

XIV CONGRES DE LA SOCIETE INTERNATIONALE
DE PHOTOGRAMMETRIE - HAMBURG 1980

N° de la commission : 7

N° du groupe de travail : 7/1

Genre d'exposé : COMMUNICATION

Nom des auteurs : Ph. HEBERT - G. SAINT

CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES - TOULOUSE - FRANCE

M. VALADAS

UNIVERSITE DE LIMOGES - LIMOGES - FRANCE

-0-0-0-0-

CARTOGRAPHIE DE L'EVOLUTION DU MANTEAU NEIGEUX
DU MASSIF CENTRAL A L'AIDE DES IMAGES DU SATELLITE "TIROS N"

I - OBJECTIF

Dans les zones montagneuses, la neige constitue un élément important qui conditionne la vie des populations, modère l'environnement, procure des ressources. La connaissance de la distribution du manteau neigeux et de son évolution peut apporter des renseignements précieux à l'aménageur pour l'établissement d'un plan de rupture de l'isolement hivernal, par exemple, aux services de production d'énergie hydraulique pour la prévision et la gestion des retenues, et au chercheur sur le plan de la climatologie et de la géomorphologie, etc ...

La convergence de ces différents intérêts sur les montagnes du centre de la France, le Massif Central, nous a amené à choisir cette zone comme secteur test pour y réaliser en collaboration avec le Centre de la Météorologie Spatiale (CEMS), l'UER de Géographie de l'Université de Limoges, un essai de cartographie de l'évolution du couvert neigeux.

II - METHODES DE TRAVAIL

Notre hypothèse de travail étant qu'au cours d'une saison hivernale, nous devions disposer d'une série suffisamment importante d'images. Notre choix porta sur le satellite météorologique NOAA 5, qui malgré un pouvoir de résolution limité (de l'ordre du kilomètre) avait l'avantage de pouvoir nous fournir très théoriquement une image quotidienne, par les services du CEMS de Lannion. En fait nous avons demandé à ce dernier de nous faire parvenir la meilleure image hebdomadaire, ce qui, pour des raisons climatiques ne fut pas toujours possible (pour l'ensemble de la période considérée, novembre 77 jusqu'en avril 78, soit 30 semaines) seules 8 situations particulièrement favorables ont été analysées.

La cartographie fut effectuée, à partir d'images représentées par 12 tons de gris dans les deux bandes spectrales, visible et infrarouge thermique du radiomètre de NOAA 5.

Pour faciliter le travail d'interprétation, un traitement numérique visant à améliorer localement les contrastes fut appliqué sur les images brutes.

Des cartographes établirent des documents à l'échelle du 1/500 000° en reportant sur un fond topographique les limites du manteau perçues sur les images correspondant à la bande visible et à la bande infrarouge.

Une fois les cartes établies, elles furent soumises à l'analyse et à la critique d'un chercheur qui, sur le terrain, disposait de nombreuses observations sur les couvertures neigeuses de certains endroits caractéristiques (exposition, relief, micro-climat).

III - LES PREMIERS RESULTATS

3.1. - Localisation de la zone étudiée

Sur cette image du sud de la France prise par satellite (Fig. 1) nous distinguons :

- à gauche le littoral atlantique, en bas à droite le littoral méditerranéen
- et les grands massifs montagneux, la barre pyrénéenne et l'arc alpin.

Le Massif Central se situe au centre de cette image. On distingue une tache blanche témoin de la présence de neige sur le Plomb du Cantal. La faible étendue du manteau s'explique par la date avancée, dans la saison, de la prise de vue (13 Mai).

3.2. - Evolution du couvert neigeux

Pour illustrer ce phénomène nous avons choisi 2 dates rapprochées. Le 19 mars, l'enneigement est considérable. C'est le résultat d'abondantes chutes de neige de la mi-mars qui s'ajoutant aux neiges anciennes donne un enneigement proche du maximum hivernal. Seuls les grands couloirs liés aux vallées principales laissent d'étroites voies de passage (fig. 2)

Dix jours plus tard, le 28 mars la situation s'est considérablement modifiée. Nous distinguons nettement les différents massifs (Cantal, Aubrac, Margeride, etc ...).(Fig. 3)

Enfin une troisième date, plus éloignée montre une situation extrême. Le manteau se réduit à quelques traces sur les flancs du Plomb du Cantal. (fig. 4)

3.3. - Premières conclusions

D'une manière générale les renseignements fournis par ces images paraissent fondamentaux. Les images prises par satellite permettent d'obtenir des instantanés montrant la distribution de la neige pour l'ensemble du Massif Central.

Le contrôle terrain et les mesures au sol sont en concordance, à de rares exceptions près, avec les images du satellite. Dans les cas d'enneigement important la limite neige, terre sans neige est précise. Sur une image du mois de janvier, nous avons pu constater que la limite estimée au moyen du canal visible correspondait à la limite réelle et située entre deux stations distantes de moins de 4 kms. Par contre lors de période de fonte, la limite fournie par ce même canal visible est beaucoup plus imprécise et correspond à une zone d'enneigement plus discontinue où la neige plus ou moins fondante se présente sous forme de plaques et de congères. La limite peut être obtenue par interpolation linéaire entre la zone enneigée et la zone libre de neige suivant la pente.

Le canal infrarouge complète les informations du canal visible surtout en période de fonte, où une température plus uniforme et voisine de 0° peut caractériser la zone de transition (fig. 5)

3.4. - Les problèmes rencontrés

En dehors des problèmes de résolution spatiale et de disponibilité des données non polluées par les nuages, les difficultés rencontrées concernent la distinction entre les nuages et la neige et les déformations géométriques des images.

Compte tenu des bandes spectrales du satellite NOAA 5 il était impossible de séparer les nuages de la neige par une méthode qui ne fasse pas appel à l'interprétation du cartographe basée soit sur des critères morphologiques soit sur une concordance avec le relief. Dans cette hypothèse, il est absolument nécessaire de pouvoir localiser avec précision la zone concernée et de disposer des observations au sol.

IV - UTILISATION DES IMAGES "TIROS N"

La mise en service du satellite TIROS N au mois d'octobre 1978 doté d'un radiomètre à 4 bandes nous a permis de résoudre en partie les problèmes que nous avons rencontrés et de pouvoir envisager d'effectuer une cartographie plus automatique du manteau neigeux.

Le satellite météorologique TIROS N est un prototype précédant une série de satellites opérationnels.

Sa résolution au sol est de 1,100 kms et il est équipé d'un radiomètre à 4 canaux :

- une bande dans le visible (0.55 - 0.9 micromètre) (canal 1)
- une bande dans le proche infrarouge (0.725- 1 micromètre) (canal 2)
- une bande dans l'infrarouge moyen (3.55 - 3.95 micromètre) (canal 3)
- une bande dans l'infrarouge thermique (10.5- 11.5 micromètre) (canal 4)

La fréquence de prise de vue est quotidienne.

4.1. - Méthode d'analyse d'une image

Sur l'image du 8 avril 1979 nous avons retenu a priori 4 classes d'objets qui semblaient se dégager : les eaux libres (mer, lac), les nuages, la neige et la terre. Cette dernière classe regroupant en fait les sols nus, les sols recouverts de végétation et les zones urbaines . (fig. 6)

Dans chacune de ces classes nous avons prélevé plusieurs échantillons afin de calculer les paramètres statistiques, moyenne et écart type, des valeurs radiométriques dans les 4 canaux.

D'autre part, nous avons effectué des transects pour suivre l'évolution des valeurs radiométriques de chacune des classes d'objets dans les zones de transition : terre-nuage, neige-nuage, terre-mer, terre-neige, nuage-mer.

4.2. - Interprétation des informations statistiques et des transects

La figure n° 7 représente les signatures spectrales des différentes classes d'objets que nous avons retenues. Il faut tout d'abord noter l'apparition d'une 5ème classe : une autre classe nuage.

Les réponses spectrales de la classe terre et de la classe eau sont assez semblables et se distinguent aisément des autres surtout dans les canaux 1 et 2. Entre-elles, elles peuvent se différencier assez facilement en comparant leurs valeurs radiométriques respectives dans le canal 2 (proche infrarouge).

Par contre les canaux 1 et 2 ne permettent pas de distinguer la neige des nuages. Mais il apparaît clairement que suivant le type de nuage la distinction peut être faite soit à l'aide du canal 3 (infrarouge moyen) soit à l'aide du canal 4 (infrarouge thermique).

Dans le premier cas on distingue la neige des nuages de type "brumes" ou des nuages dont la température est relativement élevée. Dans le second cas, nous sommes en présence de nuages dont la température apparente est inférieure à celle de la neige.

La figure n° 8 représente le profil radiométrique d'une zone de transition située sur la chaîne des Apennins en Italie. On distingue de gauche à droite une zone eau, puis une zone terre, une zone nuages, une zone terre, une nouvelle zone nuages, une zone terre, puis une zone neige.

On remarquera l'effondrement des valeurs radiométriques du canal 3 sur la zone neige et l'accroissement des valeurs de ce même canal sur les zones nuages.

4.3. - Méthode de classement proposée

La méthode proposée est basée sur deux types d'informations :

- un critère de forme de la signature spectrale et une ou plusieurs valeurs radiométriques.

En revenant à la figure 7 il apparaît clairement que :

- les critères de forme permettent de séparer les objets en 3 classes :

- . les classes terre et eau,
- . les classes neige et nuages,
- . la classe nuage (brumes)

- les seuils radiométriques permettent de distinguer :

- . la classe terre de la classe eau à l'aide du canal 2,
- . la classe neige d'une classe nuage à l'aide du canal 4.

La figure 9 représente le résultat du classement de l'image du 8 avril sur la zone du Massif Central. On remarque en particulier la présence d'un nuage sur l'Aubrac.

V - CONCLUSION

La contrainte de vouloir suivre le plus rigoureusement possible l'évolution du manteau neigeux qui dans le cas du Massif Central peut être extrêmement rapide, nous oblige à traiter le plus de situations possibles. Compte tenu des conditions climatiques dues à la période hivernale d'observation, il est nécessaire de traiter des images plus ou moins polluées par les nuages.

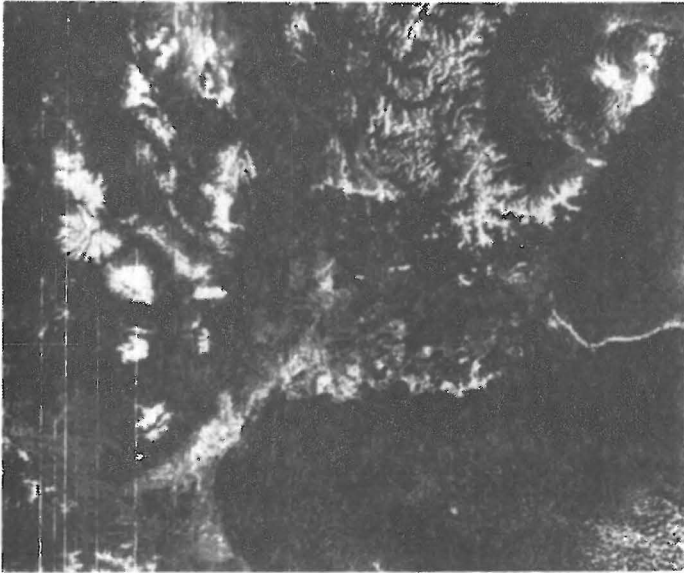
La présence de ces nuages rend nécessaire l'utilisation du canal infrarouge moyen. Cependant cette bande située entre 3.55 et 3.95 μm est en général peu utilisée pour l'interprétation des images prises de jour car l'énergie mesurée est due pour une partie à la réflexion du rayonnement incident et pour une autre part à l'émission propre du corps observé, ce qui entraîne une interprétation physique mal aisée. En conséquence, chaque image doit être analysée soigneusement pour pouvoir ajuster au mieux les seuils.

Enfin, la recherche d'un critère plus précis reste à trouver pour la détermination d'une limite significative, dans le cas par exemple de zones de transition importantes qui peuvent s'observer pendant les périodes de fonte.

Cependant les résultats de cette étude demeurent encourageants dans la mesure où on peut d'ores et déjà bâtir un indice d'enneigement fréquent et global pour l'ensemble des massifs ou plus détaillé au niveau d'un massif voire d'un bassin versant.



Figure 1 - LE SUD DE LA FRANCE
le 13 mai



← Figure 2

Image du 19 mars 1978
NOAA 5 - Canal visible

Figure 3 →

Image du 28 mars 1978
NOAA 5 - Canal visible



← Figure 4

Image du 23 avril 1978
NOAA 5 - Canal visible



Figure 5 - Cartographie du manteau neigeux sur les massifs du Cantal et de l'Aubrac au 19 mars et au 28 mars . Le trait plein représente la limite dans le canal visible. Le pointillé celle du canal infrarouge.

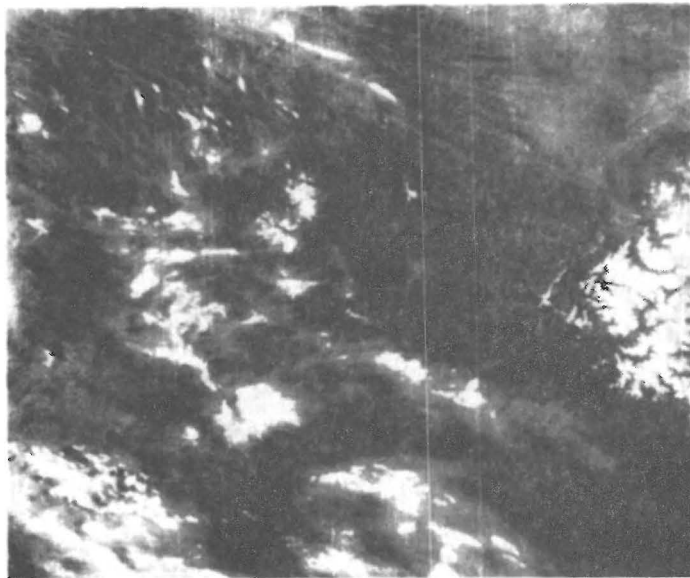


Figure 6 - Image du 8 avril 1979 - TIROS N
Canal visible

Niveaux de Luminance

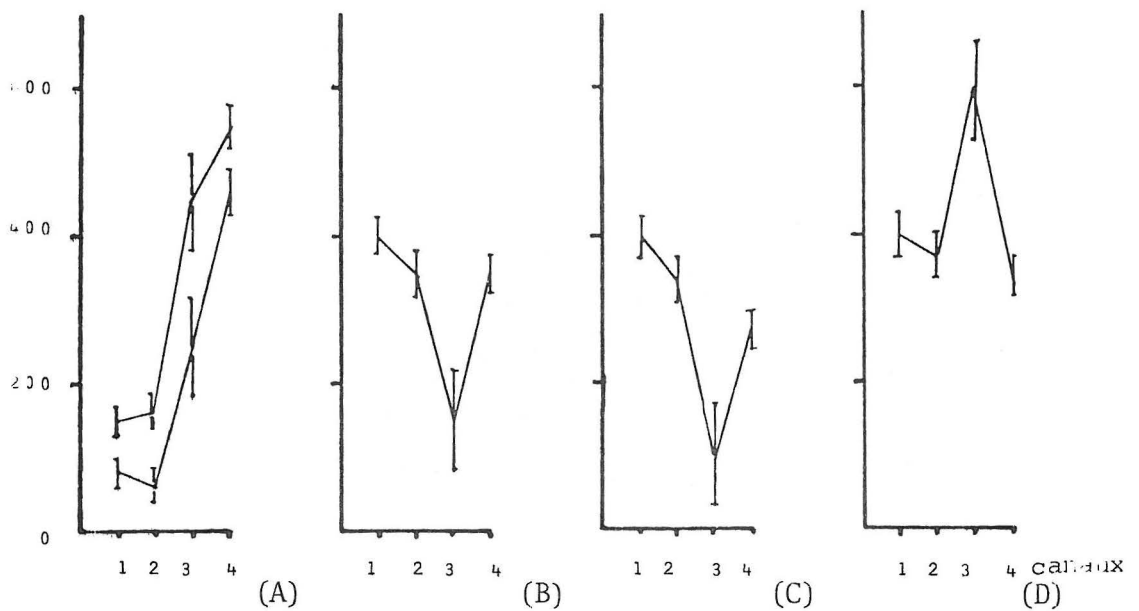


Figure 7 - Réponses spectrales caractéristiques
 - A : classes eaux et sols
 - B : classe neige
 - C : classe nuages
 - D : classe "brumes"

Niveaux de Luminance

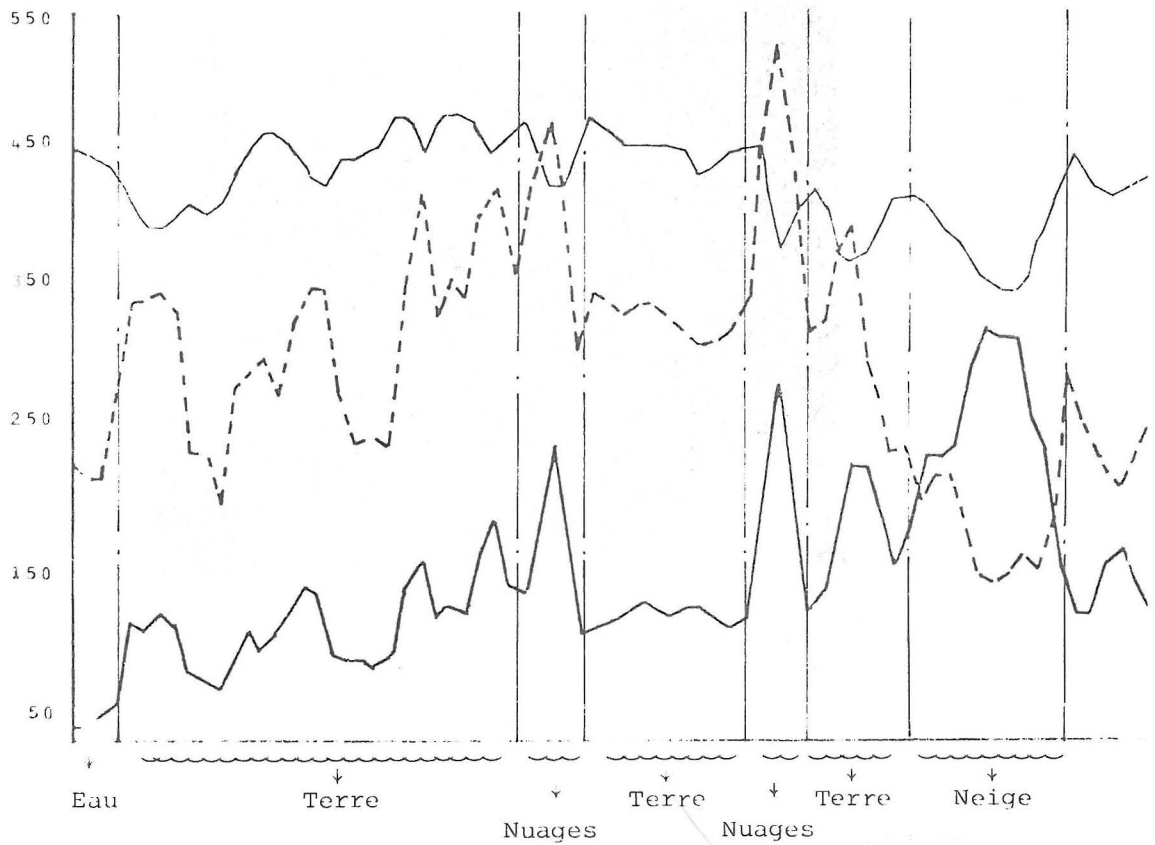
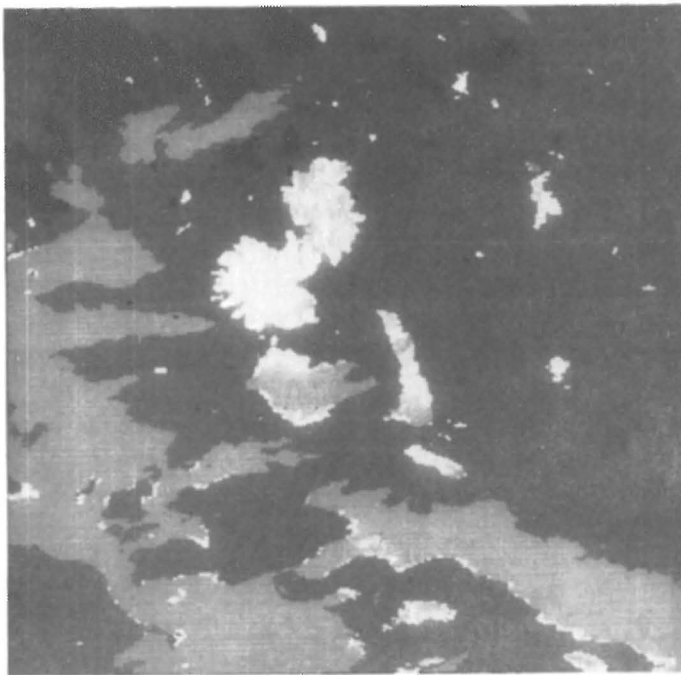


Figure 8 - Un transect OUEST-EST sur la chaîne des Apennins. Le trait plein et épais représente l'évolution des valeurs radiométriques du canal visible, le trait en pointillé le canal infrarouge moyen, le trait plein et fin le canal infrarouge thermique



← Figure 9

Résultat du classement de l'image du 8 avril.

Légende :

noir - la classe nuage de type "brume"

gris foncé - les sols

gris clair - les nuages

blanc - la neige