

SUIVI DES CONDITIONS HYDRIQUES A L'ECHELLE REGIONALE A PARTIR DES DONNEES SATELLITAIRES DANS L'INFRAROUGE THERMIQUE

B. Seguin*, M. Savane* et B. Guillot**

*Station de Bioclimatologie-INRA-BP 91 84143 Montfavet cedex

**Antenne ORSTOM - Centre de Météorologie Spatiale - BP 147
22302 Lannion

Résumé

Les satellites météorologiques peuvent apporter une contribution significative à la caractérisation de l'état hydrique de la végétation à l'échelle régionale, en complément des suivis agrométéorologiques classiques. C'est l'infrarouge thermique, dont on peut déduire la température de surface, qui permet d'accéder à l'évapotranspiration réelle ETR par le biais du bilan énergétique de surface. L'utilisation d'une relation linéaire simplifiée conduit à l'estimation et à la cartographie de l'ETR, à partir des données meteosat, étalonnées par noaa. Les résultats obtenus mettent bien en évidence les contrastes climatiques entre les différentes régions françaises et les caractéristiques particulières des années étudiées (1985-1989), en particulier les sécheresses.

Abstract

Meteorological satellites may significantly help to characterize vegetation water status at a regional scale, as a complement to classical agrometeorological monitoring. The thermal infrared domain, from which surface temperature may be computed, allows to approach actual evapotranspiration ETR by the way of surface energy balance. Use of a simplified linear relationship allows to estimate and map ETR from meteosat data, calibrated by noaa. Obtained results well display the main climatic features of french regions as well as specific characteristics of studied years (1985 to 1989), especially droughts.

Mots-Clés

Téledétection - satellite - climatologie - agrométéorologie - bilan hydrique - évapotranspiration

Keywords

Remote sensing - satellite - climatology - agro-meteorology - water assessment - evapotranspiration

Introduction

Les caractéristiques hydriques, du point de vue climatique, peuvent être suivies tout au cours de l'année et comparées à des normales climatologiques à partir de mesures classiques du réseau météorologique. Il est possible de considérer, de manière simple, le bilan théorique correspondant à la différence P-ETP entre pluviométrie P et évapotranspiration potentielle ETP. Il est cependant généralement préférable de prendre en compte le rôle du réservoir tampon du sol et donc de passer à un bilan hydrique plus élaboré, permettant de calculer l'évapotranspiration réelle ETR à l'échelle régionale, en se rapprochant de la réalité de l'alimentation en eau des couverts végétaux (Choisnel, 1977).

Les satellites météorologiques, par leur répétitivité temporelle et leur résolution spatiale (5 km pour METEOSAT, 1 km pour NOAA) peuvent apporter une contribution intéressante dans ce domaine, en particulier grâce à l'apport du domaine infrarouge thermique. Celui-ci permet en effet d'accéder à une température de surface, représentative de l'état hydrique des surfaces naturelles (Seguin, 1989).

Ce thème fait l'objet de travaux de recherche depuis une dizaine d'années à la Station de Bioclimatologie INRA d'Avignon, dans le but de proposer une méthode d'estimation de l'ETR à l'échelle régionale en associant des données satellitaires et celles du réseau météorologique classique.

La combinaison de résultats expérimentaux (soit en France, plus particulièrement sur le site de la Crau - Seguin et al (1982), soit en Afrique sahélienne - Seguin et al, 1989) et de travaux théoriques (Seguin et Itier, 1983 ; Riou et al, 1989 ; Lagouarde, 1989) a conduit à proposer une méthode d'estimation simplifiée, basée sur la relation :

$$ETR_j = R_{nj} + a - b (T_s - T_a)_i$$

où : ETR_j représente l'ETR journalière,

R_{nj} le rayonnement net journalier,

$(T_s - T_a)_i$ l'écart entre température de surface par satellite et T_a température de l'air en milieu de journée.

Les coefficients **a** et **b** sont des coefficients d'ajustement, essentiellement fonction de la rugosité de la surface concernée.

A partir de cette relation, qu'il est possible d'intégrer sur des périodes de temps (pentades ou décades) compatibles avec les échelles de temps climatologiques.

$$\sum_0^n ETR = \sum_0^n R_n + na - b \sum_0^n (T_s - T_a),$$

le cumul $\sum(T_s - T_a)$ apparaît comme un indicateur possible de stress hydrique à l'échelle régionale.

Cette grandeur (proposée par Jackson et al (1977) sous le nom de stress-degree-day pour caractériser le stress hydrique à l'échelle de la parcelle) peut maintenant être obtenue de manière continue en utilisant :

- d'une part, les synthèses des observations de T_s à partir de METEOSAT et NOAA, par périodes de 5 jours ;

- d'autre part, les données de température maximale de l'air sous abri en réseau météorologique.

La présente communication a pour but de présenter les résultats d'une première analyse, dans une perspective opérationnelle, de suivi des conditions hydriques à l'échelle régionale dans le cas de la France. Elle s'appuie, pour l'essentiel, sur le travail de thèse de Savane (1990) pour les années 1985 à 1987, complété par une analyse préliminaire des années 1988 et 1989.

1. Les données utilisées

Les données satellitaires de base sont les synthèses thermiques de METEOSAT, élaborées au cms de Lannion (valeurs maximales, à partir des cycles journaliers, par périodes de 5 jours, pour chaque pixel d'environ 5 x 7 km sur la France). Ces synthèses s'appuient sur l'avantage essentiel de METEOSAT, à savoir l'observation quasi-permanente (fréquence nominale de toutes les 1/2 h). Pour remédier à l'imprécision assez forte des températures de surface obtenues par METEOSAT (qui résultent, d'une part d'un étalonnage assez peu précis et d'autre part des problèmes d'absorption atmosphérique), il a été décidé de corriger ces valeurs à partir de données plus précises obtenues par les satellites NOAA-AVHRR. La meilleure résolution radiométrique et la possibilité d'effectuer une correction des effets atmosphériques par la combinaison linéaire des deux canaux thermiques (méthode dite du split-window) permet, en effet, d'obtenir une précision de l'ordre de 2 à 3° (Kerr et Lagouarde, 1989).

La combinaison des données NOAA à certaines dates et des synthèses METEOSAT issues de Lannion (les détails sont présentés dans le mémoire de Savane (1990)) permet de corriger les valeurs absolues obtenues à partir de ces synthèses et d'obtenir une précision ainsi voisine de celle permise par NOAA.

L'étude utilise parallèlement, les données météorologiques du réseau INRA géré par le STEFCE à Avignon. 17 sites ont été identifiés sur le territoire français (fig. 1), pour lesquels sont ainsi disponibles :

- d'une part la température de l'air maximale par période de 5 jours ;

- d'autre part les éléments du bilan radiatif (rayonnement net R_n) et du bilan hydrique calculé par le modèle MAGRET, adapté par J.P. Lagouarde à partir du modèle earth (Choisnel, 1977).

2. Résultats et discussions

Le travail présenté a permis :

- d'une part, d'évaluer les informations apportées par le suivi de $\Sigma T_s - T_a$ au cours du temps sur les différents sites étudiés ;
- d'autre part, de cartographier l'ETR à l'échelle régionale à partir de la relation simplifiée présentée dans l'introduction.

2.1. Evolution de $\Sigma T_s - T_a$ au cours de l'année

L'évolution de $\Sigma T_s - T_a$ traduit bien les différences climatiques entre régions pour une année donnée.

Ainsi, l'exemple de la figure 2 pour 1985 montre bien le contraste entre les régions plus humides (Lorraine, Bassin Parisien, Bretagne) et les régions plus sèches du Sud de la France (Midi-Pyrénées, Provence, Languedoc).

Cette figure montre, par ailleurs, qu'il est possible d'identifier clairement un épisode de sécheresse (la courbe de Toulouse évolue rapidement, à partir de mi-août, pour dépasser les valeurs de Montpellier et d'Avignon, exprimant ainsi la sécheresse de fin d'été et d'automne dans le Sud-Ouest en 1985).

Par ailleurs, pour une région donnée, elle traduit bien les différences climatiques entre les années (fig. 3). La comparaison entre 1986 et 1987 montre une valeur de $\Sigma T_s - T_a$ nettement plus élevée pour la première année, effectivement plus sèche que la seconde, qui a été régulièrement arrosée.

Les compléments apportés par l'analyse ultérieure des années 1988 et 1989 confirment l'intérêt des informations apportées par le suivi de $\Sigma T_s - T_a$, en particulier pour l'identification de la sécheresse de 1989.

La figure 4 montre le contraste habituel entre les climats plus humides du Nord et ceux plus secs du Sud, mais elle met en évidence le cas particulier de Toulouse. Habituellement, les valeurs de ce site se situent en dessous de ceux d'Avignon et de Montpellier, alors qu'elles font apparaître des valeurs plus élevées en 1989 à partir de juillet, traduisant ainsi l'ampleur de la sécheresse de cet été dans le Sud-Ouest.

La figure 5, qui concerne le site de Toulouse, confirme le caractère très particulier de 1989, qui apparaît notablement plus sec que 1986 et 1987, alors que 1988 est très nettement en dessous des valeurs des autres années.

2.2. Cartographies de l'ETR

Les résultats exposés plus haut montrent l'intérêt de $\Sigma T_s - T_a$ en tant qu'indicateur de l'état hydrique, pouvant répondre à des objectifs de diagnostic rapide de zones touchées par les sécheresses. Pour permettre une interprétation plus quantitative, il peut être souhaitable de recourir à une analyse plus complète, en intégrant les valeurs observées de $\Sigma T_s - T_a$ dans le calcul de l'ETR à partir de la relation simplifiée présentée plus haut. Les données METEOSAT sont alors utilisées comme outils d'interpolation spatiale des valeurs d'ETR calculées pour chaque site. Ceci permet d'obtenir des cartographies, présentées dans la figure 6.

Celles-ci permettent de quantifier les contrastes entre les régions septentrionales (valeurs sur 6 mois, de mai à octobre, de l'ordre de 400 mm en 1986, 500 mm en 1987) et méridionales (de l'ordre de 250 mm en 1986, 350 mm en 1987). Elles mettent bien en évidence, par ailleurs, le contraste entre ces deux années, indiquées par ces valeurs. La cartographie de 1986 indique clairement également l'extension de l'épisode de sécheresse dans la région du Sud Ouest (gradient Est-Ouest) allant de 400 mm pour Bordeaux à 200 mm vers Carcassonne) et le contraste classique le long de la vallée du Rhône (gradient Nord-Sud, de 350 mm pour Montélimar à 200 mm pour Montpellier et même moins de 150 mm à Perpignan).

Conclusion

La combinaison de données satellitaires dans l'infrarouge thermique et de données climatiques du réseau apparaît comme un bon outil de suivi des conditions hydriques, en complément ou en alternative des modèles de bilan hydrique.

Les résultats présentés montrent l'intérêt du paramètre $\Sigma T_s - T_a$ pour un diagnostic de sécheresse, à l'échelle nationale ou européenne, alors que la cartographie d'ETR permet de quantifier la sévérité et l'extension spatiale des épisodes.

Nous nous efforçons actuellement d'exploiter les données acquises en 1989 pour préciser les possibilités ainsi mises en évidence sur un épisode climatique précis et important par ses conséquences économiques.

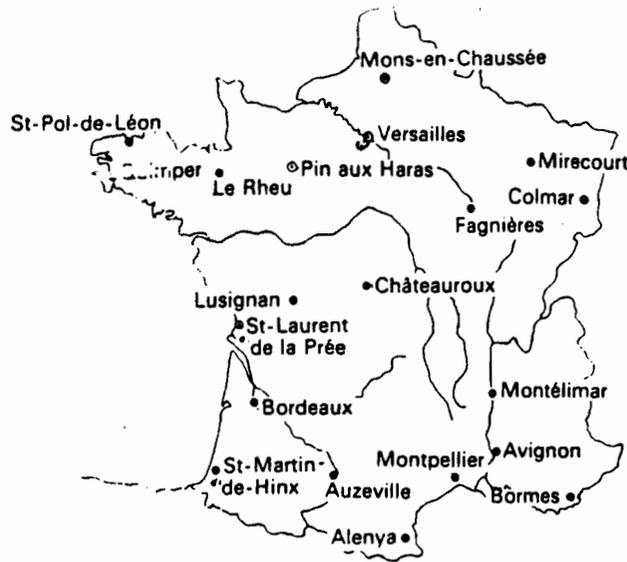


Figure 1 : Carte des stations climatiques du réseau INRA-STEFCE utilisées pour cette étude.

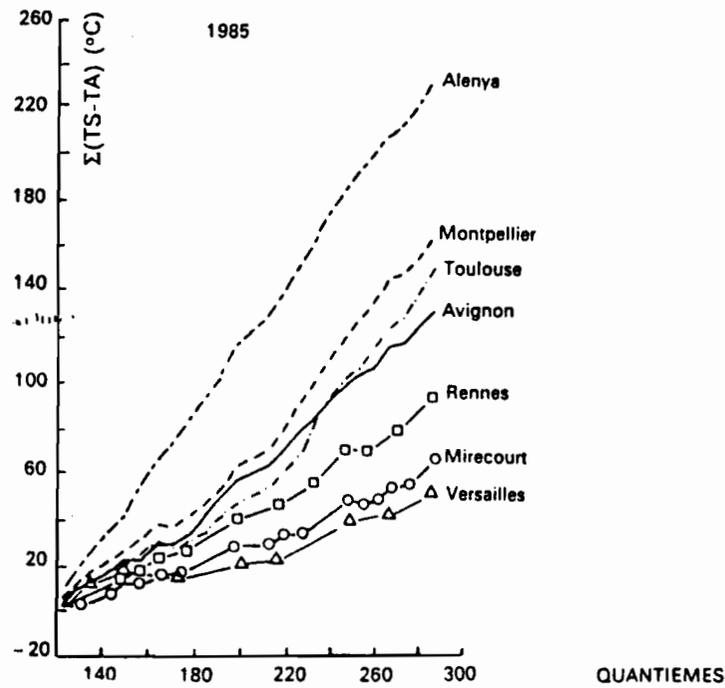


Figure 2 : Evolution de $\Sigma T_s - T_a$ pour différents sites au cours de l'année 1985.

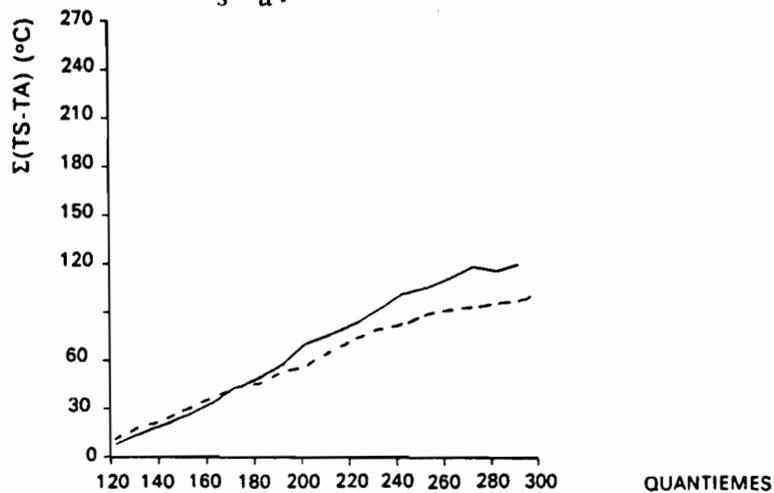


Figure 3 : Evolution comparée de $\Sigma T_s - T_a$ en 1986 et 1987 pour Avignon. (1986 - 1987)

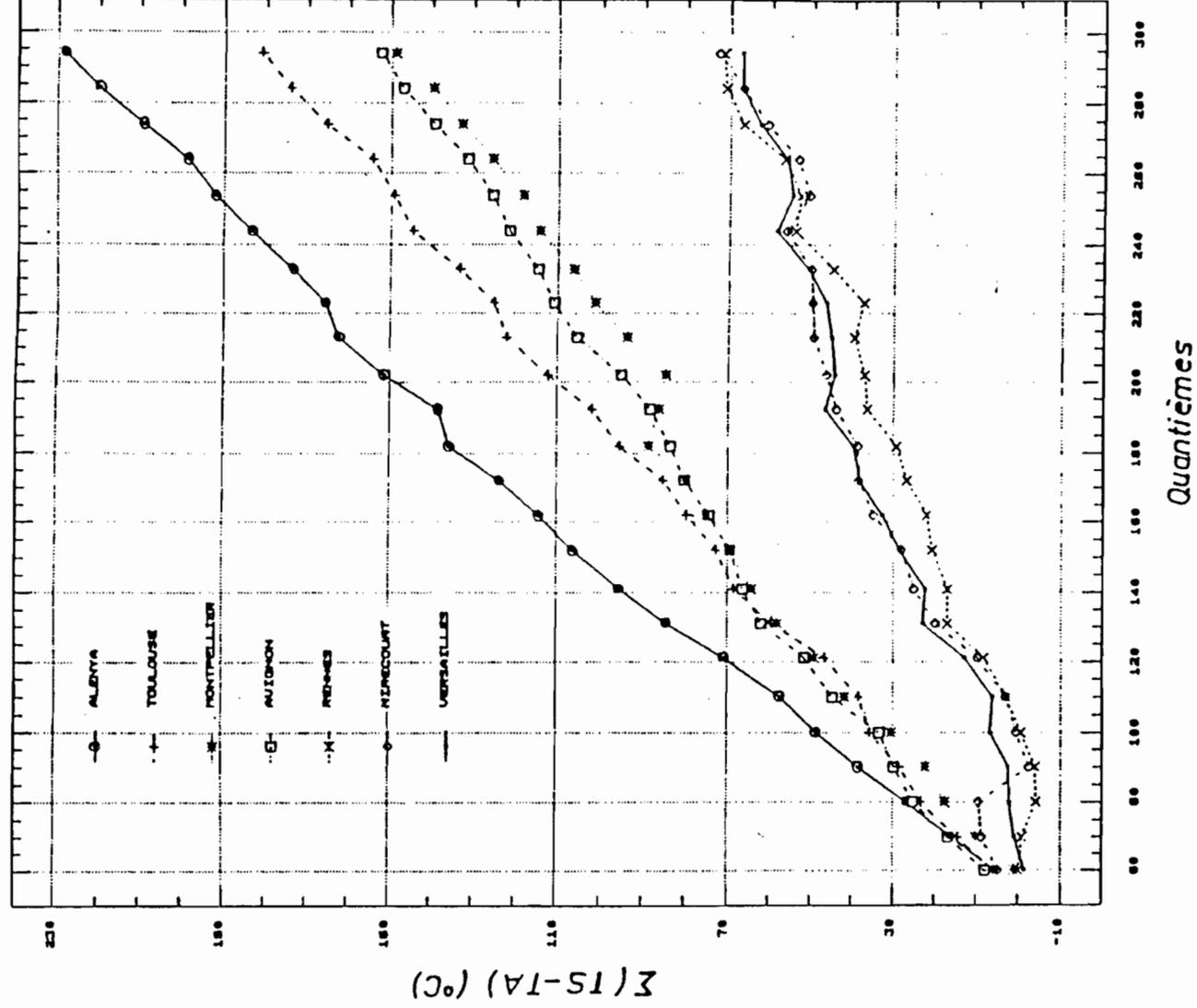


Figure 4 : Evolution de $\Sigma T_s - T_a$ pour différents sites au cours de l'année 1989.

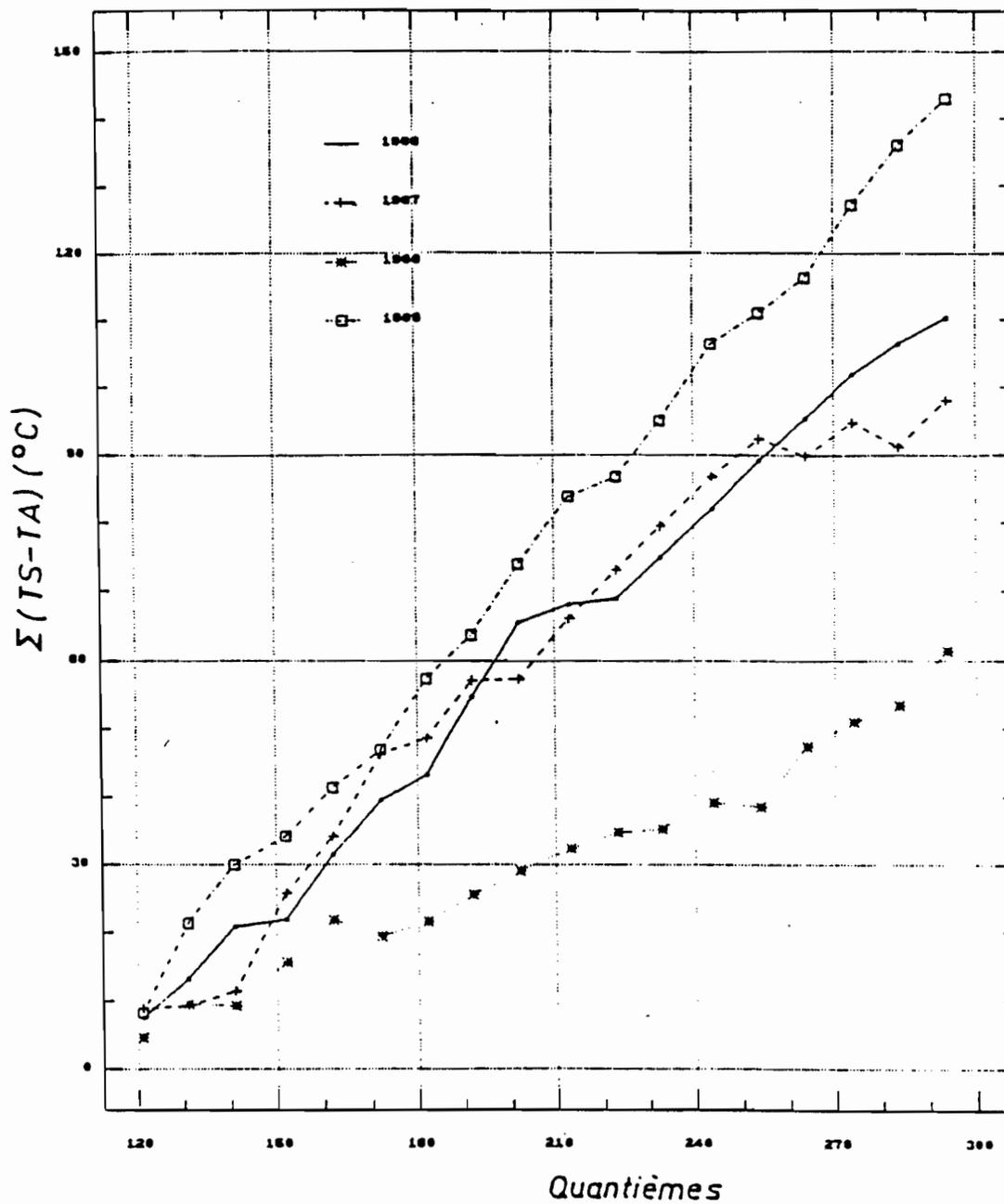


Figure 5 : Evolution comparée de $\Sigma T_s - T_a$ pour les années 1986 à 1989 pour la région de Toulouse.

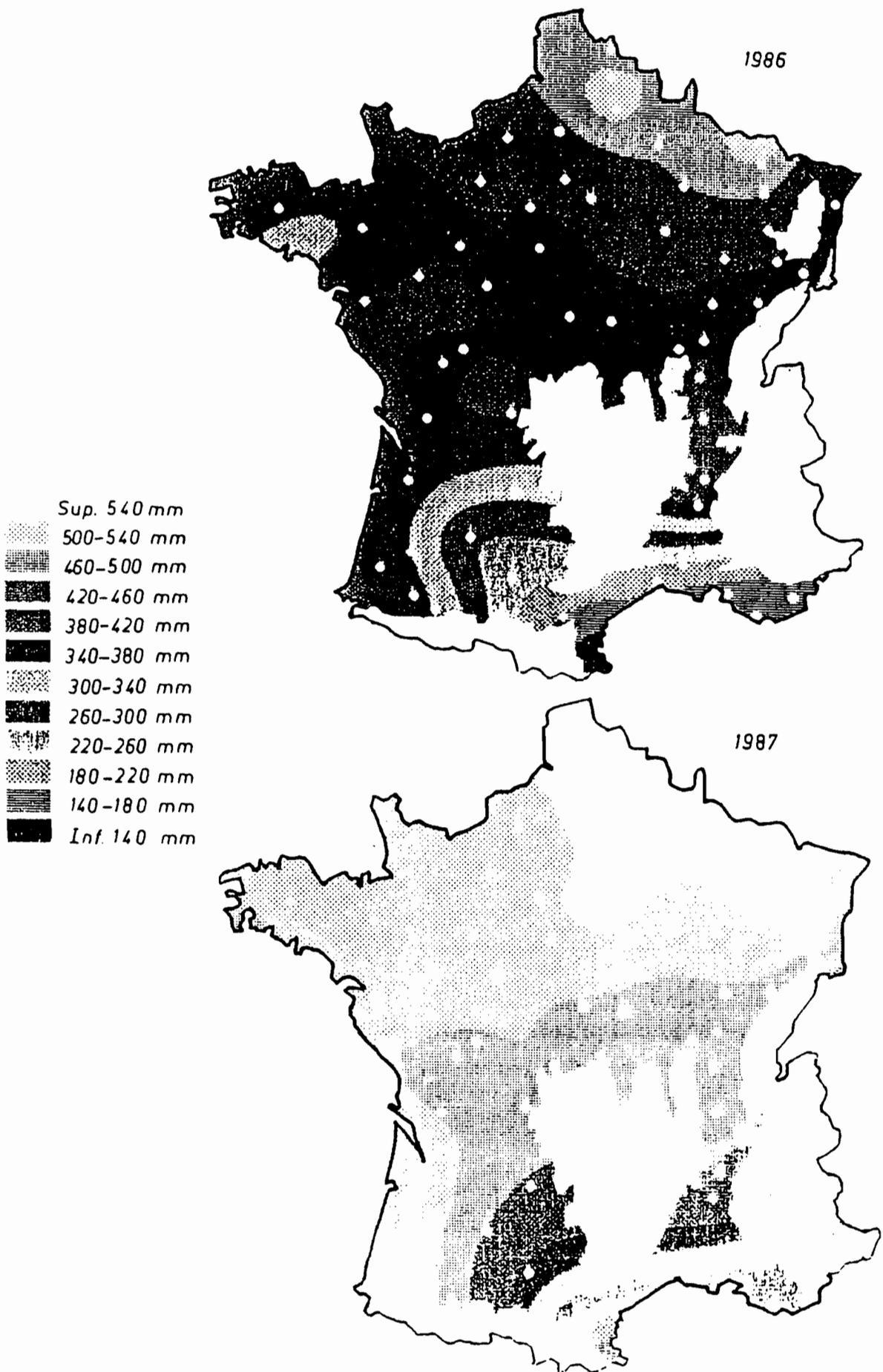


Figure 6 : Cartographie de l'ETR sur 6 mois (mai-octobre) pour les années 1986 (a) et 1987 (b).

BIBLIOGRAPHIE

JACKSON, R.D. REGINATO R.J. et IDSO S.B. (1987)

Wheat canopy temperature : a practical tool for evaluation water requirements. *Water Resour. Res.*, 13 : 651-656.

KERR Y.H. et LAGOUARDE J.P., 1989.

On the deviation of land surface temperature from AVHRR data, 4th AVHRR data user meeting. Rotherburg (FRG) Sept 89. A paraître dans *Proceedings*.

LAGOUARDE J. P., 1990.

Use of NOAA-AVHRR data combined with an agrometeorological model for evaporation mapping. A paraître dans *Int. Journ. Rem. Sens.*

RIOU Ch., ITIER B. et SEGUIN B., 1988.

The influence of surface roughness on the simplified relationship between daily evaporation and surface temperature *Intern. Journ. Rem. Sens.*, 9 : 1529-1533.

SAVANE M., 1990.

Utilisation des satellites météorologiques pour le suivi du bilan hydrique à l'échelle régionale: application à la France. Thèse de Doctorat. Université de Clermont-Ferrand, mars 1990, 243 pp.

SEGUIN B., BAELZ S., MONGET J.M. et PETIT V., 1982.

Utilisation de la thermographie IR pour l'estimation de l'évaporation régionale. *Agronomie*, 2: 7-16 and 113-118.

SEGUIN B. et ITIER B, 1983.

Using midday surface temperature to estimate daily evaporation from satellite thermal IR data. *Inter. Journ. Rem. Sens.*, 4 : 371-383.

SEGUIN B., 1989.

Use of surface temperature in agrometeorology. In "Applications of remote sensing to agrometeorology". Kluwer, Amsterdam, 221-240.

SEGUIN B., ASSAD E., FRETEAUD J.P., IMBERNON J., KERR Y.H. et LAGOUARDE J.P., 1989.

Use of meteorological satellites for rainfall and evaporation monitoring. *Int. Journ. Rem. Sens.*, 10, 847-854.

Volume 3

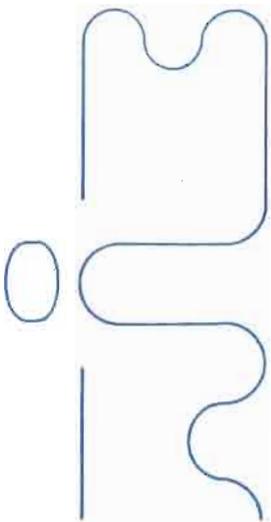
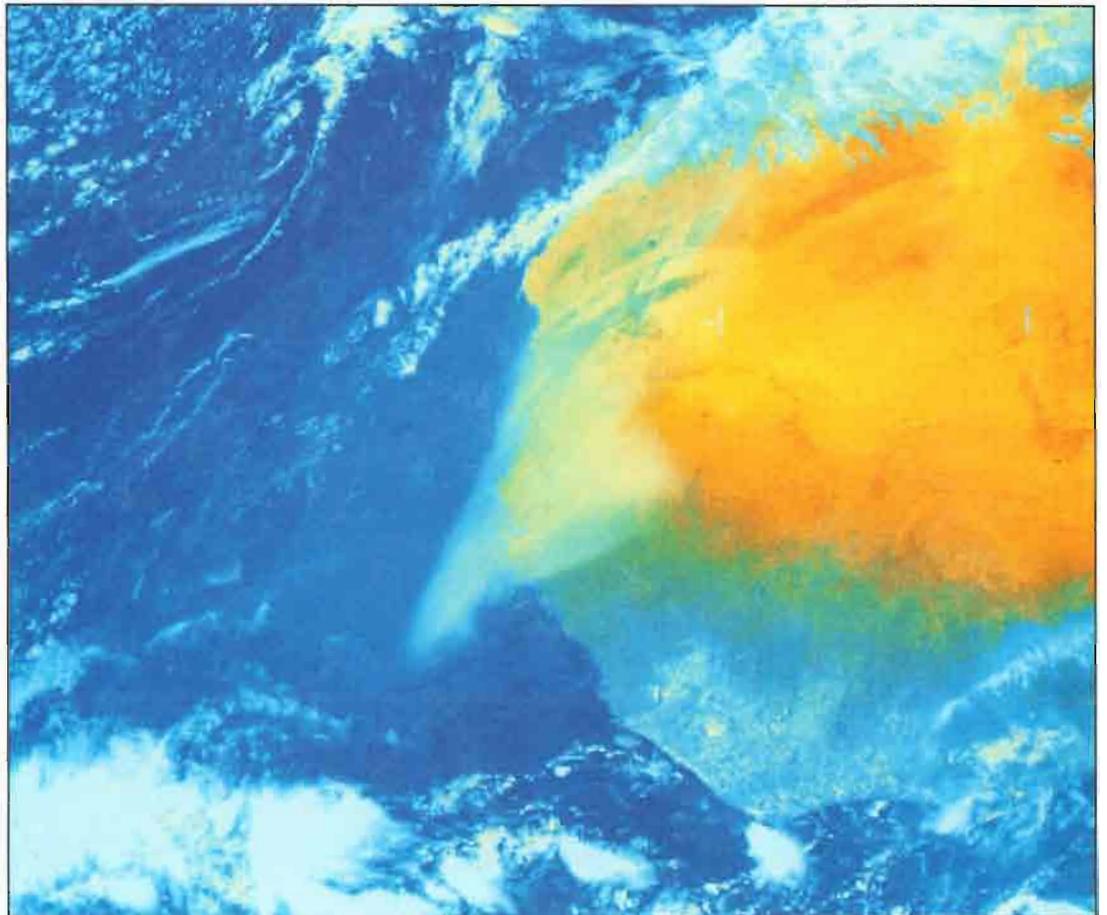
Publications de l'Association Internationale de Climatologie

Association
Internationale
de Climatologie

Satellites et Climatologie

Actes du Colloque
de Lannion - Rennes (France)
20 - 22 juin 1990

édités par Jean Mounier
Université de Rennes 2



Volume 3

Publications de l'Association Internationale de Climatologie

Association
Internationale
de Climatologie

Satellites et Climatologie

Actes du Colloque
de Lannion - Rennes (France)
20 - 22 juin 1990

édités par Jean Mounier
Université de Rennes 2

avec le concours de l'antenne O.R.S.T.O.M. de Lannion
sous la direction de Bernard Guillot et J.-Paul Lahuec

