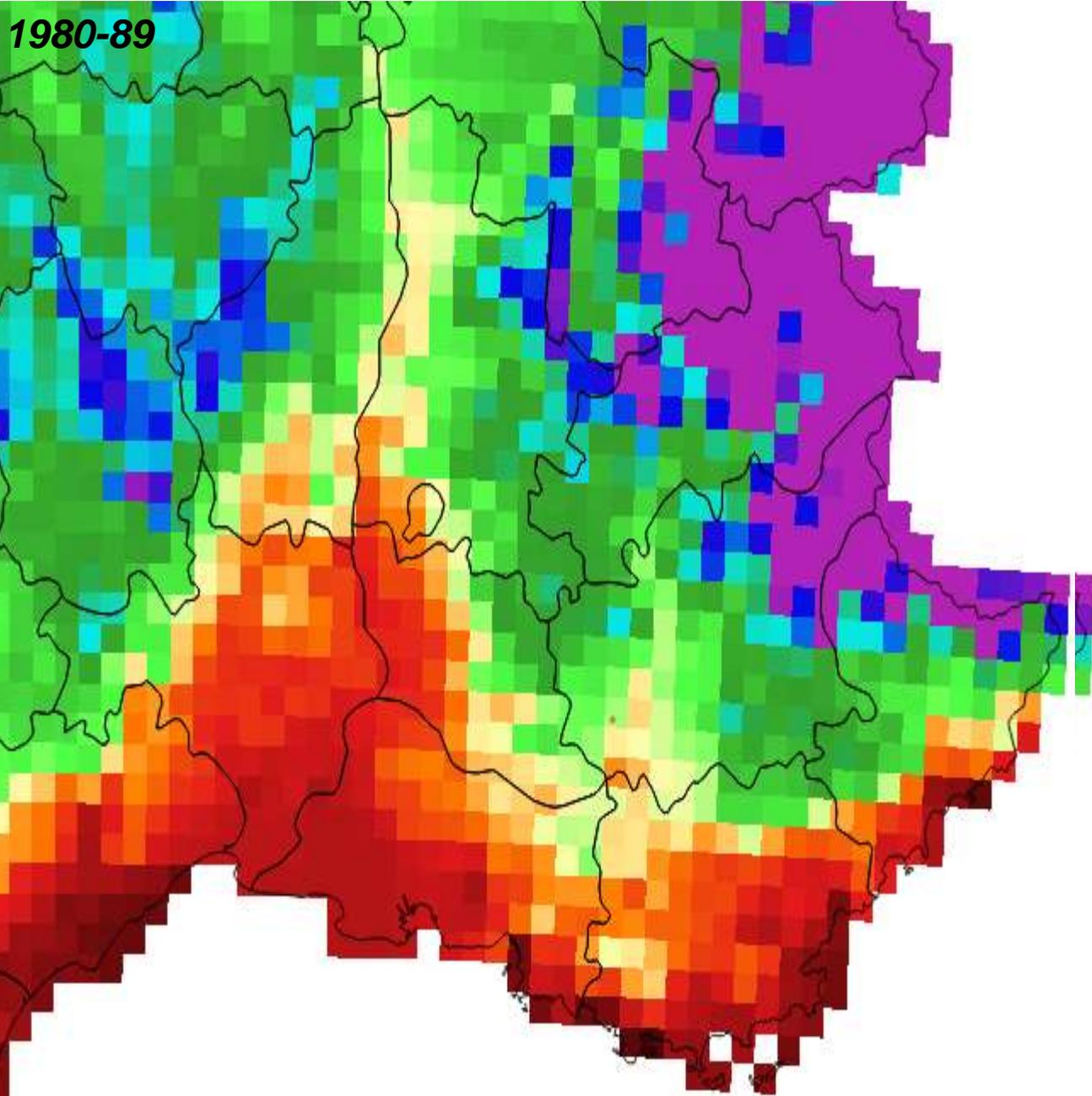


X TMAN safran 05

- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16

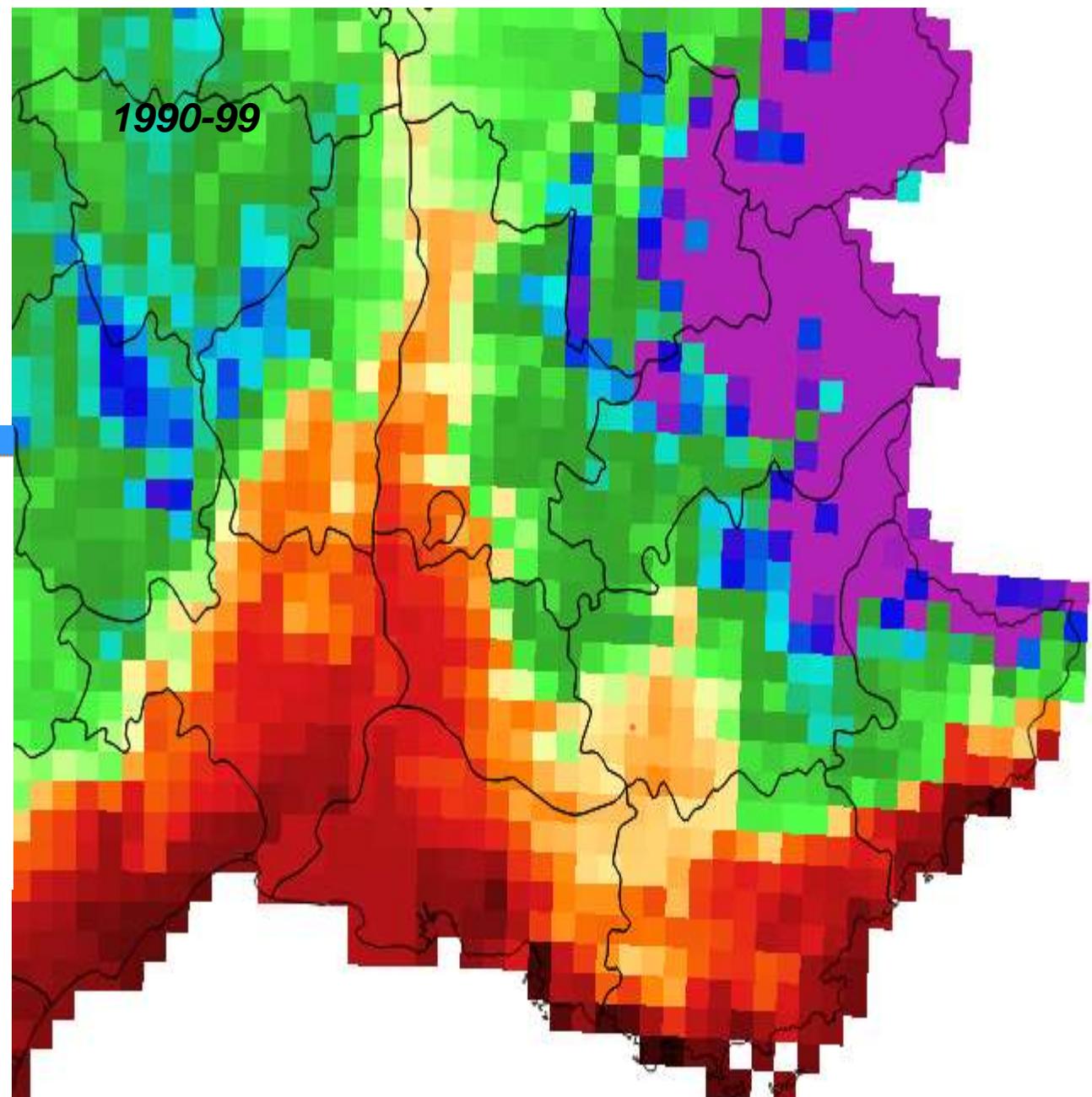
Source SAFRAN Météofrance
1960 à 2009 inclus
Résolution 8 km * 8 km

Evolution de la température annuelle moyenne annuelle : moyenne par décennie



Source SAFRAN Météofrance
1960 à 2009 inclus
Résolution 8 km * 8 km

Evolution de la température annuelle moyenne annuelle : moyenne par décennie



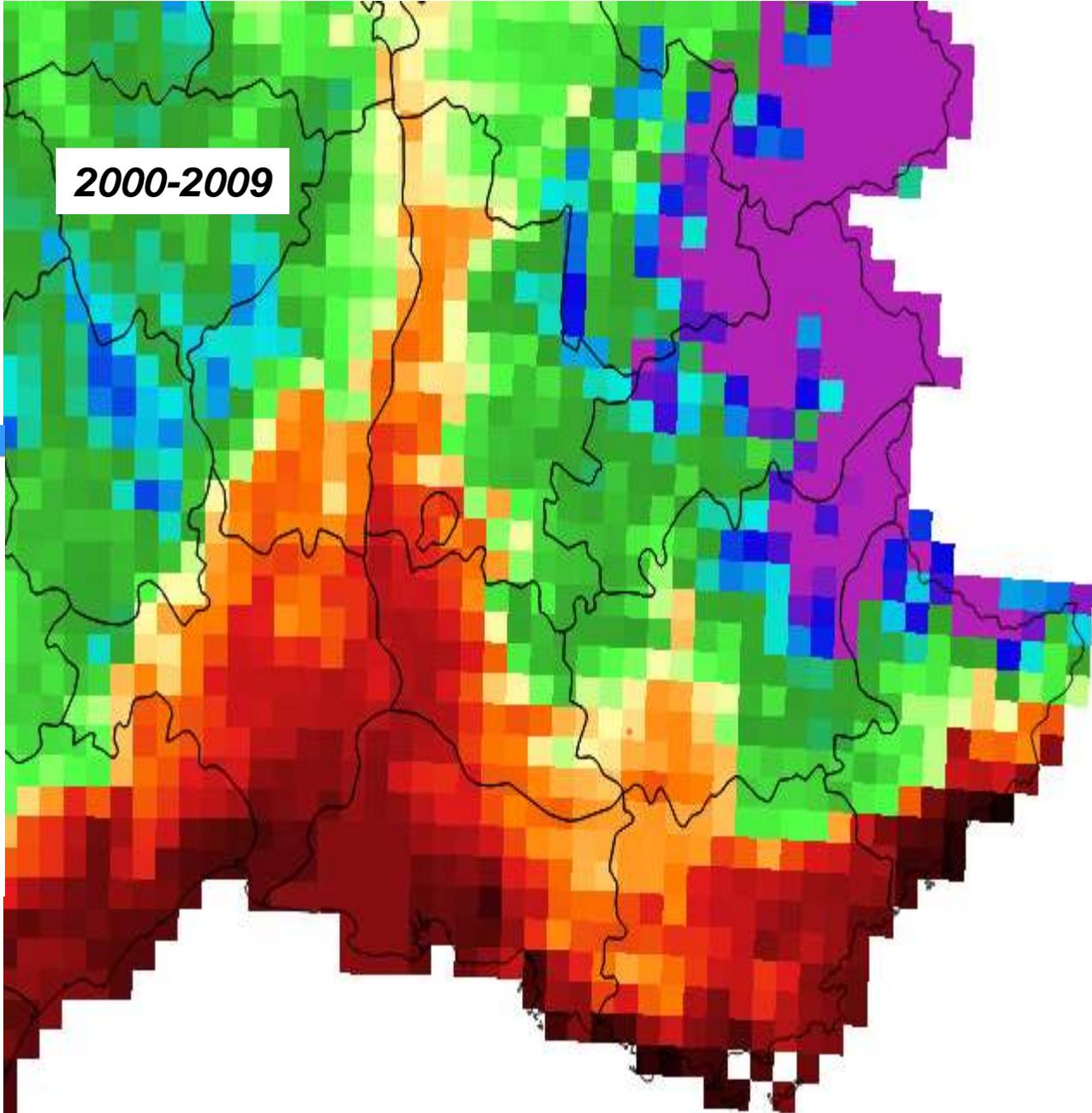
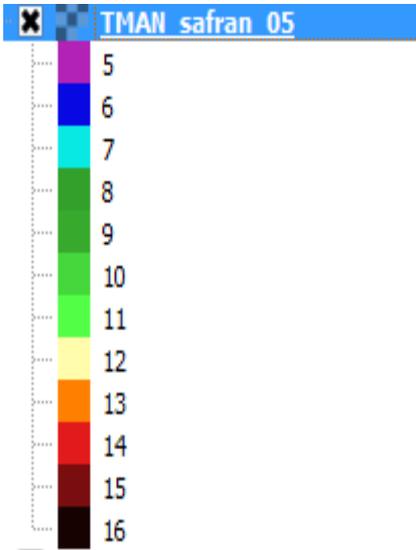
X TMAN safran 05

- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16

Source SAFRAN Météofrance
1960 à 2009 inclus
Résolution 8 km * 8 km

Evolution de la température annuelle moyenne annuelle : moyenne par décennie

2000-2009



Source SAFRAN Météofrance
1960 à 2009 inclus
Résolution 8 km * 8 km

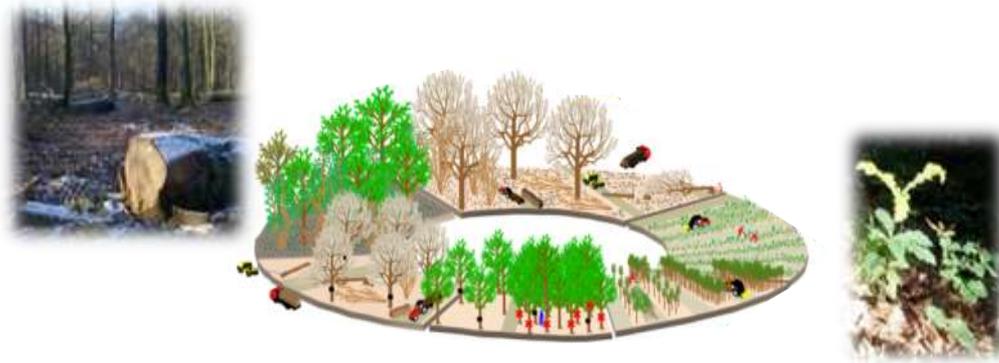


- Bioclimsol pourquoi ? -

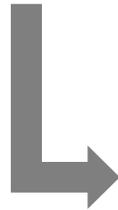


B
I
O
C
L
I
M
S
O
L

FORET : TEMPS de PRODUCTION LONG > 40 ans
= SENSIBILITE ELEVEE au changement climatique



Changement climatique = incertitude



Nécessité d'outils de diagnostic novateurs prenant en compte cette incertitude

Le GIEC confirme les tendances à la hausse des températures.

Et pour mes forêts ?



nombreuses innovations technologiques au service du diagnostic forestier

<http://www.illustrabank.com>

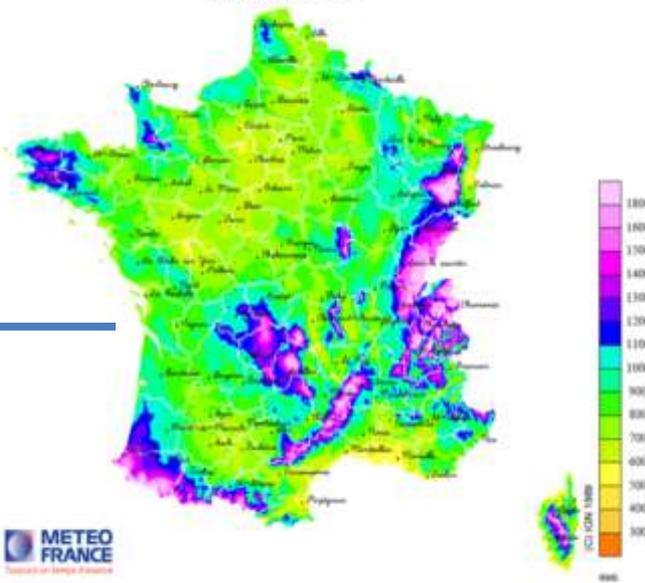
Avant le CC, les forestiers avaient tendance à ne pas effectuer de diagnostic climatique = empirisme

Depuis le CC, le diagnostic climatique en forêt devient incontournable ! La station n'est plus invariable dans le temps.

Avec l'accès à des données climatiques géoréférencées comme SAFRAN, AURELHY, ... ce diagnostic est facilité.



PRECIPITATIONS ANNUELLES MOYENNES 1981-2010



BIOCLIMSOL un OUTIL d'appui au diagnostic

pour la gestion des forêts dans un contexte de changement du climat

= développement d'une application pour usage direct sur le terrain

BIO pour prise en compte du **vivant**

CLIM pour prise en compte du **climat**

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

***BIOCLIMSOL = OUTIL** ayant pour objectif de définir **les zones de vigilance climatique** spécifiques à chaque essence dans un contexte de climat changeant.*

*Outil d'aide à la décision pour la gestion des **peuplements sur pied** et pour le **reboisement**.*

BIOCLIMSOL = OUTIL d'aide à la décision

- ✓ **Cartes de vigilance climatique**
- ✓ **Estimation du risque d'observer des pertes de vitalités**
- ✓ **Prise en compte des effets compensants ou aggravants le déficit hydrique du climat = Indice de Compensation du Climat (ICC)**
- ✓ **Prise en compte du niveau de résilience du peuplement avec le protocole ARCHI**
- ✓ **Modules pour le choix des essences en reboisement et pour la gestion des peuplements sur pied**



Bioclimsol

Comment cela fonctionne ?

B
I
O
C
L
I
M
S
O
L



BIOCLIMOSOL : comment cela fonctionne ?

BIO



La théorie du boxeur

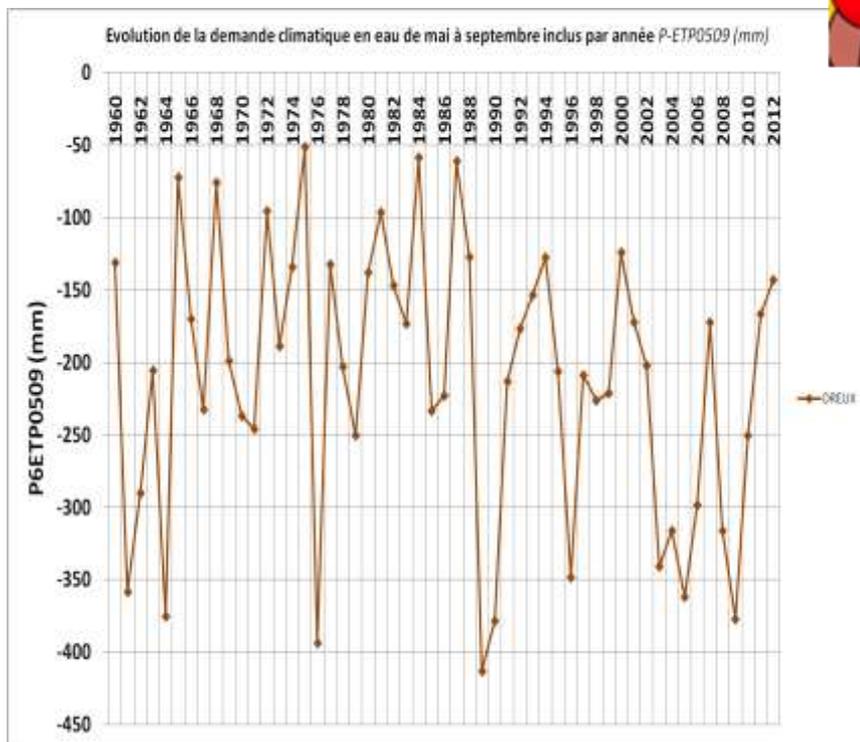
CLIM



L'Indice de Compensation du Climat

SOL

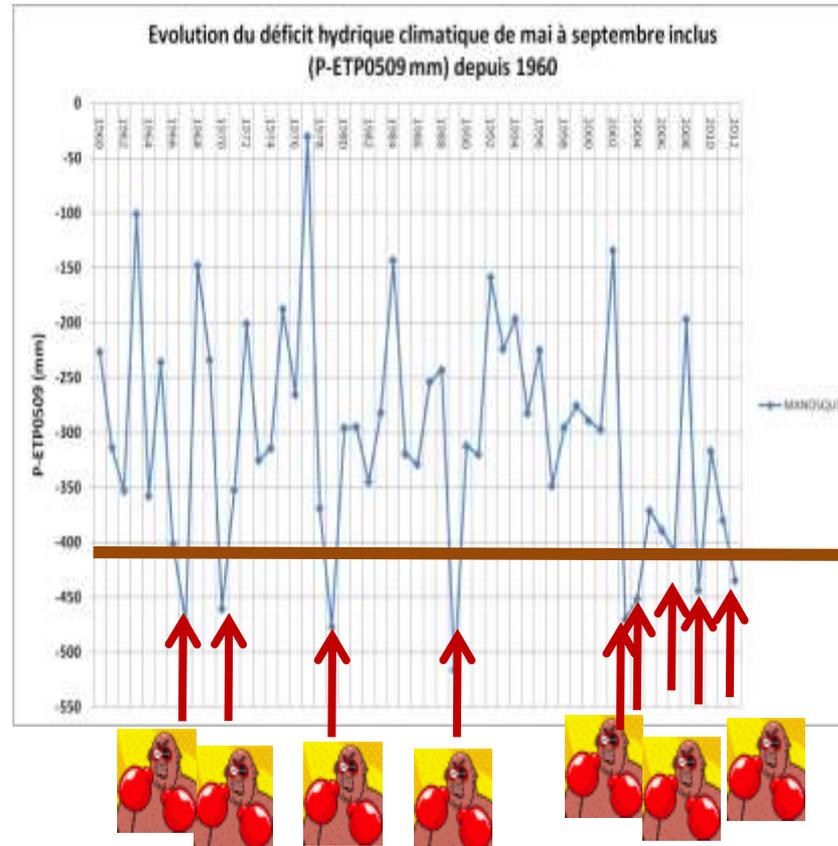
Carte de vigilance climatique



Indice de compensation du climat

	négatif	neutre	positif
élevée maximale			
modérée			

- Station défavorable à l'essence
- Station moins favorable à l'essence
- Station favorable à l'essence



Théorie du boxeur

- = compter le nombre de coups de poing portés nettement dans un intervalle de temps
- = compter le nombre d'années de sécheresse critiques / 20 ans minimum
- = réccurrence et intensité
- = MOTEUR de BIOCLIMSOL

Ex : Manosque entre 1960 et 1988 = 3 années critiques sur 28 ans = 1 année sur 10 critique
entre 1989 et 2012 = 6 années critiques sur 24 ans = 1 année sur 4 critique

2 - clef de détermination de l'indice de bilan hydrique topo-édaphique

		facteurs défavorables				facteurs neutres				facteurs favorables				
TOPOGRAPHIE	topographie générale	sommet	croupe	-14	haut de pente	-6	pente	-3	plateau	0	bas pente	10	vallon	18
	topographie stationnelle				convexe	-8			plan	0	concave	8		
	banquettes								absence	0	présence	13		
	pente du terrain						> 27° ou 50%	-1	< 27° ou 50%	0				
ROCHE	affleurement rocheux	>= 30%		-8	10 - 30%	-3	1 - 10 %	-1	0	0				
	affleurement de cailloux				>= 30%	-3	10 - 30%	-2	1 - 10 %	0	0	2		
	pendage / pente (sur altérite et colluvion < 80 cm)						défavorable	-1	neutre	0	favorable	1		
	Diaclases (sur altérite et colluvion < 80 cm et pendage défavorable ou neutre)						absentes	-2	quelques	0	nombreuses	3		
MATÉRIAU	matériau de référence	roche		-4	altérite	-2	lapiaz	-1			colluvium	5		
	HCl terre						forte	-2	faible	0	nul	3		
	éléments grossiers	>= 90%		-7	60-90%	-3			30-60%	0	< 30 %	4		
	plaquettes horizontales				présentes	-6			absentes	0				
	réserve utile / texture **	<= 0,7mm/cm		-10	1 à 1,3	-3			1,35 à 1,6	0	1,7 à 1,95	5	2	10
PROFONDEUR	épaisseur de la colluvion				absent	-2	5-20 cm	-1	25-50 cm	0	> 50 cm	3		
	profondeur totale	0-20 cm		-12	25-45 cm	-5			50-75 cm	0	75-100	5	> 100 cm	10
	tests tarière						0-20 cm	-2	21-40 cm	0	41-75cm	2	> 75 cm	3

indice topo-édaphique
 =

 +

 +

 +

 +

 +

 +

L'indice de potentialité (bilan hydrique global d'une station) = indice climatique + indice topo-édaphique.

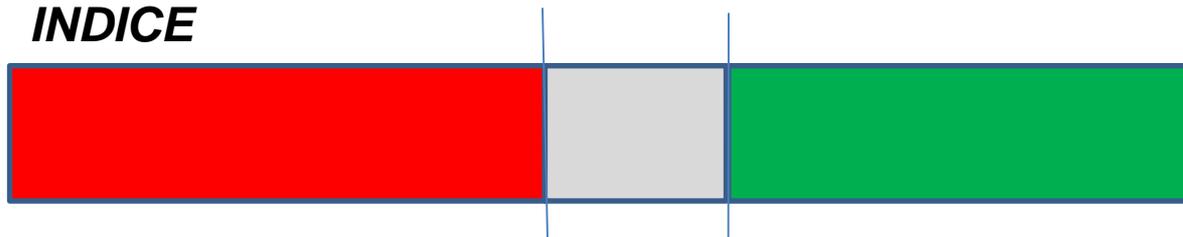
Il permet situer la potentialité d'un site sur une échelle variant de -160 à + 190 et de comparer des stations éloignées et très différentes

CLIMAT x Indice topo édaphique =



pour définir l'adéquation stationnelle

INDICE



Station défavorable à l'essence



Station moins favorable à l'essence



Station favorable à l'essence

Détermination de la sensibilité au changement climatique du Chêne pubescent en région PACA

Clément Berger, ingénieur de Bordeaux-Sciences-Agro,
stagiaire au CRPF-PACA _ 2014

Louis Amandier, ingénieur forestier, CRPF-PACA

Jean Lemaire, ingénieur forestier, IDF

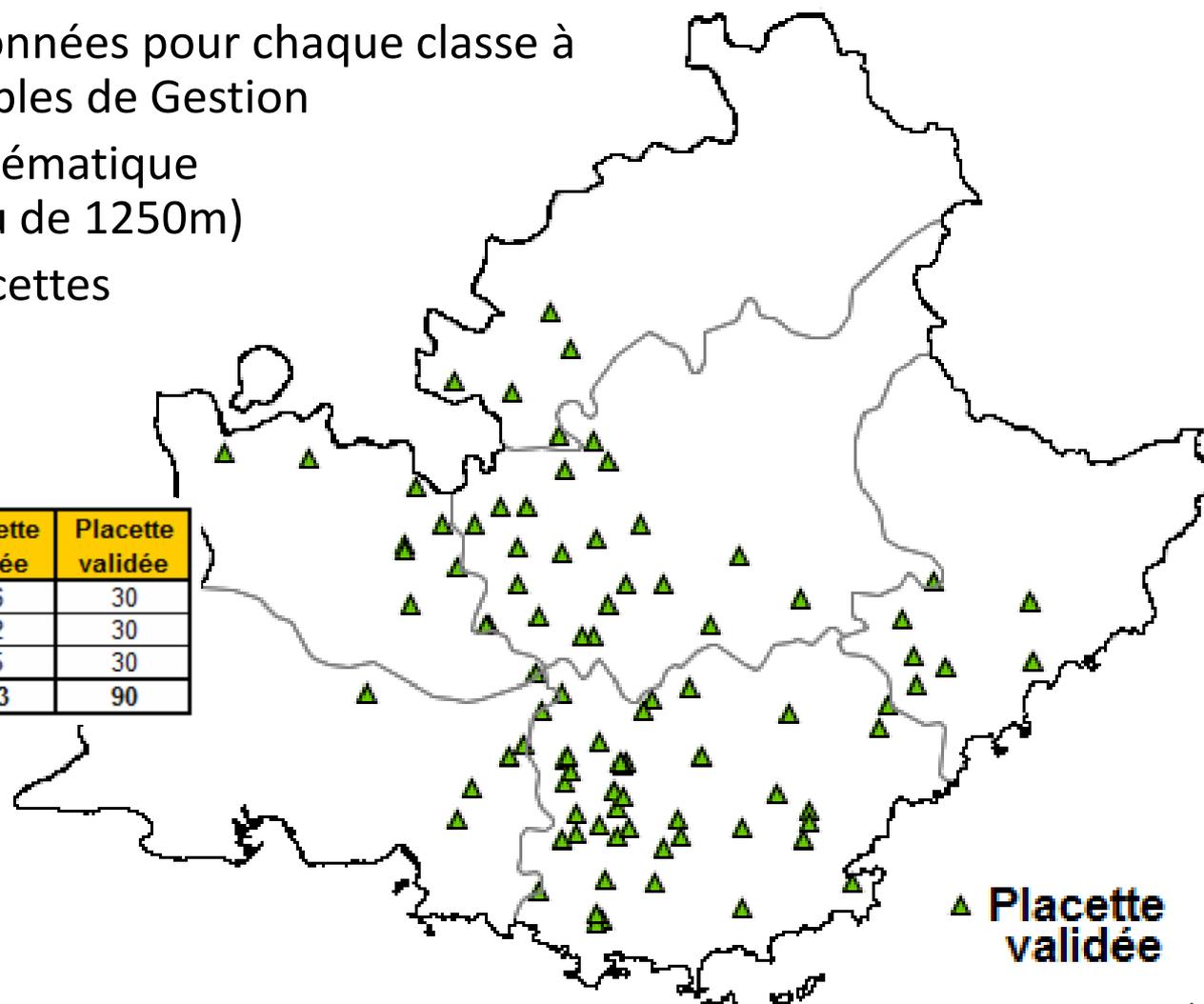
Foret méditerranée et Irstea



Placettes expérimentales

- 50 placettes sélectionnées pour chaque classe à partir des Plans Simples de Gestion
- Echantillonnage systématique (maille de 1500m ou de 1250m)
- Minimum de 30 placettes mesurées par classe

Classe P-ETP ₀₆₀₈ (mm) (données DIGITALIS 61-91)	Placette visitée	Placette validée
> - 250	36	30
-300 à -250	42	30
< -300	45	30
Total	123	90



Paramètres relevés

- Situation géographique de la placette (exposition, pente, altitude, étage de végétation, topographie locale, position dans le versant)
- Structure du peuplement (composition, hauteur des chênes, âge, surface terrière)
- Caractérisation du sol (profondeur, substrat, calcaire actif, taux d'éléments grossiers, couverture du sol)

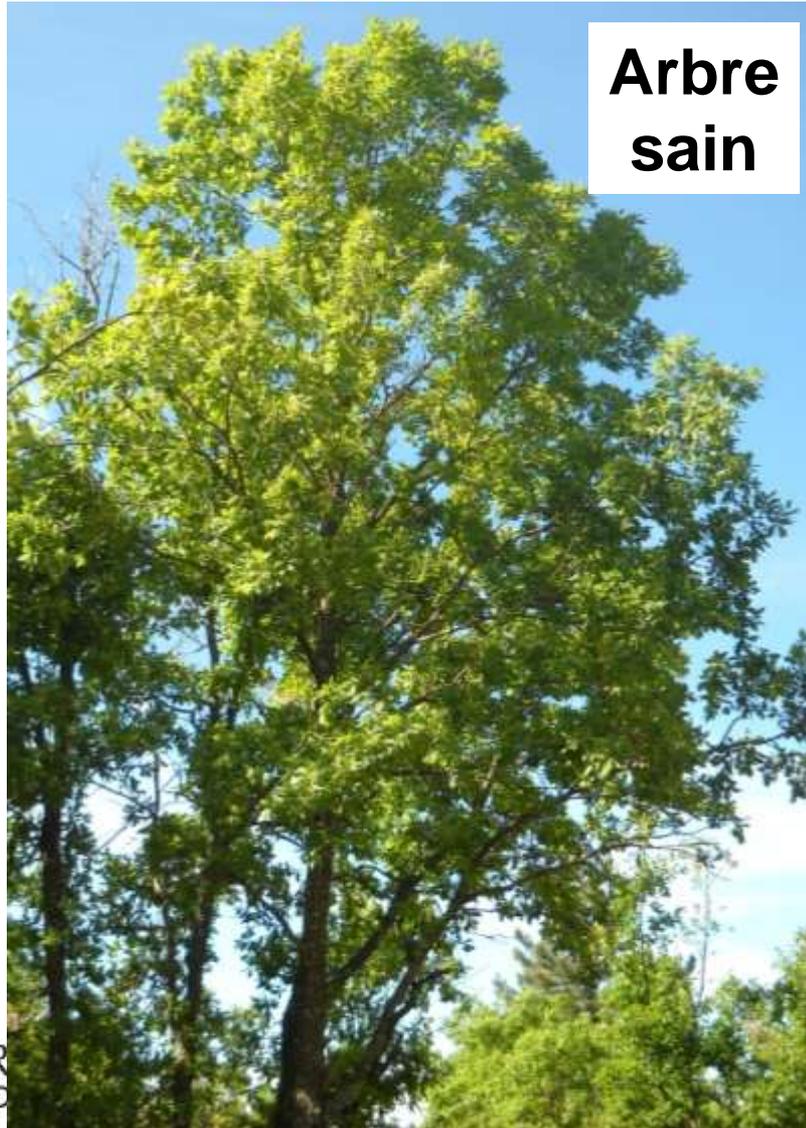
Aucune fosse pédologique n'est ouverte

- Estimation du bilan hydrique topo-édaphique à l'aide des différents paramètres relevés

Évaluation de l'état sanitaire des chênes pubescents

- Mesures effectuées sur 15 arbres dominants ou co-dominants
- Placette déperissante si 20% des arbres sont considérés comme tels

Exemple de notation selon le protocole DEPEFEU



**Arbre
sain**

(Photo C.BERGER)

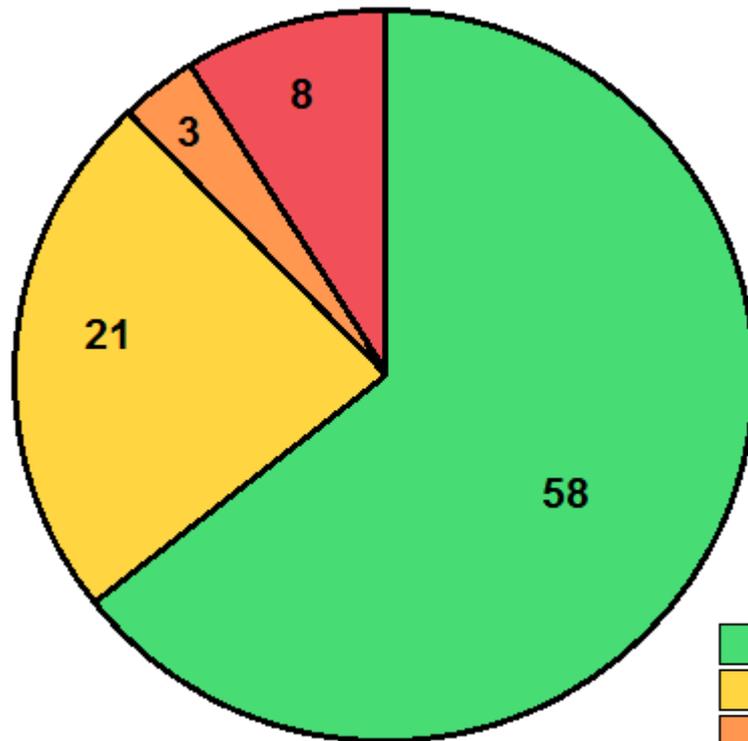


**Arbre
dépérissant**

(Photo C.BERGER)

Un fort taux de dépérissement en région PACA en 2014

- 33% de placettes dépérissantes
- Peu de dépérissements très marqués



=> Début de dépérissement généralisé ou d'un rétablissement du Chêne pubescent

Taux de dépérissement

- Inférieur à 20% (placette saine)
- Entre 20 et 30%
- Entre 30 et 40%
- Supérieur à 40%

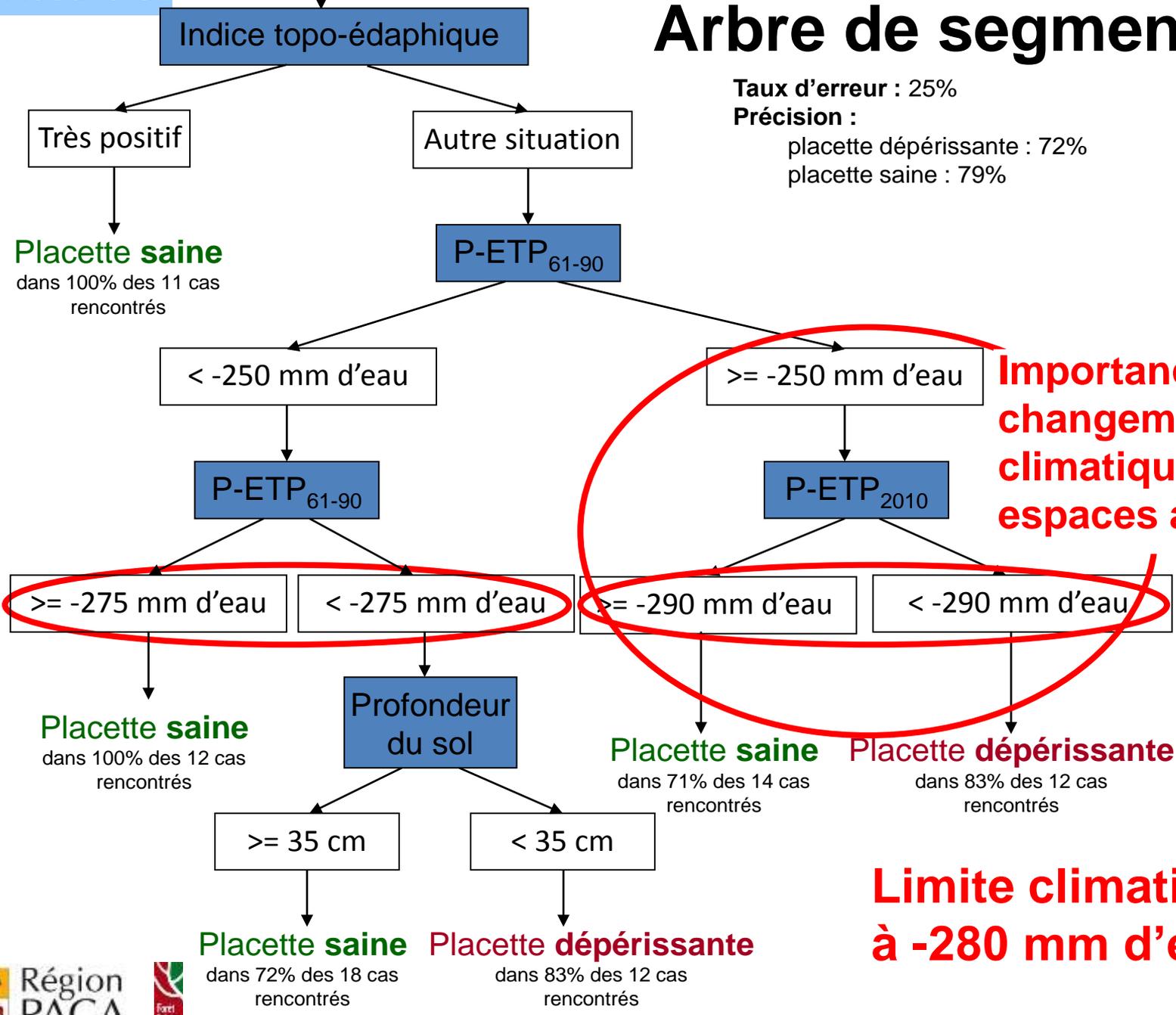
Arbre de segmentation

Taux d'erreur : 25%

Précision :

placette dépérissante : 72%

placette saine : 79%



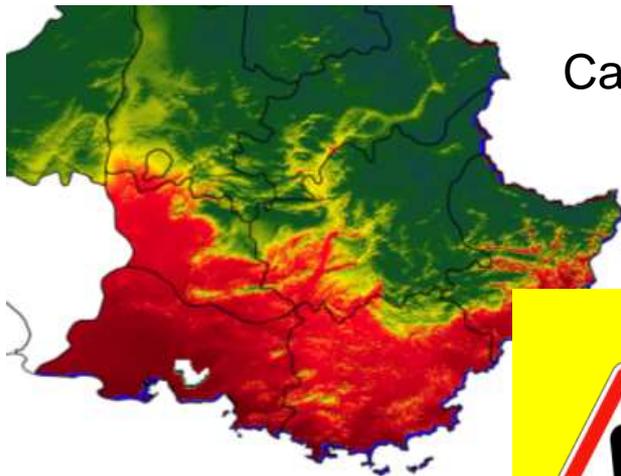
Importance du changement climatique dans les espaces arrosés

Limite climatique à -280 mm d'eau

Moteur = carte de vigilance climatique disponible sur SIG

Chene pubescent

CARTE EXPERIMENTALE



Carte 1981_2010

-  *Vigilance modérée*
-  *Vigilance élevée*
-  *Vigilance maximale*



**Ne PAS CONFONDRE VIGILANCE et DEPERISSEMENT
PLUS LA VIGILANCE CLIMATIQUE est ELEVEE
plus il faut chercher des effets
de compensation du climat : sol, topographie, ...
fourni par l'indice topo édaphique**

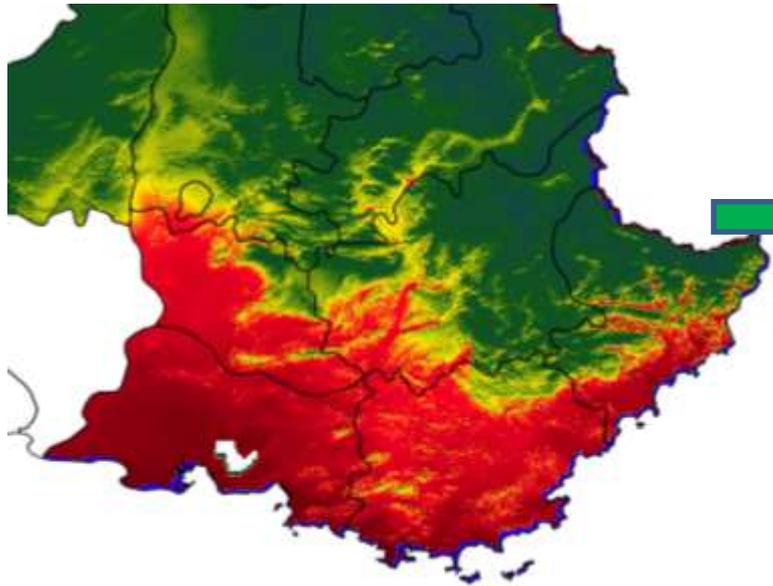


© CRPF Poitou-Charentes

**NECESSITE D'UN DIAGNOSTIC
sur le TERRAIN INDISPENSABLE**

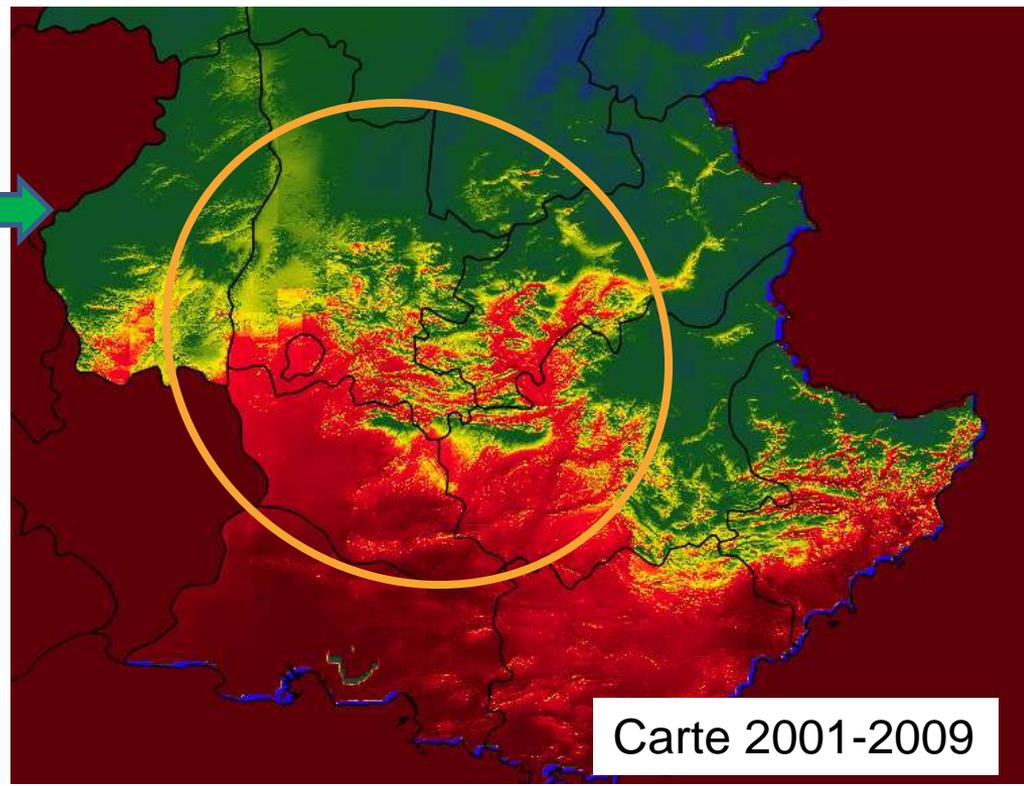
Chene pubescent

CARTES EXPERIMENTALES

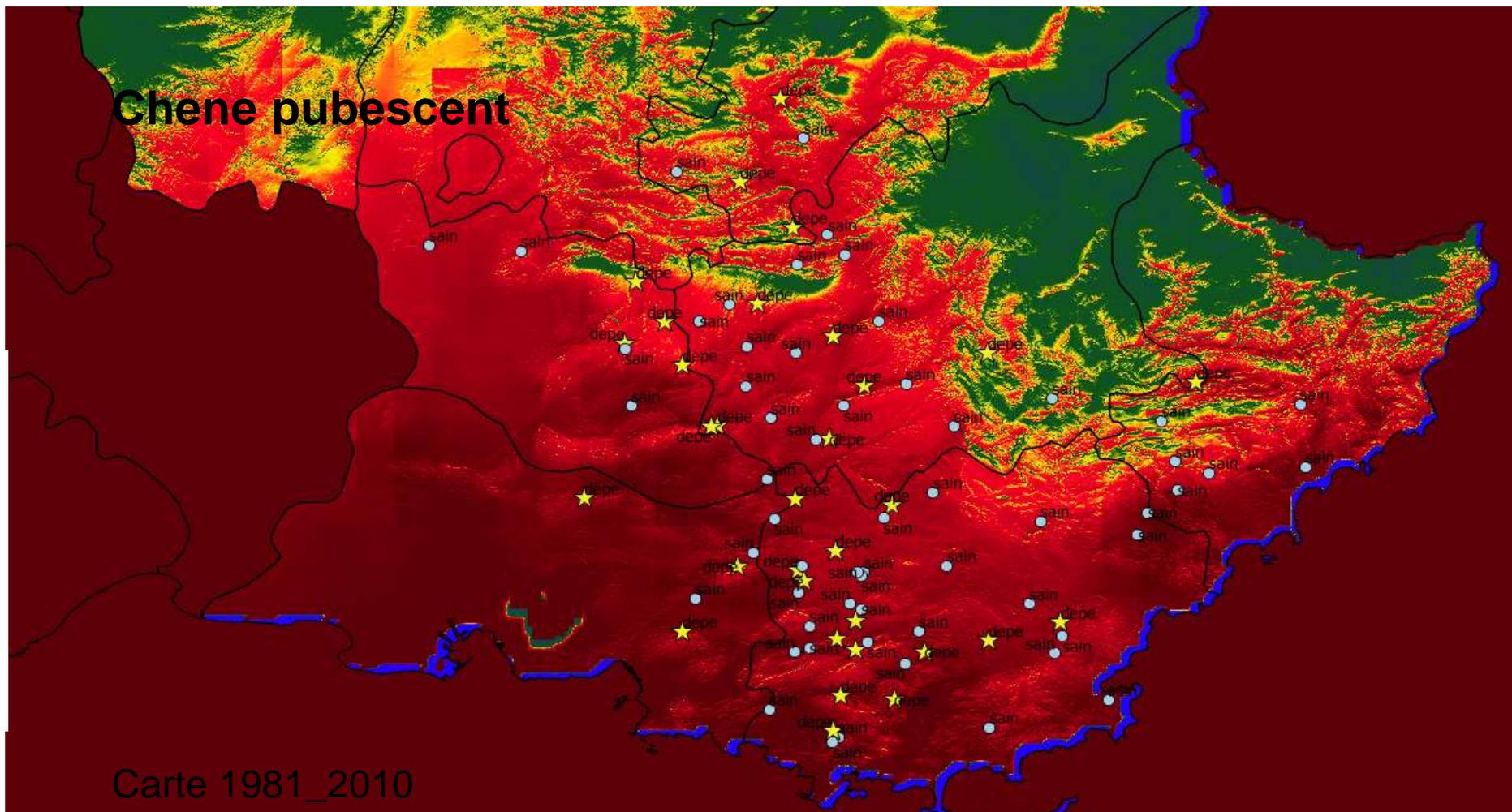


Carte 1981_2010

-  *Vigilance modérée*
-  *Vigilance élevée*
-  *Vigilance maximale*



Carte 2001-2009



A-coups climatiques dans les années 2000 plus marqués, dans le nord de la région
Le tri climatique s'opère : les chêne pubescents en mauvaises stations (1/2 des placettes pas d'effet de compensation du climat dans les zones nord PACA) sont sujet au dépérissement. Dans les zones Sud, le chêne pubescent est plus fréquemment sur des stations présentant des compensation de sol et topographie élevée (3/4 des placettes avec effets de compensation du climat en zone sud) = moins de dépérissement dans cette zone.



Fiche de Vigilance climatique **VERSION EXPERIMENTALE**
POINT VISITE : ARRET 1

BIOCLIMSOL

1. REFERENCES de la Parcelle

X Lambert 93 : 782787 Y Lambert 93 : 6653967

Département : 71 Commune :Lieu-dit :

Propriétaire : GF de FRANAY. Type de peuplement : FUTAIE DOUGLAS VERT

Vue aérienne :

© Bing

2. DONNEES CLIMATIQUES 1981-2010 *

TMAN °C	9.7
TN3 °C	1.7
TX0608 °C	23.1
PAN mm	1470
P0410 mm	763
ETPAN mm	682
P-ETP0410 mm	141 (101)
P-ETP0608 mm	-87 (-137)
P-ETP0509 mm	-22(-62)

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)

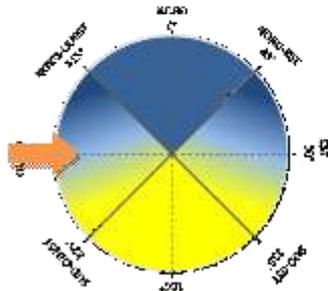
*1°Cen + P-ETP 0410 et 0509 : données 1981_10-08 mm
 → P-ETP0608 : données 1981_10 - 30 mm*

3. INDICE de COMPENSATION du CLIMAT

A. Altitude : 620 m



B. Exposition : 270 °



C. Pente : 8 %



D. Confinement : ABSENT (A voir sur le terrain, mais lement présent)

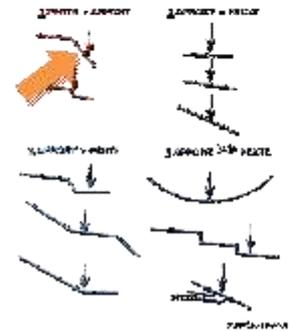


E. Topographie : 4 MI_VERSANT (à corriger sur le terrain)



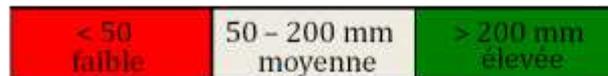
F. Bilan en eau : F > A

TFI : 0,7 (à corriger sur le terrain)



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

G. Réserve utile minimale : 83 mm



*** Signification, source et résolution des données climatiques**

TPM88 °C : température moyenne annuelle (moyenne trentenaire) - résolution 1 h source Aurilly (MétéoFrance) période 1981-10

TM3 °C : température moyenne minimale du mois de mars (moyenne trentenaire) - résolution 1 h source Aurilly (MétéoFrance) période 1981-10

TM6 °C : moyenne des températures maximales de juin à août

PM8 mm : précipitation annuelle de janvier à décembre inclus (moyenne trentenaire) - résolution 1 h source Aurilly (MétéoFrance) période 1981-10

PM410 mm : précipitation d'avril à octobre inclus (moyenne trentenaire) résolution 1 h source Aurilly (MétéoFrance) période 1981-10

ETPM8 mm : évapotranspiration potentielle annuelle (moyenne trentenaire), ETP Torc. résolution 5h source modèle hybride Aurilly (MétéoFrance)*Digitalis (AgroparisTech), période 1981-10

F-ETPM410 mm : déficit hydrique climatique en eau d'avril à octobre inclus (moyenne trentenaire), ETP Torc. résolution 1 h source modèle hybride Aurilly (MétéoFrance)*Digitalis (AgroparisTech), période 1981-10 = différence entre PM410 et ETP410 (moyenne trentenaire)

F-ETPM68 mm : déficit hydrique climatique en eau durant les mois les plus chauds (juin à août inclus) (moyenne trentenaire) ETP Torc. résolution 5h source modèle hybride Aurilly (MétéoFrance)*Digitalis (AgroparisTech), période 1981-10

TFI : indice de position topographique http://www.je-messent.com/filoworks/tpi_documentation_online.pdf

1. BILAN CLIMATIQUE

A. Module reboisement Moyenne trentenaire 81-10 et + 1°C

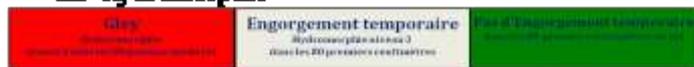
DIAGNOSTIC SUR BASE DES MOYENNES TRENTENAIRES 1981-10 +1°C						
 <small>version 29/03/2016</small>	P-ETPveg (mm par saison de végétation 04 à 10 inclus)	Température moyenne annuelle (°C)	Moyenne des températures minimales de mars	P-ETP mois les plus chaud (mm de 06 à 08 inclus)	Moyenne des températures maximale de juin à août (°C)	P-ETP mois 0509 (mm de 05 à 09 inclus)
	P_ETP410_81	TMAN	ATN03_81	P_ETP68_81	TX0608	P_ETP59_81
Parcelle	141	9.5	1.7	-87	23	-22
Alisier torminal	-460	8	-2	-290	28	-420
Auline glutineux		7	-4			
Bouleau verruqueux	-200	0	-15	-170	24	-210
Cèdre de l'Atlas	-500	9	-2	-380	29	-400
Châtaignier commun	-270	9	-1	-220	27	-280
Chêne liège	-500	12	4	-380	33	-500
Chêne pédonculé validé	-250	7	-7	-210	26	-250
Chêne pubescent validé	-340	9	-2	-270	28	-370
Chêne rouge d'Amérique	-250	7	-10	-210	26	-240
Chêne sessile validé	-280	8	-2	-240	27	-280
Chêne vert		11	3			
Cormier	-500	9	0	-350	29	-490
Douglas vert (plantation France) validé	-250	5	-5	-210	25	-260
Epicéa commun	-130	-9	-28	-140	23	-160
Erable champêtre	-300	7	-6	-260	26	-330
Erable sycomore	-260	7	-3	-210	26	-260
Frêne commun		6	-7		26	
Hêtre commun	-200	6	-3	-180	25	-200
Mélèze d'Europe	-50	2	-7	-60	23	-70
Mérisier	-270	7	-3	-210	26	-270
Noyer candré	-170	7	-7	-170	26	-200
Noyer noir	-280	9	-3	-230	26	-290
Orme lisse		2	-10		27	
Peuplier tremble		2	-12		26	
Pin maritime	-500	10	2	-380	29	-500
Pin noir	-500	7	-3	-370	29	-500
Pin taeda	-280	11	3	-210	26	-280
Poirier sauvage	-330	7	-7	-240	27	-320
Pommier sauvage	-340	6	-7	-250	27	-330
Robinier faux-acacia	-270	9	-2	-210	27	-270
Sapin pectiné validé	-140	5	-5	-130	24	-160
Thuja géant	-260		-9.1	-260	27	-310
Tilleul à grandes feuilles	-260	7	-2	-210	26	-270
Tilleul à petites feuilles	-280	6	-11	-210	26	-280

Ce module prend en compte la possible augmentation des températures moyennes de 1°C par rapport à l'année 1981-2010	
Orange	Zone de vigilance maximale : essence exclue d'un point de vue climatique
Jaune	Zone de vigilance élevée : essence à surveiller climatiquement à l'heure de la plantation sur le climat (voir ICC)
Vert	Zone de vigilance modérée : Essence acceptée si le sol est favorable à l'essence
Essence en gris	Essence dont les limites climatiques sont pas connues à ce jour
TMO3 (°C)	Moyenne des températures minimales de mars 1981-90
P-ETP (mm)	Déficit hydrique climatique en eau 1981-90
	les chiffres correspondent au mois de l'année
	ex 68 = juin à août inclus, 410 avril à octobre inclus, 59 mai à septembre inclus
TX0608 (°C)	Moyenne des températures maximales de juin à août 1981-90

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 pondérant pour le choix des essences.

1. DIAGNOSTIC SOL

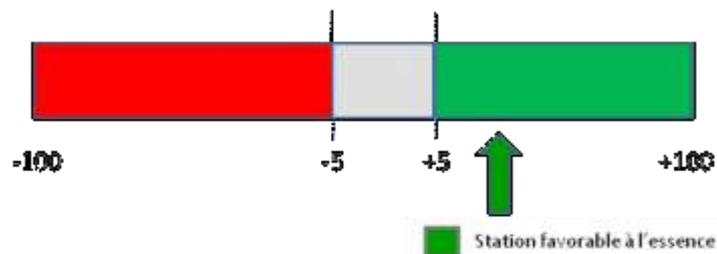
1.1 Hydromorphie



1.2 Richesse chimique



2. BILAN PEDOCLIMATIQUE



Station défavorable à l'essence

Station moins favorable à l'essence

Peuplement situé dans une station favorable au douglas

3. DIAGNOSTIC PEUPEMENT (voir Fiche Terrain CRPF)

3.1 Dendrométrie

Age (ans) :
Indice de fertilité :
Surface terrière (m²/ha)
Qualité moyenne des grumes sur pied

Hauteur dominante (m)
Nombre de tiges/ha dominantes ou
codominantes
Diamètre moyen (cm)

4. PISTES DE RECOMMANDATIONS SYLVICOLES

Peuplement situé dans une station favorable au douglas

OUTIL de diagnostic = un plus indispensable pour gérer le défi du changement climatique



<http://www.outil-pro-mag.fr>

**1. Tablette PC
= carte de vigilance**

2. Tarière



**3. ARCHI
= RESILIENCE**



**4. Chaînette
Relascopique
= SYLVICULTURE**

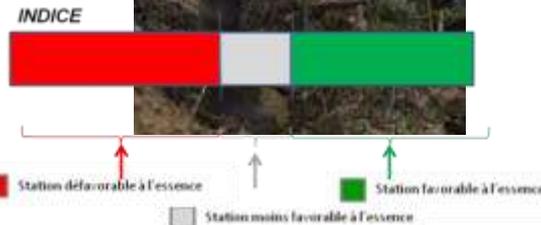


+

+

+

= BIOCLIMSOL



IL FAUT GERER AUTREMENT DÈS AUJOURD'HUI

INNOVATION
dans le diagnostic



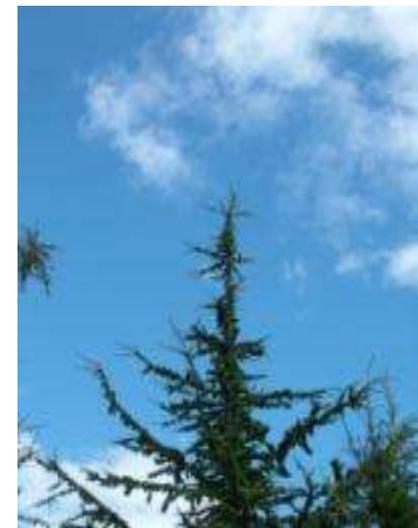
SYLVICULTURES
RESILIENTES



PROVENANCES
adaptées



ESSENCES
nouvelles



BILAN

- **Changement climatique réalité : déjà bien installée**
- **En 2025 : on commencera à mieux cerner le scénario climatique qui risque d'émerger ! ?**
- **Forte probabilité de répétitions d'années à fort déficit hydrique (à-coups climatiques) = théorie du boxeur**
- **Il faut être prêt et se préparer dès aujourd'hui en innovant : diagnostics, sylvicultures ...**
 - *Nouvelles technologies type lidar, satellite, ...*
 - *Outil d'évaluation du risque type BIOCLIMSOL*
 - *Outil de cartographie numérique indispensable « à employer » directement sur le terrain (tablette, GPS, ...)*
 - *Mise à jour en continu des outils grâce à INTERNET.*
 - *Sylvicultures en forêt : travailler le concept de résilience, mélanges, sélection des arbres résilients (ARCHI), sylviculture dynamique sans à coups, travail à plus long terme sur le choix des essences et des provenances*

NECESSITE de FORMATION !

5. A lire dans
Forêt-Entreprise
218 de septembre 2014

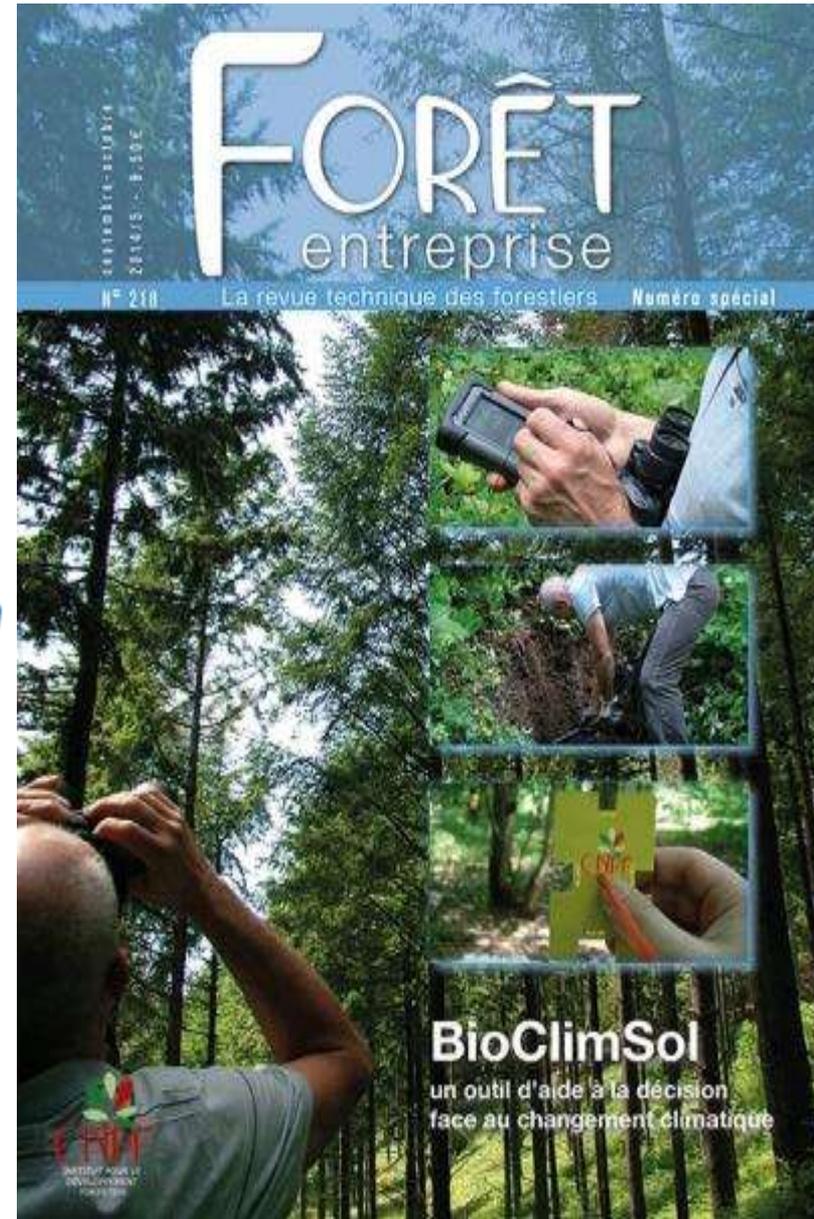
+

<http://www.foretpriveefrancaise.com>

ou

nathalie.marechal@cnpf.fr

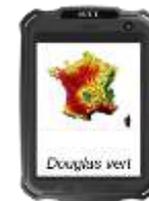
jean.lemaire@cnpf.fr



Bioclimsol

Pour qui, Quand ?

B
I
O
C
L
I
M
S
O
L





**OUTIL TECHNIQUE
NECESSITANT
une FORMATION pour
un usage optimal**

***Pour toute demande de diagnostic
adressez-vous à votre CRPF***