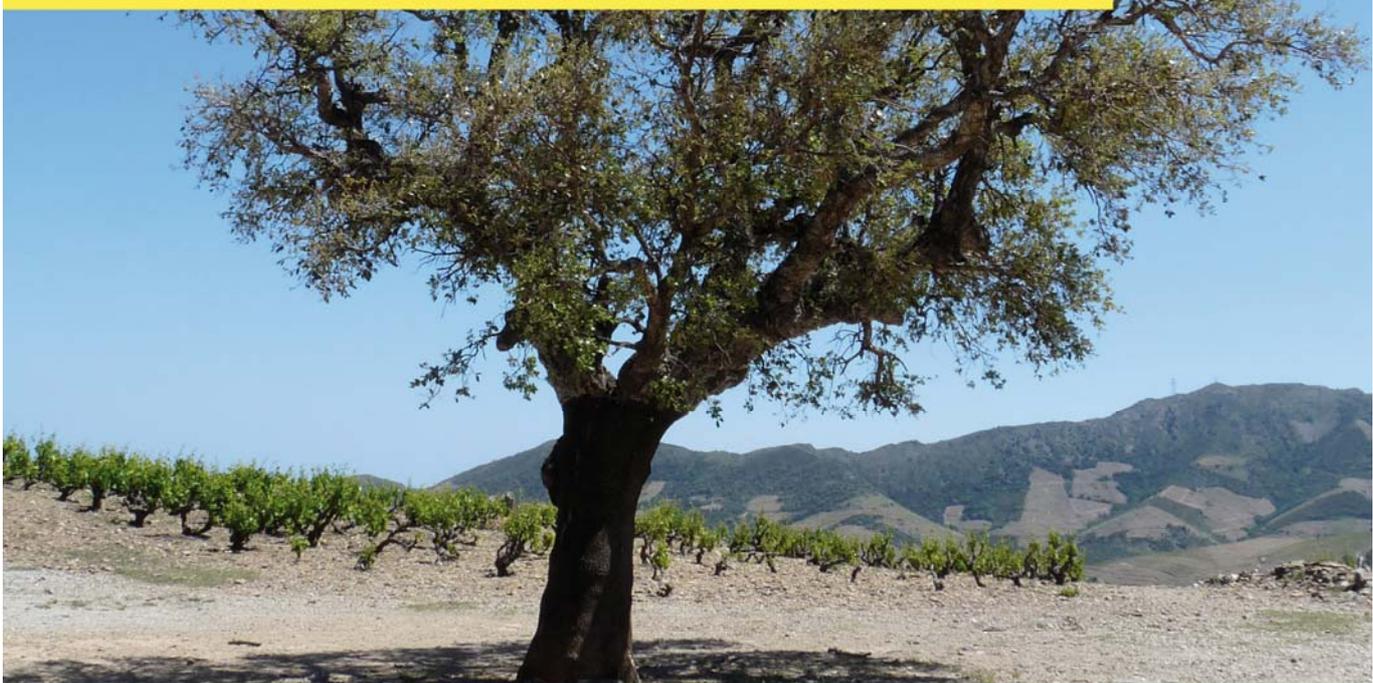


COLLOQUE INTERNATIONAL

VIVEXPO
18 juin 9H30 à VIVÈS



**Chêne-liège et
changement climatique**



ACTES DU COLLOQUE

www.vivexpo.org



SOMMAIRE

- **Bernard BOUTTE** (DRAAF PACA Pôle Sud-Est de la Santé des Forêts / France) :
« *Changement climatique et santé des forêts.* » p. 5
- **Louis AMANDIER** (Centre Régional de la Propriété Forestière PACA / France) :
« *Le dépérissement des suberaies des Maures : un processus multifactoriel.* » p. 25
- **Mohamed Lahbib BEN JAMÂA** (INRGREF / Tunisie) :
« *Analyse du climat de la suberaie tunisienne et son impact sur les insectes défoliateurs du chêne-liège.* » p. 27
- **Rachid Tarik BOUHRAOUA** (Département de foresterie - Univ. de Tlemcen / Algérie) :
« *Impact des variations climatiques (pluviométrie) sur l'état sanitaire des arbres et les accroissements du liège dans quelques suberaies de l'ouest algérien.* » p. 37
- **Éric RIGOLOT** (Unité de Recherches Forestières Méditerranéennes – INRA / France) :
« *Impact du changement climatique sur les feux de forêts.* » p. 53
- **Agostino PINTUS & Pino Angelo RUIU** (AGRIS Sardegna – Département de la Recherche pour le Liège et la Sylviculture / Italie) :
« *Le changement climatique et la gestion durable des forêts. Le cas de la Sardaigne.* » p. 55
- **Ghazi GADER** (Expert projet CCC/GTZ – Région Nord : appui à la mise en Œuvre de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique / Tunisie) :
« *Vulnérabilité des écosystèmes face au changement climatique en Tunisie.* » p. 57
- **Angel Manuel FELICÍSIMO PÉREZ** (Universidad de Extremadura / Espagne) :
« *Évolution potentielle de l'aire de répartition du chêne-liège selon divers scénarios de changement climatique.* » p. 67
- **Enrique TORRES ÁLVAREZ** (Universidad de Huelva / Espagne)
& **Gregorio MONTERO GONZÁLEZ** (INIA Madrid / Espagne) :
« *Les effets possibles du changement global sur les suberaies du sud de l'Espagne.* » p. 69
- **Christophe BESACIER & Nora BERRAHMOUNI** (FAO – Silva Mediterranea / Italie) :
« *Adaptation des suberaies au changement climatique : nécessité d'une coopération régionale renforcée ?* » p. 71

Changement climatique et santé des forêts

Bernard BOUTTE

DRAAF Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Pôle Sud-Est de la Santé des Forêts

Quartier Cantarel, BP 95 - 84143 MONTFAVET CEDEX (France)

bernard.boute@agriculture.gouv.fr

Après avoir rappelé le mécanisme de l'effet de serre, les conséquences attendues de l'augmentation des gaz à effet de serre sur le climat, la forêt et les parasites sont abordées.

Des exemples de dépérissements localisés en région méditerranéenne, sur différentes essences, suite notamment à la sécheresse-canicule de 2003 sont présentés ainsi que les facteurs en cause. La définition de la notion de dépérissement sera rappelée en préambule.

Quelques pistes d'adaptation de la forêt et des forestiers au changement climatique sont avancées en conclusion.



1 - Augmentation des GAS : conséquences climatiques, conséquences sur la forêt et sur les parasites,

2 – Notions de dépérissements, exemples en forêt méditerranéenne française,

3 – Comment la forêt et les forestiers peuvent-ils s'adapter au changement climatique ?

Mécanisme de l'effet de serre

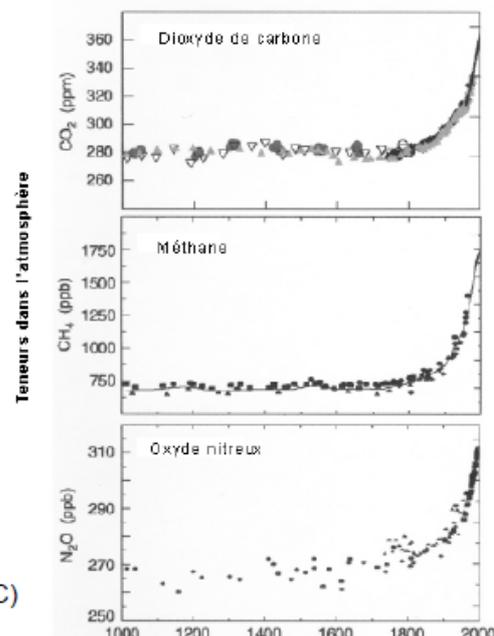
- Phénomène naturel ($T_{\text{planète_moyenne}} = +15^{\circ} \text{ C}$; sans effet de serre $T_{\text{planète_moyenne}} = -18^{\circ} \text{ C}$)
- L'atmosphère laisse pénétrer le rayonnement dans le visible et absorbe l'infrarouge émis par la terre grâce aux gaz à effet de serre (GES)
- Principaux GES : vapeur d'eau, CO_2 , Méthane (CH_3), le protoxyde d'azote (N_2O), Ozone (O_3) et les CFC (chlorofluorocarbures)



Augmentation continue des GES

Évolution de la teneur atmosphérique de 3 GES au cours du dernier millénaire

- Pas de temps court
- Lié à la révolution industrielle et à l'utilisation des carbones fossiles
- Industries, transports, agriculture... augmentent le CO_2 dans l'atmosphère



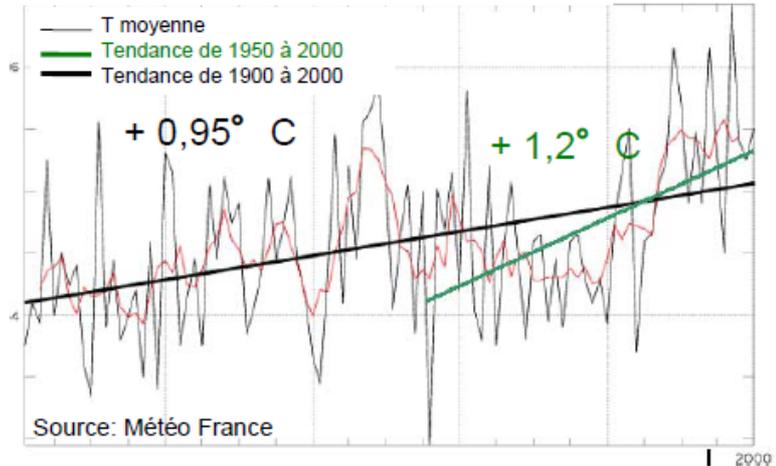
Source: Rapport IPCC (GIEC)
2001

Conséquences climatiques

Températures

- Hausse de $0,6^{\circ}\text{C}$ niveau mondial entre 1901 et 2000 (0,74 entre 1906 et 2005, GIEC rapport 4)
- Entre $0,7$ et $1,1^{\circ}\text{C}$ en France depuis 1900
- $1^{\circ}\text{C} \approx$ déplacement de 100 km Nord et 100 m d'altitude
- Prévission: augmentation de $1,8$ à $3,4^{\circ}\text{C}$ pour le XXI siècle (GIEC/scenario B2)
- Effets directs (évapotranspiration, stress hydrique, coups de chaleur...) ou effets indirects (risques incendies...)

Température annuelle moyenne sur le mont Aigoual



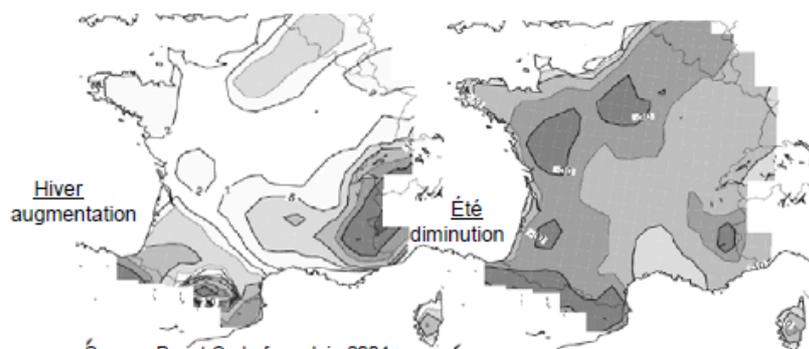
Irrégularité dans le **temps**, dans l'**espace** (le sud ouest a été le + marqué ($1,1^{\circ}\text{C}$)), dans le **type** (hausse estivales plus importantes)

Conséquences climatiques

Précipitations

- Mal réparties: augmentation l'hiver et diminution l'été = accentuation des contrastes saisonniers

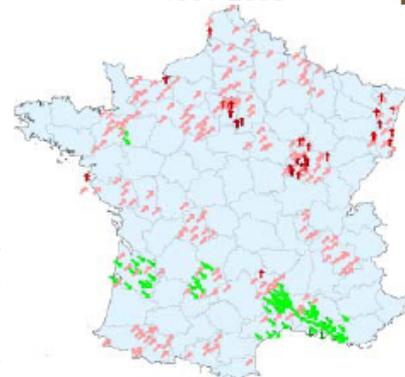
Modélisation de la réserve en eau du sol moyenne en Kg/m² (2070/2099) – (actuel)



- Répartition inégale dans l'espace (Nord/Sud)
- LE facteur limitant de la croissance = RU en particulier pour les essences qui demandent beaucoup d'eau: épicéa, sapin, (douglas), ch.pédonculé, hêtre, peuplier

Conclusion: la réserve s'amointrit, l'évapotranspiration augmente = le déficit hydrique augmente

Cumul de précipitations 1951-2000



- Tendance annuelle
- ↑ hausse significative
 - ↑ hausse non significative
 - ↓ baisse non significative
 - ↓ baisse significative

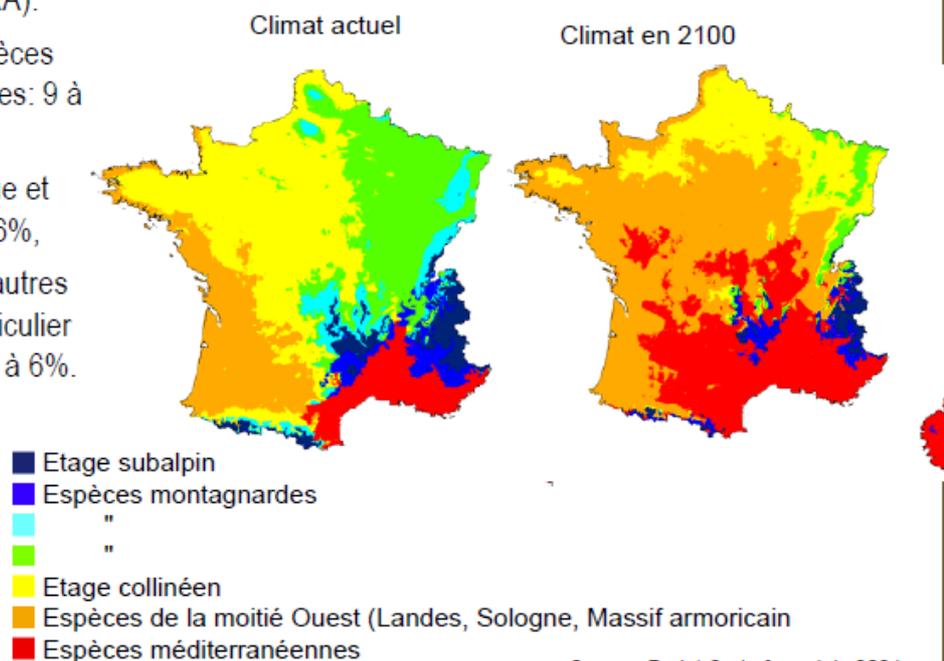
Source: Météo France
<http://imfrax.mediasfrance.org/web/>

Phénomènes climatiques extrêmes

- Phénomènes isolés difficile à mettre en lien avec les changements climatiques (séries de données insuffisantes, tendances non significatives...)
- Prévisions:
 - Augmentation des tempêtes (intensité et fréquence constatées)
 - Risque d'incendies accru: moins de précipitations, températures plus élevées, extension des pinèdes...
 - Amplification de la vitesse des vents, sécheresse, inondations, vagues de chaleur, canicules, incendies...
- Actions préventives: préparation à la tendance moyenne du changement de climat et à la gestion de l'exceptionnel = **GESTION du RISQUE**

Évolution des aires bioclimatiques

- Projet Carbofor (INRA):
 - groupe des espèces méditerranéennes: 9 à 28%,
 - groupe atlantique et aquitain: 17 à 46%,
 - diminution des autres groupes en particulier montagnard: 16 à 6%.



Source: Projet Carbofor – Juin 2004

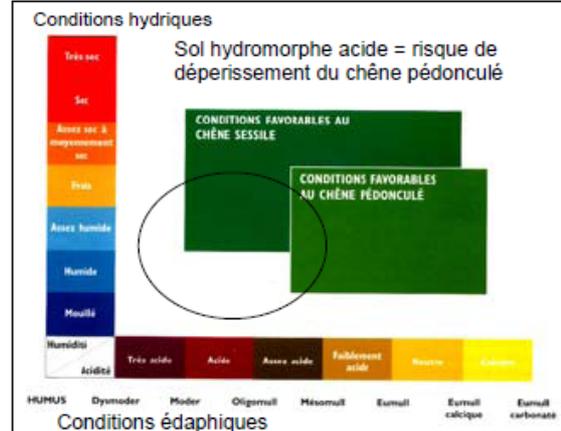
Conséquences sur la forêt

Des dépérissements constatés*

- Pas de tendances globales sur toute la France
- **Attribuables à la sécheresse**: quasi disparition des **Grandis**, **épicéas** en plaine, forte alerte sur **douglas** en Bourgogne, Centre, Midi Pyrénées, **sapin** à moyenne altitude en Franche comté et Alpes sud, mortalité des **PS** dans l'arrière pays méditerranéen, déclin du **ch.pédonculé** en région centre et poitou-charentes, inquiétudes du **hêtre** ...
→ **Vulnérabilité**
- Possibles signes avant coureurs d'une modification des aires des essences mais lien changement de climat pas toujours si évident



Parfois liés à l'histoire ou la conduite des peuplements, l'inadaptation des essences aux stations (FD de la Harth ou de Vierzon, Douglas en Bretagne, Loire atlantique et Normandie...)



Source: Guide de reconnaissance ONF Chêne sessile/chêne pédonculé

- Conséquences qui deviennent visibles, même si elles touchent d'abord les peuplements mal adaptés aux stations.
- Suivi des forêts (Renecofor, réseau 16x16...) pour détermination des mortalités « normales » ou induits par l'évolution du climat, importance de garder une mémoire pour détecter les tendances futures

*Développement en 2ème partie

Conséquences sur la forêt

Croissance et production

- **Allongement de la saison de végétation** (3 semaines en 5 décennies d'allongement sur le mont Aigoual): somme degré jour qui lèvent la dormance des bourgeons atteinte plus rapidement → débourrement plus précoce + retardement de la chute des feuilles
- **Risques de gelées de printemps et automne**. Sélection de génotype à débourrement tardif? Sapin pectiné?
- **Sensibilité au froid**: endurcissement des tissus pour résistance insuffisant si diminution trop rapide des températures

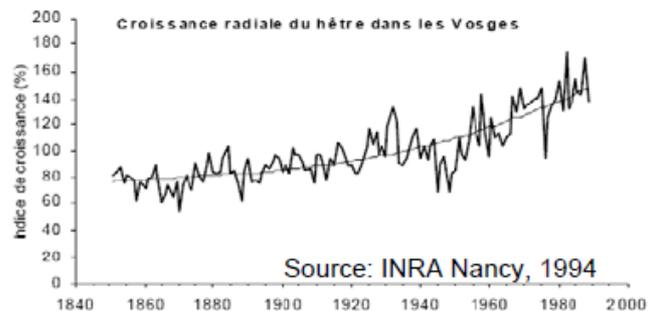
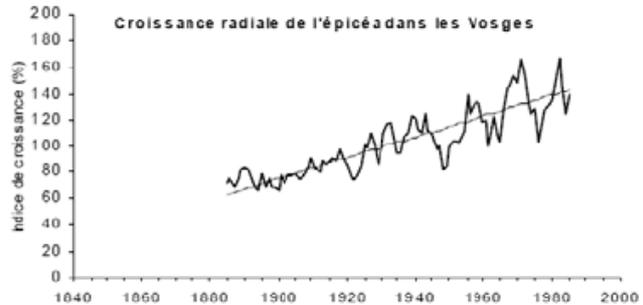
Conséquences sur la forêt

Production: constat

- **T + CO₂ = Photosynthèse sur une saison de végétation plus longue. Impact positif: augmentation de la production (surtout où la température est le facteur limitant: zone de montagne)**
- **+ 30 à 40% constatés en un siècle**

 parfois due aux changements de matériel génétique et d'itinéraires techniques

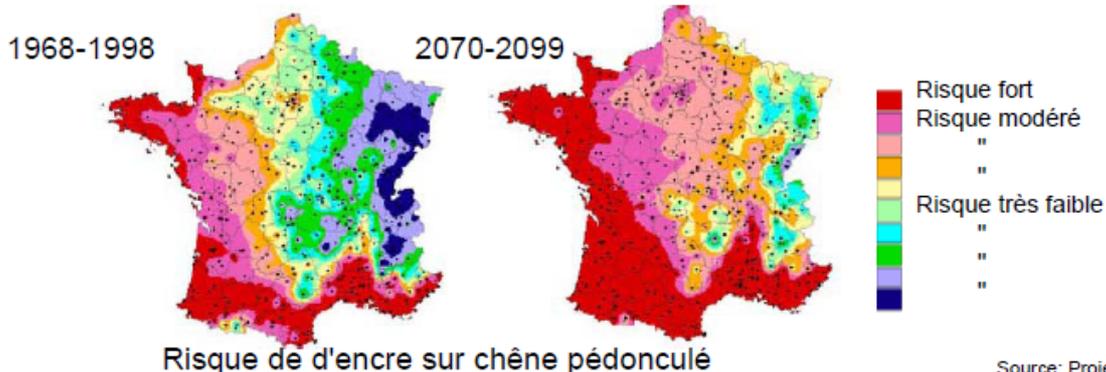
Indice de croissance radiale de 1950 à 2000



Conséquences sur les parasites

Effets des changements globaux sur les parasites forestiers

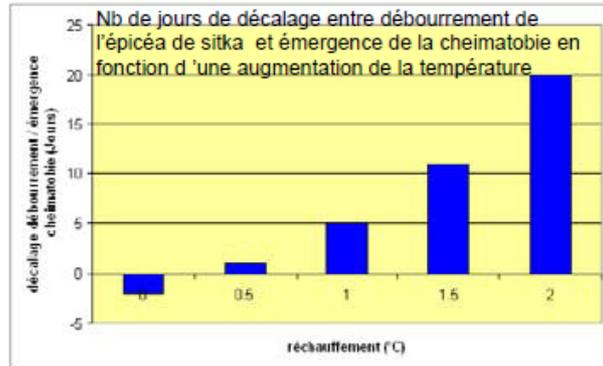
- Maladies foliaires (rouilles, nécroses...) dépendants de l'humectation des feuilles pour l'infection et des éclaboussures pour la dispersion, modification de la qualité nutritive des tissus, mortalité des mycorhyses et carence minérales?
- Augmentation des agents thermophiles (oïdium, maladie des bandes rouges),
- Augmentation des seuils hivernaux létaux (meilleure survie, extension vers le Nord), plus de générations, virulence? Aire de répartition?
- Valable aussi pour les antagonistes, bilan?



Source: Projet Carbofor – Juin 2004

Conséquences sur les parasites

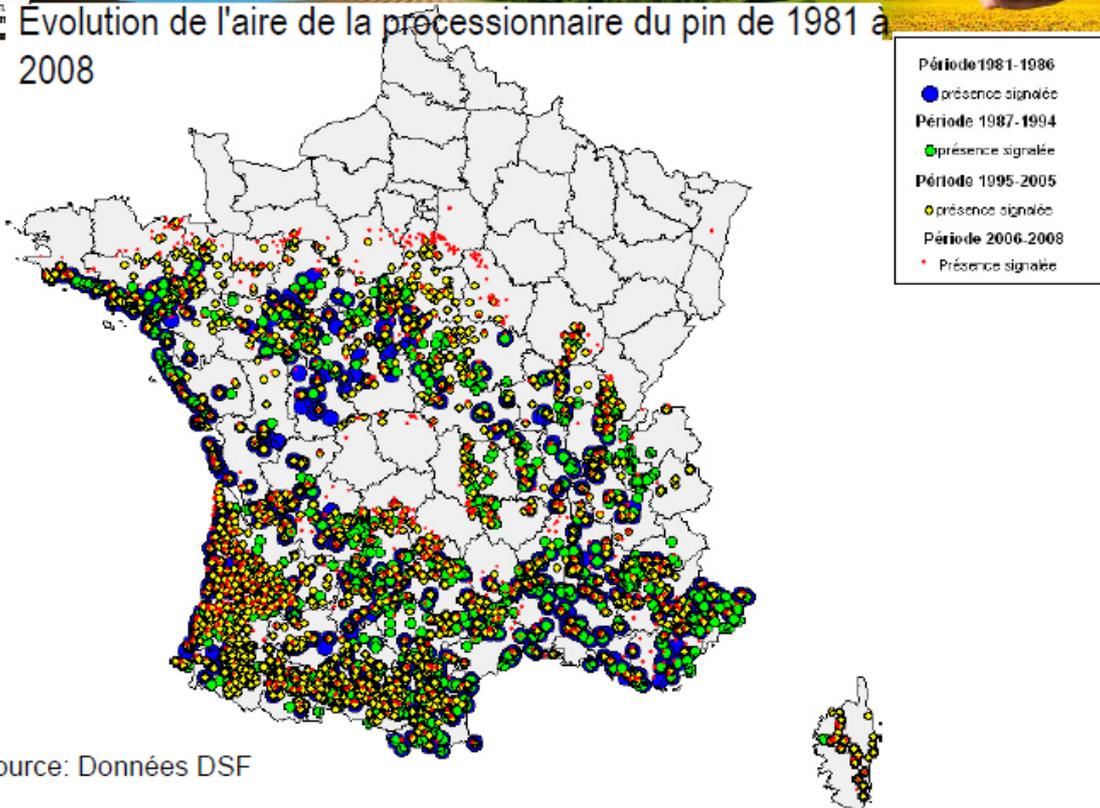
- Croissance plus rapide des arbres = meilleure résistance ou affaiblissement par stress hydrique
- Modification de la coïncidence phénologique:
chenille trop tôt = famine?
Trop tard = + de jeunes feuilles (- favorables car - d'N et + de fibres)
- Nouvelles essences hôtes?



Source: Dewarr et Watt, 1992

Conséquences sur les parasites

Evolution de l'aire de la processionnaire du pin de 1981 à 2008



Source: Données DSF



Synthèse : quelles conséquences des changements climatiques sur les arbres ? (Source : P. Riou-Nivert modifié)

CAUSES	EFFETS	CONSEQUENCES				
		Gain prod.	Stress	Sensibilité ravageurs	Diff régé.	Mortalité
↗ Taux de CO ₂	↗ Photo-synthèse	X				
↗ T° C automne, hiver et printemps	↗ Photo-synthèse	X				
	↗ Saison	X				
	↗ Gelées ?		X	X	X	
	↗ Gel hivernal ?		X	X	X	X
	↗ Parasites		X	X	X	X
	↗ Dessic. hivernale		X	X	X	X

CAUSES	EFFETS	CONSEQUENCES				
		Gain prod.	Stress	Sensibilité ravageurs	Diff régé	Mortalité
↗ T° C estivale et sécheresse	↗ Respiration		X			
	↗ Ozone (T > 25° C)		X	X		
	↗ Transpirat. stress hydr.		X	X	X	X
	↗ Dégâts dus à la chaleur		X	X	X	X
	↗ Incendies		X	X	X	X
↗ Pluie hivernale	↗ Engorgement		X	X	X	
		sur sols hydromorphes				
↗ Tempêtes?	↗ Chablis (Nord/Sud)		X	X		X

II – Notions de dépérissement, quelques exemples en forêt méditerranéenne française

Source : DSF SUD-EST




2 – dépérissements en forêt méditerranéenne

Données météo de PERPIGNAN : Normale P 1970-2000 : 559 mm, N mois secs (P mm < 2 T° C) = 3 mois
2000-2009 : en rouge : stress ou déficit hydrique

année	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
P (mm)	424	330	720	711	746	718	552	397	467	440
% N	0,76	0,59	1,19	1,27	1,33	1,28	0,99	0,71	0,83	0,79
Mois secs	6	7	5	5	5	6	6	7	7	7



3 - Le terme « **DEPERISSEMENT** » est avant tout un terme de symptomatologie...

Il traduit :

« une **altération durable de l'aspect extérieur** des arbres (**mortalité d'organes pérennes**, réduction de la qualité et la quantité du feuillage)

et une **réduction de la croissance**.

La mort d'un certain nombre de sujets est observée mais l'issue n'est pas obligatoirement fatale même si la situation est préoccupante » (Delatour, 1990).

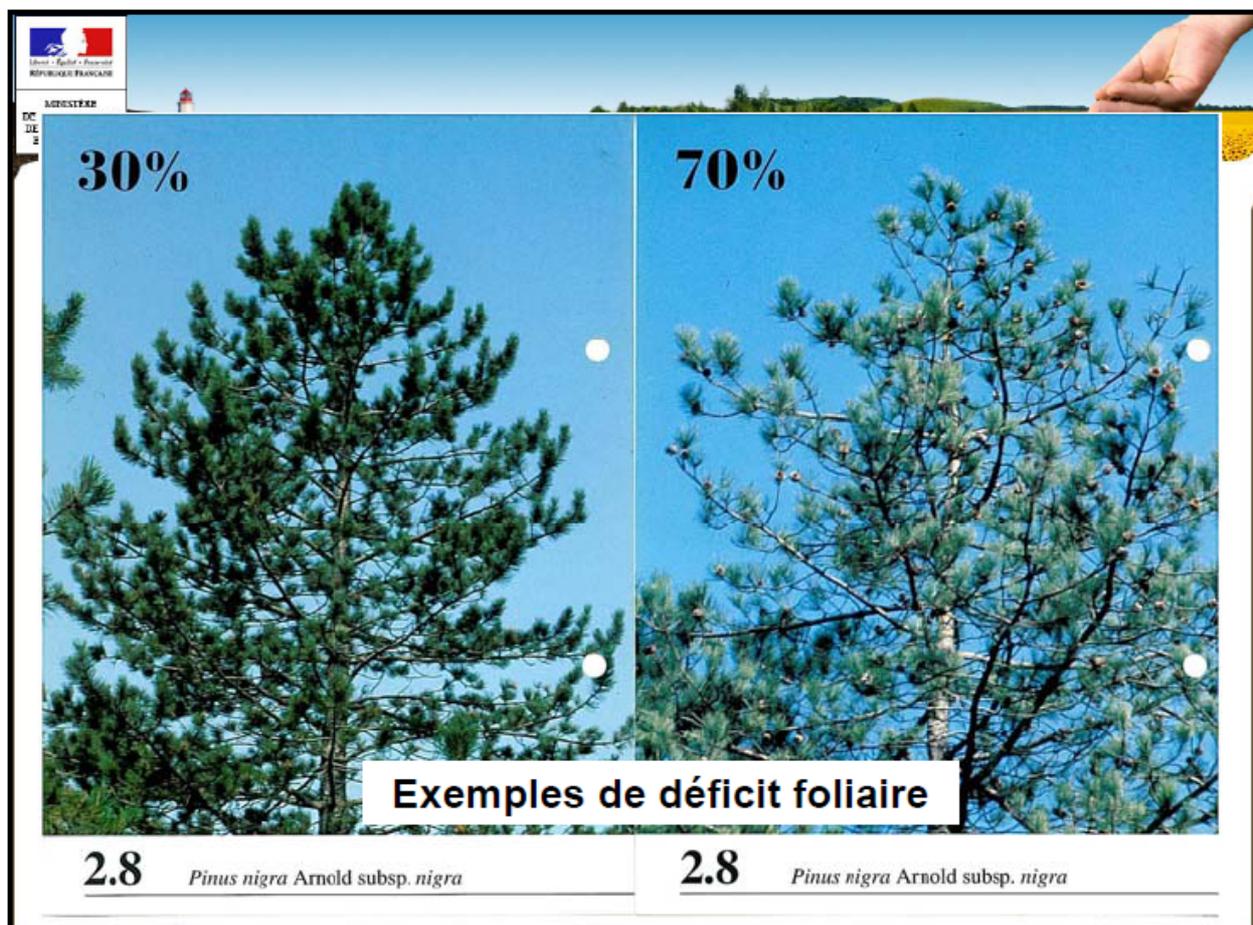
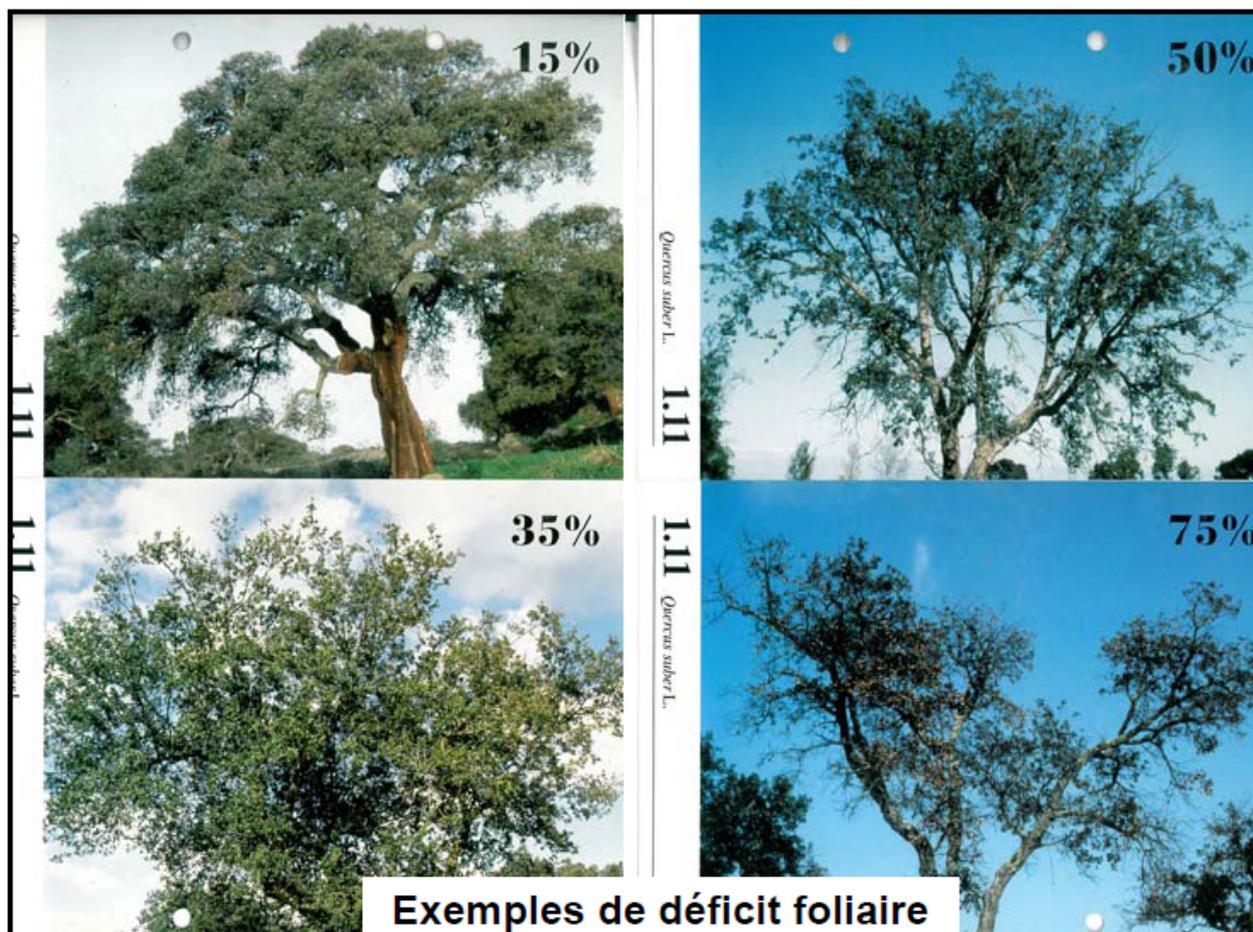


Il s'agit d'un « **phénomène complexe évolutif**,

dans lequel interviennent des **facteurs** de plusieurs types: **prédisposants, déclenchants, aggravants** en partie interchangeables »

(Sinclair, 1964, 1967 ; Manion, 1981).

**Arbre dépérissant =
arbre dont le houppier a perdu plus de 50 % de
ramification (mortalité, chute, réduction)**







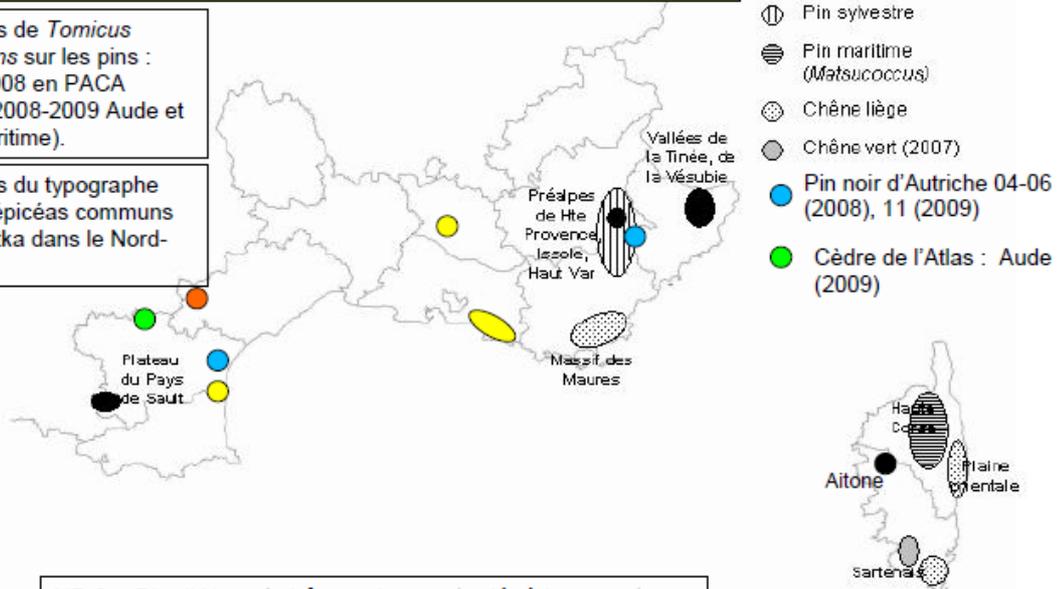
**La mortalité : un autre symptôme
ou la phase ultime du
dépérissement dans certains cas**

**FORET
DOMANIALE DE
CLANS (06)
2006
Sapin pectiné**

4 - Carte des principaux dépérissements localisés en région méditerranéenne et des problèmes sanitaires consécutifs aux sécheresses 2003 et suivantes

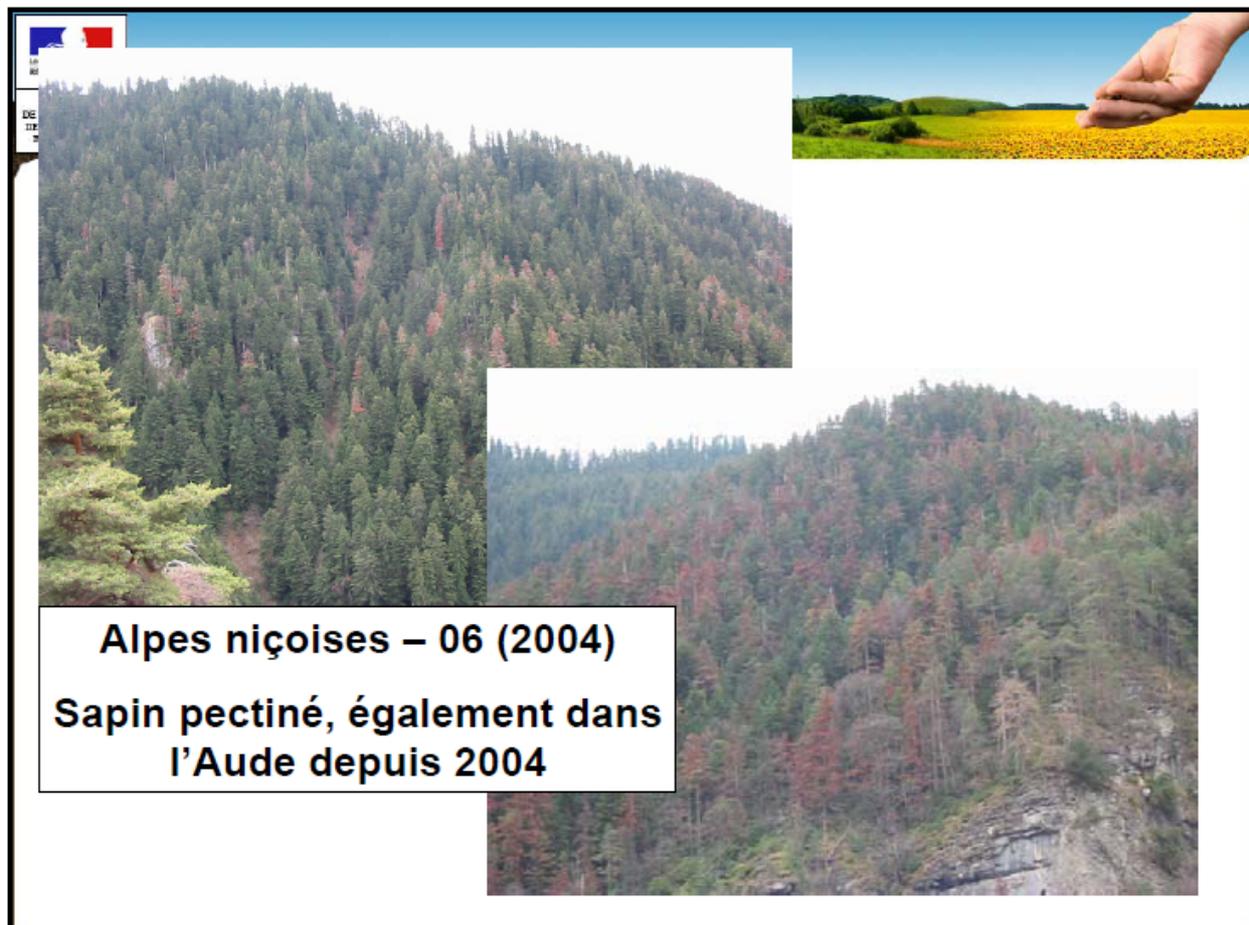
Attaques de *Tomicus destruens* sur les pins : 2007-2008 en PACA (Alep), 2008-2009 Aude et PO (maritime).

Attaques du typographe sur les épicéas communs et de Sitka dans le Nord-Hérault



- Sapin pectiné
- ⊕ Pin sylvestre
- ⊗ Pin maritime (*Matsucoccus*)
- ⊙ Chêne liège
- ⊖ Chêne vort (2007)
- Pin noir d'Autriche 04-06 (2008), 11 (2009)
- Cèdre de l'Atlas : Aude (2009)

NB 2 : Pin d'Alep et chêne pubescent : dépérissements plutôt épars, essentiellement en région PACA



Alpes niçoises – 06 (2004)
Sapin pectiné, également dans
l'Aude depuis 2004



Pin noir Autriche mars 2008 Haut-Var
(Alpes 04 et Alpes 06)
Également dans le GARD depuis 2004
et dans l'AUDE en mars 2009

Photos : L MICAS ONF 04



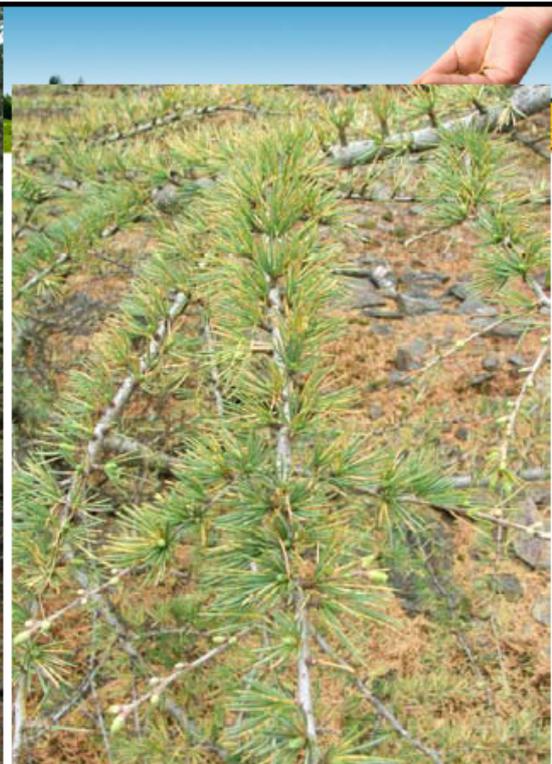
MINISTÈRE
DE L'ALIMENTATION
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA PÊCHE



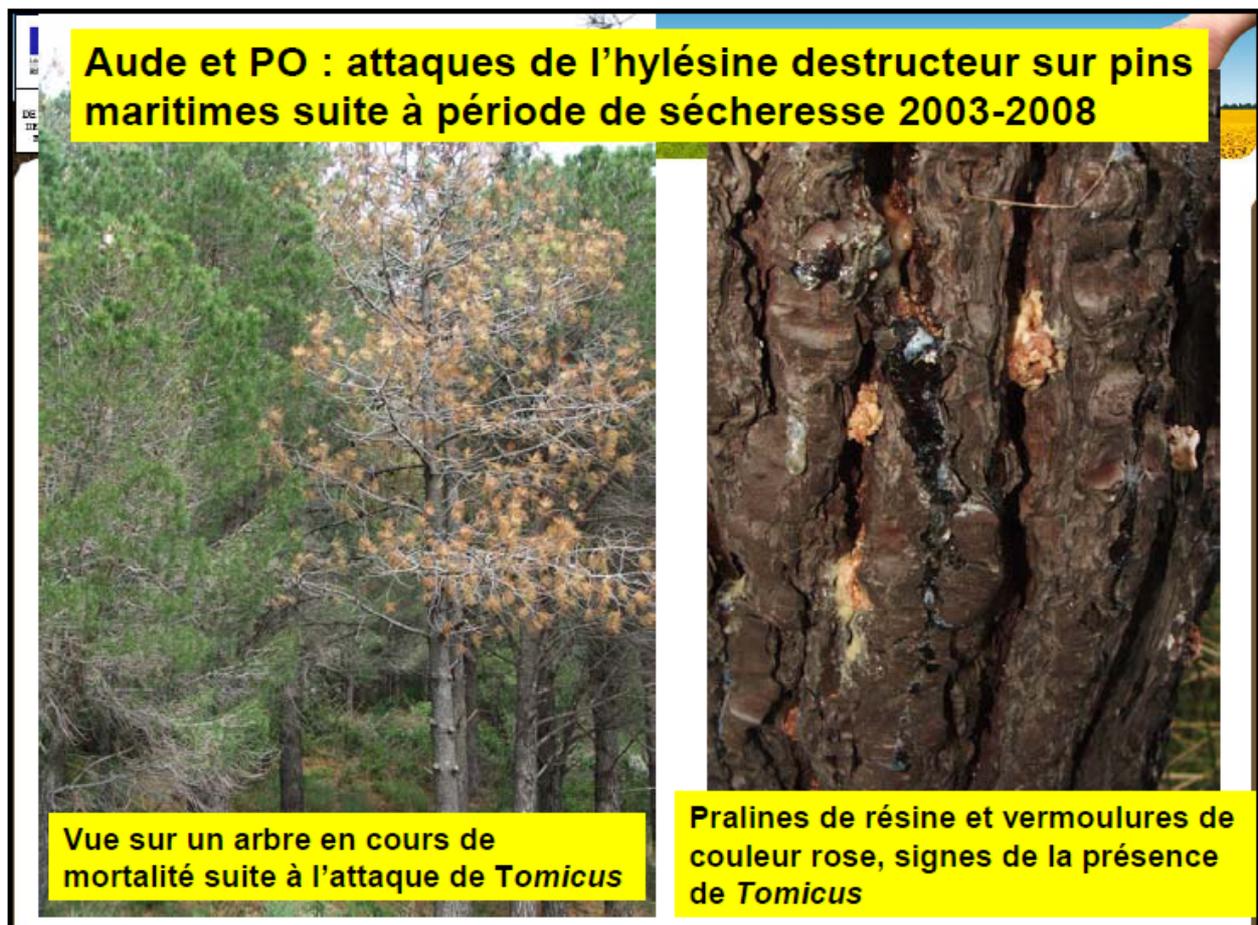
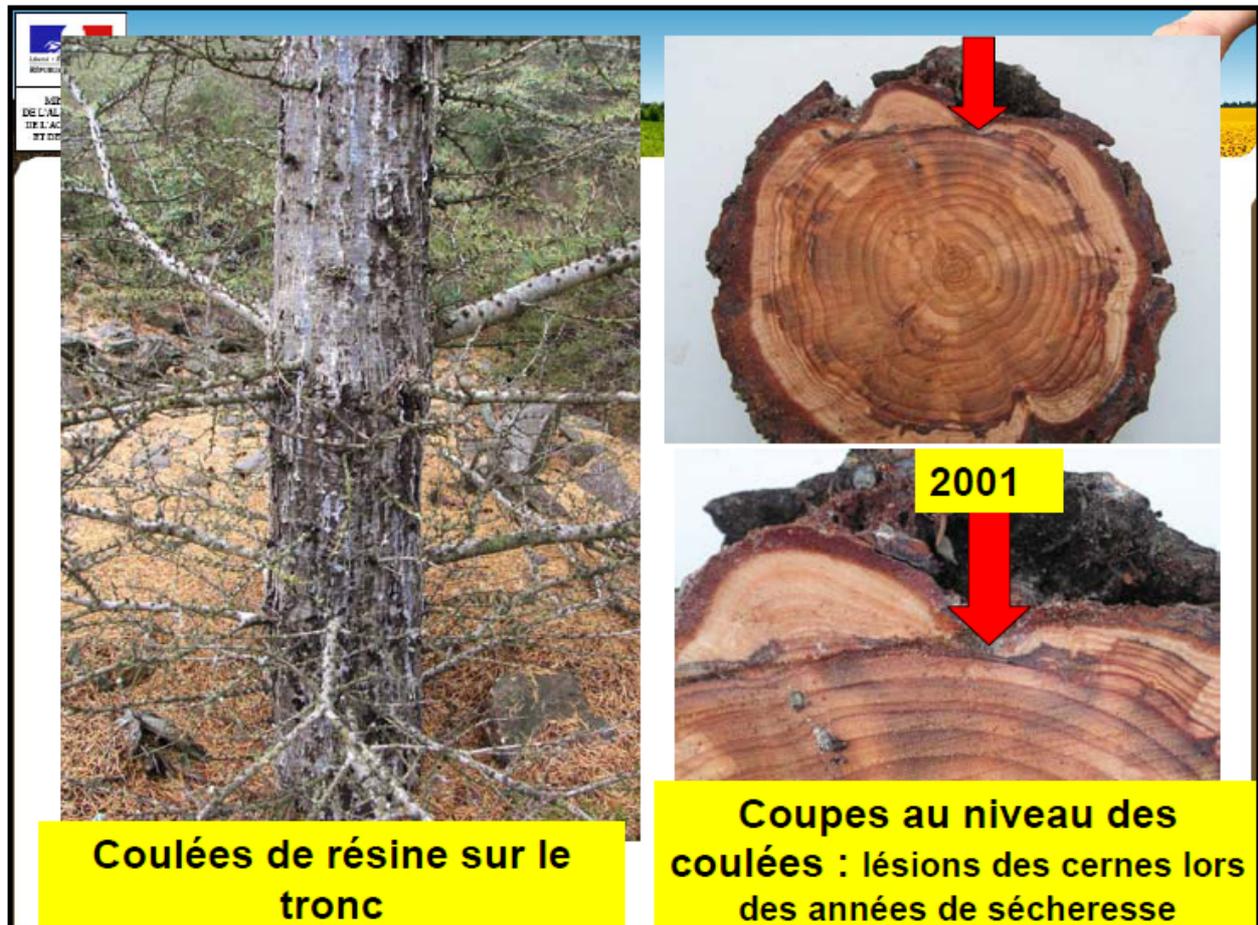
Photos : L MICAS ONF 04



Cause abiotique +
pathogène *Sphaeropsis
sapinea*

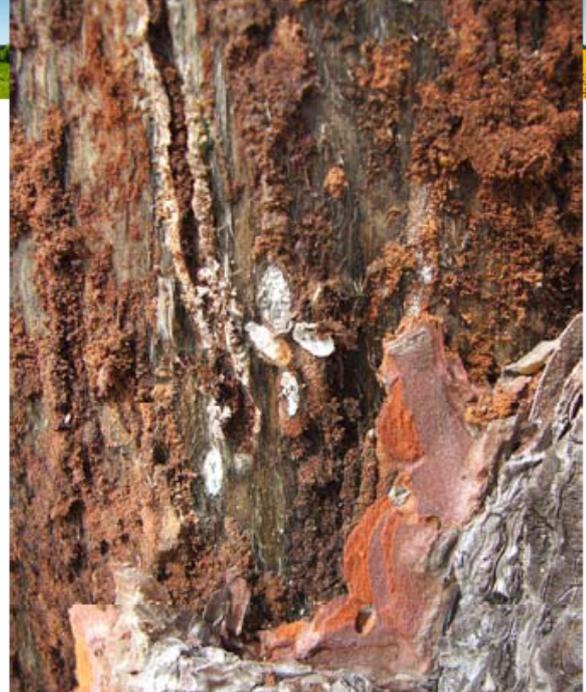


Aude : Montagne noire, avril 2009, cèdres de l'Atlas de 20
ans, sols schisteux superficiels





Trous de sortie des adultes de *Tomicus destruens*



Nymphes parasitées par un champignon, vraisemblablement du genre *Beauvaria*.

Pour information : symptômes de dégâts d'ozone sur aiguilles (N-1 et suivantes) sur pin sylvestre : petites taches jaunes nécrotiques (risque de confusion avec piqures d'insectes). Confirmé par le GIEFS de NICE





MINISTÈRE
DE L'ALIMENTATION
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA PÊCHE

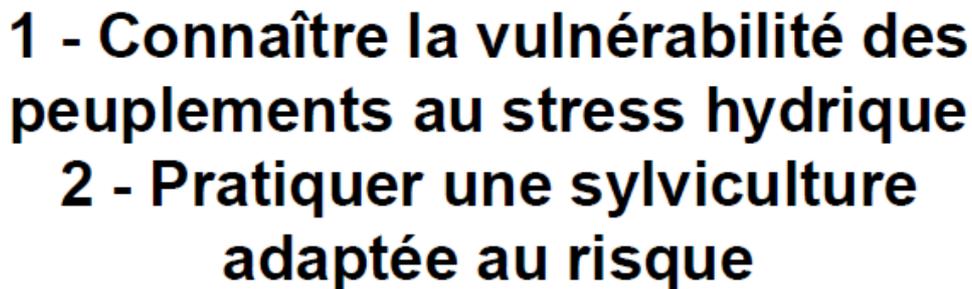
**Dégâts d'ozone
sur hêtre :
«bronzing »**



MINISTÈRE
DE L'ALIMENTATION
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA PÊCHE

**III - Comment la forêt (et les
forestiers) peut-elle s'adapter
aux changements climatiques ?**

Source : Morgane GOUDET
DSF Paris, modifié
FORET ENTREPRISE 180-182/2008



1 - Connaître la vulnérabilité des peuplements au stress hydrique

2 - Pratiquer une sylviculture adaptée au risque

- 1 - Conduite des peuplements
- 2 - Le matériel végétal
- 3 - Les stations
- 4 - La gestion des risques
- 5 - Production et récolte



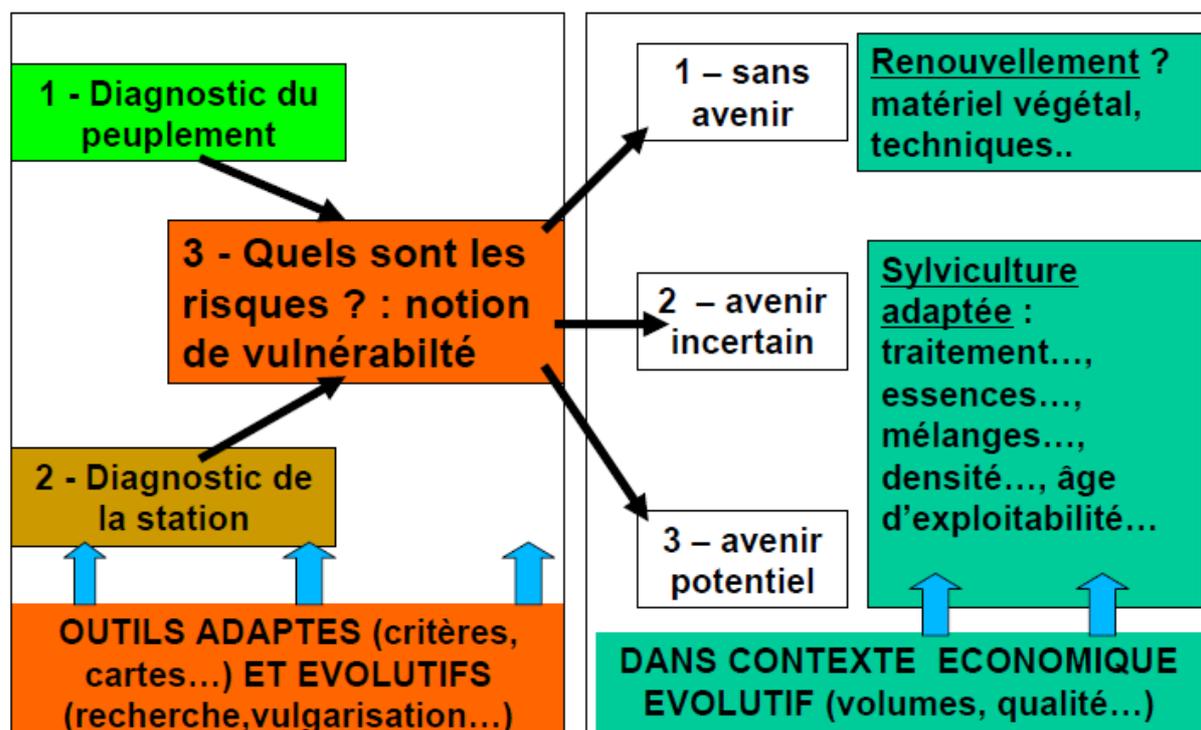
Diagnostic des peuplements (1/2)

- Identifier les peuplements :
 - **sans avenir** : récolte anticipée avec mise en vente des peuplements en mauvais état sanitaire ou en instabilité,
 - **à avenir incertain** : raccourcir la révolution, intensifier la gestion pour atteindre au plus vite des dimensions suffisantes de commercialisation,
 - **avenir potentiel** : prendre en compte l'état sanitaire pour anticiper les dépérissements, baisser les âges d'exploitabilité

Diagnostic des peuplements (2/2)

- Historique : état actuel et passé,
- Essences : autoécologie, tempérament, longévité,
- Age (en régulier), « durée de survie »/climat
- Structure, densité, stabilité : H/D, résistance vis-à-vis du vent,
- Etat sanitaire : appréciation des houppiers...
- Diversité : atout pour l'avenir,
- Choix des arbres-objectifs, par rapport aux aléas (stress, parasites, tempêtes...).

S'adapter au changement climatique : synthèse au niveau du propriétaire-gestionnaire



Le dépérissement des suberaies des Maures : un processus multifactoriel

Louis AMANDIER

Centre Régional de la Propriété Forestière de Provence-Alpes-Côte-d'Azur

7, impasse Ricard-Digne - 13004 MARSEILLE (France)

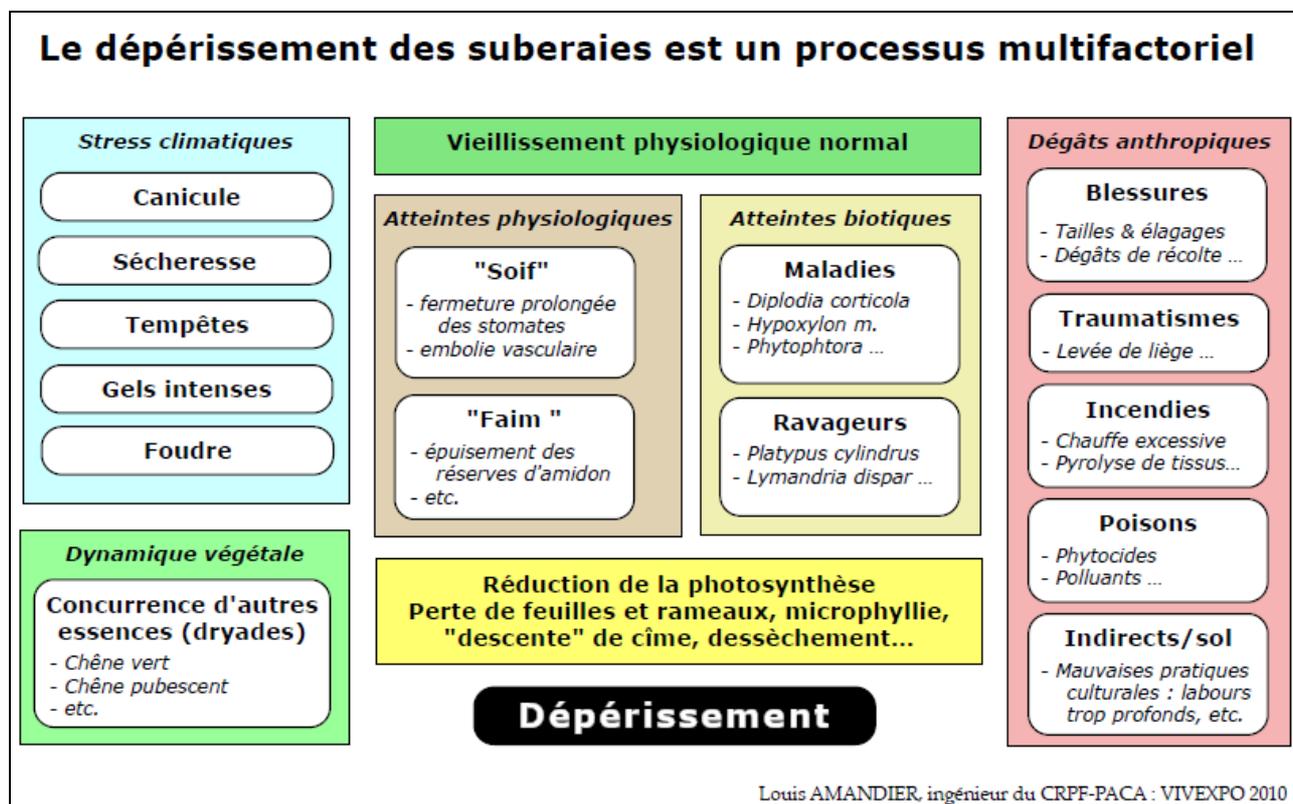
louis.amandier@crpf.fr

Le dépérissement des arbres est un processus physiologique très souvent complexe, faisant intervenir une multitude de facteurs. Voir organigramme. Le changement climatique en tant que tel ne peut être directement incriminé mais la conjonction d'événements climatiques tels que la canicule de 2003 et les cinq années de sécheresse qui ont suivi, ont provoqué le dépérissement et la mort de beaucoup de Chênes-liège.

En interaction négative avec ces phénomènes climatiques, la pullulation de *Platypus cylindrus*, un insecte scolytidé xylomycétophage a largement contribué au dépérissement et à la mortalité des Chênes dans le Var.

Un réseau d'une quarantaine de placettes d'observation conjointe de la présence de *Platypus* et de la santé des arbres, appréhendée par le degré de transparence des houppiers, a montré que la récolte du liège est un facteur éminemment défavorable. Les arbres récemment levés sont attaqués beaucoup plus souvent que les arbres témoins (fréquence x 4) dans les premières années, puis les différences s'estompent jusqu'à devenir non significatives. Cependant le *Platypus* reste encore très virulent, et cette menace conduit les conseillers forestiers à recommander de surseoir encore aux récoltes de liège.

La suberaie des Maures est aujourd'hui en très mauvais état suite à l'abandon de sa gestion, aux incendies et aux dégâts de récolte. Sa démographie est très déséquilibrée et sa régénération est une priorité. Néanmoins cette forêt n'est pas dépourvue de potentiel et il y a encore place pour une certaine production de liège avec une suberaie par ailleurs reconnue pour ses paysages et sa biodiversité, très emblématique des forêts méditerranéennes.



Analyse du climat de la subéraie tunisienne et son impact sur les insectes défoliateurs du chêne-liège

Mohamed Lahbib BEN JAMÂA & Zouheir NASR
Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêts
Rue Hedi Karay, BP n° 10 - 2080 ARIANA (Tunisie)
benjamaa.lahbib@iresa.agrinet.tn

Résumé

Rares sont les travaux de recherches qui ont été consacrés à l'analyse du climat dans les subéraies et son impact sur les insectes ravageurs du chêne-liège. Dans le présent travail, le climat récent de la subéraie tunisienne durant les cinquante dernières années a été analysé et son évolution durant les cinquante prochaines années a été projetée. Ainsi, les relations entre le climat et les pullulations de *Lymantria dispar*, et l'impact du climat projeté sur les insectes défoliateurs du chêne-liège ont été discutées.

La pluviométrie moyenne annuelle de la station Ain Drahem est de 1540 mm/an alors que la température moyenne est d'environ 16°C. Les précipitations reçues pendant une saison végétative entre avril et octobre sont de l'ordre de 481 mm et ne représente que 32% du total annuel. La période sèche s'étale sur 3 mois pendant laquelle on enregistre que 42 mm avec des fortes températures dépassant 25°C. Les résultats de cette analyse montrent que la subéraie Tunisienne pourrait subir une augmentation rapide des températures moyennes d'ici 2050 de l'ordre de 1,8 °C. Cette moyenne cache, toutefois, une augmentation plus hasardeuse des températures extrêmes surtout sous forme de vagues de chaleur plus particulièrement pendant l'automne et l'été. L'évapotranspiration potentielle augmentera par conséquent de +240 mm/an. La période de sécheresse serait plus longue, en débutant plus tôt et finissant plus tard, de 1 à 3 semaines. Pour les températures, cette étude note une augmentation du nombre des jours à température maximale > 25°C ainsi que l'augmentation des nuits à températures minimale > 10°C.

Les périodes de démarrage de *L. dispar* sont généralement précédées par une période de sécheresse printanière et estivale qui parfois devient forte, qui accompagne la phase de progradation du ravageur, mais disparaît en phase de rétrogradation. Il semble que l'augmentation de la température de l'ordre de 2°C dans les subéraies tunisiennes d'ici 2050 n'aura pas d'effet sur la coïncidence phénologique du chêne-liège et ses insectes défoliateurs. Ce sont plutôt, les températures extrêmes, qui dépassent parfois les 45°C, qui auront un effet néfaste sur les espèces dont le cycle biologique est plus tardif comme *L. dispar*. Les sécheresses, qui se manifestent par une augmentation du nombre d'années sèches et un prolongement de la durée de la période la plus sèche de l'année, favoriseront, cependant, les pullulations de certaines espèces, qui ont un cycle biologique plus précoce, comme *Tortrix viridana* et *Erranis defoliara*.

Introduction

Située dans la région Kroumérie-Moogod, la subéraie Tunisienne possède « un bon potentiel climatique », des précipitations annuelles qui varient de 700 à 2500 mm/an, des températures annuelles de 7,7 °C min et 24,5 °C max et une forte radiation photosynthétique. Mais ce potentiel n'est qu'apparent car la région connaît des périodes sèches assez longues de 3 à 5 mois/an, une variabilité saisonnière et interannuelle pluviométrique assez forte et des extrêmes de températures (>45 °C) essentiellement sous forme des vagues de chaleur.

En plus de ces contraintes climatiques, le chêne-liège doit faire face aux attaques des insectes ravageurs dont plus particulièrement les défoliateurs.

Dans cet article nous examinons en quatre parties, (i) le climat récent qu'a connu la subéraie durant les cinquante dernières années en s'appuyant sur les données de la station de Ain Drahem et en analysant les moyennes, les extrêmes et les tendances ; (ii) dans la seconde partie, la projection du climat de la subéraie à partir des données de simulation du modèle de circulation générale de Hadley Centre (HadCM3) pour les scénarios SERES moyens A2 et B2 pour les températures, les précipitations, l'évaporation potentielle et leur variabilité ; (iii) les relations entre le climat et les pullulations de *Lymantria dispar* seront analysées dans la 3^{ème} partie ; (iv) la quatrième partie sera réservée à l'étude de l'impact des variations climatiques sur les insectes défoliateurs du chêne-liège.

I.- Etude du climat récent

1.1- Analyse du diagramme ombrothermique

La station de Ain Drahem (Lat-N : 36°47', Long-E : 08°43', Alt : 740 m) peut-être caractérisée par une pluviométrie moyenne annuelle de 1540 mm/an (Figure 1) avec un coefficient de variation de 26% et une température moyenne de 16,1 °C avec 7,7 °C moyenne du mois le plus frais (Janvier) et 24,5°C moyenne du mois le plus chaud (Aout).

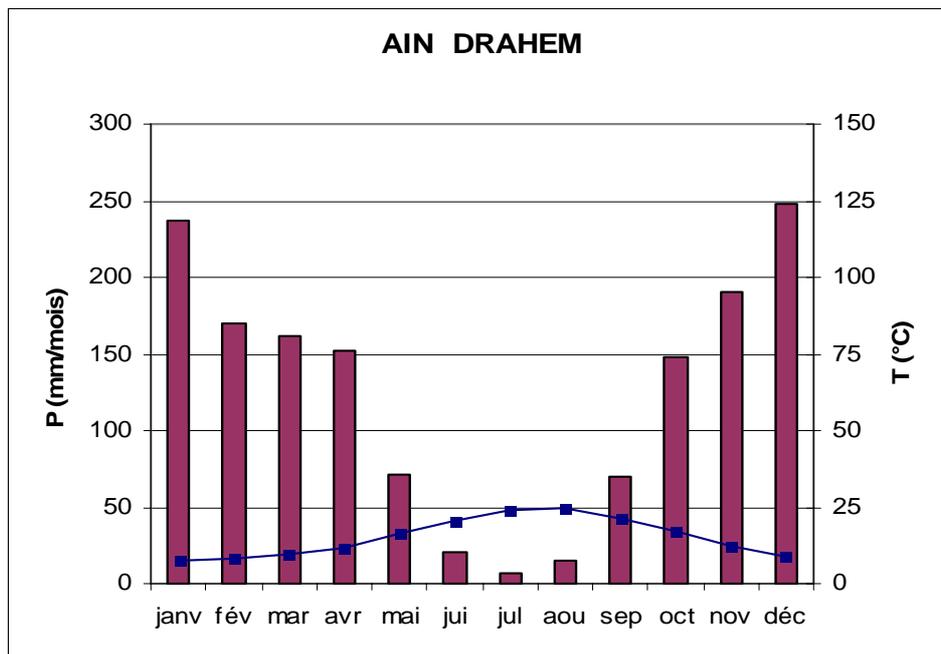


Figure 1 : Diagramme Ombro-thermique de la station de Ain Drahem calculé à partir des moyennes de la période (1961-2003) (Nasr et al., 2009).

Les précipitations sont de type HAPE, l'essentiel des quantités sont reçues pendant la période hivernale, les quantités reçues pendant une saison végétative entre avril et octobre sont de l'ordre de 481 mm et ne représente que 32% du total annuel. La période sèche s'étale sur 3 mois en moyenne pendant laquelle on enregistre que 42 mm avec des fortes températures 25°C en moyenne.

1.2- Tendances des Températures et des Précipitations

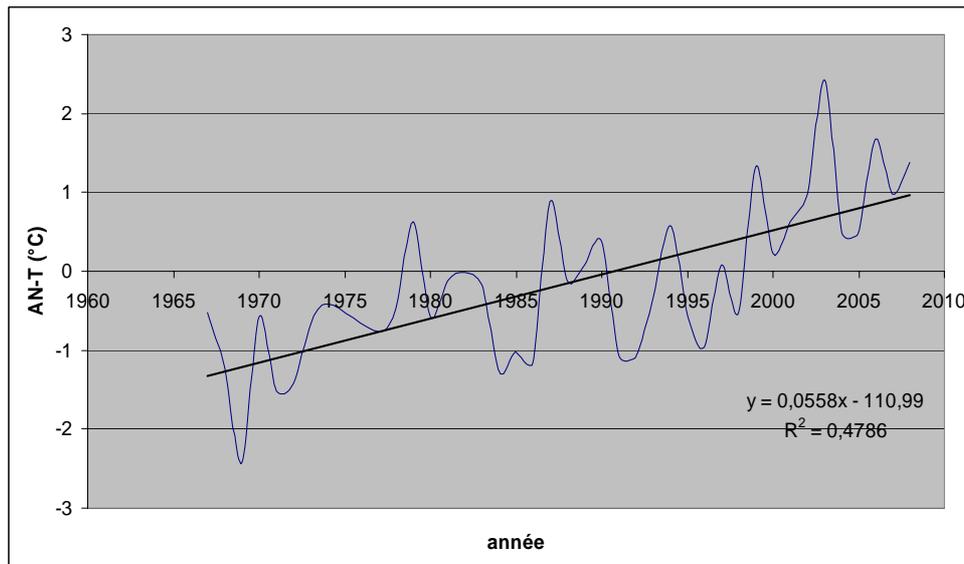


Figure 2 : Anomalies des températures moyennes de l'air enregistrées dans la station Ain Drahem entre 1966 et 2008 (Nasr et al., 2009).

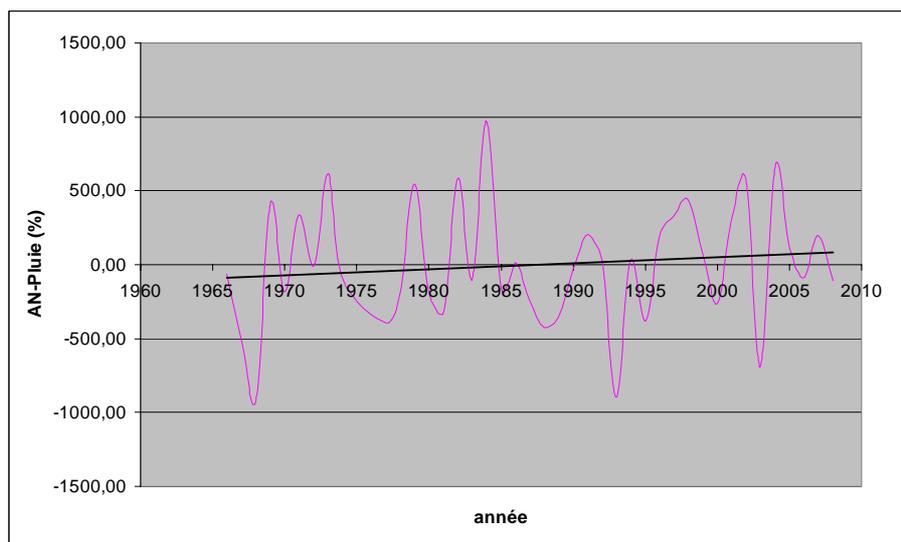


Figure 3 : Anomalies des précipitations moyennes annuelles enregistrées dans la station Ain Drahem entre 1965 et 2008 (Nasr et al., 2009).

La figure 2 indique une tendance à l'augmentation de la température moyenne annuelle, spécialement à partir de l'année 1975 comme c'est le cas du plus part des stations climatiques de la Tunisie. On peut noter une augmentation de 2 °C entre 1965 et 2000.

A cause de la forte variabilité des précipitations (Figure 3), on ne peut noter aucune tendance sauf que légèrement les années déficitaires sont plus présentes durant la période 1975-2003 que la période précédente.

II.- Projection du climat à l'horizon 2050

Dans un maillage 0,5°×0,5° (soit 55 km×55km), les résultats de simulations du modèle Britannique de Hadley centre HadCM₃ (IPCC, 2001 ; Hulme et al., 2001 ; Timolty, 2003) indiquent

des faibles baisses des précipitations mais des élévations des températures assez importantes à l'horizon 2050 selon les deux scénarios d'émissions choisis A2 et B2 (tableau 1).

Tableau 1 : Augmentation des températures (ΔT en °C) et baisse des précipitations (ΔP en %) à l'horizon 2050 par rapport à la période référence 1961-1990 (Etude GTZ-MARH, 2007).

Scénarios (A2, B2)	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Année
ΔT (A2)	+1,9 °C	+1,5°C	+1,7°C	+1,9°C	+1,8°C
ΔT (B2)	+1,9°C	+1,5°C	+1,7°C	+1,8°C	+1,7°C
ΔP (A2)	-12%	-3%	-20%	-17%	-13%
ΔP (B2)	-5%	+1%	-17%	-18%	-10%

Les augmentations des températures saisonnières sont assez conséquentes variant de +1,5°C à +2,0 °C à l'horizon 2050, les plus fortes variations sont attendues pendant l'automne et l'été sous forme de vagues de chaleur. Les chutes des précipitations sont en moyenne assez faibles avec notamment une plus forte baisse au printemps. Cette tendance est déjà notée dans l'analyse des tendances du climat récent (non publié, Nasr et al., 2009).

Si les moyennes des précipitations seront peu modifiées, la variabilité inter saisonnière et inter annuelle serait plus accentuée à l'horizon 2050 avec l'apparition des extrêmes plus intenses et plus fréquents.

L'une des conséquences de l'élévation de la température est sans doute une augmentation de l'évaporation. Les résultats de ce même modèle prédisent une augmentation de l'évapotranspiration potentielle de +230 mm/an pour B2 et +240 mm/an pour le scénario A2.

Concernant l'analyse de la sécheresse pour l'horizon 2050, si la dominance pendant la période référence est aux années sèches isolées, on ne note pas de changement de cette tendance pour B2. On note cependant une différence avec A2 qui prédit une augmentation de 10% **AS** par rapport à la référence avec une succession de 2 années sèches (**SS**). On note également une baisse de la médiane des années très humides (9^{ème} décile) de -67 mm/an pour le scénario A2 par exemple par rapport à la période de référence 1961-1990. Ainsi qu'une baisse de la valeur médiane des années très sèches (1^{er} décile).

D'autres études confirment cette tendance (Giannakopoulos et al., 2005) et précisent notamment que la période de sécheresse la plus longue le sera plus en débutant plus tôt et finissant plus tard avec un allongement moyen de 1 à 3 semaine selon le scénario. Pour les températures, cette étude note une augmentation du nombre des jours à température maximale > 25°C ainsi que l'augmentation des nuits à températures minimale > 10°C.

III.- Relations entre le climat et les pullulations de *Lymantria dispar*

Parmi les facteurs abiotiques qui influencent les pullulations des insectes phytophages des forêts les sécheresses qui précèdent et accompagnent les pullulations (Koltunov & Andreeva, 1999). Par conséquent l'entomorésistance des arbres, qui est largement affaibli, s'accompagne par une augmentation de la valeur nutritive des feuilles et du taux de survie des insectes. Pour *L. dispar*, les années de sécheresses ne précèdent pas la pullulation mais elles sont plutôt synchronisées avec ses phases éruptives (Kolyunov & Andreeva, 1999).

La figure 4 représente les relations entre les pullulations de *L. dispar* et la sécheresse printanière et estivale de la région de Ain Drahem. L'indice de la sécheresse SPI (Standard Precipitation Index) a été calculé selon McKee et al. (1993). Nous constatons que toutes les périodes de démarrage de *L. dispar* (1922-1924 ; 1943-1945 ; 1963-1965 ; 1983-1985) sont précédées par une sécheresse printanière et estivale ($-1 < \text{SPI} < -2$), qui parfois devient forte ($-2 < \text{SPI} < -3$). Cette sécheresse accompagne la phase de progradation du ravageur, mais disparaît en phase de rétrogradation, ceci est particulièrement clair au niveau de la 1^{ère}, la 2^{ème} et la 4^{ème} pullulation (Figure 4).

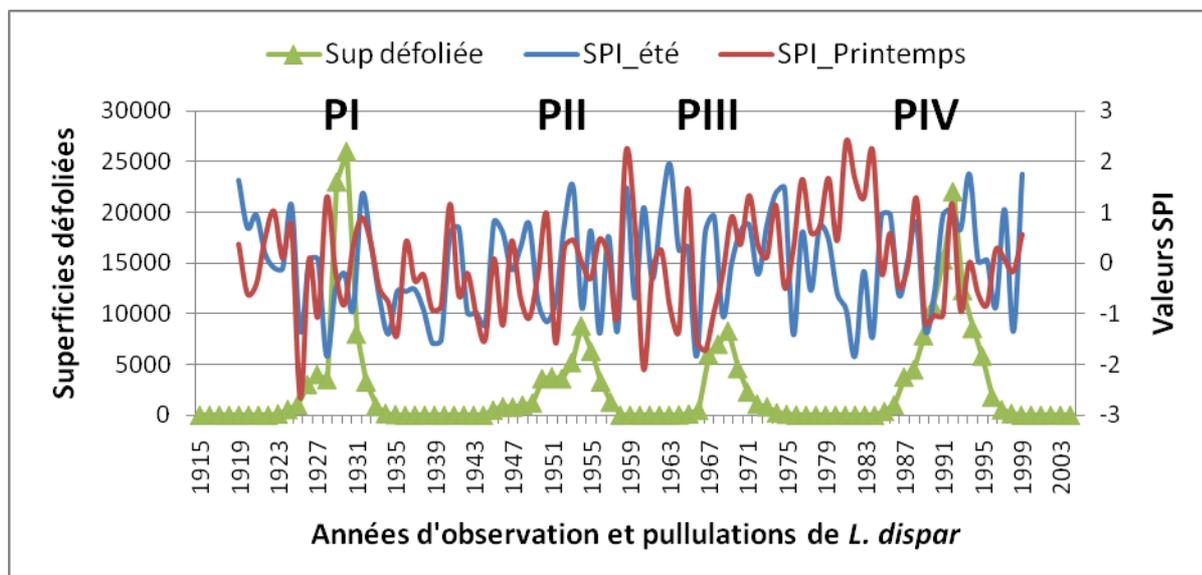


Figure 4 : Relations entre le SPI (Standart Precipitation Index) du printemps et de l'été et les pullulations de *L. dsipar* (PI : 1^{ère} pullulation, PII : 2^{ème}, PIII : 3^{ème}, PIV : 4^{ème}) dans les forêts de chêne-liège de Ain Drahem.

IV.- Effet des changements climatiques sur les insectes défoliateurs du chêne-liège

Les insectes ravageurs sont des facteurs limitant importants de la productivité forestière. Il est donc primordial d'essayer de prédire leur comportement dans le contexte des changements climatiques. Ces derniers peuvent agir, soit directement sur la biologie de l'insecte soit indirectement par la modification de la physiologie de leurs arbres hôtes. Les insectes sont des espèces « Poïkilothermes », dont la température corporelle varie en fonction de la température du milieu dans lequel ils vivent. La température est donc un des facteurs déterminants de la dynamique de leurs populations (essaimage, durée de développement, nombre de générations annuelles, ...).

Les conséquences des changements climatiques sur les insectes ravageurs peuvent être directes en modifiant leur abondance et leur répartition ou indirectes en agissant sur la coïncidence phénologique entre ravageur et débourrement de l'arbre hôte, par le biais de la sécheresse, ou bien sur le CO₂ de l'air (Marçais *et al.*, 2000 ; Rouault *et al.*, 2006).

La réussite des attaques des insectes défoliateurs du chêne-liège exige nécessairement une synchronisation entre le débourrement « apparition des nouvelles feuilles » et l'émergence des jeunes chenilles « coïncidence phénologique ». Toutefois, cette coïncidence ne sera pas nécessairement maintenue, ce qui peut diminuer les dégâts de certains défoliateurs comme *Lymantria dispar*, *Tortrix viridana* et *Operophtera brumata*. D'après Dewar & Watt (1991), une

augmentation des températures peut faire avancer l'émergence des chenilles de la cheimatobie (*O. brumata*) mais aurait peu d'effet sur le débourrement de l'arbre hôte (l'épicéa Stika), ce qui donne une moins bonne coïncidence phénologique entre l'insecte et son arbre-hôte. Toutefois, en cas d'élévation simultanée de la température et du CO₂, la date du débourrement serait avancée ce qui minimise la désynchronisation phénologique (Murray *et al.*, 1994). Il semble que l'augmentation de la température de 2°C dans les subéraies tunisiennes (Cf § II) n'aura pas d'effet sur la coïncidence phénologique du chêne-liège et ses insectes défoliateurs. En effet, les travaux de Buse & Good (1996) montrent que la coïncidence phénologique entre la cheimatobie (*O. brumata*) et le chêne pédonculé ne serait pas modifié en cas d'élévation de la température moyenne de 3°C et de doublement du CO₂, parce que l'éclosion des œufs et le débourrement des arbres étant tous deux avancés.

D'autre part, les sécheresses favorisent les pullulations d'insectes phytophages (Mattson & Haack, 1987), en particulier celles des géométridés (Rouault *et al.*, 2006). Au niveau du climat récent de la Tunisie (Cf § I), on observe une tendance à l'aridité dans la région de Aïn Drahem, car on note une tendance à l'augmentation de la température moyenne annuelle de 2°C et un léger déficit hydrique durant la période 1975-2008 (??). Après la période de latence de *L. dispar* (2000/2005), nous attendions le déclenchement d'une nouvelle pullulation dans la région d'Aïn-Drahem (Ben Jamâa *et al.*, 2002), mais celle-ci s'est déclenchée en 2006 dans la subéraie de Bellif (Mnara *et al.* 2006) et s'est éteinte en 2008 à cause probablement des températures estivales extrêmes qui ont un effet néfaste sur les chenilles et les chrysalides de *L. dispar* (Ben Jamâa & Mnara, 2010). Durant la canicule de 2003 les populations de plusieurs défoliateurs comme *T. viridana* et *O. brumata* ont augmenté dans différents pays européens (Cf Rouault *et al.*, 2006). Ces espèces accomplissent leur développement larvaire précocement entre avril-mai et par conséquent elles bénéficient des printemps chauds sans souffrir de la chaleur estivale (Rouault *et al.*, 2006). Nous assistons actuellement, dans la subéraie tunisienne au même phénomène : la pullulation de certaines espèces défoliatrices qui sont considérées comme compétitrices de *L. dispar*. En 2009 et dans la forêt de Bellif toujours, le niveau d'infestation de *T. viridana* et *Erannis defoliaria* (Géomatridé) est plus élevé que celui de *L. dispar* (Figure 5).

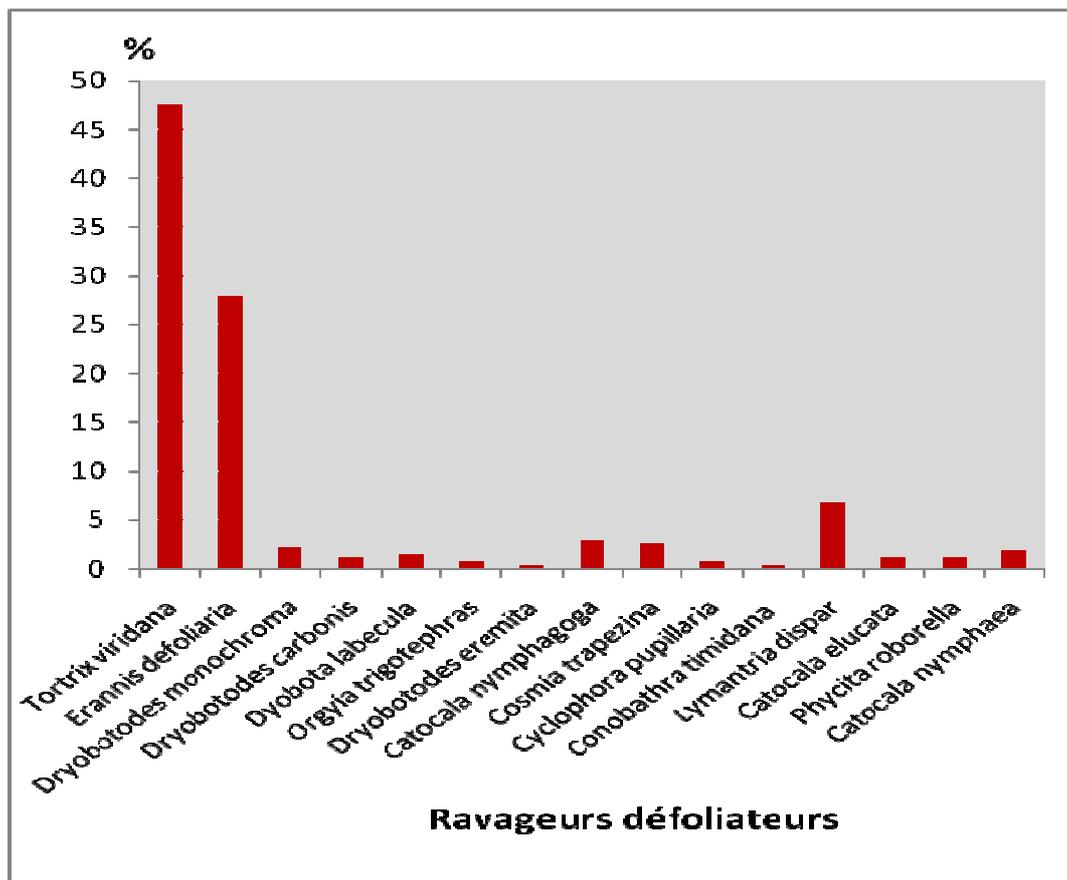


Figure 5 : Importance des espèces défoliatrices du chêne-liège dans la forêt de « Bellif » observées au printemps 2009.

IV.- Conclusion

Les résultats de cette analyse montrent que la subéraie Tunisienne pourrait subir une augmentation rapide des températures moyenne d'ici 2050 de l'ordre de 1,8 °C. Cette moyenne cache une augmentation plus hasardeuse des températures extrêmes surtout sous forme de vagues de chaleur. Ainsi qu'une augmentation du nombre d'années sèches et un prolongement de la durée de la période la plus sèche de l'année. Le climat futur serait plus variable avec une augmentation des phénomènes extrêmes par rapport à la période de référence 1961-1990.

L'augmentation des températures moyennes d'ici 2050 de l'ordre de 2°C ne semble par avoir un effet sur les insectes défoliateurs du chêne-liège, mais plutôt les températures extrêmes qui dépassent parfois les 45°C auront un effet néfaste sur les espèces dont le cycle biologique est plus tardif comme *L. dispar*. Les sécheresses, qui se manifestent par une augmentation du nombre d'années sèches et un prolongement de la durée de la période la plus sèche de l'année, favoriseront les pullulations de certaines espèces, qui ont un cycle biologique plus précoce, comme *T. viridana* et *E. defoliaria*. Si l'augmentation de la teneur en CO₂ de l'air ne semble pas avoir d'influence directe sur le développement des insectes (Fajer *et al.*, 1991), son effet sur les arbres hôtes est très important, parce que l'augmentation de la concentration en CO₂ de l'atmosphère améliore la photosynthèse des arbres, donc leur production en biomasse. D'où l'intérêt d'étudier l'effet de l'augmentation du CO₂ sur les chenilles.

Références Bibliographiques

- **Ben Jamâa M-L & Mnara S.**, 2010. Etude de l'évolution de la dernière pullulation de *Lymantria dispar* L. en Tunisie. Les 1^{ères} Rencontres Chercheurs/Gestionnaires/Industriels : « La gestion des Subéraies, la Production et la Qualité du Liège. Tlemcen 19 & 20 Oct. 2009.
- **Ben Jamâa, M.L., Mnara, S., Villemant, C. & Khaldi, A.**, 2002. *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera, Lymantriidae) en Tunisie: État actuel des connaissances et perspectives de recherche. Bull. OILB Srop. 25(5) : 101-108.
- **Buse A. & Good J-E-G.**, 1996. Synchronization of larval emergence in winter moth (*Operophtera brumata* L.) and budburst in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) under simulated climate change. — *Ecological Entomology*, vol. 21, 1996, pp. 335-343.
- **Dewar R. & Watt A.**, 1991. Predicted changes in the synchrony of larval emergence and budburst under climate warming. *Oecologia* 89: 557-559.
- **Fajer E-D., Bowers M-D. & Bazzaz F-A.**, 1991. The effects of enriched CO₂ atmospheres on the buckeye butterfly, *Junonia coenia*. *Ecology*, 72 : 751-754.
- **Giannkopoulos C., Bindi N., Moriondo M., LeSager P. & Tion T.**, 2005. Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global temperature rise. A report for WWF, 1 July 2005.
- **Hulme M, Doherty R, Ngara T, New M, Lister D.** African Climate Change: 1901-2100. *Climate Res.* 2001 ; 17 :145-68.
- **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).** Climate Change 2001 : The scientific basis. Contribution of Working Group I to the third assessment report of the IPCC. Cambridge (Royaume-Uni : Cambridge University Press), 2001; 881p.
- **King L., Nasr Z. & Elmohammed H.**, 2007. Projection du Climat et scénarios pour la Tunisie aux horizons 2030 et 2050. Etude GTZ-MARH dans « Stratégie d'adaptation des l'Agriculture et des Ecosystèmes aux Changements Climatiques ».
- **Koltunov E.V. & Andreeva E.M.**, 1999. The abiotic stress as a factor responsible for gypsy moth outbreaks. *J. Appl. Ent.* 123: 633-636.
- **Marçais B., Bouhot-Delduc L. & Le Tacon F.**, 2000. Effets possibles des changements globaux sur les micro-organismes symbiotiques et pathogènes et les insectes ravageurs des forêts. *Rev. For. Fr.* LII - Numéro Spécial : 99-118.
- **Mattson W-J. & Haack R-A.**, 1987. The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. *BioScience*, 37, 2 : 110-118.
- **McKee, T.B. , Doesken N.J. and Keist J.**, 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Reprints, 8th Conference on Applied Climatology, pp 179-184. January, Anaheim, California.
- **Mnara S., Ben Jamâa M.L. & Nouira S.**, 2006- Les facteurs de mortalité au stade œuf de *Lymantria dispar* L. (Lép., Lymantriidae) en phase de latence dans les forêts de Aïn Draham. *Les Annales de l'INRGREF*, Numéro Spécial (9) Tome 1 : 187-195.
- **Mnara, S., Ben Jamâa, M.L. & Nouira, S.**, 2010. Etude de la population de pontes 2006-2007 et de la défoliation provoquée par *Lymantria dispar* en progradation dans la subéraie de Bellif (Nefza, Tunisie). Bull. OILB Srop. (in press).
- **Murray M-B., Smith R-I, Leith I-D., Fowler D., Lee H-S-J., Friend A-D. & Jarvis P.**, 1994. The effect of elevated CO₂, nutrition and climatic warming on bud phenology in Sitka

spruce (*Picea sitchensis*) and their impact on the risk of frost damage. — *Tree physiology*, 14 : 691-706.

- **Nasr Z., Khaldi A., Woo S-Y., Stiti B. & Khorchani A.,** 2009. Analyse du climat de la subéraie Tunisienne. Projet Tuniso-Coréen (rapport en préparation)
- **Rouault G., Candau J-N., Lieutier F., Nageleisen L-M., Martin J-C & Warzée N.,** 2006. Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. *Ann. For. Sci.* 63: 613-624.
- **Timolty D. Mitchell.** Tunisia 21st Century Climate Changes. Feb.10.2003. (www.tyndall.ac.uk)
- **Watt A-D., Lindsay E., Leith I-D. & Fraser S-M.,** 1996. The effects of climate change on the winter moth, *Operophtera brumata*, and its status as a pest of broadleaved trees, Sitka spruce and heather. *Aspects of Applied Biology*, 45: 307-316.
- **White T-C-R.,** 1994. The inadequate environment: nitrogen and the abundance of animals. Springer-Verlag, New York: 444 p.

Impact des variations climatiques (pluviométrie) sur l'état sanitaire des arbres et les accroissements du liège dans quelques suberaies de l'ouest algérien

BOUHRAOUA Rachid Tarik*, DAHANE Belkhir*, GHANEM Amina* et BELHOUCINE Latifa*

*Département des Sciences Agro-forestières, Université Abou Bekr BELKAID

BP 119 - 13000 TLEMCEM (Algérie)

rt_bouhraoua@mail.univ-tlemcen.dz

Introduction

Les problèmes de dégradation de la santé des peuplements forestiers (feuillus et conifères) sont très anciens et remontent à la fin du 19^{ème} siècle et surtout au début du siècle dernier dans de nombreux pays, notamment d'Europe mais aussi d'Amérique du Nord. Ces problèmes n'ont pris un caractère inquiétant dans ces forêts qu'au début des années 1980 suite à l'apparition des cas de mortalité anormalement élevés (DELATOUR, 1983 ; BONNEAU et LANDMANN, 1988).

Dans la région méditerranéenne occidentale, les forêts de chêne-liège en particulier, ne font pas exception à la règle et sont aussi affectées par ce phénomène mais avec une intensité variable d'un pays à l'autre.

Devant cette situation, de nombreuses investigations ont été menées sur le terrain afin d'expliquer les mécanismes et les facteurs responsables de ce phénomène. Une multitude de facteurs ont été ainsi identifiés dont on trouve les facteurs climatiques (AMANDIER, 2006). Ces derniers sont souvent les plus impliqués à travers le monde dans la déstabilisation des autres écosystèmes forestiers et le déclenchement des processus de dégradation sanitaire.

Les changements climatiques (augmentation des températures surtout en été et la diminution des précipitations annuelles) sont déjà ressentis dans la région méditerranéenne et leurs effets sur les écosystèmes subéricoles sont déjà visibles au Portugal (VARELA, 2008), en Sardaigne (RUIU et al., 2005), etc. et sont traduits par des affaiblissements physiologiques voire des dépérissements des arbres et des peuplements.

Parmi ces facteurs climatiques, les précipitations qui jouent un rôle primordial dans l'alimentation hydrique des arbres sont souvent les premiers mis en évidence dans de nombreux travaux de recherche pour expliquer les mécanismes de dépérissement du chêne-liège.

Pour détecter les premières détériorations éventuelles de l'état de santé des suberaies, de décrire leur importance, leur mécanisme, la vitesse de leur évolution spatio-temporelle, un réseau de surveillance et de suivi de ces forêts a été implanté dans la région nord occidentale de l'Algérie.

Nous exposons dans ce présent travail, le bilan de 11 ans de suivi sanitaire des 3 forêts prises à l'étude et l'impact des variations climatiques ainsi enregistrées (précipitations en particulier) sur l'état de santé des arbres et des peuplements et des accroissements annuels du liège.

1-Aperçu sur la suberaie et son bioclimat en Algérie

En Algérie, les suberaies couvrent environ 440.000 ha (220000 ha productifs). Ces formations sont comprises entre les frontières marocaine à l'ouest et tunisienne à l'est, s'étendant du littoral méditerranéen au nord aux chaînes telliennes au sud, sur une largeur ne dépassant pas les 100 km (Fig.1). Elles sont divisées en 3 blocs :

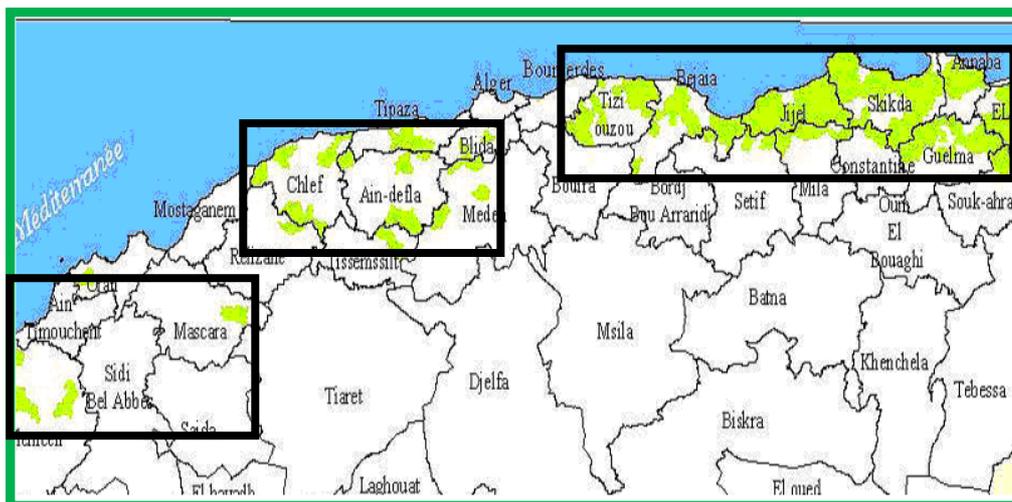


Figure 1 : Carte de distribution des forêts de chêne-liège en Algérie (DGF, 2003)

Le premier bloc est cantonné principalement dans la région orientale couvrant les 4/5^{ème} de la superficie totale. Il est constitué par de vastes massifs presque continus recevant des tranches pluviométriques annuelles très importantes allant de 900 à 1200mm en littoral et de 500 à 1200mm en montagne. Ils jouissent donc des bioclimats très favorables à la croissance des arbres allant du subhumide, humide à per-humide.

Le second bloc de moindre importance est cantonné au centre du pays. Il couvre environ 13% de la superficie. Les forêts sont discontinues et jouissent des bioclimats subhumide à humide. Elles reçoivent des hauteurs d'eau variant de 500-600 mm en littoral à 600-900mm en montagne.

Le 3^{ème} bloc est constitué par des peuplements reliques et dispersés en taches plus ou moins étendues. Il est cantonné dans la région occidentale la moins arrosée. En littoral, les précipitations sont faibles de l'ordre de 400 mm en moyenne (350 mm-500 mm) et le bioclimat est de type semi-aride. En montagne, les pluies sont par contre plus abondantes à l'ouest (650 mm en moyenne) jouissant d'un bioclimat subhumide et beaucoup moins faibles à l'est avec 450 mm en moyenne par an et un bioclimat de type semi-aride).

2-Méthodologie

L'étude sanitaire des peuplements de chêne-liège a été entreprise à partir d'un dispositif en « réseau permanent » que nous l'avons implanté en 1999 dans la région ouest. Les objectifs principaux de ce réseau ne diffèrent pas grandement de ceux des autres réseaux déjà installés en Europe, en France plus particulièrement (BECKER et LEVY, 1983 ; LANDMANN, 1988 ; NAGELEISSEN, 1992. Grâce à un suivi annuel régulier et à long terme, ce réseau nous a permis de fournir des éléments clés pour interpréter les variations apparentes de la vigueur des arbres et de tenter de mettre en évidence les causes éventuelles de tout dépérissement enregistré. Comme il nous a permis de suivre l'évolution des principaux facteurs responsables du dépérissement dont les précipitations.

Le réseau est composé initialement de 13 parcelles installées dans 4 forêts (une littorale et 3 de montagne).

2.1- Aperçu général sur les 3 forêts d'étude

Trois forêts sont retenues pour suivre les évolutions interannuelles de l'état de santé des peuplements et le rôle des pluies annuelles dans tout changement visible. Il s'agit de la forêt de M'Sila (Oran), de Zariéffet (Tlemcen) et de Nesmoth (Mascara) (fig.2).

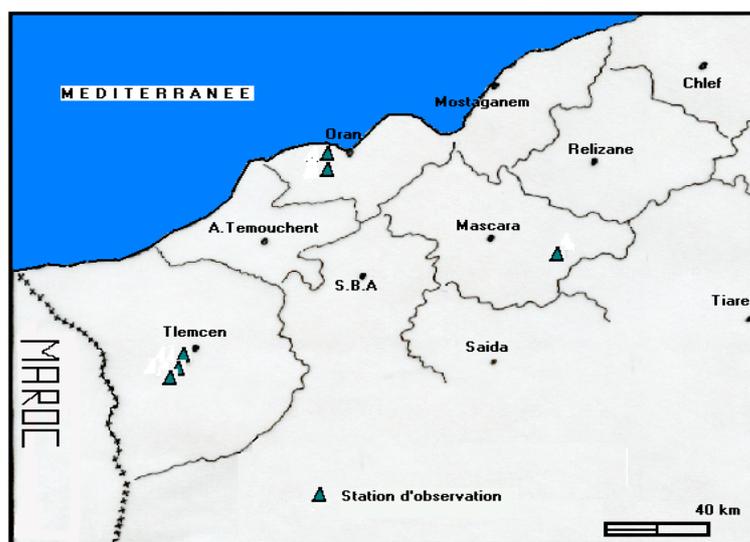


Figure 2 : Carte de distributions des parcelles d'observation et de suivi de l'état de santé du chêne liège dans la région ouest algérien.

* **La forêt littorale de M'Sila** couvre environ 1100 ha de chêne-liège. Elle repose sur différents substrats géologiques (sables pliocènes et schistes jurassiques). Le sol est partout profond de texture sablo-limoneuse. C'est une vieille futaie naturelle, de structure jardinée, en partie pure et autre embroussaillée ou mélangée avec le Pin d'Alep. Le terrain est pratiquement plat à 325 m d'altitude en moyenne. Le bioclimat est de type semi aride à hiver tempéré. La production moyenne du liège est de l'ordre de 500 Qx/an (Fig. 3a).



Figure 3 : Vue générale des peuplements de chêne-liège à M'Sila (gauche), Zarieffet (milieu) et Nesmoth (droite).

* **La forêt de Zarieffet** est une vieille futaie naturelle de montagne (1100 m d'altitude). Elle couvre 900 ha de chêne-liège dont la moitié est pure et l'autre forme une chênaie mixte mélangée de chêne vert dans les stations sèches ou de chêne zéen dans les stations humides (vallons frais exposés au nord-nord-est). La majeure partie de la suberaie (80 %) s'est transformée actuellement en matorral arboré improductif suite à une série d'incendies (1966-1983-1994). Elle jouit d'un bioclimat subhumide à hiver frais. Le sol est profond et humide à superficiel et très sec sur les crêtes. Il est issu des assises géologiques de type grès séquanien. La production liégeuse très faible en raison du rétrécissement importante de la superficie productive (<100 Qx/an).

* **La forêt de Nesmoth** couvre une superficie de 6500 ha. Le chêne-liège forme une jeune futaie artificielle de montagne occupant actuellement 400 ha. Il est issu des différentes opérations de plantations (après chaque incendie catastrophique : 1902-1956) dont la dernière remonte au

début des années 60. Les arbres de l'ancienne vieille futaie naturelle sont dispersés sur 6 ha. Le bioclimat est de type semi-aride à hiver frais. Le sol est généralement profond et fertile à texture argilo-siliceux reposant sur un substrat géologique de type « calcaire dolomitique ». La production du liège est faible (<100 Qx/an).

2.2-Evaluation sanitaire des arbres et des peuplements

La méthode adoptée pour évaluer l'état sanitaire des arbres repose essentiellement sur l'examen de leur cime. C'est un critère le plus souvent pris en compte (D.S.F, 1991), voire parfois le seul (BECKER, 1987), dans les appréciations visuelles de la vitalité des arbres de nombreuses essences forestières. Elle consiste alors à apprécier à vue la capacité des arbres à reconstituer leur feuillage et par conséquent la part éventuelle du feuillage absent sur les rameaux physiologiquement fonctionnels. Cet indicateur est appelé « *perte foliaire* » ou « *déficit foliaire*. » Il est noté chaque année entre 1999 et 2009, en été (juillet), soit bien après la fin de la feuillaison et l'élongation des feuilles. Les différentes classes de notation sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1: Classes de déficit foliaire, Indices de Santé et les principales catégories sanitaires des arbres et des peuplements.

Statut sanitaire des arbres			Statut sanitaire des peuplements	
Classes de déficit foliaire	(%) de feuillage perdu	Catégories sanitaires	Indices de Santé	Catégorie sanitaire
1	< 25	Sain	IS < 1,5	Sain
2	30-60	Affaibli	1,6 < IS < 2,1	Affaibli
3	65-95	Dépérissant	2,2 < IS < 2,6	Dépérissant
4	100	Mort ou Sec	IS > 2,7	Gravement Dépérissant

L'état général du peuplement est apprécié par contre par un indice de santé « IS » qui prend en compte la note de perte foliaire de tous les arbres observés. Il est calculé à partir de la formule suivante où n_i est le nombre d'arbres de la classe i de déficit foliaire, P_i le Poids de la classe i (1 si $i=1$, 2 si $i=2$ etc.) et N est l'effectif total d'arbres observés dans la station. Selon les valeurs de l'indice, on distingue 3 niveaux d'état sanitaire des peuplements (tab.1).

$$IS = \frac{(n_1 \cdot P_1) + (n_2 \cdot P_2) + n_3 \cdot P_3 + (n_4 \cdot P_4) + (n_5 \cdot P_5)}{N}$$

Pour cela 6 parcelles d'observation sont retenues ici pour cette étude. Les principales caractéristiques (géographique, topographique, forestière, etc.) de chacune d'elle sont présentées dans le tableau2.

Tableau 2 : Caractéristiques des stations d'observation

Forêts	M'Sila		Zarieffet			Nesmoth
Parcelle	Ms1	Ms2	Zar1	Zar2	Zar3	Nes
Lieu dit canton	CBK	M'Sila	Zarieffet			Terziza
Nombre arbres	158		70	104	104	172
Altitude (m)	325	380	1050	1080	1070	985
Topographie du terrain	Plateau (Haut versant)		Dépression H ^t Versant	Haut versant		Haut versant
Expositions	-	-	Nord	Nord Est		Nord - Ouest
Pentes (%)	0	3	>30	10		7
Distance mer	12	10	53			90
Profondeur sol	>200 cm		>100 cm	15 – 150cm	70 – 100	>60cm
Texture sol	Sablo-limoneux	Sableux	Sablo-limoneux	Sablo-argileux	Argilo-sableux	Limono-sableux
Origine peuplement	Naturelle		Naturelle			Artificielle
Nature peuplement	Pur	Mélangé	Pur	Mélangé	Pur	Pur
Sous-bois	Absent	Abondant	Absent	Abondant	Moyen	Absent
Pâturage	Excessif	Absent	Faible			Excessif
Aménagement	Absent					
Régénération semis	Absente	Abondante	Absente	Rare		Absente

2.3-Impact de la pluviométrie sur l'état de santé global des peuplements

L'impact de la pluviométrie annuelle sur la vigueur des peuplements du chêne-liège est évalué par des corrélations entre l'Indice de Santé (IS) de chaque année/station et l'indice pluviométrique (IP) de l'année correspondante. Ce dernier est calculé par le rapport entre la pluviométrie de l'année et la moyenne pluviométrique de la zone. Trois types d'années sont distingués selon les indices (tab.3).

Tableau 3 : Classes d'indice pluviométrique et types d'années correspondants

Forêt	Moyenne	Période	Tranches pluies	IP	Type année
Zarieffet	600mm	1961-1998	>500mm	>0,8	Favorable
			400-500mm	0,6-0,8	Moyenne
			<400 mm	<0,5	Déficitaire
Nesmoth	405mm	1986-1998	>400mm	> 1,0	Favorable
M'Sila	400mm	1969-1998	350-400mm	0,8-1,0	Moyenne
			<350mm	<0,7	Déficitaire

2.4-Impact de la santé des arbres et sur les accroissements annuels du liège

L'incidence de la vigueur des arbres sur la vitesse des accroissements annuels du liège et la productivité du peuplement est étudiée pour une seule forêt à savoir « Zariéffet ». Elle est évaluée par des corrélations entre l'Indice de santé (IS) et l'indice d'accroissement (IAc). Cet indice est calculé après avoir mesuré les accroissements annuels d'un liège mûr de 13ans (soit 12 accroissements complets formés entre 1996 et 2007) selon l'état sanitaire des arbres (sain, affaibli et dépérissant).

2.4.1-Technique de prélèvement des échantillons

Les prélèvements des échantillons de liège de reproduction sont effectués en été 2008 au moyen d'un couteau tranchant. Au total, 30 morceaux de 10×10 cm de côté (calas) sont prélevés de 30 arbres préalablement sélectionnés selon leur catégorie sanitaire. Cette dernière est déterminée sur la base des résultats des 10 inventaires d'appréciation sanitaire opérés entre 1999 et 2008. En effet :

- Un arbre est considéré comme sain donnant un liège « *sain* » lorsqu'il est noté durant toute la période d'observation dans la classe 1 (moyenne de notations =1).
- Un arbre est considéré comme affaibli donnant un liège « *affaibli* » lorsqu'il est noté dans la classe 2 dans les 10 inventaires (moyenne des notations =2).
- Un arbre est considéré comme dépérissant donnant un liège « *dépérissant* » lorsqu'il est noté durant toute la période d'observation dans la classe 3 (moyenne de notations =3).

2.4.2- Technique de mesures des cernes du liège

Pour mesurer la largeur des accroissements annuels des 30 échantillons de liège, nous avons procédé de la manière suivante :

- Les échantillons sont bouillis pendant 90 min à 100°C afin de favoriser une expansion linéaire et volumétrique des échantillons et de les débarrassés des substances solubles (tanins, cires et autres).
- Après le bouillage, les échantillons sont séchés à l'air libre pendant 10 jours. Après le séchage, ils sont découpés en lames de 10 mm d'épaisseur à l'aide d'une découpeuse électrique. Enfin, l'opération de ponçage est très nécessaire pour la discrimination des limites des couches annuelles qui sont marquées par une zone de couleur foncée formée par le liège d'automne. Elle est exécutée à l'aide d'une ponceuse pendant quelques minutes. Trois lames de chaque échantillon sont prises au hasard pour réaliser les mesures des accroissements au niveau de trois endroits à distance égale (3 cm) sur la section transversale du liège.
- Les largeurs des cernes sont mesurées par la machine LinTab05 reliée à un ordinateur équipé d'un système automatique d'enregistrement TSAPWin (Time Series Analysis and Presentation). Les résultats sont obtenus avec une précision de 1/1000 mm et représentent la moyenne des 3 mesures pour chaque cerne.
- Les résultats de mesures sont ordonnés en 4 classes d'accroissements annuels suivant le tableau 3 dressé pour la première fois par LAMEY (1893), puis repris par NATIVIDADE (1956) et NORMANDIN (1979).

Tableau 4 : Principales classes d'accroissements moyens annuels du liège

Classes	Limite des accroissements	Type accroissement
1	0,8 – 1,5 mm	Faible
2	1,51 - 2 mm	Moyen
3	2,1 - 3 mm	Rapide
4	>3 mm	Très rapide

2.4.3- Calcul de l'Indice d'accroissement du liège d'un peuplement

L'indice d'accroissement moyen annuel du liège à l'échelle du peuplement est obtenu à partir de la formule suivante qui tient compte d'une part de l'effectif des arbres par classe sanitaire de l'année de notation « i » (1999-2007) et d'autre part les largeurs des cernes de chaque état sanitaire :

$$IAc_i = [(n1_i * Ac1_i) + (n2_i * Ac2_i) + (n3_i * Ac3_i)] / N$$

n1 (effectif d'arbres sains de la classe1)

n2 (effectif d'arbres affaiblis de la classe2)

n3 (effectif d'arbres dépérissants de la classe3),

Ac1 (accroissement du liège sain)

Ac2 (accroissement du liège affaibli)

Ac3 (accroissement du liège dépérissant).

N : total effectif d'arbres de la station

Il convient de noter que les arbres morts sont pris en considération dans l'effectif total de la station (N) mais étant donné que leurs accroissements sont nuls ($Ac_4=0$), cette catégorie est exclue de la formule.

Les différents indices sont calculés pour les 9 cernes complets seulement (soit de la 4^{ème} année du cycle de formation du liège coïncidant avec le début des observations à la 12^{ème} année (fin de cycle de formation). Les résultats de calculs sont donnés aussi en 4 classes (tab.3).

3-Résultats et discussion

3.1- Caractéristiques pluviométriques de la période : 1999-2009

Les tranches pluviométriques annuelles (années hydrologiques) enregistrées au niveau des stations météorologiques de référence les plus proches des zones d'étude sont présentées dans le tableau 5

Tableau 5 : Hauteurs de pluies (mm) enregistrées au niveau des 3 forêts (1999-2009)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Moy
M'Sila	280	432	515	316	425	413	441	427	401	409	600	423
Zarieffet	487	336	556	586	704	689	414	468	470	393	840	540
Nesmoth	354	136	238	338	720	560	263	748	618	487	1033	500

Il ressort de ce tableau que les cycles de sécheresse sont différemment enregistrés d'une forêt à l'autre et d'une zone naturelle à l'autre. En littoral, les années déficitaires sont rares et sont notées en 2 reprises : la première la plus aigue est enregistrée en 1999 (1^{ère} année d'étude) et la seconde, 2 ans plus tard soit en 2002. Au-delà, les pluies dépassent la hauteur moyenne de la zone. En montagne, dans la zone habituellement arrosée (Zarieffet), on enregistre 2 cycles d'années hydrologiquement déficitaires, l'un court de 2 années (1999-2000) et l'autre assez long de 4 années (2005-2008). Le déficit pluviométrique est variable entre 20 % (en 1999) et 45 % (en 2000), soit 30 % en moyenne. Inversement, dans la zone moins arrosée (Nesmoth), la sécheresse a sévi encore 4 années mais entre 1999 et 2002 dont la plus grave est notée en 2000 avec une hauteur insignifiante de 136 mm seulement.

Globalement, durant cette décennie, la région ouest d'Algérie a connu une sécheresse généralisée en 1999 et deux autres mais localisées dans le Tell seulement en 2000 et 2005. Dans cette région, le record pluviométrique dépassant le 1 m de hauteur est noté en 2009 à Nesmoth (zone habituellement déficitaire).

3.2-Evaluation sanitaire des peuplements et impact de la pluviométrie

3.2.1- Dans la forêt de Zariéffet

Dans la première parcelle (Zar.1) saine ((ISm=1,51) dominée par les arbres de la classe 1 (62 %), le peuplement a connu deux phases sanitaires : l'une affaiblie (1999-2001) coïncidant avec une sécheresse (1999-2000) et l'autre saine (>2002) malgré la dégradation pluviométrique enregistré à partir de 2005 surtout en 2008. Annuellement on note une très forte stabilité des arbres (73 % en moyenne) dominée par les cl2 (50 % : phase affaiblie) et cl1 (78 % : phase saine). Une amélioration a touché une faible part de 15 % et la dégradation 12 %.

Il existe une relation négative assez faible ($r=-0.4$) entre les 2 variables (santé-pluies), ce qui explique que les fluctuations annuelles des pluies n'ont qu'un effet très faible sur les changements annuels de l'état sanitaire du peuplement. Globalement, toute amélioration/dégradation des pluies n'entraîne qu'une faible amélioration/dégradation de l'état du peuplement mais sans changement de catégorie. En 2005, malgré un déficit important des pluies de l'ordre de 40 %, le peuplement a enregistré une légère amélioration de 13 % contre 9 % de dégradation (Fig.4). La mortalité enregistrée durant cette période est rare.

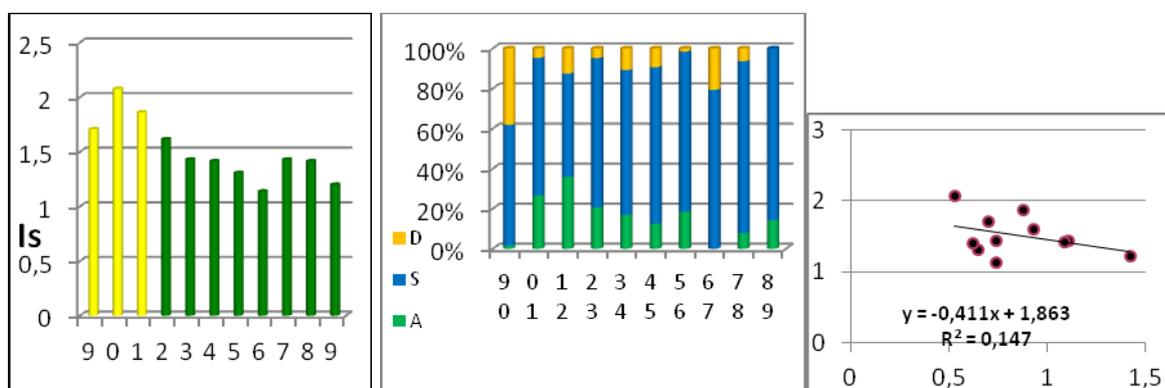


Figure 4 : Evolution annuelle (gauche) et interannuelle (milieu) de l'état sanitaire du peuplement (Zar.1) (1999-2009) et Corrélation et droite de régression entre Indice de pluie et Indice de santé.

D (dégradation), S (stabilité) et A (amélioration)

Dans la seconde parcelle, le peuplement est globalement affaibli (ISm=1,70) dominé par 51 % des arbres de la classe 1 et 31 % de la classe 2. Les changements annuels de l'état sanitaire sont très faibles et s'opèrent pratiquement au sein de la même catégorie sanitaire (saine ou affaiblie). On note 2 phases induites par 2 changements significatifs : 1999-2003 (affaibli) et 2004-2008 (sain). Annuellement, on enregistre une stabilité sanitaire qui touche en moyenne 70 % des arbres dominés par la classe 1 (52 %) et la classe 2 (48 %). Il n'existe aucune relation ($r=-0.005$) entre les 2 variables (santé-pluies), ce qui explique que les dégradations importantes des pluies notées entre 2000 et 2008 (<400 mm) et 2005-2007 : pluies (<500 mm) n'ont aucun impact significatif sur la dégradation physiologique des arbres et inversement, toute amélioration pluviométrique n'entraîne pas immédiatement une amélioration sanitaire (Fig.5). Globalement, toute amélioration/dégradation des pluies implique une légère amélioration (16 %)/dégradation (14 %) de l'état du peuplement. Les fluctuations s'expliquent par les translations cl2-cl1 (62 %) et cl2-cl3 (50 %). Durant toute cette période d'observation, 4 cas de mortalité sont notés (3,8 % de l'effectif) ce qui représente un taux de 0,4 %/an.

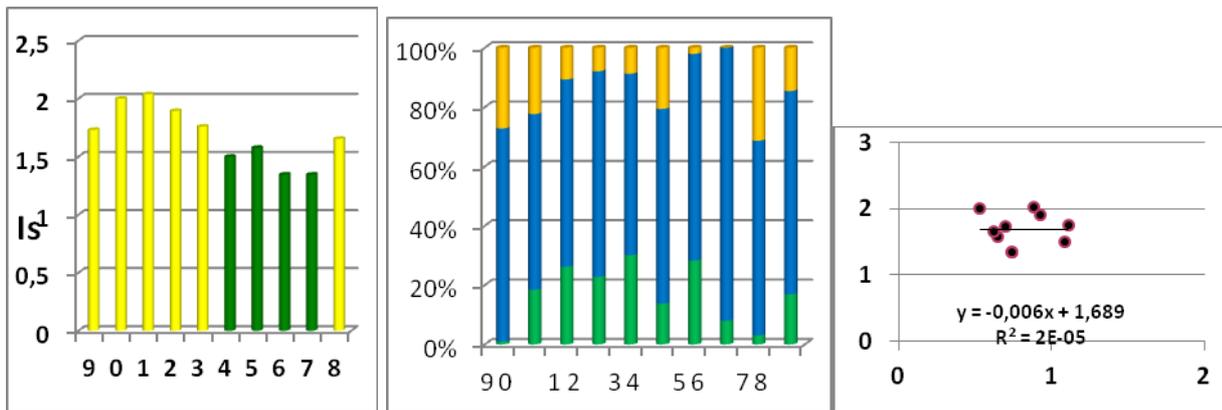


Figure 5 : Evolution annuelle (gauche) et interannuelle (milieu) de l'état sanitaire du peuplement (Zar.2) (1999-2008) et Corrélation et droite de régression entre Indice de pluie et Indice de santé.

Dans la 3^{ème} parcelle (Zar.3), le peuplement est considéré dépérissant (ISm=2.28) caractérisé par un partage presque égal des 3 classes de déficit foliaire des arbres (30 % cl1, 28 % cl2 et 27 % cl3). L'indice de santé varie faiblement (2,0-2,6) et les changements annuels s'opèrent uniquement au sein de la même catégorie sanitaire (dépérissante). Cette stabilité sanitaire du peuplement s'explique par la forte stabilité sanitaire des arbres qui concerne un taux de 50 à 80 % dominée par les cl1 (39 %) et cl3 (36 %). Il n'existe aucune relation (quoique à tendance négative) ($r=-0,04$) entre les 2 variables (santé-pluies), ce qui explique que les importantes améliorations des pluies (2001 et 2004 et 2009 : >500 mm) n'ont aucun impact significatif sur la reprise physiologique des arbres profondément affectés (fig.6). Toute amélioration/dégradation des pluies a entraîné une légère amélioration (16 %)/dégradation (20 %) de l'état du peuplement. Les fluctuations annuelles sont dominées par les translations cl2-cl1 (56 %), et cl3-cl2 (46 %) mais aussi (cl1-cl2 (41 %) et cl2-cl3 (41 %). Dans cette parcelle, 14 cas de mortalité sont enregistrés (22 % de l'effectif) ce qui représente une disparition annuelle de 2 %.

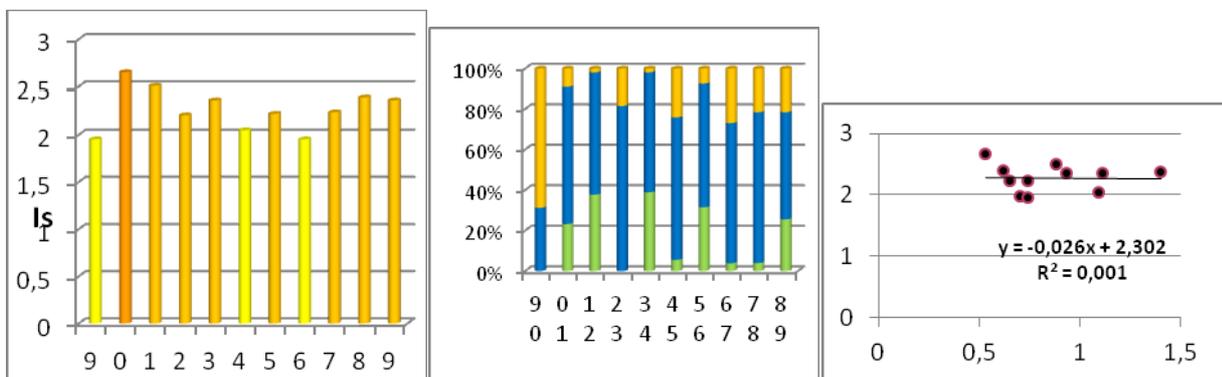


Figure 6: Evolution annuelle (gauche) et interannuelle (milieu) de l'état sanitaire du peuplement (Zar.3) (1999-2009) et Corrélation et droite de régression entre Indice de pluie et Indice de santé.

3.2.2- Dans la forêt de Nesmoth

Les résultats des inventaires montrent que 4 premières années d'observation (1999-2002), correspondent à une dégradation continue du peuplement coïncidant avec les années de sécheresse (<400 mm). Durant cette période, le peuplement est considéré comme dépérissant. L'amélioration des pluies de 2003 (720 mm) a entraîné un début d'amélioration sanitaire du peuplement mais ce n'est qu'en seconde année de pluies favorables que le peuplement a changé de catégorie sanitaire en passant à l'« affaibli ». Ensuite, le peuplement reste affaibli mais avec des fluctuations non significatives. Annuellement on note une forte stabilité sanitaire des arbres (>50 % de l'effectif total) dominée par les arbres de la classe 3 mais aussi de la classe 2 durant les années

défavorables de 2000 à 2003 (40 à 60 %) et les arbres de la classe 1 durant les années favorables de 2001 à 2009 (60-90 %) (Fig.7).

Toute amélioration/dégradation dans cette forêt touche une fraction non négligeable d'arbres :

- amélioration : 30 % des arbres dominée par les classes 1 et 2 ;
- dégradation : 20 % des arbres dominée par les classes 1 et 2 ou 2 et 3.

Le coefficient de corrélation est négatif et fort ($r=-0,63$) ce qui explique une liaison étroite entre l'IS et l'IP et que toute amélioration des pluies dans cette forêt implique une amélioration de l'état sanitaire des arbres. Inversement, les cycles de sécheresse peuvent provoquer des altérations physiologiques surtout des sujets déjà atteints.

La mortalité est importante dans cette forêt où on note une disparition de 27 % de l'effectif soit un taux de 2,5 % par an.

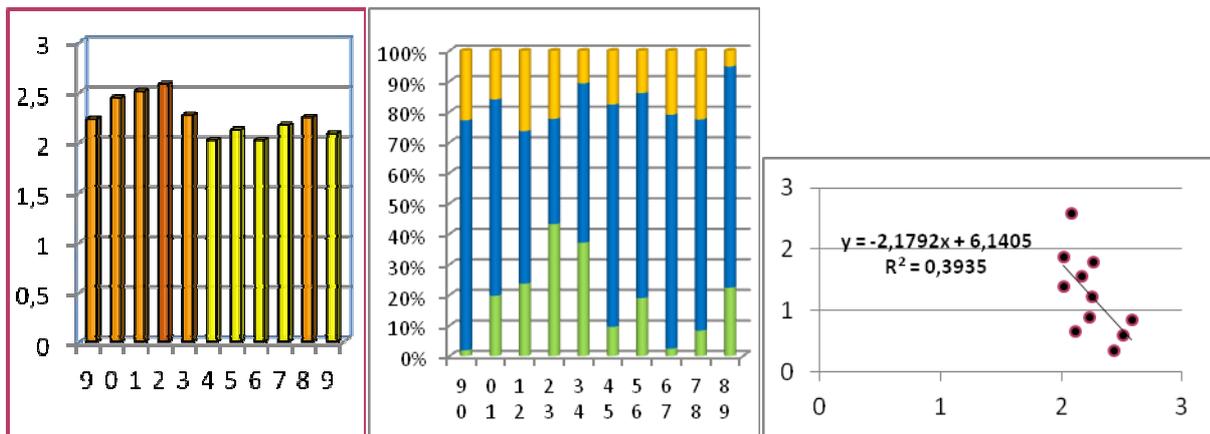


Figure 7: Evolution annuelle (gauche) et interannuelle (milieu) de l'état sanitaire du peuplement (Nes) (1999-2009) et Corrélation et droite de régression entre Indice de pluie et Indice de santé.

3.2.3- Dans la forêt de M'Sila

Dans la parcelle pure (Ms1), le peuplement est globalement sain ($ISm=1,55$) à dominance d'arbres sains de la classe 1 (63 %) mais aussi d'arbres affaiblis de la classe 2 (22 %). Le peuplement est passé par 2 grandes phases :

- * une phase affaiblie durant les 3 premières années (1999-2001) coïncidant avec une sécheresse aigue de 1999 (280 mm),
- * une phase saine (>2000) suite à une amélioration graduelle de l'état global des arbres tendant vers une stabilité absolue et ce suite aux années pluviométriques favorables (Fig.8).

Une très forte stabilité des arbres dominée par les arbres de la cl1 (60 à 90 %) durant les années saines et la cl2 (40-45 %) durant les années affaiblies. La part de l'amélioration est de 15 % contre 10 % de dégradation.

Une relation légère négative existe entre IS et IP ($r=-0,2$), ce qui indique que toute dégradation des pluies n'entraîne pas systématiquement une dégradation de la santé du peuplement (plutôt une amélioration) et vis vers ça sans changement significatif de catégorie. Le taux de mortalité des arbres est faible estimé à 0,4 % /an.

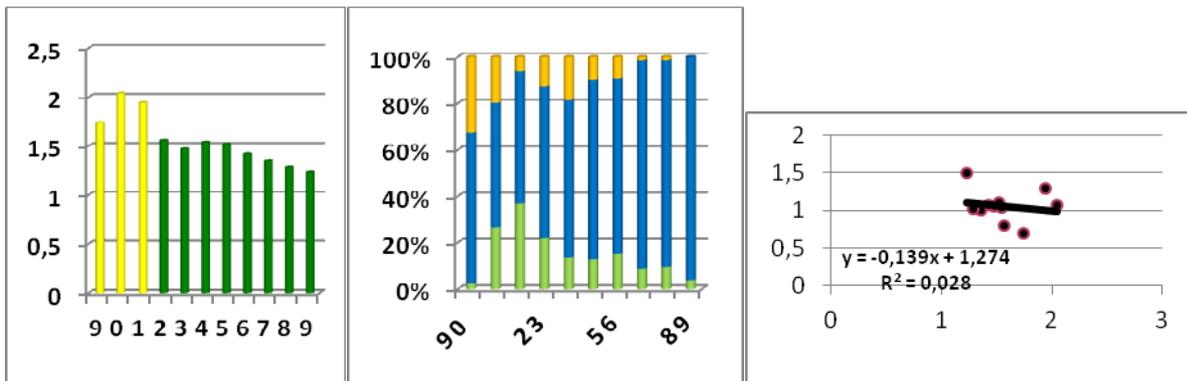


Figure 8: Evolution annuelle (gauche) et interannuelle (milieu) de l'état sanitaire du peuplement pur (Msl1) (1999-2009) et Corrélation et droite de régression entre Indice de pluie et Indice de santé.

Contrairement, le peuplement fortement envahi par le sous-bois et le pin d'Alep, est considéré dépérissant mais avec une tendance à la fin des observations vers une amélioration sanitaire devenant affaibli (fluctuations : 2,5-2,0). Trois grandes phases sont distinguées :

- 1- Gravement dépérissante (2000 et 2001) malgré les années pluviométriques favorables qui dépassent la moyenne de la zone (>400mm).
- 2- Dépérissante (2002-2008) avec des améliorations/dégradations légères
- 3- La dernière année d'observation correspond à un début d'une phase affaiblie suite à une amélioration significative de l'état de vigueur des arbres.

La stabilité sanitaire a concerné 57 % des arbres (41-71 %) dominée par les arbres dépérissants de la classe 3 (54 %) avec un degré moindre les arbres affaiblis de la classe 2 (33 %). L'amélioration sanitaire est enregistrée chez 23 % des arbres grâce à la translation 52 % des arbres de la classe 3 vers la classe 2 mais aussi de la classe 2 vers la classe 1 (38 %). Enfin la dégradation de 20 % des arbres s'explique par le passage d'une classe à l'autre mais dominée par la classe 2 vers la classe3 (58 %) (fig.9).

La sécheresse enregistrée en 1999 a un effet dégradant sur la vigueur des arbres ressentie l'année suivante soit en 2000. Ce dépérissement grave a sévi heureusement une seule année malgré la seconde sécheresse de 2002. Une relation négative faible ($r=-0.2$) existe nette l'IP et l'IS ce qui explique que les légères variations interannuelles des pluies (améliorations/dégradations) ont conduit à des légères variations de l'état de santé des arbres Les fluctuations importantes des pluies n'ont aucun effet sur la vigueur des arbres. Les dégradations/améliorations sensibles ainsi notées n'ont pas été corrélées aux dégradations/améliorations des pluies. En effet, l'amélioration des pluies de 2001 a un impact inverse traduit par la dégradation de la santé des arbres. Ainsi, une dégradation des pluies de 2002 a impliqué une amélioration de la santé.

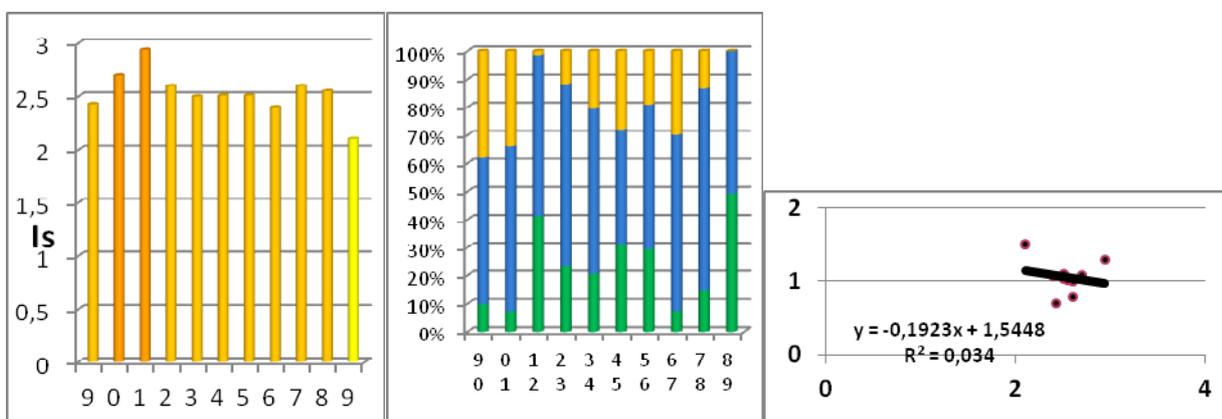


Figure 9: Evolution annuelle (gauche) et interannuelle (milieu) de l'état sanitaire du peuplement enrésiné (Msl2) (1999-2009) et Corrélation et droite de régression entre Indice de pluie et Indice de santé.

3.2-Evolution annuelle des accroissements du liège selon l'état sanitaire des arbres

Les résultats des mesures des 12 accroissements annuels du liège de montagne (Zarieffet) selon l'état de vigueur des arbres correspondants sont illustrés dans le tableau 6

Tableau 6 : Mesures des 12 accroissements moyens annuels du liège de montagne selon l'état de santé des arbres (n=30)

Etat de santé de l'arbre	Accroissements moyens	Type accroissement	% réduction	allure
Sain	2,40 mm	Rapide		3 6 3
Affaibli	1,85 mm	Moyen	22	6 1 5
Dépérissant	1,72 mm	Moyen	28	2 1 9

En montagne, un arbre sain forme des accroissements annuels moyens de l'ordre 2,4 mm correspondant à un type « rapide ». Par contre arbre affaibli perd 22 % de cette vitesse en produisant des cernes annuelles de 1,85 mm de largeur. Enfin, chez les arbres dépérissants, la vitesse de formation du liège diminue de 8 % en plus en donnant des accroissements moyens de l'ordre de 1,72 mm. Pour les 3 catégories sanitaires, la formation du liège suit une allure naturelle de type gaussienne où on distingue 3 phases de durées et largeurs variables selon l'état de santé des arbres (Fig.10) :

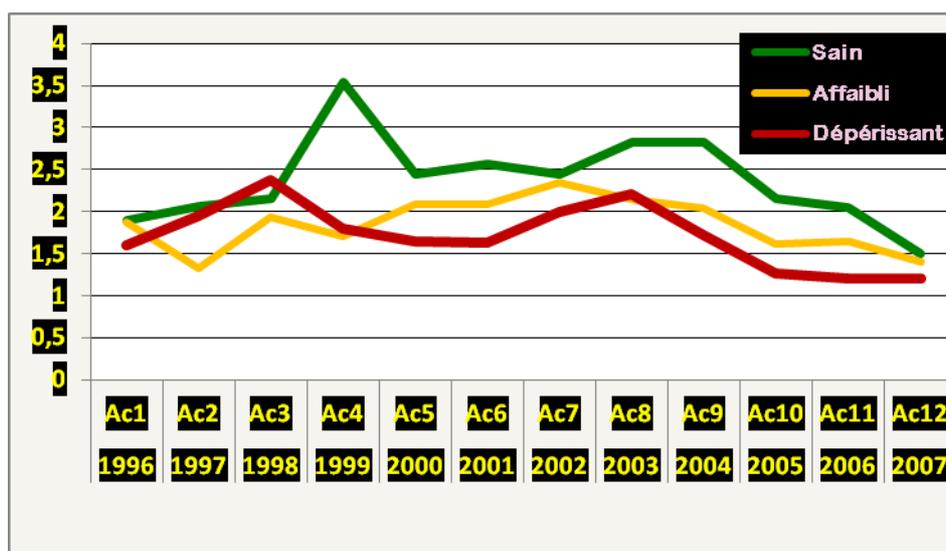


Figure 10 : Evolution annuelle des accroissements du liège de 13 ans selon l'état sanitaire des arbres.

1-Une première phase caractérisée par une évolution annuelle progressive de la formation du liège. Elle dure environ 2 années chez les arbres dépérissants (1,6-1,9 mm) à 3 années chez les arbres sains (1,9-2,2 mm). Par contre, chez les arbres affaiblis cette phase est beaucoup plus longue estimée à 6 années soit la moitié du cycle de formation du liège (1,3-2,3 mm).

2-Une seconde phase correspond à une formation maximale du liège: elle est courte chez les arbres atteints de 1 à 2 années (2,0-2,4 mm) et plus longue de 6 années chez les arbres vigoureux (2,5-3,5 mm).

3-Une troisième phase correspond à la de régression des épaisseurs des cernes. Elle est longue, presque tout le cycle de formation du liège, de 9 années chez les sujets profondément affectés (1,4-2 mm) et relativement moins longue 3 à 4 années chez les arbres d'autres catégories sanitaires.

3.3-Impact de la santé des arbres sur les accroissements du liège

Les résultats de calcul des accroissements annuels du liège à l'échelle des 3 peuplements exprimé par l'Indice d'accroissement (IAc) et la corrélation avec leur état sanitaire global (Indice de santé IS) sont présentés dans la figure 11.

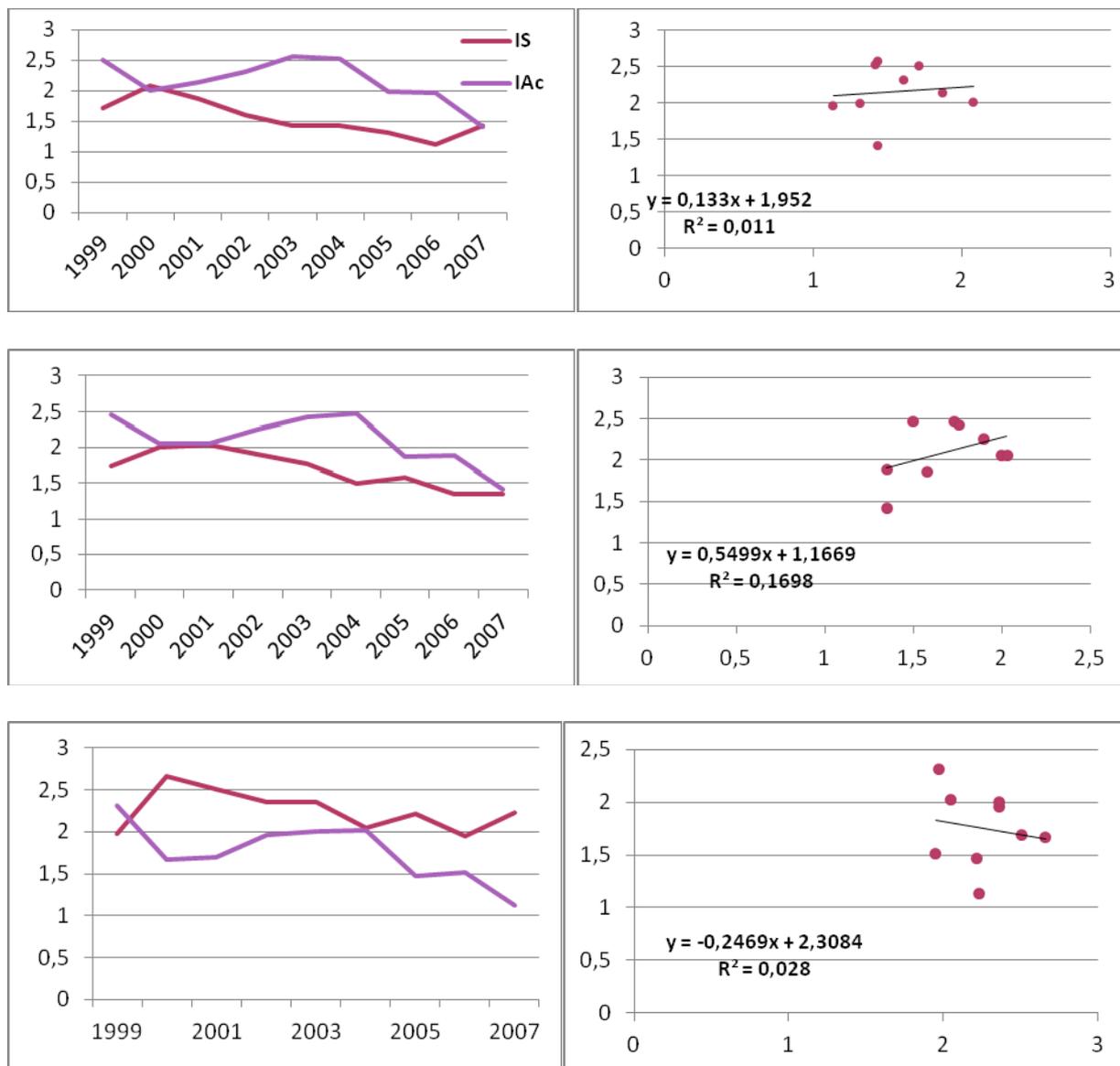


Figure 11 : Evolution annuelle des Indices d'Accroissement du liège (IAc) et de santé (IS) et droites de régression entre ces 2 indices : haut (peuplement sain), milieu (peuplement affaibli) et bas (peuplement déperissant) de la suberaie de Zarieffet (1999-2007)

En peuplement sain, l'IAc du liège (9 accroissements) est estimé à 2,16 mm/an ce qui représente une perte de 0,32 mm/an (soit 13 %) par rapport à un arbre sain qui donne en moyenne une cerne annuelle de 2,48 mm. Une relation très faible existe entre IS et IAc ($r=0.1$), ce qui veut dire que toute amélioration/dégradation sanitaire des arbres n'a qu'un effet négligeable sur la vitesse des accroissements du peuplement. Les variations observées sont naturelles et dues au rythme naturel du cycle de formation de liège.

En peuplement supposé affaibli dominé par les arbres affaiblis mais aussi sains, l'IAc calculé de 2,09 mm/an est légèrement supérieur de 0,2 mm/an par rapport à un arbre affaibli qui donne 1,89 mm/an. Ce gain de 10 % provient de la productivité des arbres sains qui forment des

cernes plus meilleurs. Une corrélation assez étroite existe entre IS et IAc ($r=0.4$). Une amélioration sanitaire observée entre la 4^{ème} et 9^{ème} année de formation du liège (phase de bons accroissements) implique une augmentation assez nette de la vitesse de la croissance du liège. Mais au-delà, les améliorations sanitaires n'ont aucun effet sur les accroissements.

Enfin, dans un peuplement dépérissant dominé par les arbres atteints des classes 3 et 2, l'IAc est encore faible de l'ordre de 1,75 mm/an, valeur inférieure à un arbre dépérissant de référence de 1,63 mm/an. Il existe une relation négative mais faible ($r=-0.2$) entre les 2 indices. À l'origine, les accroissements sont faibles à très faibles et toute amélioration sanitaire du peuplement implique une augmentation mais non significative de la largeur des cernes.

4-Conclusion

Dans la région occidentale de l'Algérie, la pluviométrie annuelle joue un rôle prépondérant dans l'état global des peuplements du chêne-liège. Elle a un impact non négligeable sur la physiologie des arbres. La dégradation sanitaire ainsi enregistrée dans les parcelles est très ancienne (antérieure à la date d'observation) mais réversible. La dynamique de cette dégradation est jugée très lente caractérisant un dépérissement de type « *chronique* ». Cela s'explique certainement par la résilience et l'adaptation des arbres à la sécheresse (passage de cl1/cl3 et cl3/cl1). Une part non négligeable d'arbres de montagne surtout conservent leur feuillage pendant les années sèches afin d'économiser leurs réserves dans la feuillaison. Le sol par ses propriétés physiques (texture, profondeur) a contribué d'une façon non négligeable dans la rétention de l'eau et son utilisation par les arbres durant les années sèches.

Les principales causes de dépérissement on cite l'entassement du sol (structure superficielle fine (argilo-limoneux), manque de travaux sylvicoles, l'embroussaillage et l'enrésinement. Ces deux facteurs déclenchent la concurrence entre le chêne-liège d'une part et le Pin d'Alep et les autres plantes ligneuses d'autre part en partageant les réserves hydriques et minérales du sol entre eux surtout pendant les années de déficit pluviométrique.

Les agents responsables des cas de mortalité des arbres enregistrés durant la période d'observation sont les insectes xylophages principalement représentés par *Platypus cylindrus* et les champignons phytopathogènes. Ces derniers se manifestent plus en montagne (Nesmoth) qu'en littoral. Dans ce secteur, c'est le Platype qui cause plus de dépérissement aigu des arbres (>70 % des cas) et les autres cas sont dus soit aux maladies du sol ou transmises par cet insecte (en cours d'étude) soit le déficit hydrique.

L'impact de la pluviométrie annuelle sur la santé des arbres et la productivité du liège impose :

- une durée de suivi beaucoup plus longue,
- un cycle de sécheresse plus long,
- des études sur les réserves du sol en eau et leur relation avec la répartition annuelle des pluies.

L'impact de la physiologie des arbres sur les accroissements du liège demande des échantillons de liège plus importants et des études plus poussées sur la relation entre les indices : climat (pluies annuelle et saisonnière/températures)- Santé - Accroissement.

Références bibliographiques

- **AMANDIER L., 2006**- les causes de dépérissement du chêne liège et de chêne vert. Séminaire « *Vitalité des peuplements des chênes liège et des chênes vert : situation actuelle, état des connaissances et actions à entreprendre.* » 25-26 octobre 2006, Evora, Portugal, pp : 3
- **BECKER M. et LEVY G., 1983** - Le dépérissement du chêne, les causes écologiques : Exemple de la Forêt du Tronçais et premières conclusions. *Rev. For. Fr.*, 35(5) : 341-356.
- **BECKER M., 1987** - Bilan de santé actuel et rétrospectif du Sapin (*Abies alba Mill.*) dans les Vosges. Etude écologique et dendrochronologiques. *Ann. Sci. for.*, 44 (4) : 379-402.
- **BONNEAU M. et LANDMANN G., 1988** - Le dépérissement des forêts en Europe. *La Recherche*, 205 (19), décembre 1988 1542-1556.
- **DELATOUR C., 1983** - Les dépérissements de chênes en Europe. *R.F.F.*, 35(4) : 255-281.
- **D.S.F., 1991** - Réseaux de surveillance de l'état sanitaire des forêts (réseau CEE et réseau Bleu) : Protocole pour les observations. D.E.R.F, Min. Agri. For., 27 p.
- **LANDMANN G., 1988** - Le dépérissement des forêts attribué à la pollution atmosphérique à longue distance : Les réseaux d'observation et le programme interministériel DEFORPA. *La Santé des Forêts [France] en 1988*, Min. Agri. For. (DERF), Paris : 13-51.
- **LAMEY A., 1893** - Chêne-liège : sa culture et son exploitation. Levraut et C^{ie}, Nancy. pp168-209
- **NAGELEISEN L.M., 1992** - Le point sur les dépérissements des chênes. *La Santé des Forêts [France] en 1992*, Min. Agri. Pêche (DERF), Paris : 21-22.
- **NATIVIDADE J.V., 1956** - *Subériculture*. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Nancy, 302 p.
- **NORMANDIN D., 1979**- Le liège brut et ses produits dérivés. Laboratoire d'économie forestière. Nancy. pp 120-125.
- **RUIU P.A., SECHI C., LINALDEDDU B.T. et FRANCESCHINI A., 2005**- Création d'un réseau de surveillance du dépérissement des suberaies en Sardaigne et analyse des premiers résultats. *Integrated Protection in Oak Forests, IOBC/wprs Bull*, 28(8), 2005, pp.45-51.
- **VARELA M.C., 2008**-Dépérissement des peuplements de chêne-liège et changement climatique. *For. Med.*, 2008, vol. 29, n° 2, pp. 209-212.

Impact du changement climatique sur les feux de forêts

Eric RIGOLOTT

INRA, Écologie des Forêts Méditerranéennes (UR629)

Site Agroparc, Domaine Saint Paul - 84914 AVIGNON CEDEX 9 (France)

eric.rigolot@avignon.inra.fr

Le changement climatique est déjà en marche depuis la révolution industrielle. La température moyenne du globe a subi une augmentation générale de +0,8°C sur le siècle passé. La décennie 1990 a connu le réchauffement le plus important du XX^e siècle.

Le GIEC, dans son rapport d'avril 2007, pour un scénario moyen comparant les périodes 1980-1999 à 2080-2999, prédit que (i) les températures moyennes annuelles en région méditerranéenne devraient augmenter de +2,2°C à 5,1°C, avec des températures estivales maximales augmentant probablement plus que la moyenne, (ii) les précipitations moyennes annuelles devraient très probablement baisser pratiquement partout en zone méditerranéenne avec des prévisions variant de -4% à -27% selon les modèles. En zone méditerranéenne, les plus fortes baisses sont attendues en été, (iii) le nombre d'évènements extrêmes, comme la vague de chaleur de l'été 2003, devrait aussi augmenter.

Les premiers effets sur la végétation des changements climatiques sont déjà visibles en région méditerranéenne, avec notamment des dépérissements depuis 2003 du pin sylvestre dans le haut Var, du sapin en Vésubie, sur le Mont Ventoux et dans l'Aude et du chêne lège pouvant atteindre 20 % dans les Maures. Des changements de distribution des plantes ont été observés sur le Montseny en Espagne, avec une remontée du hêtre d'environ 70 m sur la période 1950 – 2000, avec un remplacement par le chêne vert à moyenne altitude.

En terme de prédictions, un certain nombre d'études soulignent les impacts potentiels des changements climatiques sur la végétation. Le projet Carbofor prévoient un déplacement des aires bioclimatiques des essences méditerranéennes vers le nord. L'aire potentielle des forêts de type méditerranéen pourrait s'étendre en France de 9% à 28% à l'horizon 2100. On peut donc s'attendre à une augmentation de la fréquence des incendies dans des régions qui n'y sont pas habituées, ni préparées. Le risque d'incendie pourrait ainsi concerner une bonne partie des forêts de production. La question est maintenant de savoir si les espèces de type méditerranéen seront capables de suivre l'évolution de leur aire potentielle. Cela dépendra de leur capacité à ajuster leur comportement notamment hydrique (plasticité), de leur évolution génétique (adaptation) et de leur capacité à la dispersion sur de longues distances (migration). Quoiqu'il en soit, même sans changement de végétation, les régions nouvellement soumises au climat de type méditerranéen verront le risque d'incendie augmenter au moins par sa composante météorologique.

La forêt de type méditerranéen s'accroîtrait en surface, mais aussi en biomasse. En effet l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère accélère la croissance des arbres, du moins tant que la contrainte hydrique n'est pas trop forte. Cette stimulation de la croissance s'accompagnerait naturellement de celle de la biomasse combustible sous les arbres, c'est à dire d'une augmentation de l'aléa d'incendie et d'une réduction de la durée d'efficacité du débroussaillage.

Les conséquences attendues de ces phénomènes sur le régime des feux est une augmentation de la fréquence et de la gravité des incendies de forêts, une augmentation de la durée des saisons à risque d'incendie et une augmentation de la fréquence des épisodes orageux dans l'hémisphère nord engendrant plus de feux liés à la foudre. On s'attend aussi à une augmentation de la combustibilité des formations dépérissantes. En Espagne, l'étude rétrospective des statistiques des incendies (occurrence, surface) sur le siècle passé confrontées aux enregistrements climatiques montre des modifications du régime des incendies déjà à l'œuvre. En Catalogne, depuis le début des années 70, la fréquence des incendies augmente en concomitance

avec l'augmentation de la température globale. En Espagne, une augmentation du risque météorologique feu de forêt aurait donc amorcé un changement du régime des feux. Aucune incidence de ce type n'est encore notable en France. Néanmoins la multiplication annoncée des événements extrêmes comme le fut l'année 2003, augure d'une évolution préoccupante en France aussi. A terme, ce régime de feux plus sévère pourrait avoir un effet plus important sur la végétation que le changement climatique lui-même.

Dans ce contexte, il convient de ne surtout pas baisser la garde en matière de prévention des incendies de forêt. Il est recommandé de promouvoir les mesures d'atténuation du risque de type débroussaillage, mesures agri environnementales favorisant le pâturage contrôlé et le développement du brûlage dirigé comme outil de prévention. La compartimentation des massifs par des réseaux de coupures de combustible devra être renforcée en respectant les bonnes pratiques de conception et d'entretien de ces ouvrages.

Les interventions de débroussaillage et d'éclaircie peuvent avoir des conséquences positives sur le fonctionnement des peuplements des écosystèmes méditerranéens dans le contexte du changement climatique. En réduisant la biomasse qui respire, ces interventions peuvent augmenter la disponibilité de l'eau pour les arbres maintenus ce qui peut être très important pour soutenir les écosystèmes forestiers et leur permettre de supporter des périodes sévères de sécheresse et de fortes températures.

En zone méditerranéenne dans sa répartition géographique future, il convient de définir les mesures de prévention à mettre en place progressivement, en utilisant tous les outils réglementaires et de planification disponibles. Les lois et règlements applicables aux trente deux départements du grand sud devront être progressivement étendues aux départements plus au Nord, tout en renforçant partout la qualité de leur application.

L'exploitation de la biomasse à des fins énergétiques peut contribuer à l'atténuation du risque d'incendie par le débroussaillage ciblé (coupures de combustible, interfaces habitat-forêt) ou extensif (auto protection des peuplements forestiers). L'exploitation de la biomasse peut être une réponse économiquement intéressante si elle est organisée en respectant les bonnes pratiques de la DFCI et en pratiquant un taux de prélèvement acceptable compte tenu des prévisions de renouvellement de la ressource sous différentes contraintes climatiques.

Le changement climatique et la gestion durable des forêts : le cas de la Sardaigne

Agostino PINTUS, Pino Angelo RUIU

AGRIS Sardegna – Dipartimento della Ricerca per il Sughero e la Selvicoltura

Via Limbara, 9 – 07029 TEMPIO-PAUSANIA (Italie)

apintus@agrisricerca.it

paruiu@agrisricerca.it

Les changements climatiques sont en train de produire, même si ça peut apparaître bizarre, un effet généralement positif sur la plupart des écosystèmes forestiers du monde entier, au moins jusqu'à aujourd'hui. La productivité primaire nette a grandi de 6% à niveau mondial, avec des points de 20% dans les régions tropicales et dans celles tempérées du nord. Cet important effet sur le déplacement et séquestre du CO₂ atmosphérique encourage le développement des forêts car les végétaux, en général, par le procès de photosynthèse absorbent anhydride carbonique de l'atmosphère et relâchent oxygène: tous les bois du monde, touffus ou clairsemés, sont des réservoirs de carbone qui est soustrait à l'atmosphère et capturé pour une période plus ou moins longue sous forme de troncs, des branches, des feuilles et des racines, ainsi que dans le sol forestier et dans la litière.

Par conséquent, on aura une sécheresse estivale plus prolongée, surtout à cause d'une augmentation de l'évapotranspiration potentielle de la couverture végétale pendant cette période, qui causera une baisse sensible des réserves d'eau dans le sous-sol. Une des premières conséquences pourra être l'augmentation des incendies forestiers dans les prochaines décennies, qui pourraient détruire, en peu de temps, l'accumulation de biomasse existant.

En outre, les pathogènes végétaux pourraient être parmi les premiers organismes à subir et à montrer les effets du changement climatique. Les taux reproductifs élevés, la brève durée des générations et les efficaces mécanismes de diffusion, rendent les pathogènes particulièrement sensibles et aptes à ce type de changement. Des pathogènes jusqu'à maintenant considérés marginaux, pourraient devenir dangereux, les insectes pourraient modifier leur zone par rapport aux variations de température et, finalement, les changements climatiques pourraient altérer le cycle vital des agents d'enraiment biologique. En effets, dans les zones d'expansion des insectes, on a remarqué un manque de nombreux facteurs de limitation naturelle présents dans les zones d'occupation traditionnelle, et cela a déterminé une croissance rapide des effectifs et graves dommages dans les bois frappés.

Une gestion active et durable des forêts peut créer des structures d'habitat diversifiées, en reproduisant les perturbations naturelles, qui peuvent favoriser une plus grande diversité des espèces par rapport à ce qui arriverait sans la gestion. La Conférence Ministérielle pour la sauvegarde des forêts en Europe a défini la gestion forestière durable comme: la gestion et l'usage des terrains forestiers selon des modalités et des taux en mesure de garder la biodiversité, la productivité, la capacité de régénération, la vitalité et les potentialités de dérouler, dans le présent et dans le futur, les respectives fonctions écologiques, économiques et sociales à niveau local, national et mondial, sans endommager d'autres écosystèmes.

Les cas de la Sardaigne est analysé par rapport au fait que, pendant les dernières décennies, dans les pays méditerranéens on a remarqué un déclin des forêts suite à des épisodes de sécheresse et de coups de chaleur, qui ont causé le dépérissement et la mort de beaucoup d'espèces de pin et de chêne, généralement attribués aux conditions climatiques plus chaudes et sèches souvent associées à des facteurs biotiques (comme des parasites et des maladies).

Mots clés: changements climatiques, CO₂, pathogènes forestiers, gestion durable, Sardaigne, Méditerranée.

Vulnérabilité des écosystèmes face au changement climatique en Tunisie.

Ghazi GADER

Expert Projet CCC/GTZ – région Nord, appui à la mise en œuvre de la convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique (CCNUCC)

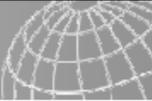
3, rue Rahmani Mnakbi - 9000 BÉJA (Tunisie)

ghazi.gader@gtz.de



Partenaire mondial pour un avenir commun.

Pourquoi une analyse de vulnérabilité des écosystèmes face au CC ?



- Le CC va accentuer les effets sur les écosystèmes et leurs services (Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire)
- Un manque d'information concernant les conséquences du CC sur les écosystèmes au niveau global !
- Un manque d'expériences concernant des mesures d'adaptation !

GTZ Allemagne (projet sectoriel biodiversité):

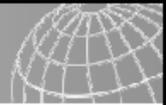
- ➔ Concevoir une méthodologie pour évaluer les impacts du CC sur les écosystèmes

Objectifs :

- Evaluer les conséquences et les impacts du changement climatique sur les écosystèmes selon différents scénarii,
- Identifier les écosystèmes particulièrement vulnérables,
- Recommander des mesures visant à augmenter la résilience de ceux-ci et préserver durablement la biodiversité et les services des écosystèmes.



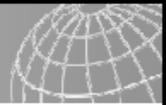
Analyse de la vulnérabilité des écosystèmes | Ghazi Gader | Vivès- 17-06-2010 | 



Processus participatif, qui combine le **savoir-faire** d'acteurs pertinents (internationaux, nationaux, locaux) avec des résultats d'une **modélisation des niches écologiques** pour estimer **l'évolution potentielle d'un écosystème** dans des conditions climatiques projetées

Procédure proposée:

1. Etablissement d'un partenariat pour la mise en œuvre du processus
2. Première analyse de la vulnérabilité basées sur les données accessibles au niveau mondial (projections climatiques, végétation, sol, MNT...)
3. Présentation et discussion des premiers résultats, accord concernant les étapes suivantes
4. Collecte et analyse des données additionnelles, identification des régions pilotes (formation végétales) pour les analyses approfondies
5. Analyse approfondie/vérification au niveau des régions pilotes, développement des options d'adaptation et d'atténuation
6. Mise en œuvre de mesures d'adaptation
7. Suivi-évaluation



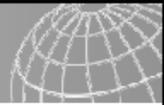
Application du concept sur deux Pays :
La Tunisie et le Pérou



Tunisie : Partenaires

- GTZ Eschborn
- BIK-F
- CCC/GTZ
- MEDD
- MARHP (DGF), ISP Tabarka, INRGREF, CNCT, IRA, WWF, Universités...





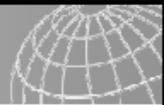
- Logiciel de modélisation: Maxent (Steven Phillips et al., AT&T Labs Research, Princeton University, Center for Biodiversity and Conservation)
- Logiciel de pré-traitement des données et de production des cartes : ArcGIS (ESRI)

Maxent: Program for **maximum entropy** : modélisation de la distribution géographique des espèces en fonction de facteurs environnementaux et climatiques.

Data nécessaires :

- I. Données géoréférencées correspondant aux positions actuelles des espèces à modéliser
- II. variables environnementales et climatiques (temperature actuelle et future, données sur les précipitations, relief, pente, informations sur le sol ...) en format grid

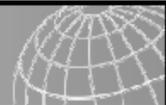
Résultats : Les valeurs élevées (rouge) dans une cellule de la grille, représentent les conditions les plus favorables pour l'espèce ou la formation végétale



Proposition d'une classification basée sur les formations végétales :

- Types des forêts:
 - Forêts de chêne
 - Forêts de Pin
- Types de steppes:
 - Steppes d'alfa
 - Steppes à armoise blanche
 - Steppe à Rantherium
 - Acacia raddiana
- Zones humides intérieures
- Dunes littorales
- Agro-systèmes (Grandes cultures, Agrumes, Oliveraies, Palmeraies)





1. Variables de réponse (« unité exposée »)

(Base de données de l'IFPN Tunisie 2005)

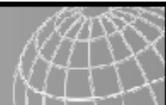
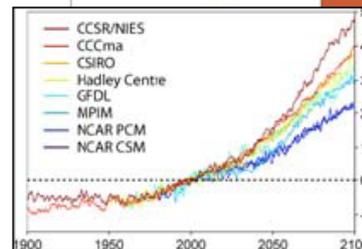
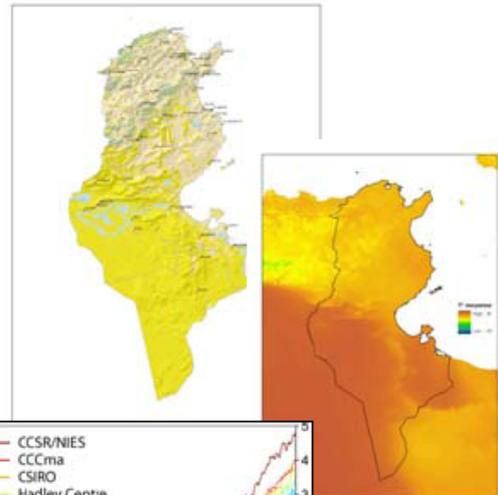
2. Variables environnementales

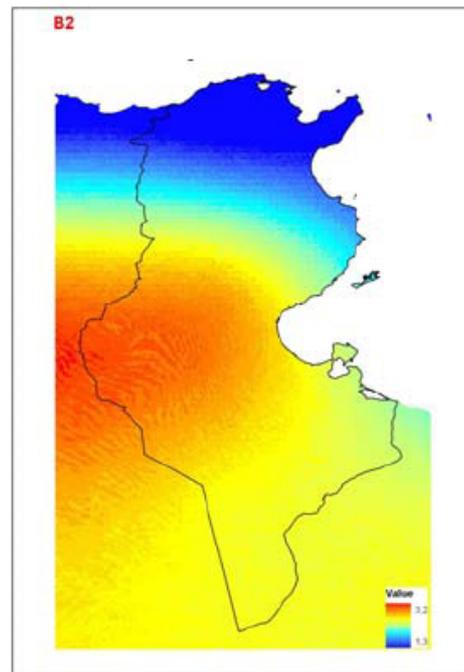
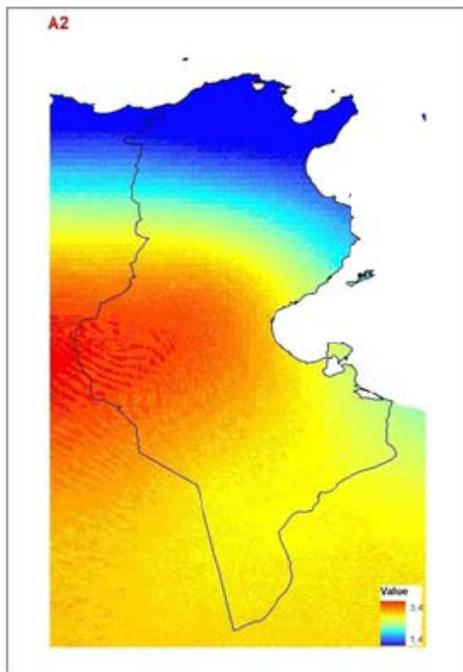
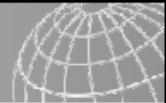
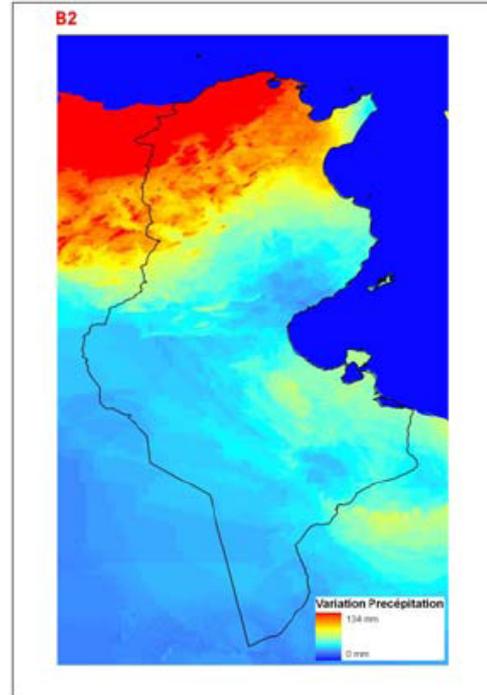
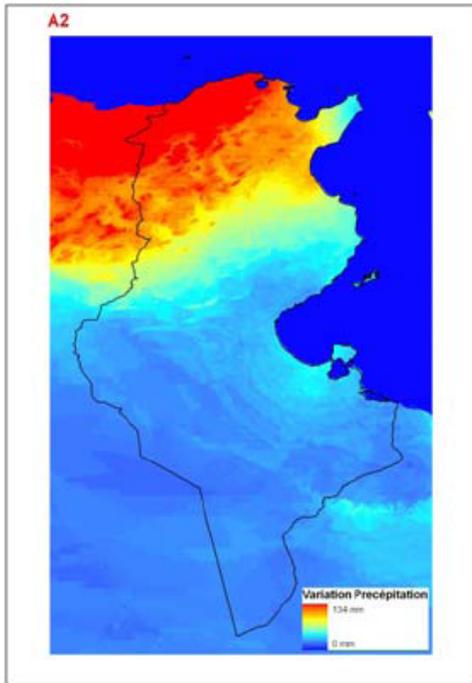
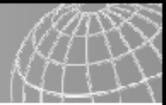
- Relief
- Pente
- Sol

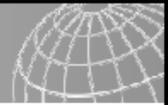
3. Variables climatiques

(<http://www.worldclim.org/>)

- Modèle HADCM3
- Scénario : A2, B2
- Horizons : 2020, 2050
- Variables: prec., temp. max., temp. min.





récent



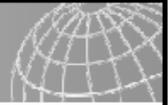
2020, A2



2020, B2



Biodiversität und Klimaforschungszentrum



récent



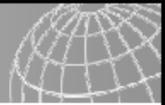
2050, A2



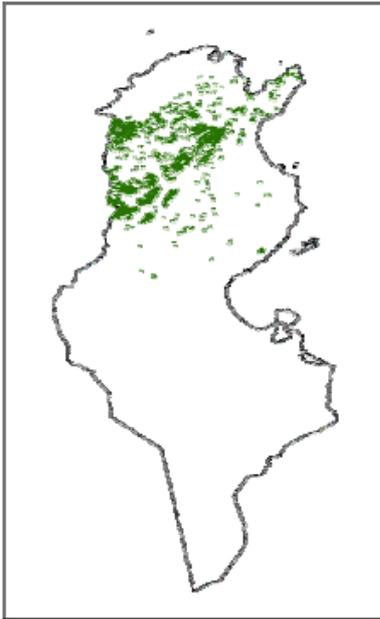
2050, B2



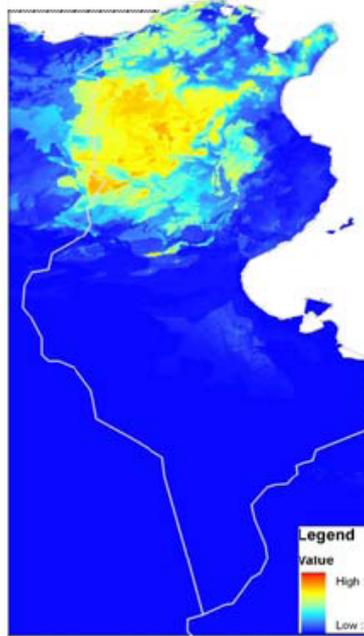
Biodiversität und Klimaforschungszentrum



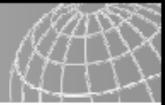
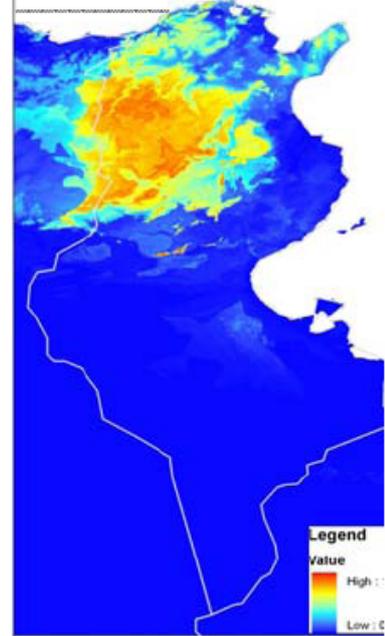
récent



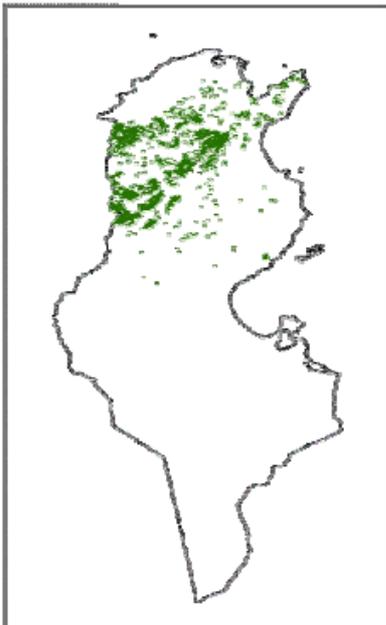
2020, A2



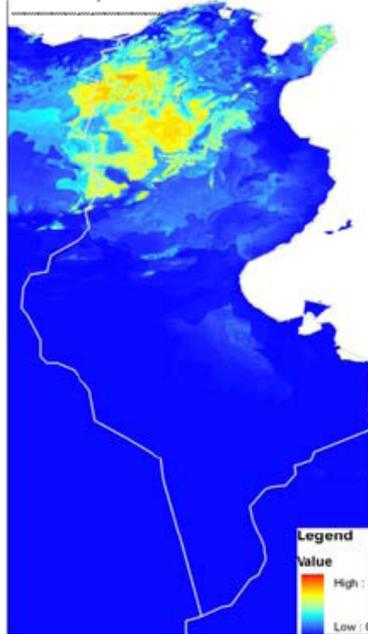
2020, B2



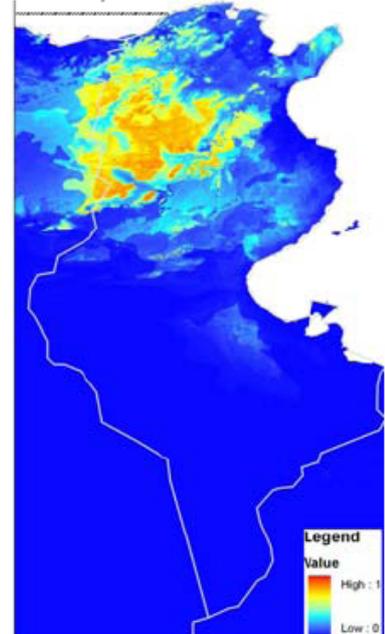
récent

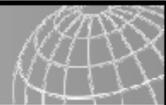


2050, A2

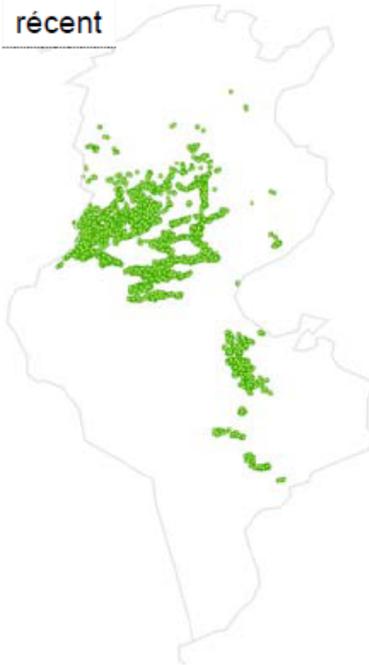


2050, B2

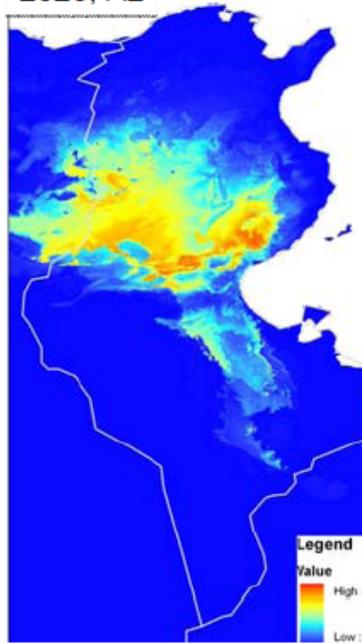




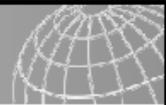
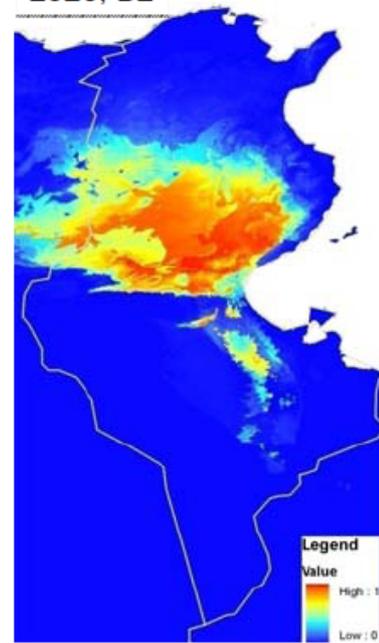
récent



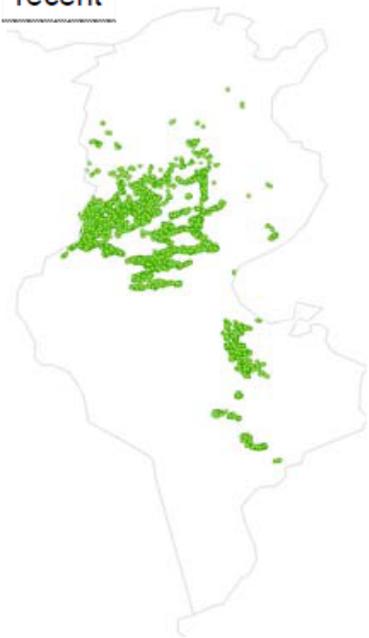
2020, A2



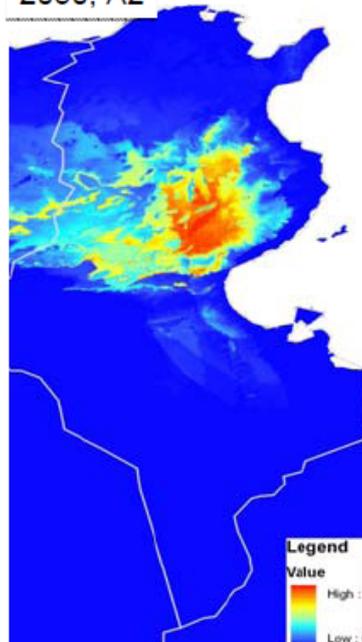
2020, B2



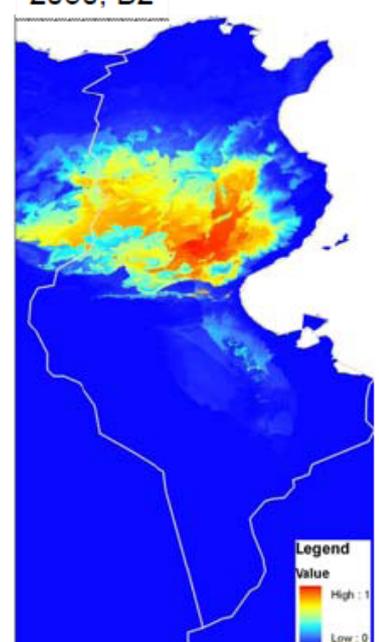
récent

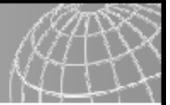


2050, A2



2050, B2

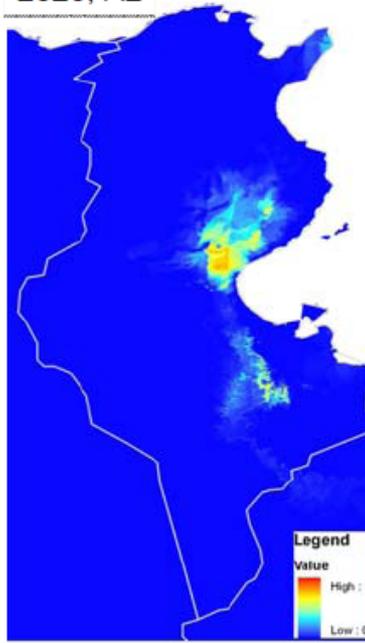




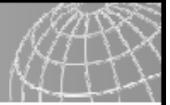
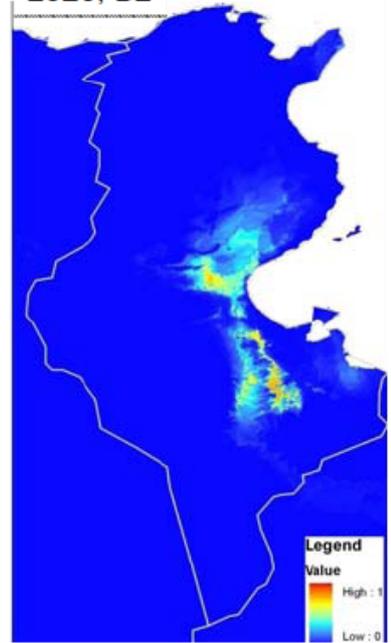
récent



2020, A2



2020, B2



récent



2050, A2



2050, B2

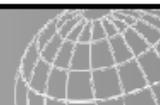


Conclusion

Espèce		Migration	Réduction	fragmentation	Disparition
Chêne	2020	X		X	
	2050		X	X	
Pin	2020				
	2050			X	
Alfa	2020	X			
	2050	X	X		
Rantherium	2020	X			
	2050				X

Les programmes de gestion et de conservation des forêts doivent définir et mettre en œuvre des mesures d'adaptation qui supportent les écosystèmes en améliorant leur résilience.

Cette analyse de la vulnérabilité est à prendre en compte dans la définition des politiques forestières



✓ Subéraie



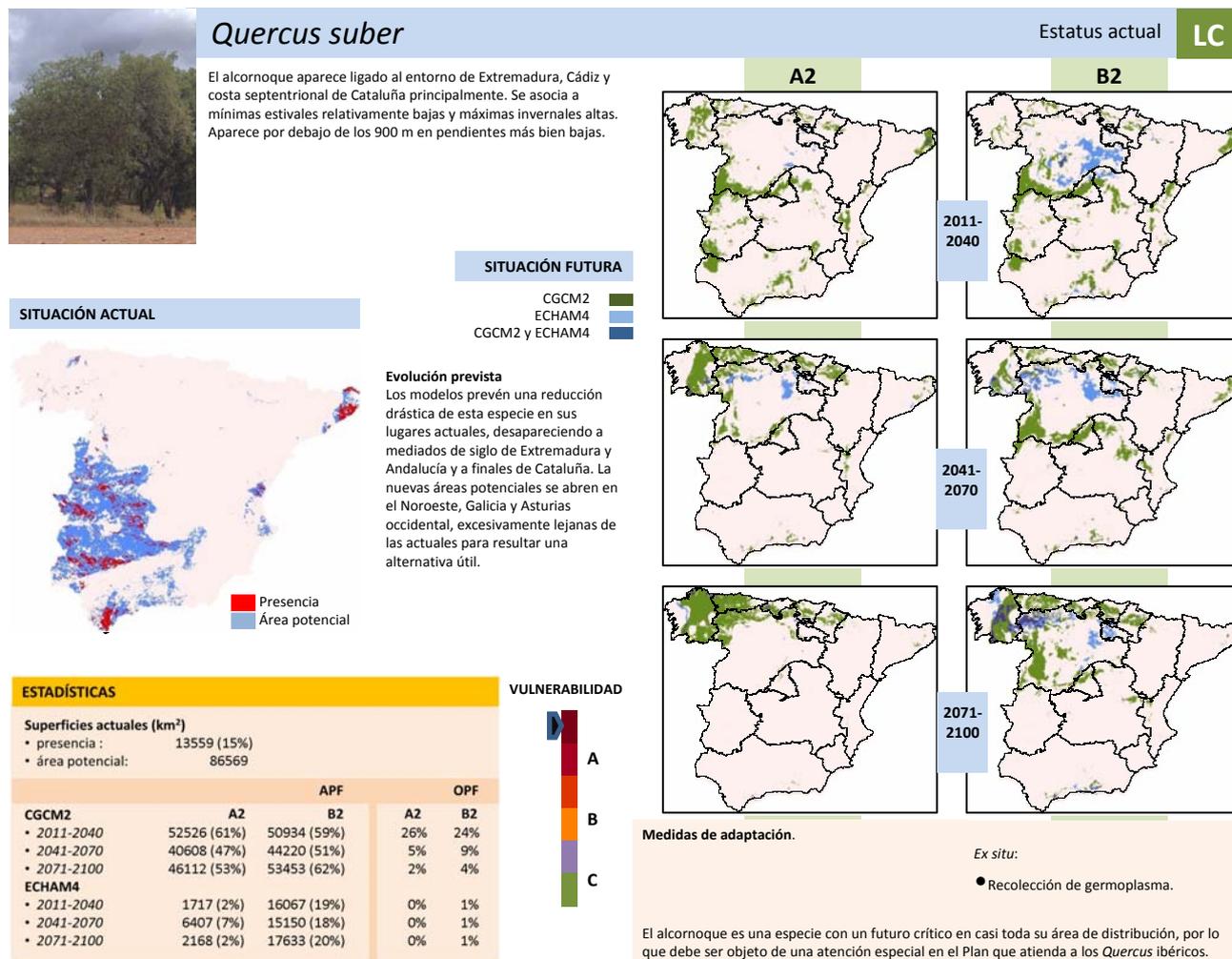
- Approfondissement de l'analyse
- Evaluer les risques liés aux incendies
- Evaluer les risques liés à la santé de la subéraie
- Identifier et recommander des mesures d'adaptation pour augmenter la résilience de la subéraie afin de préserver durablement la biodiversité et les services de cet écosystème.

Évolution potentielle de l'aire de répartition du chêne-liège selon divers scénarios de changement climatique

Angel Manuel FELICÍSIMO PÉREZ

Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura - 10071 CÁCERES (Espagne)

amfeli@unex.es



Les effets possibles du changement global sur les suberaies du sud de l'Espagne.

Enrique TORRES ÁLVAREZ¹ & Gregorio MONTERO GONZÁLEZ²

¹Universidad de Huelva, Departamento de las Ciencias Agroforestales

Escuela Politécnica Superior, Campus de la Rábida, Ctra. de Palos de la Frontera s/n

21071 PALOS DE LA FRONTERA (Espagne)

etorres@uhu.es

²Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria

Ctra. de La Coruña, km. 7,5 - 28040 MADRID (Espagne)

montero@inia.es

Les projections du changement climatique dans le Sud d'Europe pour la fin du XXI^e s. prévoient principalement :

- Une augmentation de températures annuelles de plus de 2°C.
- Une diminution des disponibilités hydriques des sols pour les plantes, en conséquent de l'augmentation de la température et de la diminution prévisible des précipitations.
- Une augmentation de la fréquence des phénomènes climatiques extrêmes (vagues de chaleur, sécheresse et fortes tempêtes).

Dans ce travail, nous débattons des différents impacts du changement climatique sur les suberaies du sud et du sud-ouest de l'Espagne, en tant qu'écosystème forestier et système producteur de liège, malgré l'incertitude existante. La dernière partie du document concernera les mesures d'aménagement des suberaies pour s'adapter au changement global ou, même, pour contribuer à son atténuation.

Les conséquences directes de l'augmentation des températures et de la diminution des disponibilités hydriques, pourra conduire vers une relocalisation des aires potentielles du chêne-liège (*Quercus suber* L.), en se déplaçant vers de plus hautes latitudes et altitudes. Cependant, la vitesse du changement climatique et la stratégie de régénération naturelle des chênes méditerranéens, comme le chêne-liège, pourront compliquer la colonisation des nouveaux territoires théoriquement aptes. Malgré la méditerranisation du quadrant nord-ouest de la Péninsule Ibérique, le chêne-liège pourra trouver de fortes difficultés pour déplacer son aire de distribution, car dans les latitudes méridionales (Andalousie, Estrémadure) les montagnes avec des substrats siliceux ne sont pas suffisamment hautes, et dans les latitudes plus septentrionales (Castille-Leon, Galice) les aires potentielles se déplaceront vers des territoires basiques, séculairement déboisés et défrichés pour l'agriculture ou les pâturages. Des autres effets directs de l'aridification climatique peuvent être : dépérissement terminal des forêts, augmentation des conflits avec le pâturage, changements phénologiques avec influence sur la période de récolte du liège et diminution de la qualité des stations avec des conséquences sur la diminution de l'épaisseur et de la porosité du liège.

Parmi les principales conséquences de l'augmentation de la variabilité climatique et de la fréquence des phénomènes climatiques extrêmes, comme des vagues de chaleur durant la dernière partie du printemps, on peut noter la mortalité massive des semis, venant de la régénération naturelle ou artificielle, et l'augmentation du risque et de la fréquence des incendies de forêts à grande échelle.

L'aménagement adaptatif nous permettra d'affronter cette problématique et l'incertitude qu'elle génère, avec les actions suivantes :

- Sylviculture et aménagement des forêts mélangées, surtout avec des essences plus tolérantes à l'aridification du climat, comme le pin pignon (*Pinus pinea*) ou l'oléastre (*Olea europaea var. sylvestris*).
- Reboisement avec le chêne-liège dans les "nouveaux territoires subéricoles", surtout dans les hautes latitudes, utilisant pour cela du matériel forestier de reproduction provenant des zones septentrionales à chêne-liège.
- Utilisation de matériel forestier de reproduction, glands ou plants de pépinière, avec haute diversité génétique, c'est-à-dire matériel identifié ou matériel sélectionné de peuplements situés dans des régions de provenance bien définies.
- Adaptation de la période de démasclage et des autres traitements sylvicoles, à la nouvelle phénologie des suberaies, avec un avancement du début et de la fin des travaux de récolte du liège.
- Allongement de la rotation d'écorçage pour s'adapter aux nouvelles caractéristiques d'épaisseur et qualité du liège, analysées à partir de l'information des plans d'estimation de la qualité du liège et des subérothèques.
- Adaptation de la charge pastorale aux nouvelles conditions climatiques, pour favoriser la régénération naturelle.
- Utilisation de techniques sylvicoles de régulation de la densité des peuplements tout au long des étapes successives de développement des suberaies.
- Promotion des mesures de prévention et de lutte contre les incendies de forêts et de travaux de restauration écologique.
- Diversification productive des suberaies et des utilisations du liège.

Adaptation des suberaies au changement climatique : nécessité de renforcer la coopération régionale ?

Christophe BESACIER & Nora BERRAHMOUNI

FAO - FOMC/Silva Mediterranea, Viale delle Terme di Caracalla - 00153 ROMA (Italie)

christophe.besacier@fao.org

nora.berrahmouni@fao.org



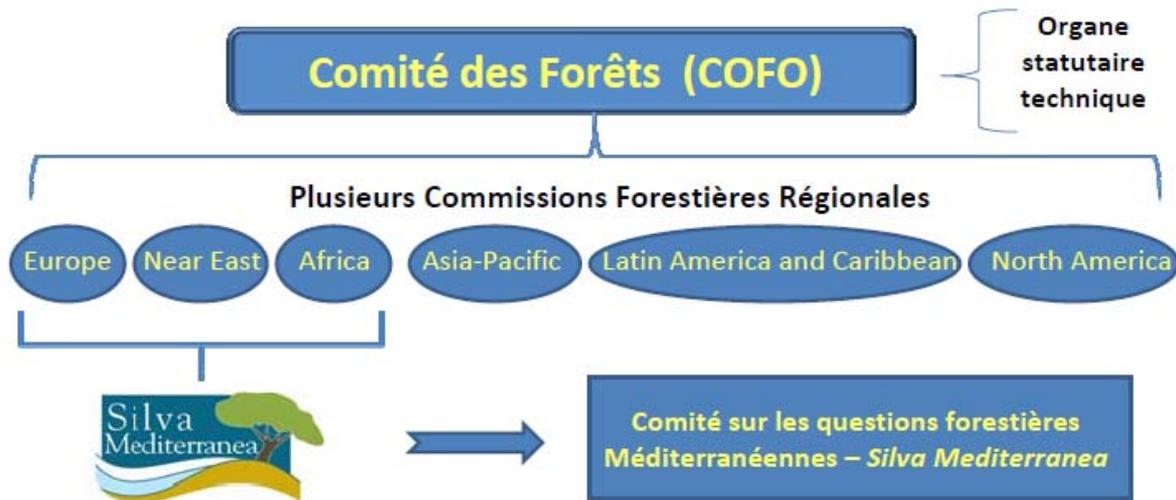
- 1) *Silva Mediterranea* ?
- 2) Membres de *Silva Mediterranea* ?
- 3) Groupes de travail de *Silva Mediterranea* ?
- 4) Partenariat régional pour la forêt méditerranéenne?
- 5) Principales conclusions du Comité Exécutif Elargi organisé à Antalya (13 au 16 Avril 2010)
- 6) ***Adaptation des subéraies au CC : nécessité de renforcer la coopération sous régionale ?***



Silva Mediterranea

Silva Mediterranea ?

1. Comment est organisé le dialogue sur les forêts méditerranéennes au sein de la FAO ?



Silva Mediterranea

Silva Mediterranea ?

2. Objectifs de *Silva Mediterranea* ?

1. Pourquoi ?

Le dialogue au niveau régional est considéré comme un complément essentiel aux efforts individuels des pays pour développer leurs politiques forestières, leurs institutions, de bonnes pratiques de gestion des forêts, etc... ;

2. Rôle de la FAO ?

Dans son mandat la FAO supporte plusieurs organes statutaires. *Silva Mediterranea* est l'organe statutaire sur les questions forestières méditerranéennes et le Secrétariat de *Silva Mediterranea* est assuré par la FAO;

3. Quels types d'activités pour cette instance statutaire de la FAO ?

Ce comité est destiné à identifier les problèmes et à proposer des conseils/lignes directrices sur les politiques forestières à la FAO, aux Etats membres et aux autres partenaires impliqués dans la gestion durable des forêts. *Silva Mediterranea* cherche aussi à développer une coopération régionale efficace et de l'information sur les ressources forestières méditerranéennes et les politiques forestières...



Silva Mediterranea

Silva Mediterranea ?

3. Gouvernance de *Silva Mediterranea*

1. Sessions formelles du comité *Silva Mediterranea*

Tous les quatre ans depuis la session de Sofia (Bulgarie – 2008) – Présidence Bulgarie

2. Le Comité Exécutif Elargi de *Silva Mediterranea*

Avec une réunion annuelle – Membres : Portugal, Maroc, Bulgarie, France et Turquie et les coordinateurs des différents Groupes de Travail de *Silva Mediterranea*

3. Réunions extraordinaires *Silva Mediterranea* organisées pendant le COFO (Rome)

4. Secrétariat de *Silva Mediterranea*

Le Secrétariat est assuré par la FAO – Département des Forêts – Equipe Conservation des Forêts (FOMC) avec Nora BERRAHMOUNI (*Forestry Officer pour les Zones Arides*) et Christophe BESACIER (*Forestry Officer mis à disposition par la France - MAAP*)



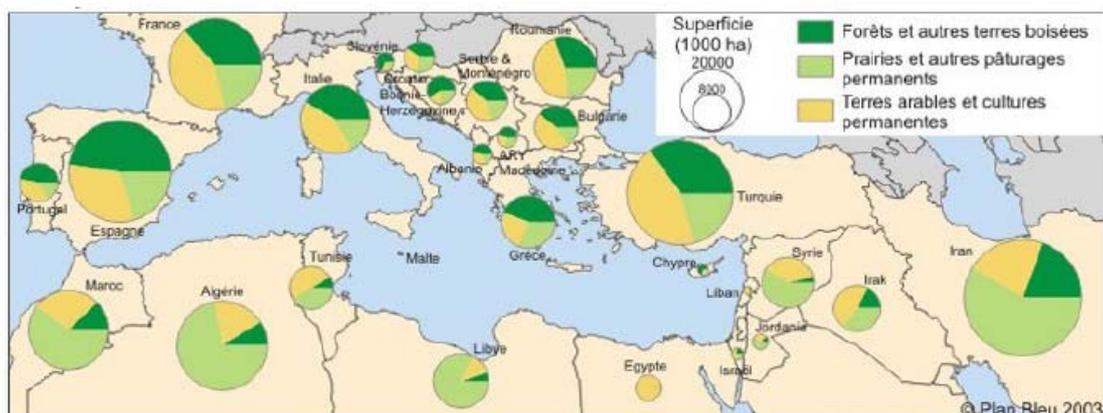
Silva Mediterranea

Membres de *Silva Mediterranea*

27 pays sont officiellement membres du Comité *Silva Mediterranea* .

Seulement douze pays représentés lors de la dernière session à Sofia (Bulgarie – 2008)

Un important objectif pour 2010 – 2012 : Mobiliser plus les pays du Nord/Sud/Est de la Méditerranée dans cette coopération régionale sur les forêts dans le contexte du Changement Climatique





Silva Mediterranea

Les groupes de travail de *Silva Mediterranea*

En 2008, les Etats membres ont décidé de renforcer *Silva Mediterranea* pendant la dernière session (Sofia - Bulgarie) en avril 2008. Ils ont recommandé la préparation (et validé en 2009) des Plans d'Action 2009-2012 pour les six groupes de travail :

1. "Feux de Forêts" avec un programme centré sur la prévention des risques à travers l'amélioration des pratiques silvicoles et la recherche forestière pour une résilience optimale des écosystèmes boisés au Changement Climatique (R. VELEZ – SPAIN) ;

2. "Chêne Liège" avec des activités centrées sur la gestion durable et la restauration des subéraies, la diversification de la filière du liège et la promotion des autres biens et services environnementaux fournis par les subéraies (M.C. VARELA – PORTUGAL) ;

3. "Gestion des Forêts et Développement Durable" avec des actions basées sur une approche territoriale/locale pour promouvoir une gestion durable des écosystèmes boisés dans la région méditerranéenne (P. ICARD – PLAN BLEU et D. GASC - AIFM) ;



Silva Mediterranea

Les groupes de travail de *Silva Mediterranea*

4. "Ressources Génétiques Forestières" avec des activités destinées à promouvoir la conservation des espèces les plus en danger dans la région et à préserver la diversité génétique base des capacités d'adaptation des écosystèmes forestiers méditerranéens dans le contexte du Changement Climatique (Fulvio DUCCI – ITALIE) ;

5. "Forêts Méditerranéennes et Changement Climatique" avec un programme centré sur le développement de politiques forestières favorables pour faciliter l'adaptation des écosystèmes forestiers au Changement Climatique (A. HOUMY–HCEFLCD–MAROC) ;

6. "Mecanismes de Financement Durable" avec un plan d'action pour mobiliser des ressources financières pour renforcer la coopération régionales sur les questions forestières et promouvoir les "Payement pour les Services Environnementaux" (PES) et les Instruments Basés sur le Marché (MBI) - (M. TODOROV – BULGARIE).

Voir Plans d'Actions sur le site Internet: <http://www.fao.org/forestry/silvamed/4911/fr/>



Silva Mediterranea

Un nouveau partenariat régional pour les forêts méditerranéennes ?

Pourquoi : Mobiliser les ressources (humaines, financières, génétiques et de recherche) dans la région pour l'adaptation des écosystèmes aux Changements Climatiques

Comment :

Renforcer les synergies entre différents partenaires impliqués dans la coopération régionale pour les forêts méditerranéennes (*Silva Mediterranea*, EFIMED, Plan Bleu, pays et institutions nationales, WWF MEDPO, AIFM....) ;

Mobiliser des ressources pour mieux impliquer les pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée dans des projets régionaux, réseaux, programmes de recherche... ;

Developper un plaidoyer efficace sur les forêts Méditerranéennes avec des outils collectifs comme un "Etat des Forêts Méditerranéennes", un "réseau régional de forêts modèles/paysages pilotes", des "papiers de position" pour promouvoir les enjeux forestiers au sein de l'Union pour la Méditerranée (UpM) en 2010/2011 ;

Mettre en oeuvre efficacement un "programme régional forestier" à travers les six groupes de travail de *Silva Mediterranea*, les Programmes Forestiers Nationaux et l'[Agenda de la Recherche Forestière Méditerranéenne 2010-2020](#) avec EFIMED;



Silva Mediterranea

Un nouveau partenariat régional pour les forêts méditerranéennes ?

Pour atteindre ces objectifs plusieurs activités ont été mises en oeuvre en 2010:

1. **Un atelier avec les pays du Sud de la Méditerranée en mars 2010 (Tunis)** pour préparer un projet pour mettre en oeuvre le plan d'actions 2009 – 2012 du groupe Ressources Génétiques Forestières;
2. **Un atelier avec les pays producteurs de liège en avril 2010 (Tunisie) et le groupe de travail Chêne Liège** pendant la Commission des Forêts du Proche Orient pour améliorer et commencer la mise en oeuvre du Plan d'Action du GT Chêne Liège 2010-2012 et préparer un projet régional (Cf. Newsletter);
3. **Une conférence sur la prévention des feux de forêts en mai 2010 à Rhodes (Grèce)** en collaboration avec MCPFE et les autres partenaires (USSE, EFFIS, EFIMED, Forest Europe et les autorités grèques).
4. **Une première "Semaine des Forêts Méditerranéennes" en avril 2010 à Antalya (Turquie)** incluant :
 - La réunion annuelle d'EFIMED et un séminaire scientifique intitulé "Knowledge base management of Mediterranean forests under climate driven risks: the ways ahead" ;
 - Une réunion pour préparer un "papier de position" sur les questions forestières dans la région Méditerranéenne avant la réunion des Ministres de l'Agriculture au Cairo (initialement prévue en juin 2010 mais reportée suite aux événements au large de Gaza) dans la dynamique de l'Union pour la Méditerranée;
 - Le Comité Exécutif Elargi de *Silva Mediterranea* (FAO/F/P/B/M/T et coordonateurs de GT) ;



Principales conclusions du Comité Exécutif Elargi d'Antalya ?

- *Preparation d'un "document de travail" (concept) sur l'Etat des Forêts Méditerranéennes* avec les données collectées par la FAO auprès des Etats membres de *Silva Mediterranea* pour l'Evaluation des Ressources Forestières 2010 (FRA 2010) et du SoEF 2011 et présentation de ce concept d'Etat des Forêts Méditerranéennes lors du COFO (Octobre 2010) ;
- **Préparation et lancement de cet Etat des Forêts Méditerranéennes en 2011/2012;**
- **Organisation avec plusieurs partenaires (EFIMED, AIFM, Plan Bleu, INRA Avignon...) de la seconde "Mediterranean Forest Week " à Avignon (Palais des Papes) au début du mois d'avril 2011 (Première réunion préparatoire à Avignon le 15 juin 2010)**
- **Organisation de plusieurs évènement à Rome pendant le COFO en Octobre 2010 :**
 - Une réunion d'information/discussions avec tous les membres de *Silva Mediterranea* ;
 - Un évènement parallèle sur les forêts méditerranéennes avec EFIMED (*avec posters*);
 - Une exposition de photos sur les savoirs faire du secteur du Liège en Sardaigne (*avec également une dégustation de vins italiens pour les participants au COFO*).



Principales conclusions du Comité Exécutif Elargi d'Antalya ?

➤ **Plaidoyer dans le contexte de l'Union pour la Méditerranée**

Un papier de position sur la "**contribution des forêts et autres terres boisées à la sécurité alimentaire dans la région méditerranéenne**" (Cf. Newsletter) a été préparé par un panel d'experts et adopté par le Comité Exécutif Elargi de *Silva Mediterranea* pendant cette première "Semaine des Forêts Méditerranéennes", organisée du 13 au 16 Avril 2010 à Antalya, Turquie.

Ce papier de position a été préparé pour adoption et inclusion comme élément de la future déclaration des Ministres de l'Agriculture lors de la "**Conférence Ministérielle de l'Union pour la Méditerranée (UPM) sur la sécurité alimentaire, l'agriculture et le développement rural**" initialement prévue les 15-16 Juin 2010, au Caire, Egypte (*Après les évènements à Gaza en juin 2010 : une annonce a été faite par la présidence de l' UPM pour annoncer le report de cette conférence probablement à la fin de l'année 2010 ? ou début 2011 ?*).



Principales conclusions du Comité Exécutif Elargi d'Antalya ?

- Plaidoyer dans le contexte de l'Union pour la Méditerranée

Points forts de ce papier de position

- ✓ Les forêts méditerranéennes et autres terres boisées contribuent significativement à la lutte contre la pauvreté et à la sécurité alimentaire à travers la fourniture de multiples biens et services environnementaux comme l'alimentation en eau, la protection des sols, les usages pastoraux, la conservation de la biodiversité, l'alimentation en énergie, en bois et autres produits forestiers non ligneux.
- ✓ Dans le contexte du changement climatique et des autres pressions humaines, des investissements dans l'évitement de la déforestation et dans la gestion durable sont des enjeux majeurs pour la fourniture durable des multiples biens et services menacés par les sécheresses, les feux de forêts, l'érosion, la désertification et les nombreuses maladies émergentes.



Principales conclusions du Comité Exécutif Elargi d'Antalya ?

- Plaidoyer dans le contexte de l'Union pour la Méditerranée

Recommandations de ce papier de position pour l'UPM

- ✓ développer une [stratégie intégrée pour la gestion durable des forêts méditerranéennes](#) et autres terres boisées pour assurer la fourniture durable des multiples biens et services environnementaux contribuant à la sécurité alimentaire des populations et au développement des territoires méditerranéens;
- ✓ Mettre en oeuvre l'[Agenda de la Recherche Forestière Méditerranéenne 2010-2020 \(MFRA\)](#) en développant un programme ERA-NET (EFIMED);
- ✓ organiser une [conférence méditerranéenne de haut niveau](#) avec tous les acteurs pertinents du secteur en 2012 pour développer une vision partagée sur cette stratégie régionale intégrée.

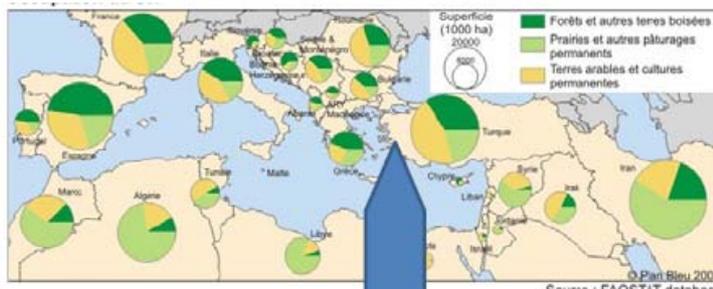
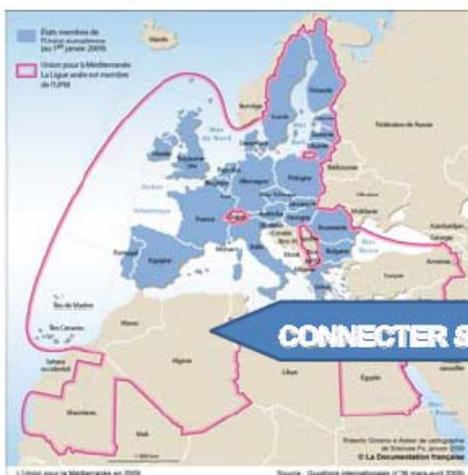


Silva Mediterranea

UN OBJECTIF STRATEGIQUE:

Etats membres de *Silva Mediterranea*

Union pour la Méditerranée



CONNECTER SILVA MEDITERRANEA ET L'UPM



Silva Mediterranea

Adaptation des subéraies au Changement Climatique : nécessité de renforcer la coopération sous régionale ?

Les atouts des subéraies dans le contexte du Changement Climatique :

- 1) Un mode de valorisation des territoires méditerranéens fournisseur des multiples biens et services environnementaux déjà évoqués (Cf. Documents UpM);
- 2) Une capacité de résilience au changement climatique (et de résistance à des épisodes de sécheresse plus fréquents) a priori supérieure à bien d'autres modes d'utilisation de l'espace rural méditerranéen;
- 3) Un produit labellisable "développement durable" (certifiable) et donc répondant aux aspirations/attentes d'une catégorie de consommateurs de plus en plus nombreux (produits d'avenir dans certains secteurs : isolation /batiments?);
- 4) Une potentialité de stockage de carbone sur le long terme sans consommation excessive d'eau (enjeu majeur dans le pourtour de la méditerranée avec le CC) contrairement à d'autres espèces ligneuses (dispose t'on des données sur la comptabilité eau-carbone des subéraies ? Potentialité REDD+ pour Maghreb?)



Adaptation des subéraies au Changement Climatique : nécessité de renforcer la coopération sous régionale ?

Les atouts des acteurs du secteur du liège pour développer/renforcer une coopération régionale méditerranéenne pour l'adaptation des subéraies au Changement Climatique:

- 1) *Un petit groupe de pays méditerranéens concernés donc, a priori, une coopération régionale plus facile à structurer, dynamiser et renforcer sur des actions concrètes /projets dans le contexte de l'Union pour la Méditerranée et des Instruments de la politique de voisinage de l'UE – ENPI en Sardaigne ;*
- 2) *Une groupe de travail Chêne Liège et des institutions/initiatives (IML, IPROCOR, VIVEXPO...) déjà existantes (mais visiblement avec de faibles ressources financières...) et, par conséquent, susceptibles d'intégrer rapidement la problématique d'adaptation des subéraies aux changements climatiques ?*
- 3) *Une note de concept pour un projet centré sur la gestion et la restauration des subéraies au Maghreb déjà soumise à la coopération espagnole dans le cadre des ressources affectées par l'Espagne à la FAO (attente réponse Espagnole)*



Adaptation des subéraies au Changement Climatique : nécessité de renforcer la coopération sous régionale ?

Les atouts du secteur liège pour valoriser les opportunités nouvelles de financement dans le cadre de l'adaptation et de l'atténuation du changement climatique (Stockage de Carbone - REDD+):

- 1) *Des opportunités pour la restauration des subéraies au Maghreb dans le cadre des financements pour l'adaptation aux Changements Climatiques ?*
- 2) *Des opportunités à explorer pour la restauration des subéraies au Maghreb dans le cadre de l'initiative fast track sur la réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts (REDD+) ?*
- 3) *Un projet régional de la GTZ (4 MEUROS) en phase de démarrage en 2010 (atelier de lancement en septembre 2010) pour contribuer aux réflexions régionales sur ces questions d'adaptation et de mitigation du Changement Climatique ;*
- 4) *Un intérêt marqué du Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM) pour travailler sur la problématique REDD + dans le pourtour de la Méditerranée*