

# Modélisation du cycle de végétation des écosystèmes forestiers tempérés à partir des données NOAA-AVHRR

Benoit Duchemin, Dominique Guyon, Jean-Pierre Lagouarde

► **To cite this version:**

Benoit Duchemin, Dominique Guyon, Jean-Pierre Lagouarde. Modélisation du cycle de végétation des écosystèmes forestiers tempérés à partir des données NOAA-AVHRR. Atelier de Modélisation de l'Atmosphère, Dec 1997, Toulouse, France. hal-02764807

**HAL Id: hal-02764807**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02764807>**

Submitted on 4 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.

# Modélisation du cycle de végétation des écosystèmes forestiers tempérés à partir des données NOAA-AVHRR

*Atelier de modélisation de l'atmosphère, Toulouse 2-3 décembre 1997, p. 277-280*

**Benoît Duchemin, Dominique Guyon, Jean-Pierre Lagouarde**  
Institut National de la Recherche Agronomique, Laboratoire de  
Bioclimatologie, B.P. 81, 33883 Villenave D'Ornon Cedex, France  
(tél.: 05-56-84-31-37; e-mail: duchemin@bordeaux.inra.fr)

## 1. INTRODUCTION

Le suivi de la végétation à l'échelle régionale est motivé par des préoccupations diverses: évaluation des ressources agricoles et naturelles de la planète, étude des mécanismes d'interaction entre la surface terrestre et l'atmosphère pour une meilleure paramétrisation des modèles météorologiques méso-échelle ou des bilans hydriques de bassins versants. Dans ce contexte, les données de télédétection haute fréquence temporelle et basse résolution spatiale -typiquement issues des satellites météorologiques NOAA-AVHRR à la résolution spatiale du km<sup>2</sup>- apparaissent comme un outil d'observation privilégié car elles permettent l'acquisition de données sur la totalité des terres émergées à une échelle de temps de l'ordre de la journée.

A ce jour, les études du milieu forestier par télédétection basse résolution spatiale ont principalement visé la caractérisation de la dynamique des écosystèmes boréaux ou des processus de déforestation en milieu équatorial et tropical. En zone tempérée, les données AVHRR ont été principalement utilisées pour la cartographie globale des forêts et la mise au point d'indices de risques d'incendies en zone méditerranéenne. Quelques références existent pour le suivi de paramètres biophysiques des forêts de conifères (Spanner et al. 1990; Running and Nemani 1988); elles sont pratiquement inexistantes dans le cas des forêts de feuillus.

Nous présentons ici quelques résultats issus de l'utilisation de deux séries temporelles NOAA-AVHRR dans un contexte d'analyse des écosystèmes forestiers tempérés. L'objectif premier est d'évaluer les potentialités de l'information temporelle AVHRR courte longueur d'onde (canaux visible et proche infrarouge) pour la caractérisation du cycle phénologique des forêts feuillues (chênes et hêtres dominants) et résineux (pin maritime des Landes).

## 2. LES DONNEES SATELLITAIRES

Deux archives NOAA-AVHRR à la résolution spatiale de 1.1 km<sup>2</sup> ont été mises à disposition du laboratoire. La première a été élaborée au CNES (Hagolle, 1991) à partir de données AVHRR journalières acquises au CMS Lannion en utilisant l'algorithme *Maximum Value Composite* (MVC, Holben 1986). Elle est composée de synthèses pentadaires d'images pour les mois de mars à octobre des années 1988 à 1990 des canaux visible (canal 1, 0.57-0.7 µm), proche infrarouge (canal 2, 0.72-1.1 µm), et NDVI (*Normalised Difference Vegetation Index*).

La deuxième est constituée de la totalité des données journalières de la mission NOAA-11, soit environ 2000 images pour la période 02/1989-09/1994. Elle a été élaborée au Centre Commun de Recherche (Ispra, Italie) dans le cadre du projet MARS (*Monitoring Agriculture with Remote Sensing*). La chaîne de prétraitement (Kerdiles, 1996) comprend la correction géométrique en projection Albers, la calibration *post-launch* et la correction atmosphérique des canaux courte longueur d'onde, ainsi que la détection des nuages. L'extraction des séries temporelles de données claires est réalisée en appliquant l'algorithme BISE (Viovy et al. 1992) sur les NDVI moyens sur chaque zone d'étude.

## 3. LES FORETS D'ETUDE

Une vingtaine de massifs forestiers répartis en France ont été sélectionnés selon des critères relatifs aux possibilités d'étude à l'échelle du km<sup>2</sup>, à la diversité des écosystèmes et à la disponibilité de données terrain et météorologiques. Ils sont localisés en plaine et d'hétérogénéité de composition très variables: de forêts monospécifiques (pin maritime pour les Landes, hêtre pour la forêt de Haye, chêne sessile pour Grésigne et Chauv...) à des mosaïques de parcelles de compositions diverses (pin sylvestre et chêne pour la forêt d'Orléans, mélange de feuillus pour Compiègne...).

#### 4. SPECIFICITE FEUILLUS/RESINEUX

L'effet du mélange feuillus/résineux sur les séries temporelles de NDVI est illustré sur la figure 1. Les profils traduisent en premier lieu la saisonnalité du cycle de végétation des écosystèmes. Il est d'autant plus marqué que le taux d'occupation du sol par des essences feuillues augmente (dynamique de 0.4 pour la forêt de Blois). La présence permanente de biomasse verte dans le cas des Landes limite les valeurs de NDVI hors saison végétative. Les différences de structure du couvert et des propriétés de réflectances des éléments le constituant se traduisent en été par un maximum de NDVI plus élevé dans le cas des feuillus. L'évolution temporelle de la variabilité locale du NDVI est également un bon estimateur du mélange feuillus/résineux. Dans le cas des Landes, elle est maximale au printemps, période où le contraste est maximum entre les peuplements adultes (canopées vertes) et jeunes (assimilables à du sol nu). Dans le cas des feuillus, elle est maximale à l'automne à cause de la forte variabilité spatiale de la sénescence des couverts. Pour les écosystèmes mixtes (forêt d'Orléans), les mêmes tendances se retrouvent et sont en fonction du taux du mélange feuillus/résineux.

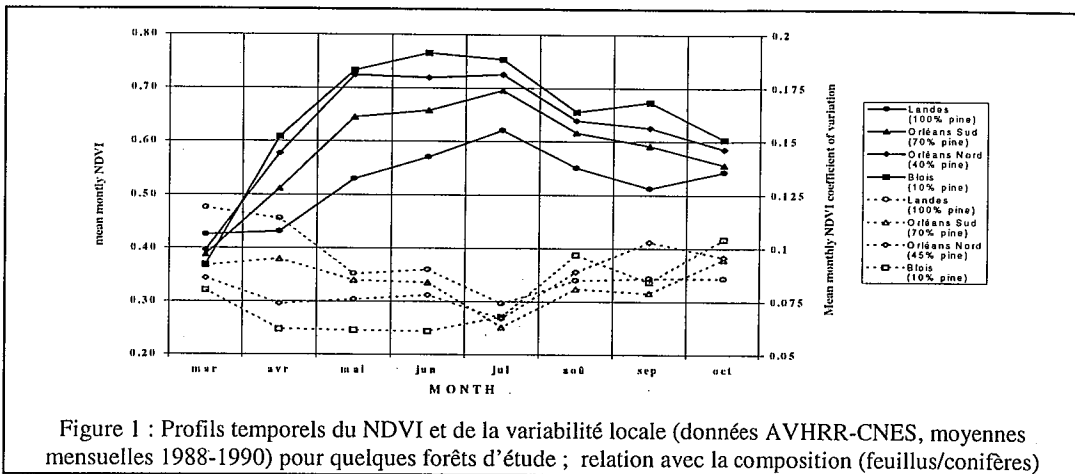


Figure 1 : Profils temporels du NDVI et de la variabilité locale (données AVHRR-CNES, moyennes mensuelles 1988-1990) pour quelques forêts d'étude ; relation avec la composition (feuillus/conifères)

#### 5. SUIVI PHÉNOLOGIQUE DES MASSIFS FORESTIERS DE FEUILLUS

L'objectif fixé est la description de la phénologie, en insistant en particulier sur le débourrement et la sénescence, des massifs forestiers de feuillus, pour les années 1989-1994 de la série AVHRR-MARS (Duchemin and Goubier, 1997). Les premiers résultats tirés des données AVHRR-CNES ont démontré la faisabilité de l'étude, en raison de la bonne dynamique du NDVI. Le principal problème réside en la disponibilité de données claires aux dates-clés du cycle végétatif, réduite dans le cas de cette archive constituée de synthèses pentadaires.

Trois massifs forestiers purs, de composition ou de climats comparables deux à deux ont été sélectionnées : Grésigne (chêne sessile dominant, sud-ouest de la France), Chauv (chêne sessile à 80%, nord-est de la France) et Haye (hêtre à 90%, nord-est de la France). L'analyse des séries temporelles AVHRR-MARS (figure 2) a permis de quantifier l'effet des phénomènes de transition du couvert sur l'évolution temporelle du NDVI : le débourrement induit une augmentation de 0.35 à 0.75 en 30 jours, la sénescence une diminution de 0.7 à 0.4 en 50 jours. L'évolution temporelle du NDVI est quasiment linéaire pendant ces périodes.

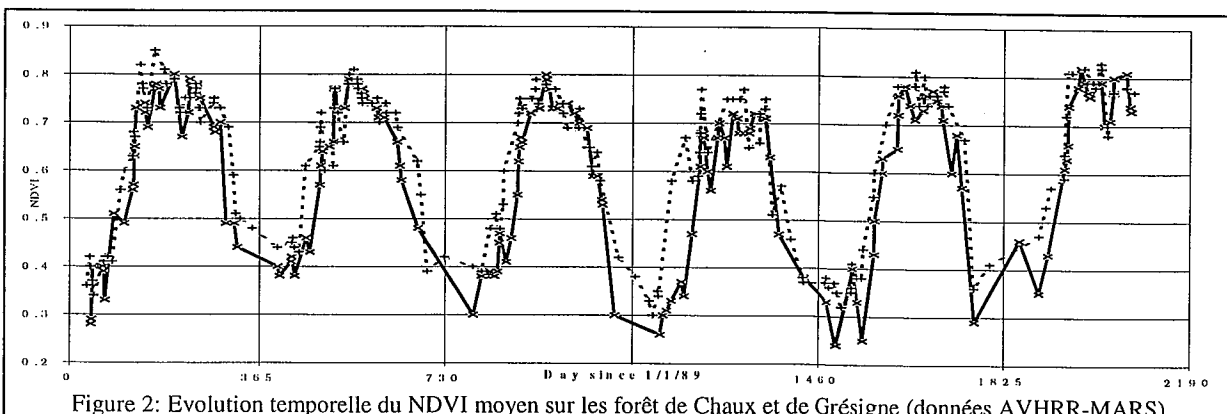
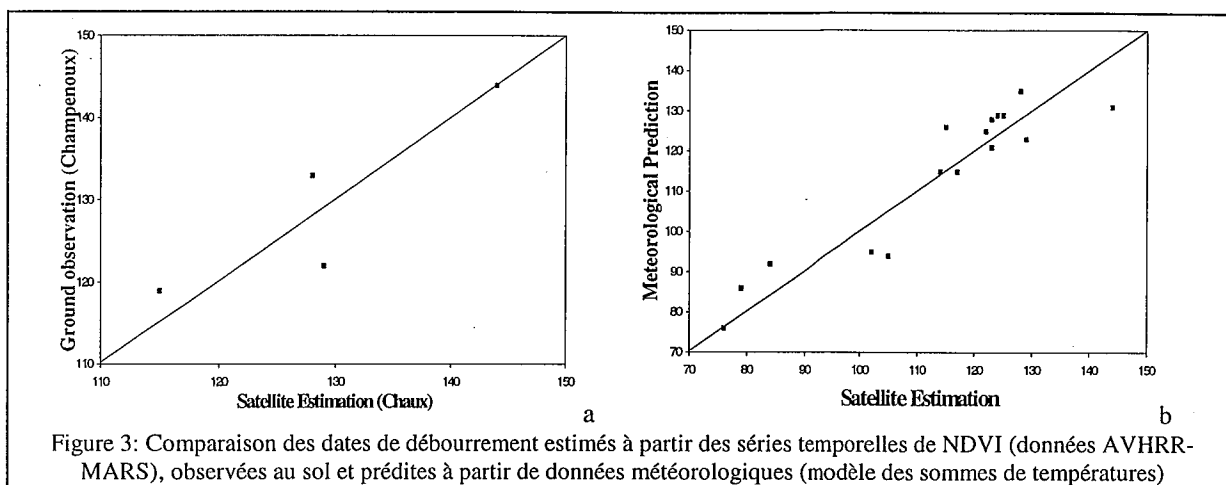


Figure 2: Evolution temporelle du NDVI moyen sur les forêts de Chauv et de Grésigne (données AVHRR-MARS)

Ces observations ont permis la construction d'un modèle linéaire d'évolution temporelle de NDVI pour chacun des phénomènes de transition du couvert. Les séries temporelles de paramètres statistiques entre modèle

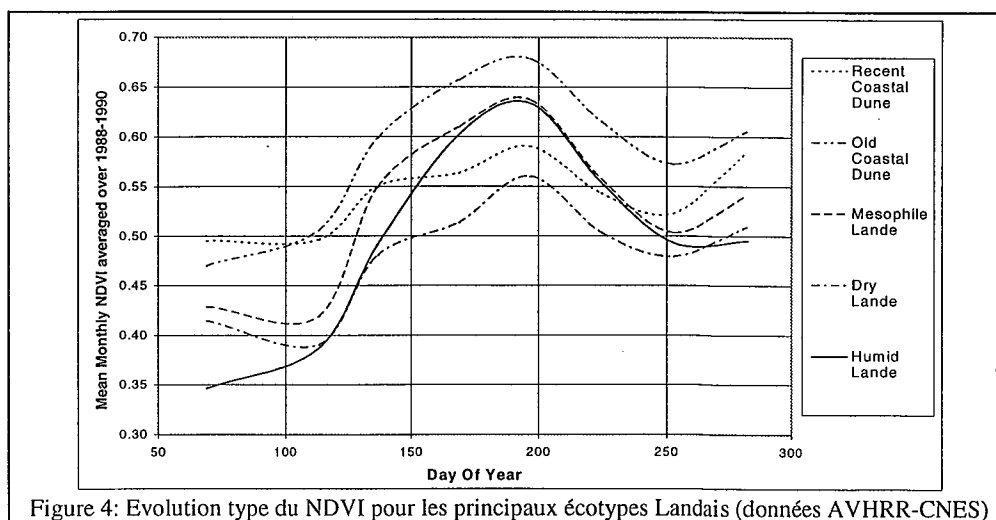
et mesures AVHRR (corrélation, erreur quadratique moyenne...) ont été construites par translation sur l'axe temporel. La détection de point d'erreur quadratique minimale permet d'extraire une date de débourrement et de sénescence pour chaque année de l'archive AVHRR-MARS et chaque forêt d'étude. Ces valeurs sont définies par une valeur de NDVI modélisée de 0.55 ; une relation du type exponentielle entre LAI et NDVI démontre que des les estimées par cette méthode correspondent à 40% de la mise en place du feuillage pour le débourrement et 60% du jaunissement dans le cas de la sénescence.

Les résultats ont été validés en utilisant trois approches distinctes. Premièrement, la comparaison entre les trois forêts d'étude révèlent la cohérence des estimations satellitaires : le cycle phénologique de Grésigne est plus long que celui de Chaux (en moyenne de 40 jours) ; une tendance à la précocité du débourrement du hêtre a été observée par rapport à celui du chêne. Deuxièmement, la correspondance entre les dates de débourrement estimées par le NDVI sur le forêt de Chaux et observées (Bréda et Granier 1996) pour une parcelle de chêne sessile en forêt de Champenoux, de climat comparable, est excellente (figure 3a). Enfin, l'analogie entre dates de débourrement prédites à partir de données météorologiques (modèle des sommes de température de l'air, cf. Kramer 1994) et estimations satellitaires est remarquable pour les trois forêts d'étude (figure 3a).

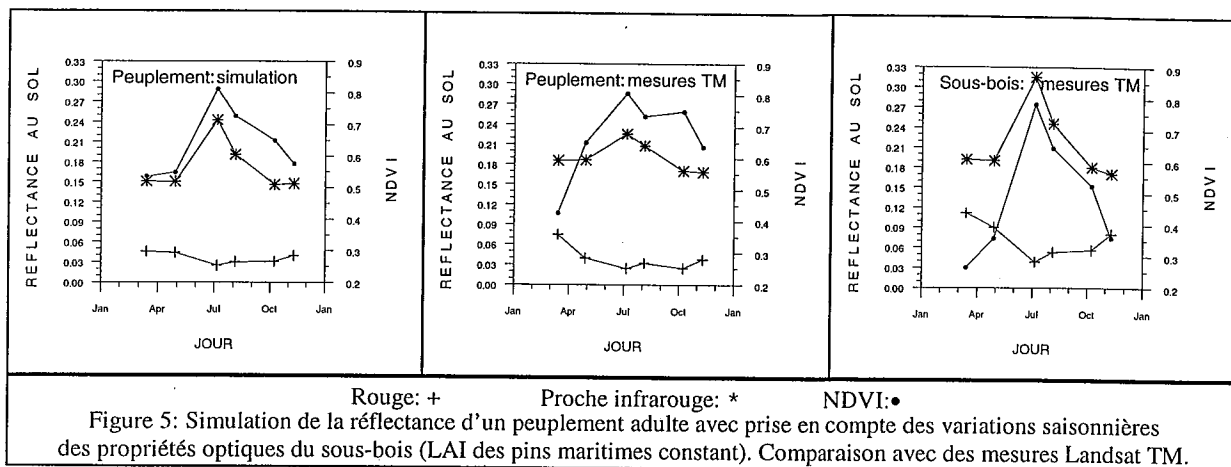


## 6. CYCLE DE VÉGÉTATION DES DIFFÉRENTS ÉCOTYPES LANDAIS

L'exploitation des deux séries temporelles AVHRR sur le massif Landais a mis en relief la sensibilité du NDVI à la composition végétale du pixel de 1 km<sup>2</sup> (Duchemin et al., 1997). La principale source de variabilité spatio-temporelle du NDVI est le type de Lande (figure 4). Il est caractérisé par la nature pédologique (présence d'une couche de sol induré ou non) qui détermine les potentialités hydriques et le degré de fertilité des sols et induit une variabilité spatiale de la composition du sous-bois (typiquement molinie en lande humide, fougère aigle en lande mésophile et callune en lande sèche).



Des simulations fondées sur un modèle de réflectance bidirectionnelle dérivé de Roséma et al. (1992) confirment le faible poids des variations saisonnières de la structure des arbres. La dynamique temporelle du NDVI (figure 5) dépend fortement de l'absorption du rayonnement visible par le système sous-bois/canopée. En revanche, la variabilité temporelle du signal proche infrarouge est en premier lieu fonction de l'état du sous-bois.



## 7. CONCLUSION

L'analyse de deux séries temporelles NOAA-AVHRR a mis en relief le potentiel des données courte longueur d'onde pour la caractérisation de la phénologie des écosystèmes forestiers tempérés. Dans le cas des feuillus, la bonne dynamique temporelle du signal permet d'envisager la modélisation de l'évolution temporelle du LAI. Un premier algorithme pour la détermination des dates clés pour du cycle de la végétation (débourrement, sénescence) a été proposé. Une étude de l'effet du climat et de la composition forestière, à partir de données météorologiques et terrain, en valide la pertinence. Pour les résineux (pin maritime des Landes), les variations saisonnières des réflectances et indices de végétation sont moins nettes ; une analyse de sensibilité a été réalisée à l'aide d'un modèle de réflectances bidirectionnelles et de données Landsat TM. Elle permet d'expliquer la saisonnalité du NDVI en fonction en particulier de la nature de sous-bois. Ces travaux laisse entrevoir les possibilités d'une cartographie globale des différents écotypes composant le massif Landais.

## Références :

- Bréda N. and A. Granier, 1996:** Intra- and interannual variations of transpiration, leaf area index and radial growth of a sessile oak stand (*Quercus petraea*). *Ann. Sci. For.* 53, pp. 521-536.
- Duchemin B., D. Guyon and J.P. Lagouarde, 1997 :** Potential and limits of NOAA-AVHRR temporal composite data for phenology and water stress monitoring of temperate forest ecosystems. *soumis à IJRS*.
- Duchemin B. and J. Goubier, 1997 :** Monitoring the phenological cycle duration of temperate deciduous forest ecosystems with NOAA-AVHRR satellite data. *soumis à IJRS*.
- Hagolle O., 1991:** Chaîne de traitement CNES des images AVHRR-NOAA. Campagnes 1988-1989-1990. Manuel de l'utilisateur. *Rapport interne CNES*.
- Holben B.N., 1986:** Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data.. *Int. J. Remote Sensing, Vol. 7, No. 11, pp. 1417-1434*.
- Kerdiles H., 1996:** Software for processing AVHRR data for the communities of Europe (SPACE): algorithms used in space version 2. Part. 1: calibration, atmospheric correction and cloud detection. *JRC-SAI-AIS technical note, 24 pp., Ispra, Italy*.
- Kramer K., 1994:** Selecting a model to predict the onset of Growth of *Fagus sylvatica*. *Journal of applied ecology, 31, 172-181*.
- Roséma A. , W. Verhoef, H. Noorbergen, J.J. Borgesius 1992 :** A new first light interaction model on support forest monitoring. *Remote Sens. Environ.* 42:23-41.
- Running S.W. and R. R. Nemani, 1988:** Relating seasonal patterns of the AVHRR Vegetation index to Simulated Photosynthesis and Transpiration of Forest in Different Climates. *Remote Sens. Environ.* 24:347-367.
- Spanner M.A., L.L. Pierce, S.W. Running, and D.L. Peterson, 1990:** The seasonality of AVHRR data of temperate coniferous forests: relationship with leaf area index. *Remote Sens. Environ.*, 33, 97-112.
- Viovy N., O. Arino, and A.S. Belward, 1992:** The best index slope extraction (BISE) : a method for reducing noise in NDVI time-series. *Int. J. Remote Sensing, vol. 13, NO. 8, pp. 1585-1590*.