

Atelier du RMT AFORCE
**Télédétection et forêt dans le contexte des changements climatiques :
apports, limites et perspectives pour les forêts tempérées**

18 octobre 2011

**La télédétection :
un outil pour observer les impacts
du climat sur la forêt**

Nathalie BREDA (INRA) - Anne JOLLY (ONF)

-
- **Caractéristiques des couverts forestiers et leurs perturbations**
 - **Interaction du couvert forestier avec le rayonnement**
 - **Choix des données et des méthodes**

-
- **Caractéristiques des couverts forestiers et leurs perturbations**
 - Interaction du couvert forestier avec le rayonnement
 - Choix des données et des méthodes



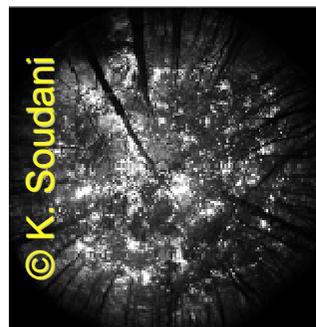
© N. Bréda



© N. Bréda

Le couvert forestier : quelques caractéristiques

- Teneur en chlorophylle, en azote
- Teneur en eau, turgescence
- Fermeture et fraction de trouées
- Agrégations (arbres, branches ...)
- Surface foliaire par unité de surface au sol : indice foliaire ou LAI (Leaf Area Index)
(m² feuilles ou aiguilles/m² de sol)



LAI = 7



LAI = 4.5



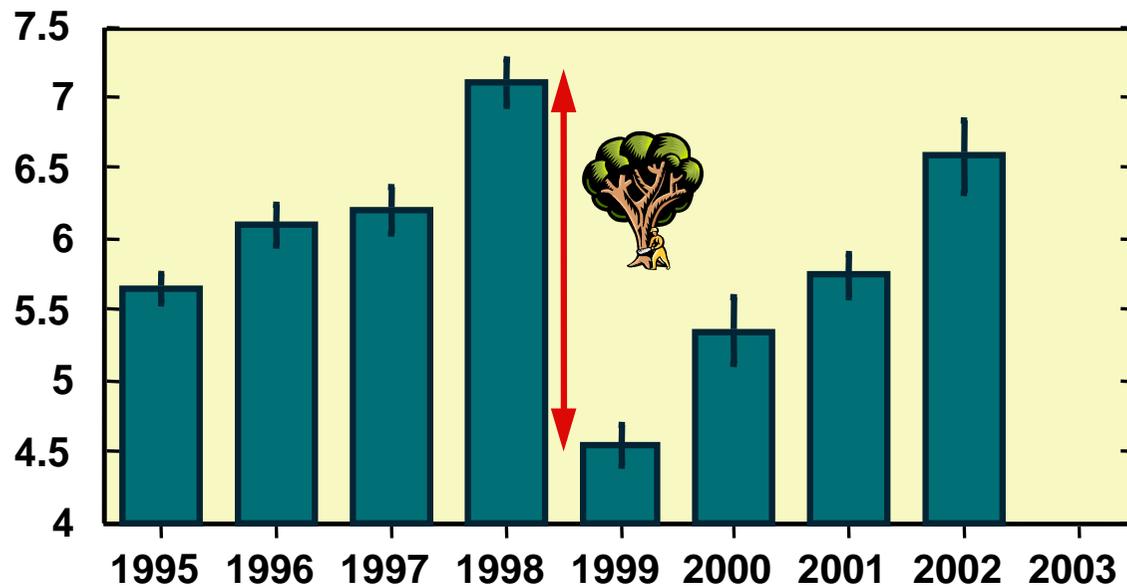
Les principales causes de perturbation des couverts

- **La gestion**
 - Coupes rases
 - Eclaircies
- **Les causes accidentelles « spectaculaires »**
 - Incendies
 - Tempêtes
- **Aléas biotiques :**
 - Scolytes
 - Défoliateurs
- **Aléas climatiques pouvant varier avec le CC**
 - Sécheresse
 - Canicule
 - Gel de printemps

Exemples de réponse forte : réduction d'environ 50% de LAI

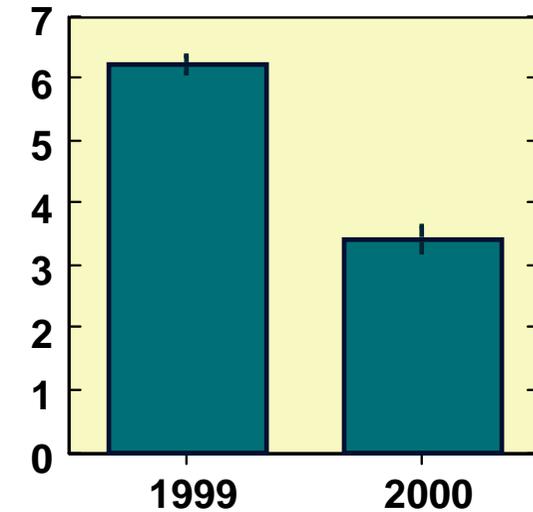
Gestion : éclaircie forte

Indice foliaire



**Accident violent :
tempête 1999**

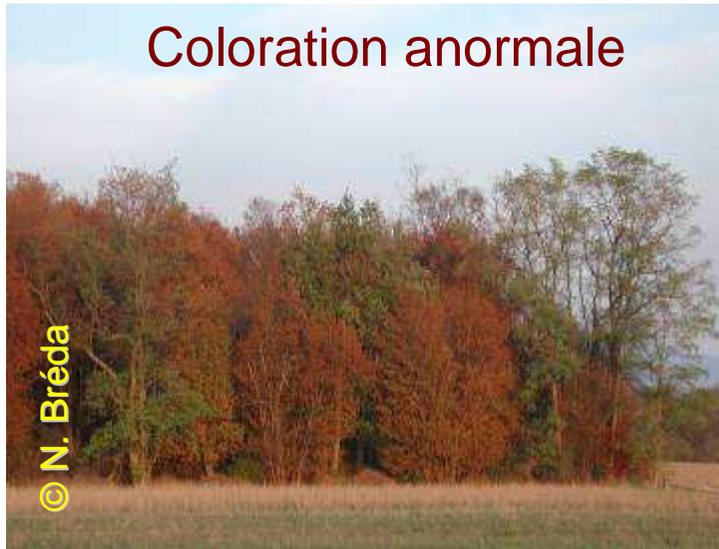
Indice foliaire



N. Bréda, Encyclopedia of Ecology, 2008

Grands types de réponses des couverts aux aléas : symptômes

Coloration anormale



Chute/disparition de feuilles



Etat hydrique du feuillage



Arbres morts



Conséquences « physiques »

- La composition en pigments est modifiée, parfois de manière hétérogène selon les essences
 - La distribution angulaire des feuilles change
 - La teneur en eau du feuillage est modifiée
 - La végétation au sol se développe
 - Si on regarde la forêt « vue d'avion » on voit le sous étage, le sol et la végétation herbacée
- comment analyser cela à l'échelle du couvert ?



-
- **Caractéristiques des couverts forestiers et leurs perturbations**
 - **Interaction du couvert forestier avec le rayonnement**
 - **Choix des données et des méthodes**

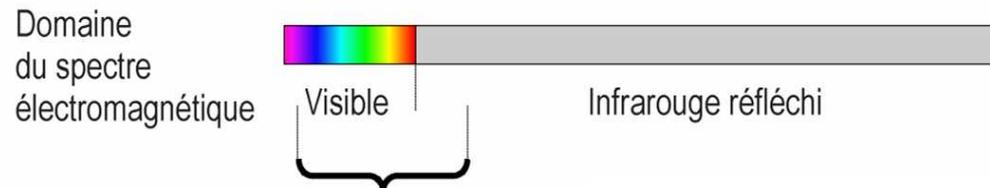
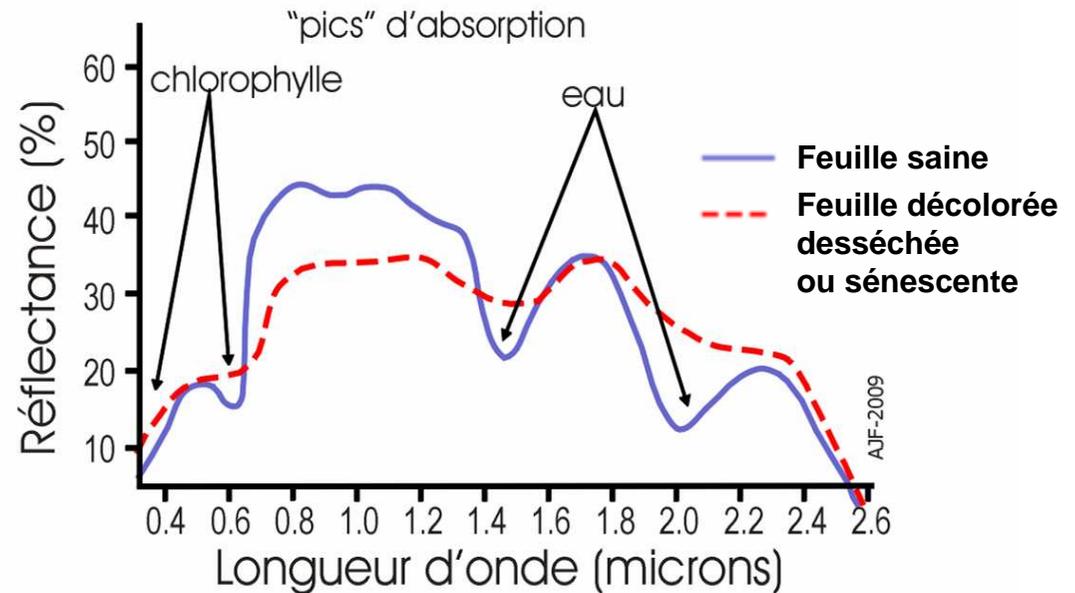
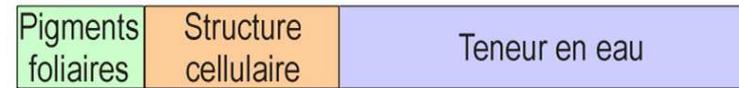
A l'échelle de la feuille

Très schématiquement :

Visible :
absorption
par les **pigments foliaires**

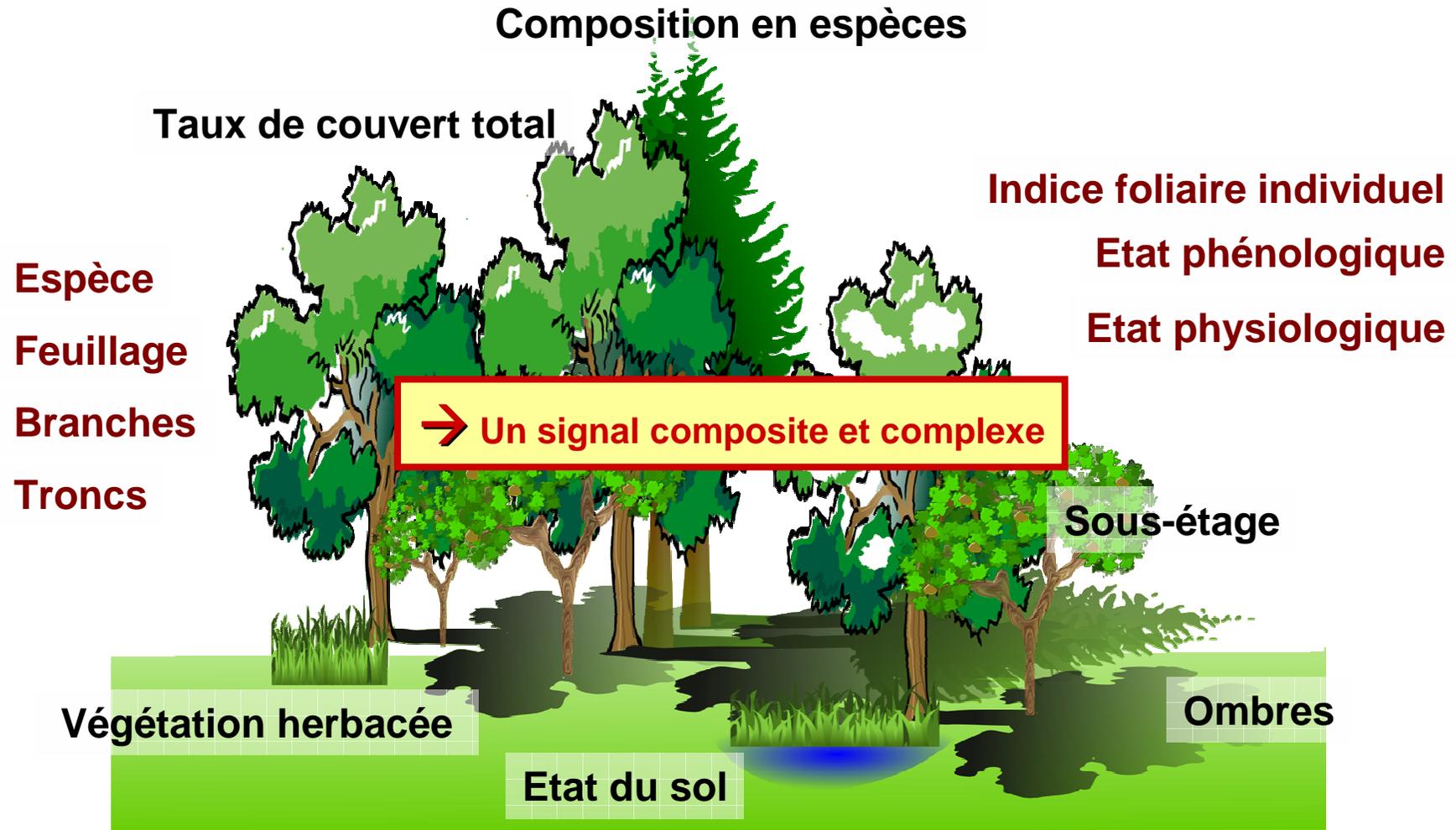
Proche Infrarouge (PIR) :
structure cellulaire

Moyen infrarouge (MIR) :
teneur en eau



Domaine généralement utilisé par l'imagerie proche infrarouge

A l'échelle de l'arbre et du peuplement

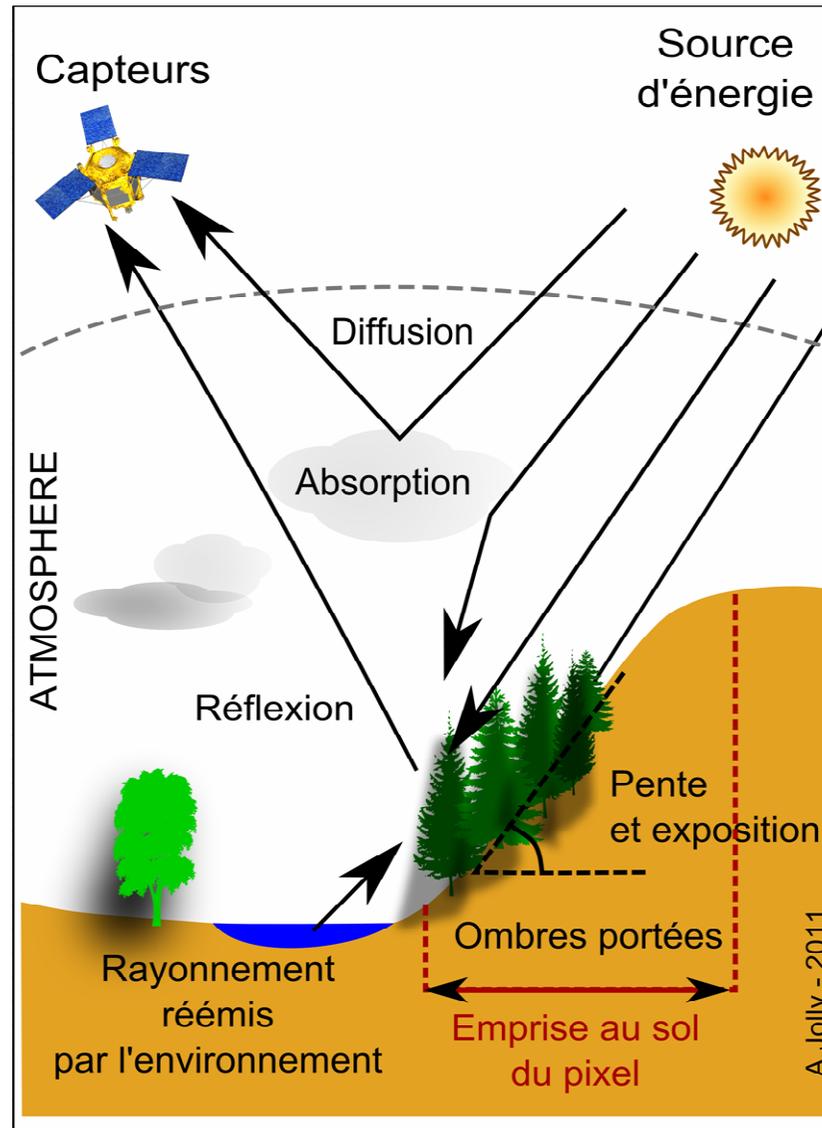


Effets des conditions d'acquisition

Géométrie de la « prise de vue »

Atmosphère

Environnement



Élévation solaire

Variabilité temporelle :

- **variables**
- **+/- stables**
- **stables (sauf accident)**

Relief

Quelles mesures de télédétection ?

- Signal mesuré par les capteurs (« → réflectance »)
- Variables calculées : indices (ex : PIR/R , $(PIR-R / PIR+R)$, ..)
- Analyse de l'hétérogénéité locale (répartition spatiale locale des valeurs)
→ texture
- Grandeurs physiques issues de modélisation

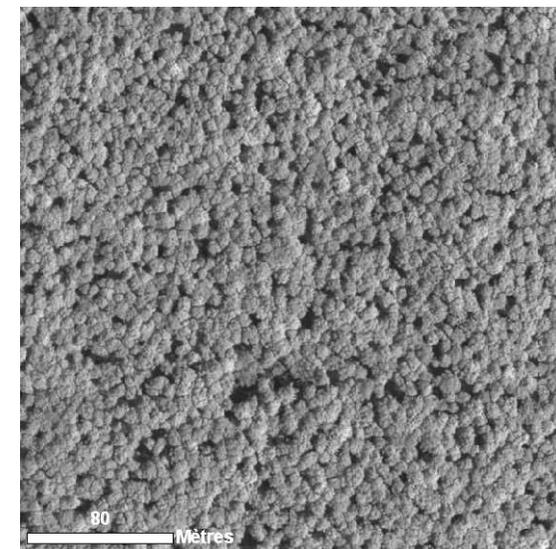
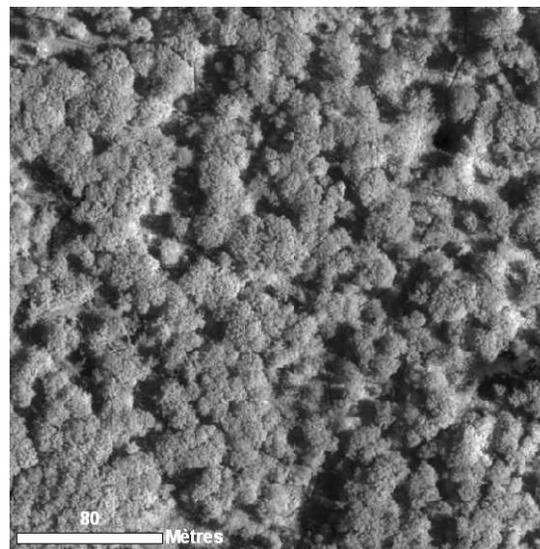
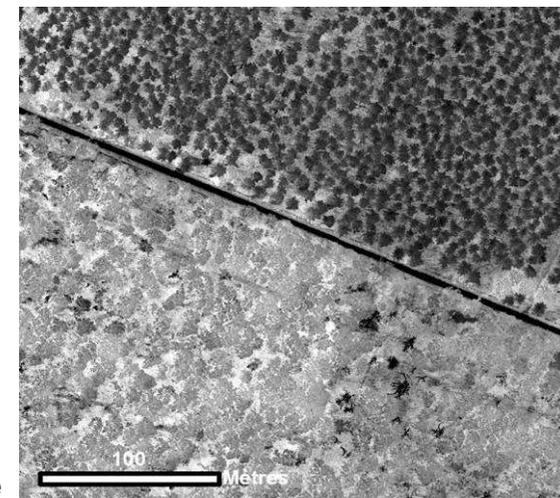
Échelle

fort



faible

Indice de végétation



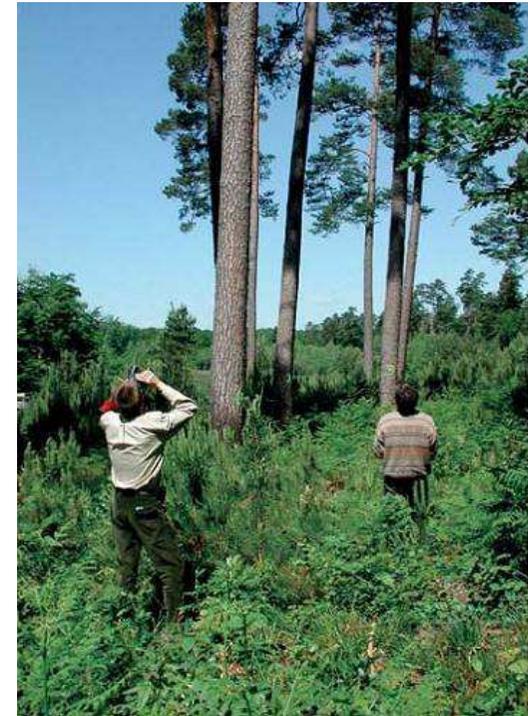
Importance du terrain

- connaissance du phénomène, des symptômes, de la répartition spatiale, des évolutions
- données localisées pour calibration / évaluation des résultats



date \approx celle des données de télédétection

- Formulation des questions posées :
dialogue gestionnaire – opérateur télédétection



-
- **Caractéristiques des couverts forestiers et leurs perturbations**
 - **Interaction du couvert forestier avec le rayonnement**
 - **Choix des données et des méthodes**

Mais d'abord une présentation des données de télédétection

➔ Exposé Olivier de Joinville
et Jean Paul Rudant

-
- **Fonctionnement des couverts forestiers**
 - **Interaction du couvert forestier avec le rayonnement**

 - **Choix des données et des méthodes**

Quelles données et quelles méthodes d'analyse ?

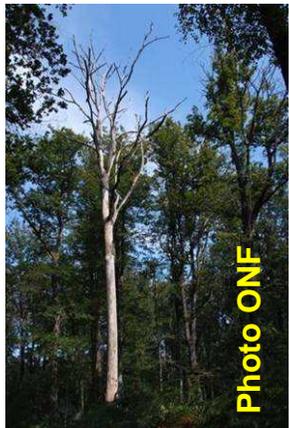
... cela dépend ...

- **du phénomène concerné**
 - symptômes
 - nature (défoliation massive, dépérissement diffus, mortalité par bouquets...)
 - répartition spatiale
 - évolution dans le temps
- **des informations recherchées**
 - impact à une date donnée ; évolution
 - connaissance du phénomène : analyse rétrospective, recherche de cause (ou vérification d'hypothèses / causes supposées, ...)
 - cartographie continue et exhaustive ; information statistique
- **des moyens disponibles**
 - compétences
 - moyens techniques
 - budget

... cela dépend du phénomène concerné

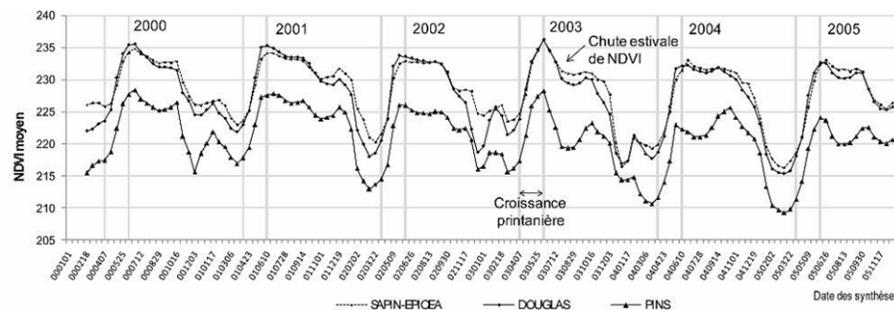


**Typologie des phénomènes :
pas de typologie simple
« diffus » ; « massif » , ...**

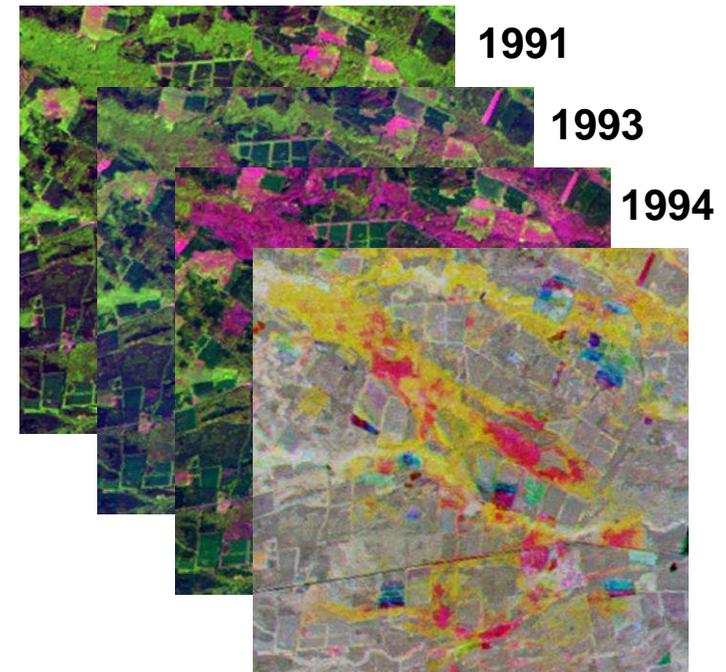


Les différents types de méthodes de détection / de suivi

- **Comparaison avec référence d'état connu**
 - sur image (référence « sain ou indemne »)
 - données de terrain (ex: différentes catégories d'états sanitaires)
- **Détection de changements**
 - Image d'archive (voire terrain ou carte) ↔ image actuelle
 - Efficace / changements massifs et brutaux
 - Changements liés à la gestion souvent > changements causés par l'aléa
- **Analyse de profils temporels**



V.Chéret et a. 2011



Changements successifs
1991-1993-1994

D'après Durrieu, 2006

Choix des données :

Phénomène « DIFFUS »

Analyse très simplifiée

Emprise géo.d'intérêt	Information recherchée	Donnée	Degré opérationnel	Exemples
TOUTES	évaluation	reconnaissance aérienne si phén. bien visible	(OP)	
FORET	statistique	photo. aérienne	OP	Tronçais Manuel CCE (« pluies acides ») La Harth
	statistique → cartographie après généralisation			
MASSIF FORESTIER	cartographie	image sat. optique très haute résolution (<5m)	R&D	Dépérissement Chêne Vierzon
		image sat. optique haute résolution (10-30m)	R&D	Sécheresse / Sapin Ventoux
PETITE REGION	statistique	photo. aérienne	OP	DEFORPA / massif vosgien (Manuel CCE)

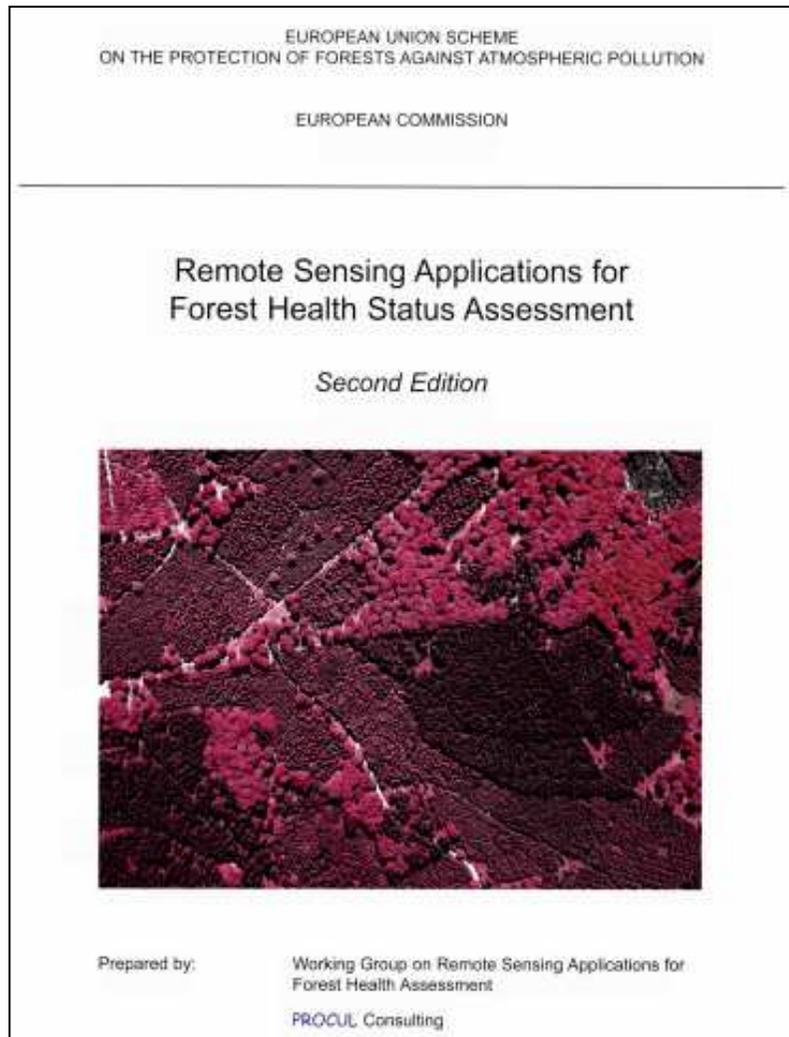


Choix des données :

Phénomène « MASSIF »

Analyse très simplifiée

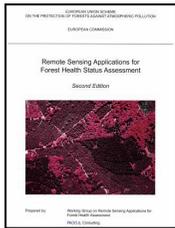
Emprise géo.d'intérêt	Information recherchée	Donnée	Degré opérationnel	Exemples
TOUTES FORET	évaluation	reconnaissance aérienne	OP	
	cartographie	photo. aérienne	OP	
		image sat. optique très haute résolution (<5m)	R&D	
MASSIF FORESTIER		image sat. optique haute résolution (10-30m)	(OP)	Défoliation Bombyx Haguenau 
PETITE REGION	statistique	photo. aérienne (échantillonnage)	OP	
REGION	cartographie	images sat. optique moyenne ou basse résolution (250-500m)	R&D	Défoliateurs Massif Landais Dépérissement résineux Massif Central



- Historique et acquis anciens (ex : dépérissement du chêne FD Tronçais après sécheresse 1976)
- Manuel Européen / inventaire et diagnostic de l'état sanitaire
= Résultat des études menées dans le contexte des « pluies acides » (groupe de travail européen)
- Application / FD de la Hardt (1994)
- 2ème édition 2000 téléchargeable (<http://bookshop.europa.eu>)

Photographie aérienne

Phénomène DIFFUS



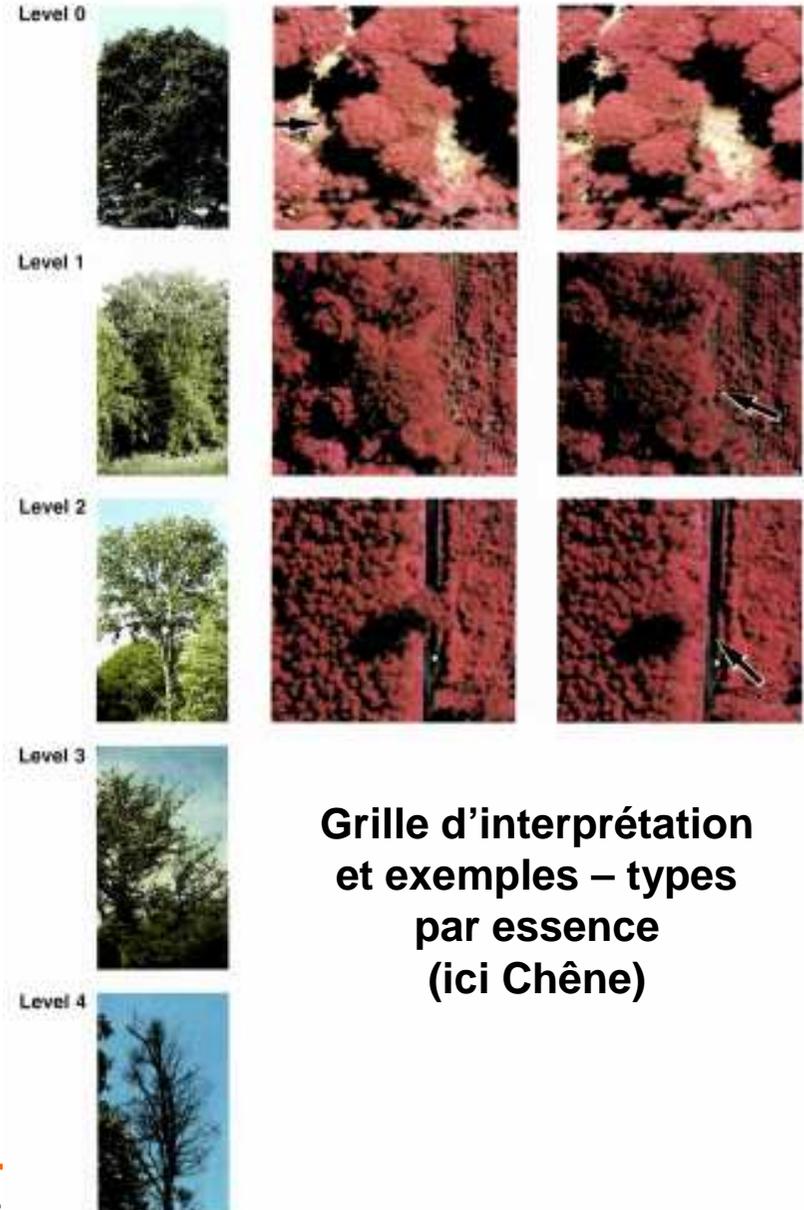
photos aériennes stéréoscopiques
à grande échelle (1:5 000 - 1:10 000)
Différents niveaux de dépérissements
(de 1 à 4)

Critères de photo-interprétation :

forme (analysée en stéréo) & teinte (relative)

Level	Shape Characteristics			Colour Characteristics		
	Type	Coarse-structured crown	Fine-structured, or unstructured crown			
0	Form	dome-shaped or truncated crown ; unevenly roundish outline ; often creekly, sometimes split into several crown sections		colour distribution	generally homogeneous	
	Coarse structure	crown or crown sections consist of densely packed, sphere-shaped elements (second order terminal branches), cauliflower shape	crown or crown sections +/- uniform, little or no coarse structure	saturation	intensive	
	Fine structure	spheres or entire crown without gaps and consisting of densely packed grains (leaf clusters)		brightness	medium to dark (often darker than beeches)	
1	Form	as in level 0		tone	general	red
	Coarse structure	spheres delimited by a network of (shady) furrows, occ. dark sections ; individual crown sections as in level 0	as in level 0	specific		
	Fine structure	spheres or entire crown with single gaps, crown consisting of +/- densely packed grains (leaf clusters)		colour distribution	homogeneous-heterogeneous (due to shady spots)	
	Coarse structure			saturation	generally as in level 0, slight variation possible	
				brightness	as in level 0, sometimes brighter	
	Fine structure			tone	general	red
				specific		

Defoliation-Fine Structured



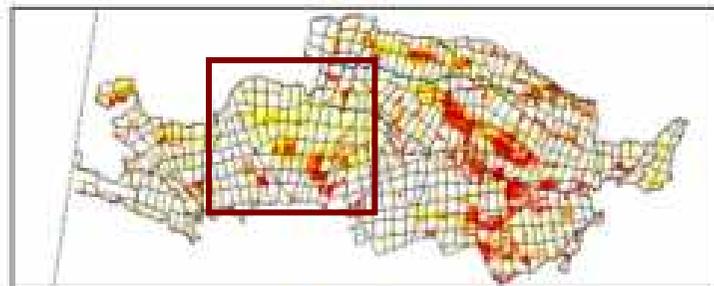
Grille d'interprétation
et exemples – types
par essence
(ici Chêne)



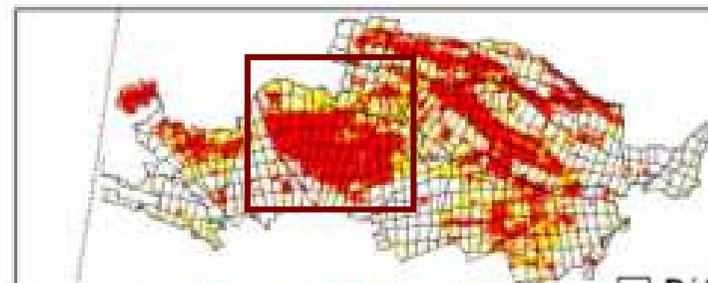
FD de Haguenau :
défoliation par le Bombyx disparate

Images Landsat TM (résolution spatiale = 30m)
été 1991 – été 1993 – été 1994

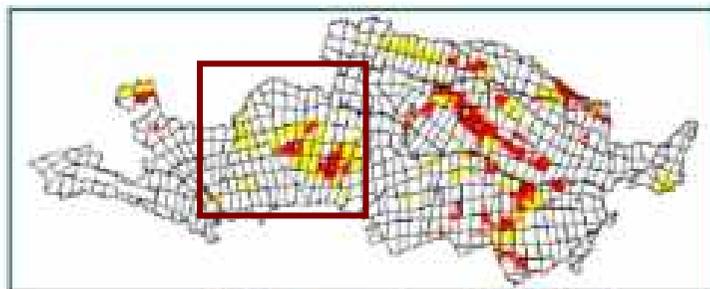
étude UMR TETIS, N.Stach, M.Deshayes, S.Durrieu



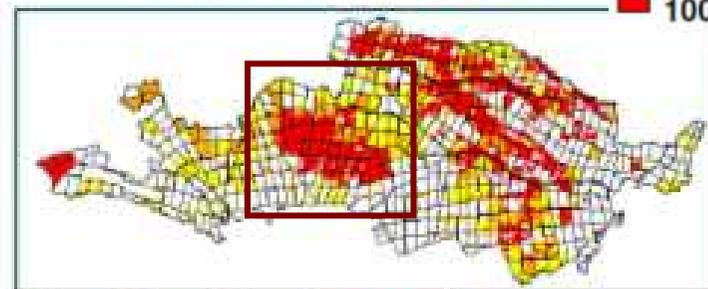
a) Carte des changements, issue des données satellitaires



□ Défoliation nulle
■ 50% de défoliation
■ 80% de défoliation
■ 100% de défoliation

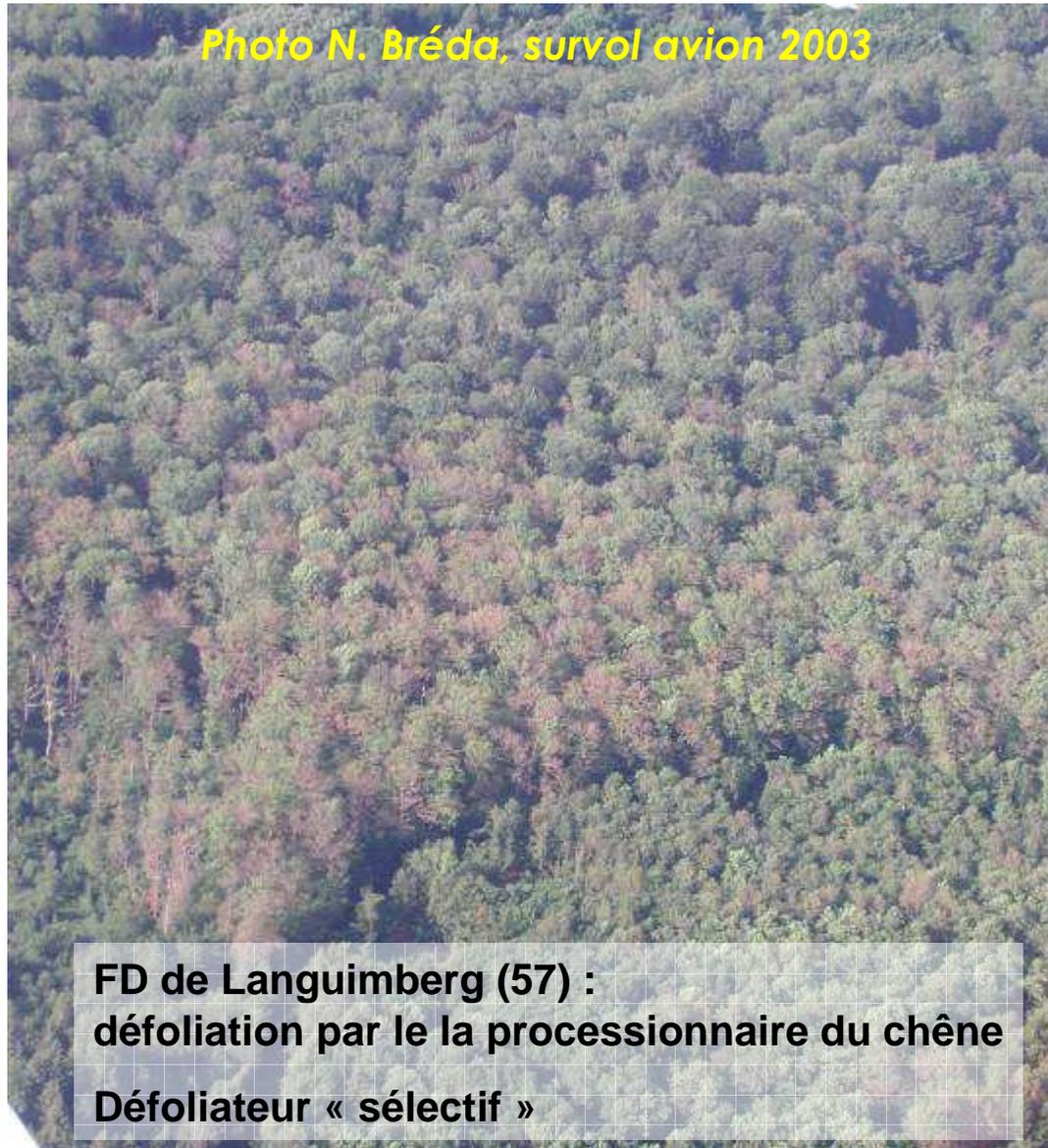


b) Carte des défoliations, issue des données de terrain



Phénomène MASSIF ?

Photo N. Bréda, survol avion 2003



FD de Languimberg (57) :
défoliation par le la processionnaire du chêne
Défoliateur « sélectif »