HAL
open science

Suivi des ressources forestières et de leurs perturbations (sécheresse, tempête, ravageurs) - Exemples d'applications de la télédétection spatiale

Dominique Guyon, Thierry Belouard

To cite this version:

Dominique Guyon, Thierry Belouard. Suivi des ressources forestières et de leurs perturbations (sécheresse, tempête, ravageurs) - Exemples d'applications de la télédétection spatiale. Les Applications Satellitaires au Service de la Gestion des Territoires, GMES Land, Doris_Net, Toulouse Space Show, Jun 2012, Toulouse, France. 22 pl. hal-02809916

HAL Id: hal-02809916

https://hal.inrae.fr/hal-02809916v1

Submitted on 6 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Suivi des ressources forestières et de leurs perturbations (sécheresse, tempête, ravageurs)

Exemples d'applications de la télédétection spatiale

Dominique GUYON, INRA

Thierry BELOUARD, IGN

Bureau de Contact Régional Midi-Pyrénées et Aquitaine

Exemples d'applications

- Opérationnelles / Développements méthodologiques en cours
- Télédétection spatiale: visible, proche et moyen infrarouge

→ Suivi de la ressource forestière : état et évolution

Cartographie forestière, changements (coupes, tempêtes)

Gestion/Aménagement x Perturbations

→ Perturbations

Dépérissements, Mortalités de grande ampleur: intensité ou étendue ou durée

Impacts / Réponse des forêts

Contraintes climatiques x Aléas biotiques

Sécheresse
Canicule
Tempêtes
….

Défoliateurs (*Processionnaire, Bombyx, …)*
Ou non (*Scolytes, ….)*

Deux types d'approche complémentaires

1- Haute (10-60m) et Très Haute (<5m) Résolution spatiale

Pixel ≤ peuplement, parcelle, arbre

Etendue: forêt/massif à région

& Assez faible fréquence d'acquisition des images ou Programmation

Type d'information

- Effet facteurs/phénomènes qui opèrent à l'échelle locale: occupation du sol, structure du couvert forestier, conduite sylvicole, perturbations et conditions environnementales locales, interactions avec phénomènes globaux
- Changements entre 2 dates ou par rapport à une référence; détection des changements forts ou brutaux plus aisée que des lents ou diffus

Applications

- Détection, Cartographie, Quantification à échelle locale (peuplement, intrapeuplement, arbre) d'un phénomène identifié
- Suivis épisodiques ou à faible fréquence, pas nécessairement exhaustifs sur un territoire

Intérêt

- Direct pour le gestionnaire, pour les instances de décision publique
- Expérience ancienne, de + en + d'applications opérationnelles

Deux types d'approche complémentaires

2- Haute fréquence d'acquisition des images en continu (~1j) & Basse résolution spatiale (250m-1000m)

Pixel > peuplement, parcelle
Larges étendues (> région)

Type d'information

- Effet de facteurs/phénomènes qui opèrent sur de grandes étendues, lissage des effets locaux
- Changements temporels intra, interannuels, long terme: brutaux ou progressifs, rapides ou lents; perturbations de la dynamique foliaire saisonnière

Applications

- Datation des phénomènes et localisation de leur emprise,
- Détection émergence
- Suivi continu, systématique, long terme et rétrospectif

Intérêt

- Indirect pour le gestionnaire, plus direct pour les instances de décision publique
- Connaissances scientifiques sur les processus associés au CC: adaptation des espèces et des pratiques, bilan eau, flux C, etc.
- Applications plutôt quantitatives à développement récent (Recherche, R&D)
- Améliorations à venir en résolution spatiale (Sentinel-2/ESA)

Exemples

1- Caractérisation et suivi de la ressource forestière

- Changements forestiers brutaux:
Coupes rases: Massif landais, Limousin
Tempêtes de 1999 et 2009: Massif Landais, Vosges

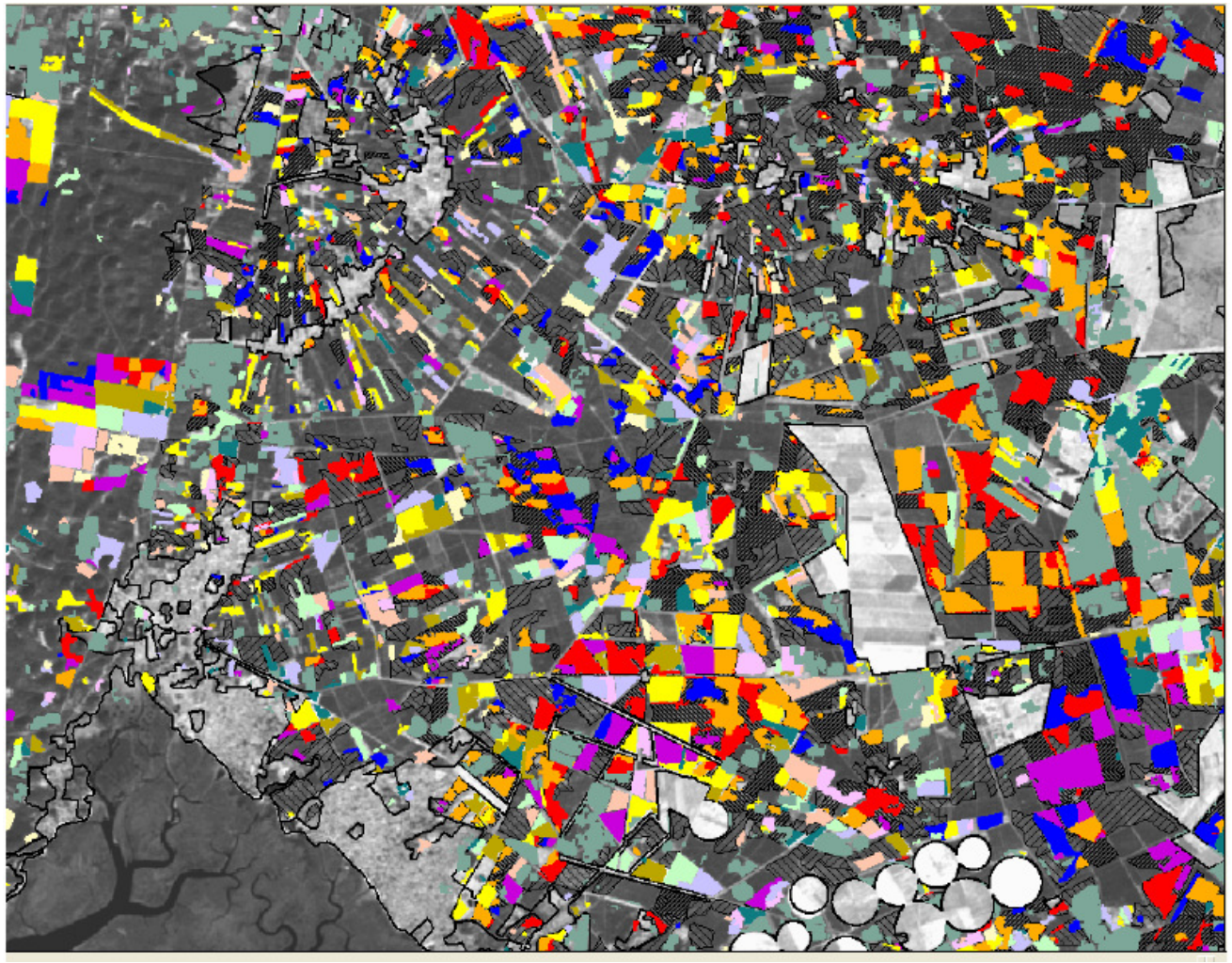
R&D: IFN (IGN), Recherche: INRA, Cemagref/IRSTEA

Changement radiométriques interannuel s/ avant-après
Landsat TM, Spot : 10-30m

- Points clefs
-> Applications opérationnelles
-> Transposées, adaptées: Massif Landais -> systèmes forestiers plus complexes
-> évaluation de la précision thématique et cartographique
-> amélioration permanente: recherche, R&D
Capteurs (résolution spatiale), méthodes de traitement, information exploitée

Cartographie annuelle des coupes rases

Massif Aquitain de pin maritime: 1984-2006
Illustration sur un secteur



Coupes rases détection / année

- Avant 1990 (INRA)
- 1991
- 1992
- 1993
- 1994
- 1995
- 1996
- 1997
- 1998/1999
- Tempêtes décembre 1999
- 2001
- 2002
- 2003
- 2004

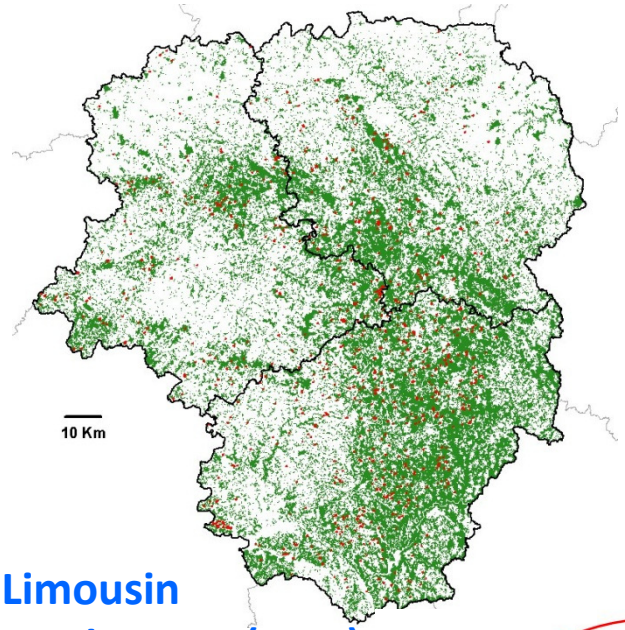
Landsat TM (30m)

Coupes < 1 ha non détectées ~10% surface exploitée

INRA

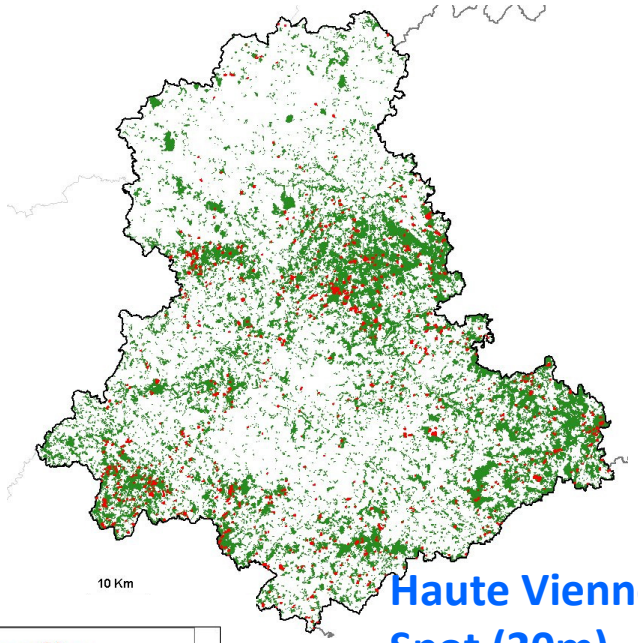
Inventaire Forestier National

Cartographie annuelle des coupes rases
Extension à des situations plus complexes: Limousin



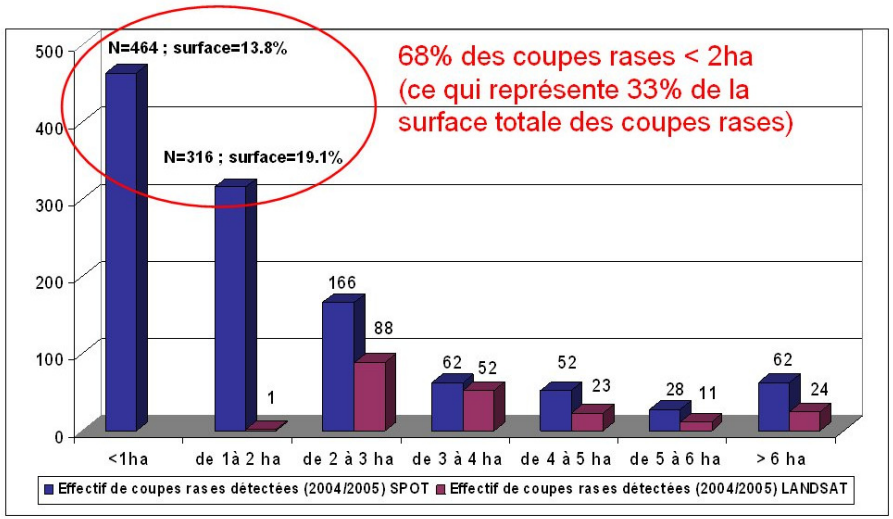
Coupe rase

Masque Forêt IFN



Limousin
Landsat TM (30m)
SMR~ 2 ha

Haute Vienne
Spot (20m)
SMR~0.5 ha



Distribution des coupes rases détectées entre 2004 et 2005, grâce aux images satellitaires SPOT et LANDSAT, sur le département de la Haute-Vienne

Inventaire Forestier National

Cemagref

Extension de la méthode à la cartographie du taux de dégâts des tempêtes

• Martin et Lothar (1999)

Massif Landais (Landsat TM) , Vosges (Spot)

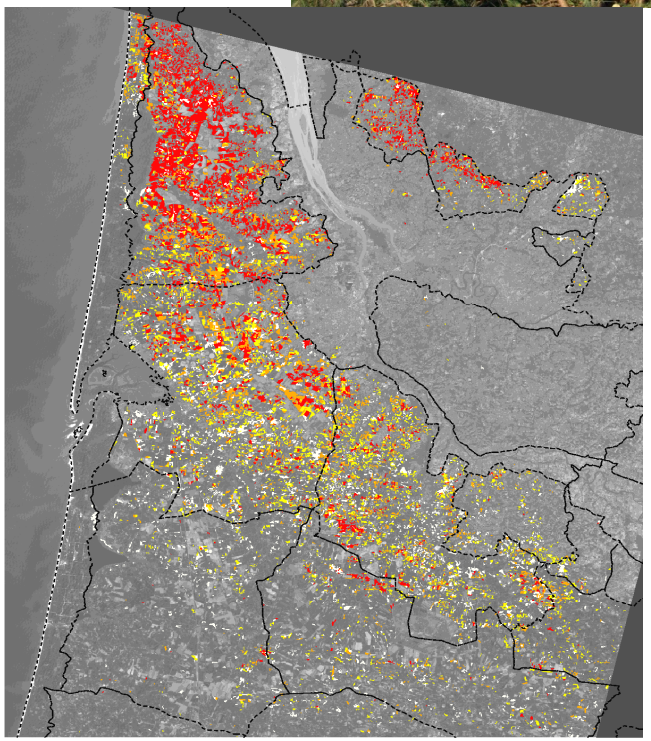
Extrait d'image avant tempête

Image Landsat 5 TM du 8/10/99
Composition colorée :
Rouge = Moyen infrarouge ; Vert = Proche infrarouge ; Bleu = Rouge

Extrait d'image après tempête

Image Landsat 7 ETM du 20/01/00
Composition colorée :
Rouge = Moyen infrarouge ; Vert = Proche infrarouge ; Bleu = Rouge

1999



Composition de la spatiocarte

Fond = Image Landsat 7 ETM du 20/01/00 - Moyen infrarouge codé en niveaux de gris estompés

-- Limite de région forestière

Intensité des dégâts

0 à 20% | 20 à 40% | 40 à 60% | 60 à 80% | 80 à 100%

Landsat TM (30m)

- surface minimale représentée: 4 ha
- largeur minimale: 50 m

INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL

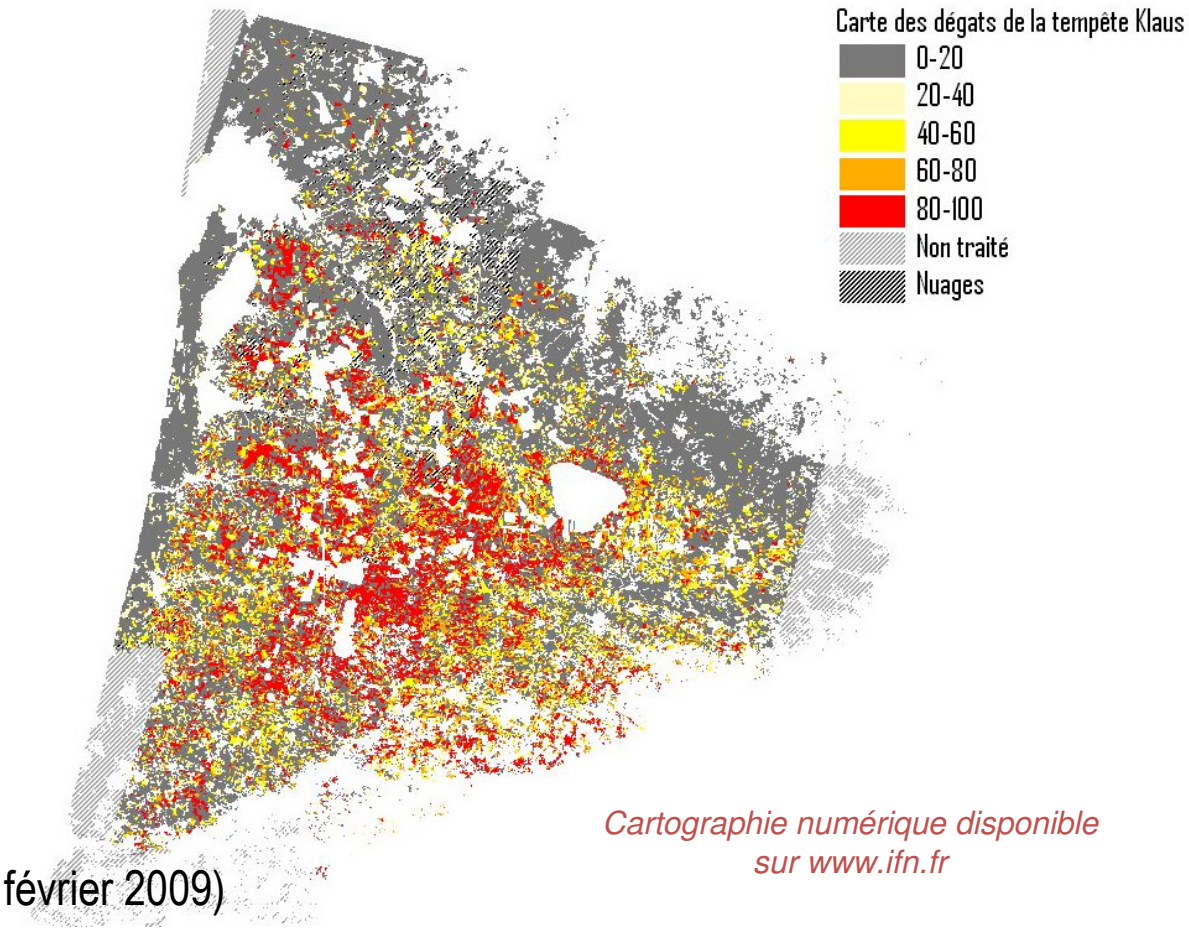
• Klaus (2009) dans le Massif landais

Images Spot 20m
Traitement image orienté objet

→ Précision cartographique

- SMR 1 ha
- Précision planimétrique 30 m

→ Bonne détection des dégâts >20%



Cartographie numérique disponible sur www.ifn.fr

Résultats statistiques IFN (retour terrain février 2009)

Surfaces (ha)	IFN (Site web)	Limitation essence principale Pin Maritime	Carte satellite
20-40% de dégâts	109 000	97 830	86 595
40-60% de dégâts	64 000	54 015	68 899
60-100% de dégâts	159 000	145 993	141 241
total dégâts	332 000	297 838	296 735
total dégâts sup 40%	223 000	200 008	210 140

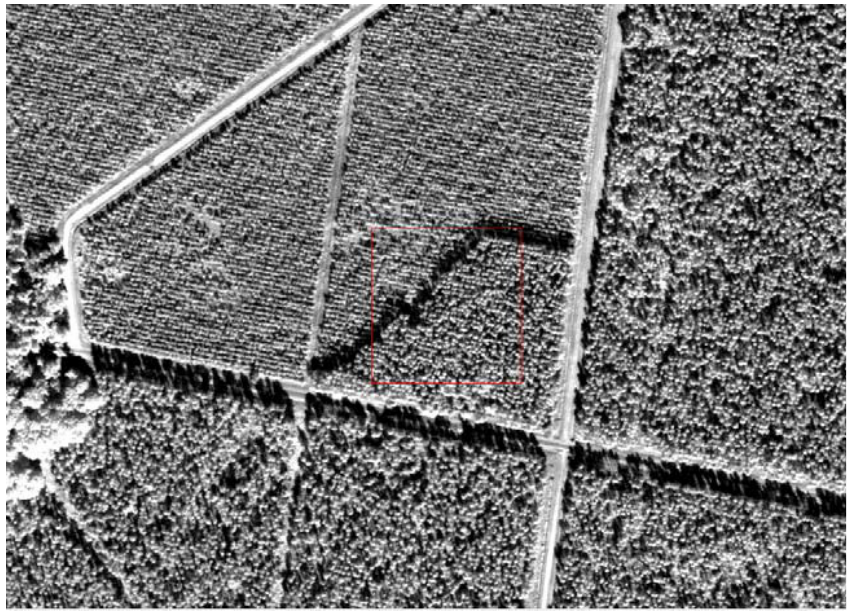
INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL

-Vers quelles innovations?

Très Haute Résolution spatiale **Pleiades** (50cm/2m)

Attentes: amélioration des précisions cartographique et thématique

Exemples: travaux en cours sur Massif landais de pin maritime



- **Texture**

classes structure forestière

changements (coupes, tempêtes)

thèse B.Béguet, 2011-2013, INRA/ENSEGID

- **Stéréoscopie**

hauteur peuplement -> biomasse, classe âge

Etude du Projet APSAT/SUDOE-Feder, 2012-2013, responsable: IGN

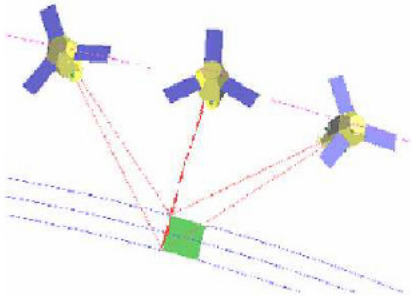
Innovations
Stéréoscopie et caractérisation de la ressource forestière

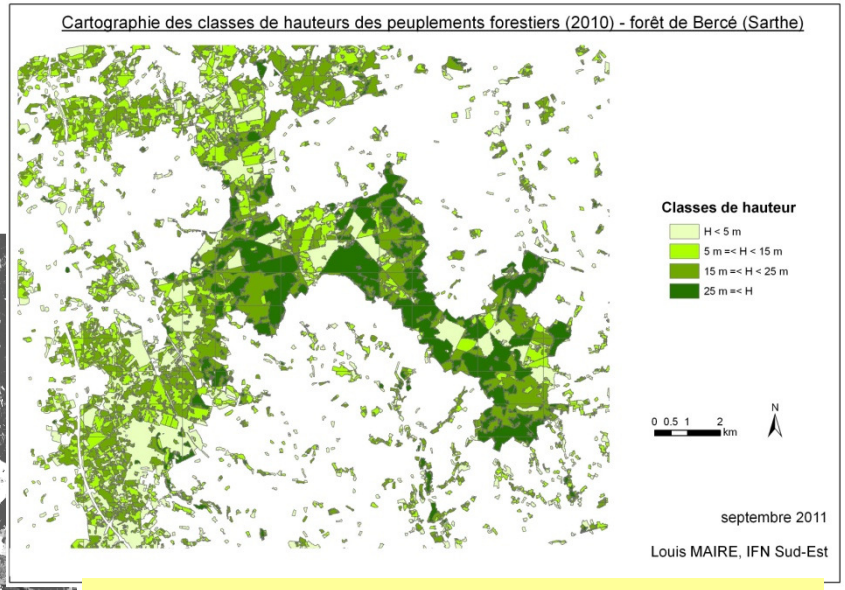
Modèle Numérique de Surface

Modèle Numérique de Canopée

MNC= MNS-MNT

Modèle Numérique de Terrain

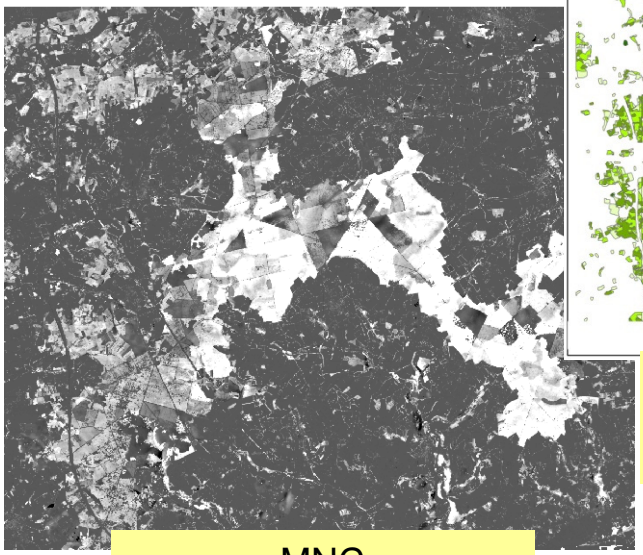




Classes de hauteur estimée

étude du biais en cours (ONF Orléans)

Exemple sur la forêt domaniale de Bercé à partir de Photographies aériennes à haute résolution (20-30 cm)



MNC

Exemples

2- RAVAGEURS

<u>Dégâts massifs et ~bien circonscrits dans le temps</u>

-Défoliation
Bombyx disparate, chêne, Forêt Haguenau, 1993-94
Cemagref/IFN/DSF

-Attaque massive de scolytes post-tempête 2009, massif landais
DSF/ Sertit / GIP Atgeri et IFN pour validation

- Changement radiométrie avant/après
Landsat TM, Spot : 5m-30m

-Points clefs:

-> Transposition/adaptation de méthodes existantes

-> Applications à développer au coup par coup

En fonction du ravageur: biologie, dynamique des populations , nature des dommages

En fonction des données satellitaires disponibles: archives , programmation

-> Validation cruciale

Défoliations chêne Bombyx disparate – Forêt indivise de Haguenau 1993/1994

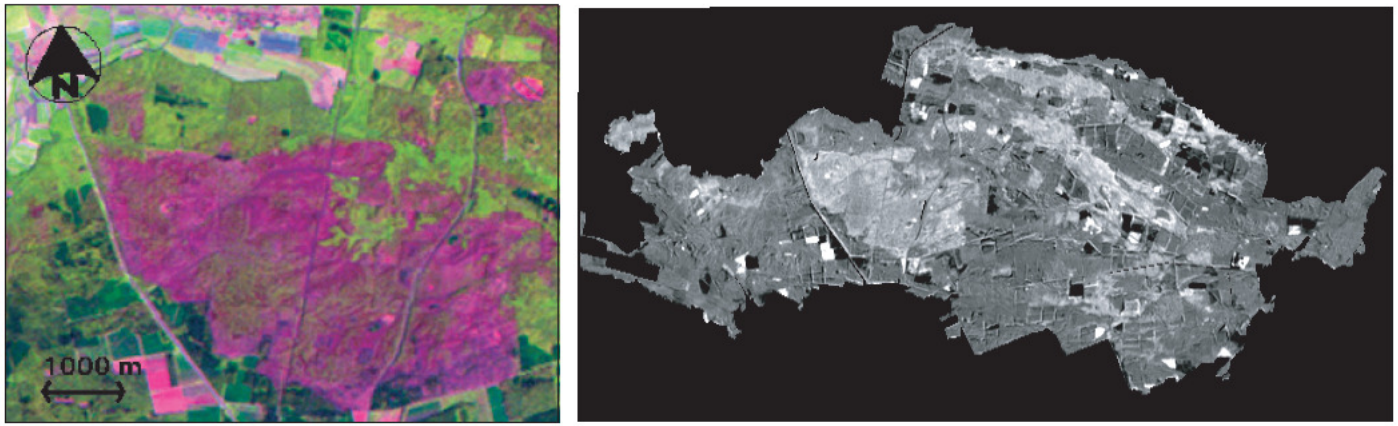


Figure 5. Gipsy moth defoliation mapping using Landsat TM imagery, Haguenau forest, France. Left, extract: colour composite (SWIR channel in red, NIR in green and Red in Blue). Defoliated areas appear in purple. Right, whole forest: difference image between Landsat 1994 and Landsat 1991 (TM 5 – SWIR channel); defoliated areas are in light shades.

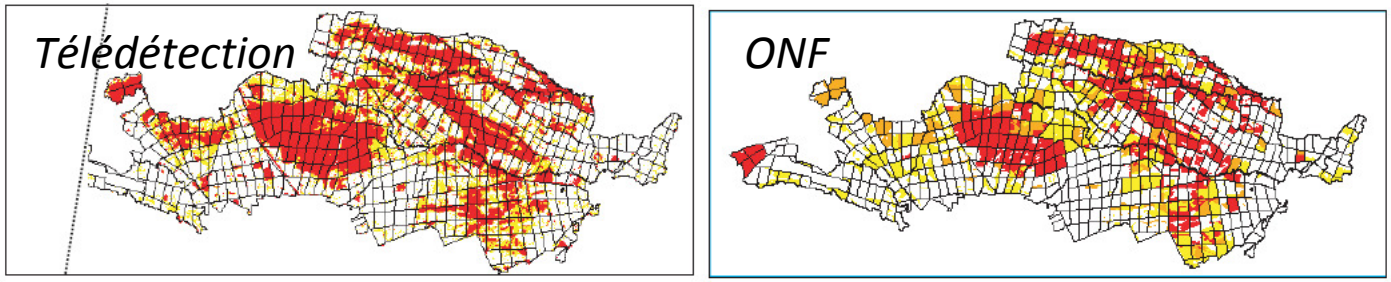


Figure 6. Comparison of gipsy moth defoliation maps derived from Landsat TM imagery (left) and ground observations (right). Haguenau forest, Alsace, France.

Cemagref

Inventaire Forestier National

Deshayes et al., 2006

Exemples

2- RAVAGEURS

<u>Dégâts massifs et pas bien circonscrits dans le temps</u>

-Défoliation massive par Processionnaire du pin
Massif landais, post tempête 2009

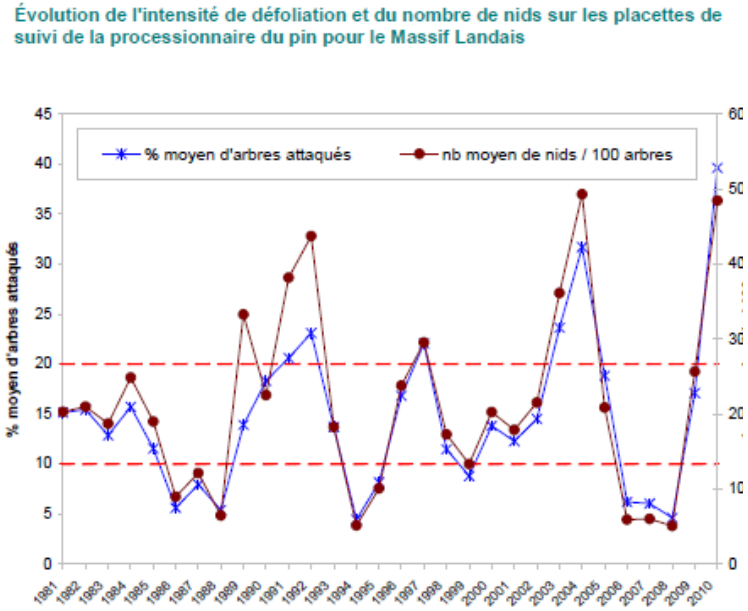
Collaboration INRA et DSF
En cours….

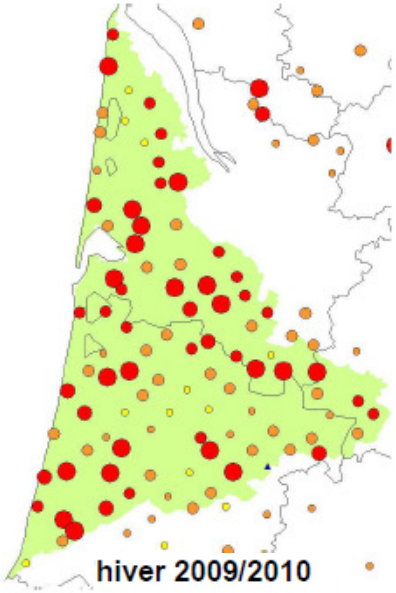
-Indicateurs multi annuels d'anomalie saisonnière du signal de télédétection
Série temporelle MODIS (250m), 10 ans
Echelle: paysage à région

- Points clefs:
-> Développement méthodologique: recherche, R&D
ravageur: dynamique multiannuelle des populations , nature des dommages
Interaction autres perturbations
-> Calibration nécessaire
-> Validation cruciale

Défoliation massive dans le massif de pin maritime aquitain en 2009-2010 par la Processionnaire du Pin (PP)

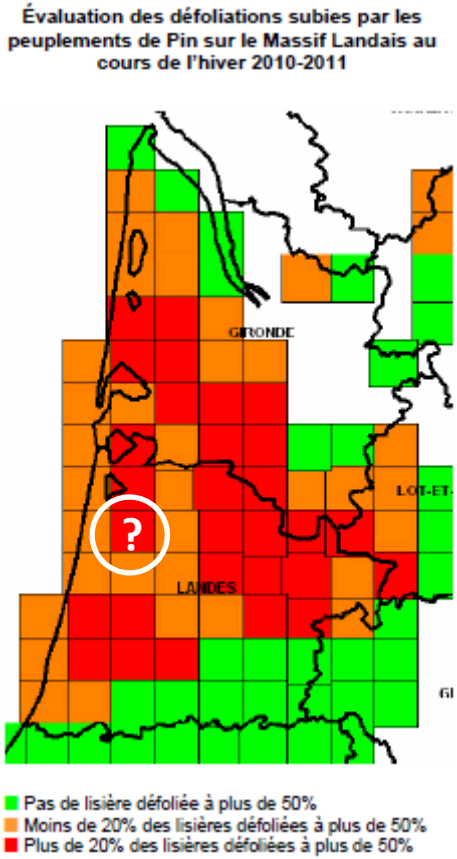
Réseau national de placettes de suivi de la PP





Culmination de la pullulation de la PP en 2009-2010

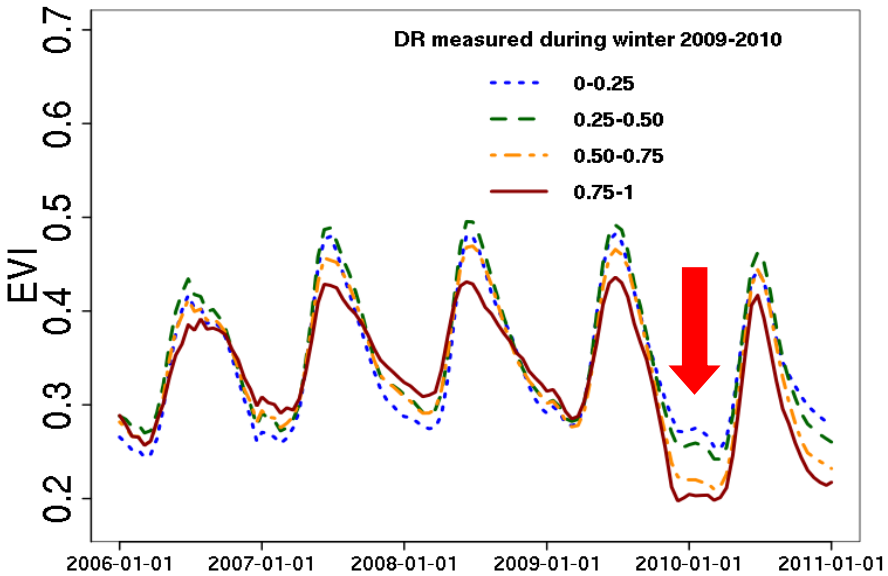
Défoliations à dire d'expert par quadrat 16*16 km



• Impact de la défoliation sur la dynamique saisonnière du signal de télédétection

Indice de végétation EVI

Série de données satellitaires MODIS (produit MOD13Q1: 250m, 16jours) 2001 – 2011

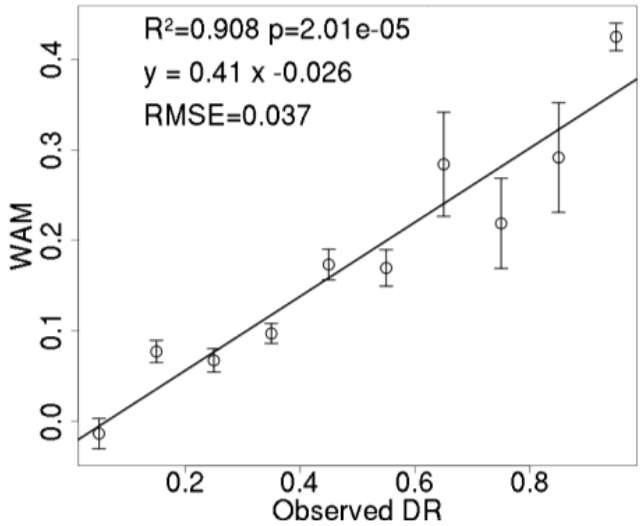


Baisse hivernale sensible de l'indice de végétation EVI des peuplements défoliés

$$\mathrm{WAM} = \frac{\frac{\sum_{y=2006}^{2009} EVImin_y}{4} - EVImin_{2010}}{\frac{\sum_{y=2006}^{2009} EVImin_y}{4}}$$

Corrélation entre le taux de défoliation (DR) observé et l'indicateur d'anomalie WAM de l'EVI

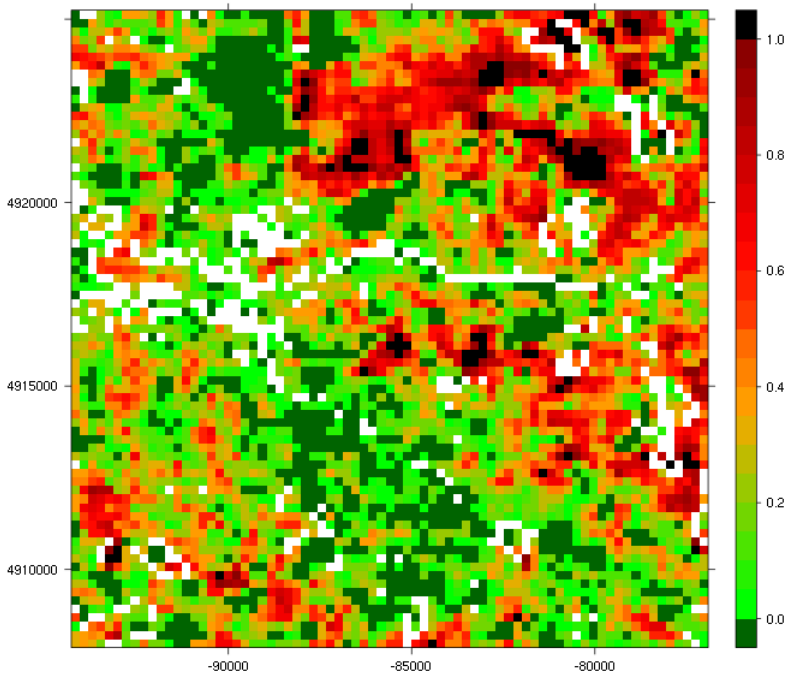
Modèle empirique de prédiction de DR



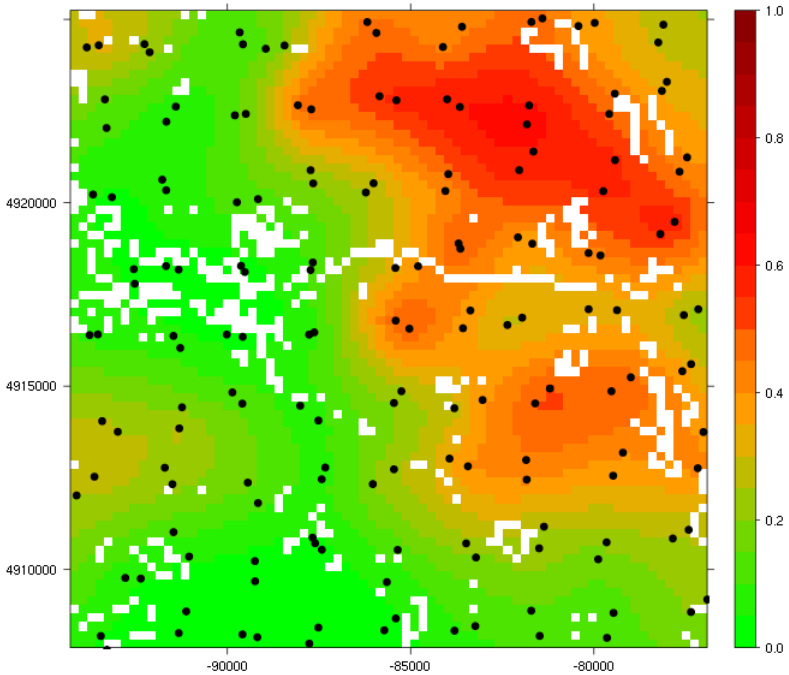
Bories et al., 2012

• Application et évaluation sur un quadrat 16*16km

Taux de défoliation estimé par télédétection



Taux de défoliation estimé au sol



La structure spatiale de la défoliation à l'échelle du paysage est bien restituée par télédétection
Perspectives d'application régionale

Bories et al., 2012

Exemples

3- Sécheresse

<u>Dégâts pas bien circonscrits le temps</u>

Exemple Sécheresse 2003, 2011

INRA /DSF

Indicateurs long terme d'anomalie saisonnière du signal de télédétection

Séries temporelles MODIS (250m à 1km), VEGETATION (1km): >10 ans

Large échelle

- Points clefs:

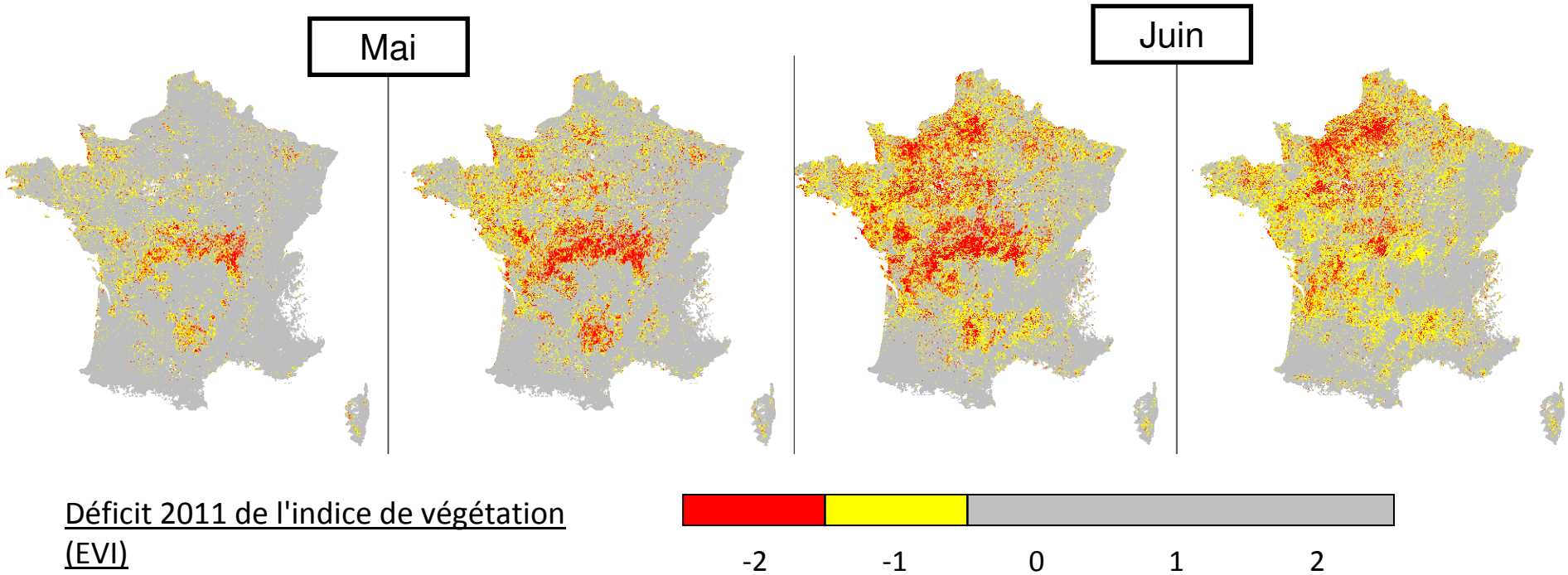
-> Validation des cartes d'anomalies produites

experts observation terrain <-> télédétection

• Déficit de végétation lié à la sécheresse 2011

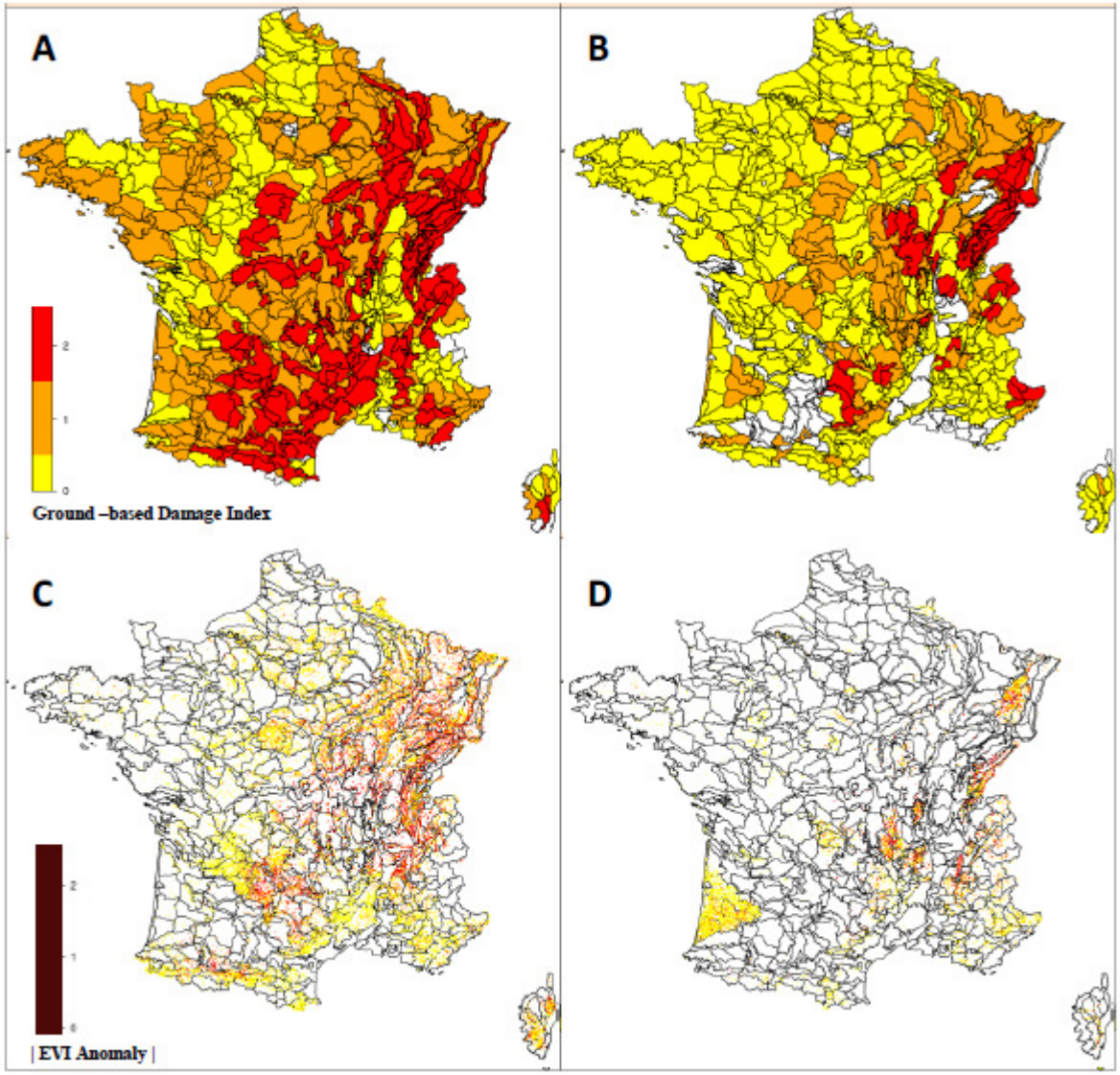
Indice de végétation EVI
Série de données satellitaires MODIS (produit MOD13A2: 1km, 16jours) 2001 – 2011

$$\text{Anomalie} = \frac{\text{EVI} - \text{moyenne EVI}^{2001\text{-}2010}}{\text{Ecart-type EVI}^{2001\text{-}2010}}$$



Samalens et al., 2012

• Validation des cartes d'anomalie produites
Exemple: sécheresse/canicule 2003



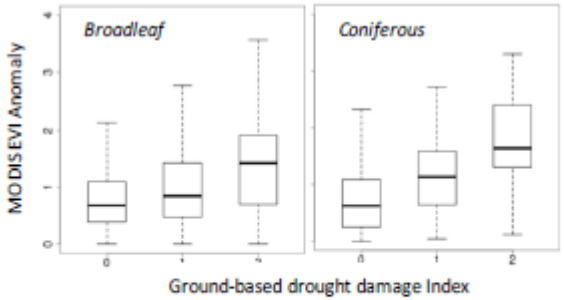


Figure 3: Boxplots (5, 25, 50, 75, 95% quantile) of EVI anomaly in 2003 averaged over the NFI regions (n=680) for the two forest types and according to 3 classes of observed drought damage (see the corresponding maps in figure 4).

Samalens et al., 2012

Télédétection complémentaire des autres systèmes d'observation

- Réseaux d'observation terrestres

- Inventaires forestiers

- Experts

L'observation de terrain

→ relier signal de télédétection et phénomènes biologiques

→ définir et paramétrer les méthodes d'analyse/traitement

→ évaluer/valider méthodes et résultats

La télédétection

→ une source de données parmi d'autres dans l'application finale

→« inter ou extrapolation spatiale et temporelle » / observation terrain

→ optimise/minimise l'effort de terrain

→ différentes données télédétection disponibles

résolution spatiale, temporelle, information exploitée (radiométrie, texture, stéréoscopie)

Conclusion

Utilisation complémentaire de la télédétection / autres sources d'information

Pas de solution 100% clef en main ou définitive

R&D indispensable

La technologie (capteurs, outils) évolue vite
Gains en résolution spatiale et fréquence temporelle

La demande en terme d'application n'est pas figée