

# Utilisation d'une classification structurale OASIS pour la cartographie de la densité de drainage dans une région représentative du Liban

Rania Bou Kheir\* et Michel-Claude Girard\*\*

\*Conseil National de la Recherche Scientifique libanais/Centre National de Télédétection,  
BP 11-8281, Beyrouth, Liban. Tél : +961 4 409 845/6; Fax : +961 4 409 847;  
CÉ : rania@cnsr.edu.lb

\*\*Institut National Agronomique Paris-Grignon, BP 78850, France.  
Fax : +33 01 30 81 52 70; CÉ : michel-claude.girard@grignon.inra.fr

## Résumé

La cartographie de la densité de drainage dans une région représentative du Liban en un temps relativement court et à faible coût peut être obtenue en traitant la carte des réseaux hydrographiques (figure 1) à l'échelle de 1/50 000 suivant la classification structurale *OASIS* (*Organisation et Analyse de la Structure des Informations Spatialisées*). En adoptant cette méthodologie, des fenêtres de taille différente ont été parcourues de façon à optimiser le résultat (ici fenêtre de 15 x 15 pixels) qui permet d'avoir des plages cartographiques compactes et organisées. Trois classes de densité ont été distinguées : faible (occupant une superficie égale à 25 % de la région étudiée), moyenne (44 %) et forte (31 %) (tableau 1 et figure 2). L'évaluation de la qualité de la carte obtenue nous indique que la plus grande partie de la région étudiée (73 %) est bien classée (tableau 2 et figure 3).

La carte de la densité de drainage constitue un paramètre d'entrée dans les différents modèles d'érosion hydrique des sols qui représentent des outils d'aide à la mise en œuvre future des plans de conservation des sols.

## Introduction

La caractérisation de la plupart des problèmes environnementaux, en particulier l'érosion hydrique des sols (Bou Kheir, 2001a, b, c), repose sur la détermination des différents facteurs constituant les paramètres d'entrée des modèles. Parmi ceux-ci, la densité hydrographique permet de donner une indication précieuse sur l'érosion qui a eu lieu dans le passé et de l'aggravation du ruissellement à l'heure actuelle : plus la densité est forte, plus l'érosion antécédente est importante et plus le ruissellement actuel est fort (Bou Kheir, 1998, 2002). Celle-ci est définie comme la somme des longueurs des cours d'eau pour une superficie donnée ( $\text{km}/\text{km}^2$ ). La densité de drainage peut être prise en compte aussi comme un élément de validation sans l'intégrer dans le modèle : une unité de paysage qui se caractérise par une densité de drainage forte sera considérée comme déjà érodée.

## Description de la région d'étude

La région étudiée qui va de l'est à l'ouest du Liban se situe en son centre (figure 1). Avec en moyenne du Nord au Sud 26 km et d'Est en Ouest 37 km, elle a une superficie d'environ 955  $\text{km}^2$ , ce qui correspond à 9 % de la superficie totale du pays. Elle est typique de la diversité du Liban pour la lithologie, la couverture pédologique, la morphologie, l'hydrographie, l'occupation du sol et le climat.

Dans cette région, on compte 3 cours d'eau permanents (figure 1). Les deux cours d'eau côtiers (El-Kalb et Beyrouth) prennent naissance à proximité de l'axe sommital de la chaîne du Mont Liban et se caractérisent par une orientation E-O se dirigeant vers la mer. Le chevelu hydrographique est dense et riche. Le Litani, cours d'eau intérieur, s'écoule dans la vallée de la Béqaa et a une direction NE-SO dans la région étudiée. Dans cette partie orientale, le réseau hydrographique est moins dense.

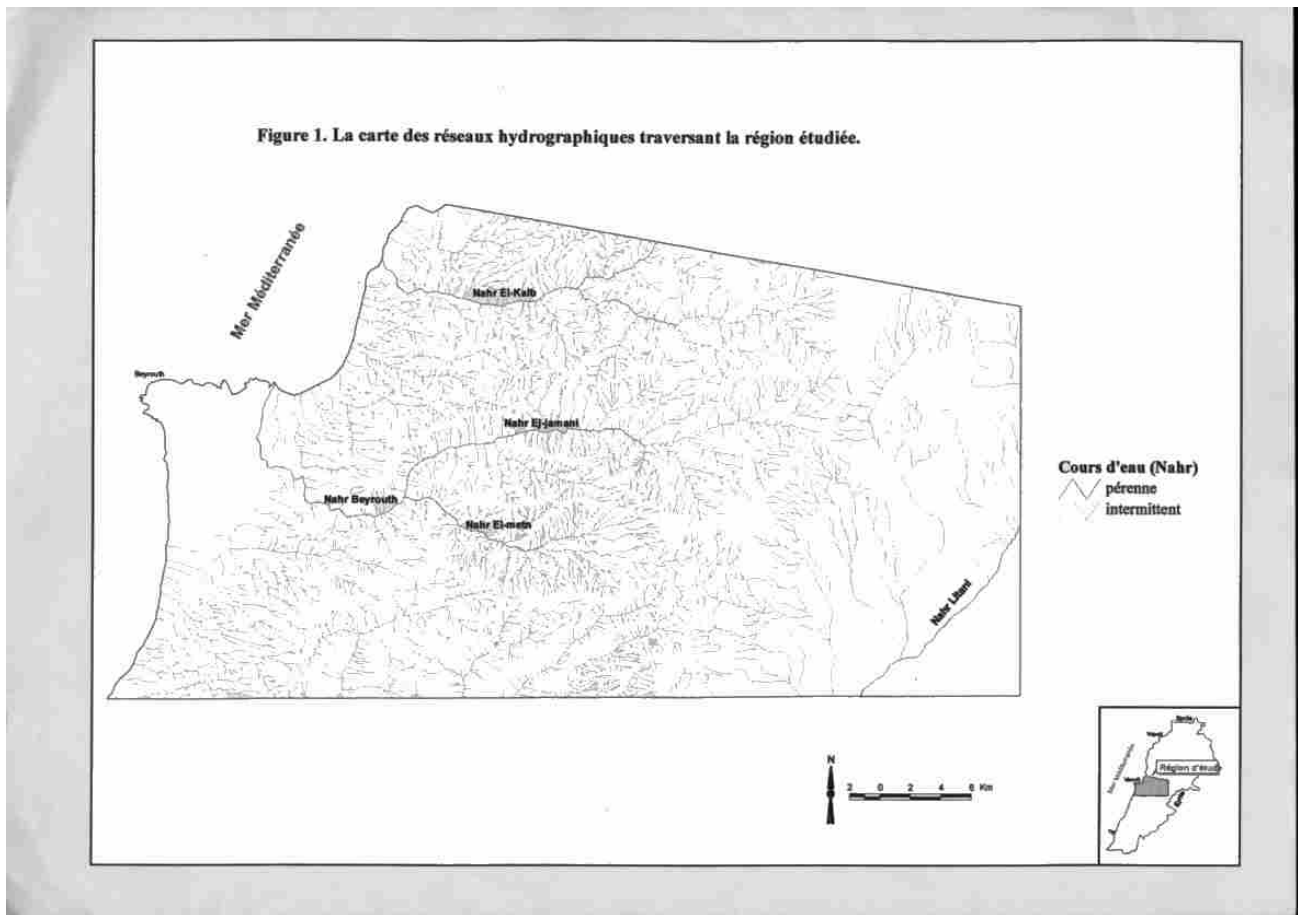


Figure 1. La carte des réseaux hydrographiques de la région étudiée.

## Matériel et méthodes

Les réseaux hydrographiques couvrant la région étudiée ont été numérisés à partir de la carte topographique en papier à l'échelle de 1/50 000 (établie par la direction des affaires géographiques et géodésiques - DAGG, 1963) plutôt que de les détecter directement sur les images satellitales.

Par traitement d'images satellitales, les rivières larges peuvent être détectées facilement par leur réflectance. Mais si les cours d'eau sont trop étroits (< à 10, 20 ou 30 m), pour chaque pixel, il y aura mélange entre le comportement spectral de l'eau et celui des objets qui les bordent (mixels de limites) : routes, champs, etc... De ce fait, les filtres de type «moyenne» introduisent encore plus d'erreur puisqu'ils accroissent la complexité de l'interprétation des pixels créés. On utilise donc un algorithme se basant sur une somme vectorielle calculée par histogramme local.

La carte des réseaux a été rastérisée au pas de 30 m et traitée ensuite suivant la méthode **OASIS** (**O**rganisation et **A**nalyse de la **S**tructure des **I**nformations **S**patialisées) (Didier, 1992; Francoual, 1994; Girard *et al.*, 1980, 1990, 1991; Gilliot, 1989, 1992, 1994; Yongchalermchai, 1993).

Cette classification structurale (OASIS) permet de classer chaque pixel en tenant compte des pixels se situant dans un voisinage défini et non pas sur le seul pixel pris isolément, comme dans les méthodes courantes de classifications : classifications ascendantes hiérarchiques, hypercube, centres mobiles, maximum de vraisemblance, etc... (Girard et Girard, 1973; Girard, 1986; Bonn *et al.*, 1989; Girard et Girard, 1989, 1999; Girard *et al.*, 1991).

On a défini sur cette carte rastérisée 3 **noyaux** : densité hydrographique *faible*, densité *moyenne* et densité *forte*. Ceux-ci sont délimités par un ou plusieurs polygones tracés à l'écran. Chaque noyau est caractérisé par un «*vecteur composition*» (ou *motif*) : somme vectorielle donnant la composition du motif (hétérogène ou homogène).

L'ensemble de la carte est parcouru par une fenêtre glissante dont la taille est choisie par l'utilisateur, chaque pixel se retrouvant à un moment donné au centre de la fenêtre pour laquelle on calcule le vecteur composition. Puis le logiciel calcule la distance entre le vecteur composition du pixel courant et le vecteur composition de chaque noyau. Le pixel central de chaque fenêtre de la carte sera attribué au noyau situé à la plus faible distance mathématique de lui (*Distance de Manhattan* : somme de l'ensemble des différences, en valeur absolue, existant entre les modalités de chacune des variables). Il peut donc se faire qu'un noyau de départ se retrouve sans pixels qui lui soient affectés à la fin de la première itération.

On peut effectuer plusieurs itérations en redéfinissant pour l'itération  $i+1$  des noyaux à partir de la statistique des valeurs des pixels qui se sont regroupés dans chaque noyau à l'itération  $i$ . On s'arrête quand la somme des distances minimums converge vers une valeur minimale et stable. A chaque itération, on peut aussi changer la taille de la fenêtre.

Après plusieurs itérations et diverses tailles de fenêtres (3, 5, 7, 9, 11, 13, 15), on a choisi une fenêtre (15 x 15) de 225 pixels (soit 300 m sur 300 m) qui permet d'avoir des plages cartographiques compactes (une surface maximale pour un périmètre minimal) et organisées dans l'espace, pour la production d'une carte au 1/100 000. En effet, à cette échelle, la plus petite zone représentable est le  $\frac{1}{4}$  de  $\text{cm}^2$ , soit 500 m sur 500 m, ce qui est supérieur au voisinage choisi de 300 m sur 300 m.

On dispose en même temps que le résultat de la classification (figure 2), d'une image, noir et blanc qui informe sur la qualité de la classification (figure 3). Elle donne, pour chaque pixel, la valeur de la distance le séparant du noyau auquel il a été rattaché. Plus la distance est faible (représentée en blanc), meilleure est la qualité de la classification.

## Résultats

La carte de la densité hydrographique obtenue à la suite du traitement sous OASIS comporte 3 unités (figure 2) définies en 156 plages cartographiques (tableau 1).

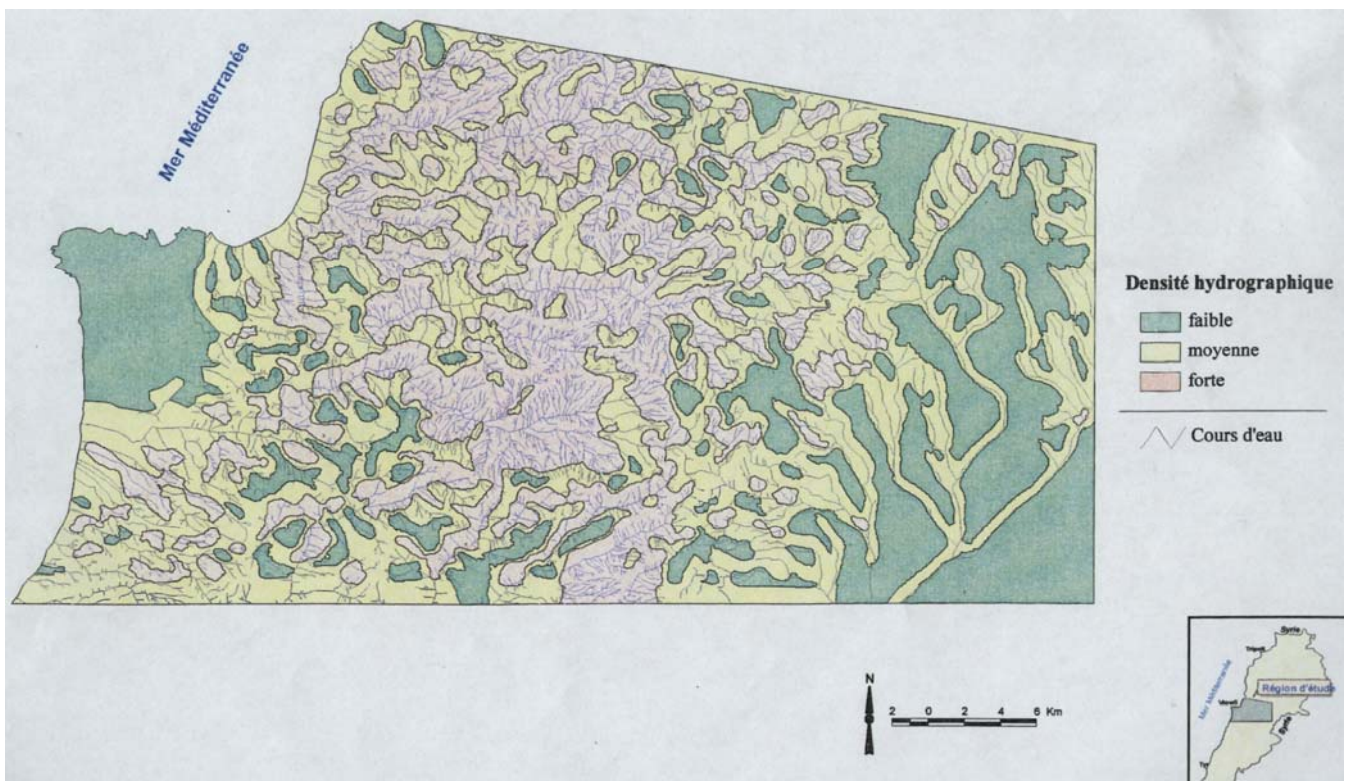
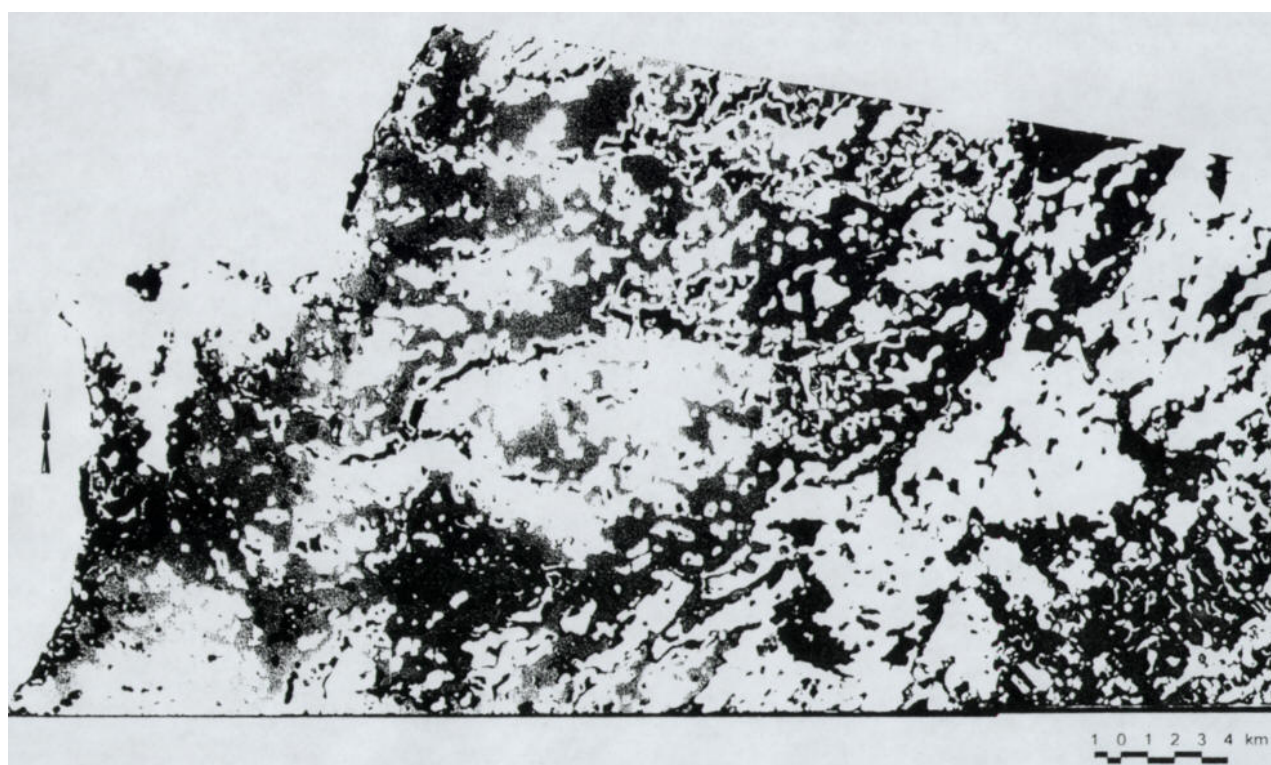


Figure 2. La carte de la densité hydrographique issue à partir de la carte des cours d'eau.

**Tableau 1. Caractérisation des unités et plages cartographiques de la carte de la densité hydrographique traitée sous Oasis (UD)**

Densité hydrographique	Unités cartographiques UD	
	Nombre de plages	Superficie (km <sup>2</sup> )
<b>Faible (1)</b>	77	239
<b>Moyenne (2)</b>	27	424
<b>Forte (3)</b>	52	292
<b>Total</b>	156	955

L'unité 2 «densité moyenne» couvre la plus grande superficie de la région étudiée (44%) pour un nombre de plages le plus petit (27) : il s'agit donc d'une unité composée de plages très étendues. Il sera intéressant ultérieurement de la différencier en des sous-catégories. Ces zones de densité moyenne regroupent à la fois les crêtes et les têtes de talwegs. L'unité 1 «densité faible» est répartie dans le plus grand nombre de plages (77) pour la superficie la plus petite (239 km<sup>2</sup>) : elle est donc composée de plages très peu étendues. Elles pourraient donc être ultérieurement associées. Ces plages correspondent à des têtes de talwegs dans le Chouf.



**Figure 3. L'image des distances informant sur la qualité de la classification**

L'image des distances évaluant la qualité nous indique que la plus grande partie (73 %) de la région étudiée est bien classée (tableau 2 et figure 3) puisque les distances du réel aux trois classes de densité sont faibles (en blanc sur la figure). Il y a des régions (sombres) où il aurait été intéressant d'accroître le nombre de classes. En effet, il s'agit du passage d'un bassin versant à un autre (au sud), ou d'une modification importante dans le système de pentes (entre la partie haute et basse du Mont Liban) parallèlement à la côte; enfin au nord d'une zone d'effondrement. Mais l'objectif était d'obtenir une carte avec un nombre faible de classes. Aussi ne faut-il pas s'étonner des résultats qui peuvent être meilleurs si l'on prend une taille de fenêtre plus petite, mais qui aboutit à un nombre de plages cartographiques beaucoup plus élevé.

**Tableau 2. Répartition des unités de carte de la densité hydrographique suivant l'image des distances informant sur la qualité de la classification.**

Densité hydrographique	Image des distances (qualité de la classification)		
	blanc (bonne)	gris (moyenne)	noir (mauvaise)
<b>faible (1)</b>	200 km <sup>2</sup>	30 km <sup>2</sup>	9 km <sup>2</sup>
<b>moyenne (2)</b>	300 km <sup>2</sup>	100 km <sup>2</sup>	24 km <sup>2</sup>
<b>forte (3)</b>	200 km <sup>2</sup>	50 km <sup>2</sup>	42 km <sup>2</sup>
<b>Total</b>	700 km <sup>2</sup>	180 km <sup>2</sup>	75 km <sup>2</sup>

La carte de la densité hydrographique établie ou la carte des hydropaysages représente une donnée d'entrée très importante dans les modèles d'érosion. En effet, elle représente l'ensemble des éléments paysagiques : végétation naturelle, espaces boisés, parcelles agricoles se situant dans un contenant lié à la circulation des eaux naturelles (bassins versants élémentaires, réseau hydrographique, etc...) et défini par le relief (pente et exposition) et les états de surface du sol, dont l'organisation spatiale permet de définir dans son ensemble un (ou une partie d'un) bassin versant ou un (ou une partie d'un) réseau hydrologique: structure hydrique et spatiale.

La précision du résultat doit être jugée à la lumière de la fenêtre utilisée pour OASIS, qui est choisie en fonction de l'échelle de la carte qu'on désire produire.

## Conclusion

La cartographie de la densité hydrographique est grandement facilitée par une analyse structurale par OASIS qui crée automatiquement des plages cartographiques sur des critères numériques (valeurs des comptes numériques des pixels et des pixels voisins). OASIS, par itération, détermine la meilleure partition spatiale pour une fenêtre glissante de taille donnée et produit des plages compactes, synthétiques et non hiérarchisées.

## Références

- Bonn F., Charbonneau L., Brochu R., 1989 - Analyse de l'utilisation du sol à partir des données SPOT et TM : aspects méthodologiques. Télédétection en francophonie. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext, Paris, 83-92.
- Bou Kheir R., 1998 - Apports de la télédétection et du SIG pour la gestion de l'érosion hydrique des sols dans la région côtière du Liban ; Projet pilote : Jbail-Qartaba. DEA, AUPELF-UREF en collaboration avec les Universités Libanaise, Saint-Joseph, Saint-Esprit (Liban) et en partenariat avec l'INA PG et l'INRA (France), 85 p.
- Bou Kheir, R., 2002 - Etude des risques d'érosion hydrique des sols par télédétection et SIG : application à une région représentative du Liban. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon, France, 266 p.
- Bou Kheir R., Shaban A., Girard M-C., Khawlie M., 2001a - Impact des activités humaines sur l'érosion hydrique des sols dans la région côtière montagneuse du Liban. Sécheresse, 12(3) : 157-165.
- Bou Kheir R., Girard M-C., Khawlie M., Abdallah C., 2001b - Erosion hydrique des sols dans les milieux méditerranéens : une revue bibliographique. Etude et Gestion des sols, 8(4) : 231-245.
- Bou Kheir R., Girard M-C., Shaban A., Khawlie M., Faour G., Darwich T., 2001c - Apport de la télédétection pour la modélisation de l'érosion hydrique des sols dans la région côtière du Liban. Télédétection, 2(2) : 91-102.
- DAGG 1963 - Cartes topographiques à l'échelle de 1/50 000 (Beyrouth et Zahlé). République libanaise. Direction des affaires géographiques et géodésiques.
- Didier F., 1992 - Analyse structurale des images : étude de l'organisation spatiale et de l'hétérogénéité. Mémoire de Diplôme d'Etude Supérieures Spécialisées, Ecole des Hautes Etudes en Informatique, Université René Descartes, Paris, 29 p.

- Francoual T., 1994 - OASIS, notice d'utilisation du logiciel. Laboratoire de Science des sols et Hydrologie de l'INA-PG, 18 p.
- Gilliot J-M., 1989 - Analyse thématique d'images par multidensité. DESS EHEI, Université Paris 5, 56 p.
- Gilliot J-M., 1992 - OASIS un système de télédétection sur station IBM RS/6000, Rapport INA-PG, 24 p.
- Gilliot J-M., 1994 - Traitement et interprétation d'images satellitaires SPOT, application à l'analyse des voies de communication. Thèse de Doctorat, Université René Descartes Paris 5, 197 p.
- Girard M-C., 1986 - Interprétation pédologique des photographies prises par Spacelab 1. ITC Journal, Enschede, Holland, 1 : 14-18.
- Girard C-M., Girard M-C., 1973 - Interprétation des photographies-ballon. Comparaison avec les petites régions agricoles. Soc. Franç. Photogramm., Octobre, Saint Mandé, 52 : 23-36.
- Girard M-C., Girard C-M., 1989 - Télédétection appliquée aux zones tempérées et intertropicales, Masson, 260 p.
- Girard M-C., Girard, C-M., 1999 - Traitement des données de télédétection, Dunod, ISBN 2100041851, 529 p.
- Girard M-C., Girard C-M., Rogala J-P., 1980 - Automatisation de l'interprétation de l'humidité des sols et interprétation des paysages ruraux. OPIT, 85 p.
- Girard M-C., Mougenot B., Ranaivoson A., 1990 - Deuxièmes journées de télédétection, 4 au 6 décembre : caractérisation et suivi des milieux terrestres en régions arides et tropicales. Bondy, Orstom, 341-350.
- Girard M-C., Yongchalermchai C., Girard C-M., 1991 - Analyse d'un espace par la prise en compte du voisinage. Gestion de l'espace rural et système d'information géographique. INRA, Florac, 22-24 Octobre, 349-359.
- Youngchalermchai C., 1993 - Etude d'objets complexes, sol/plante à différents niveaux d'organisation : de la parcelle au paysage. Thèse de l'INA-PG, Grignon, Sols, 19, 232 p.