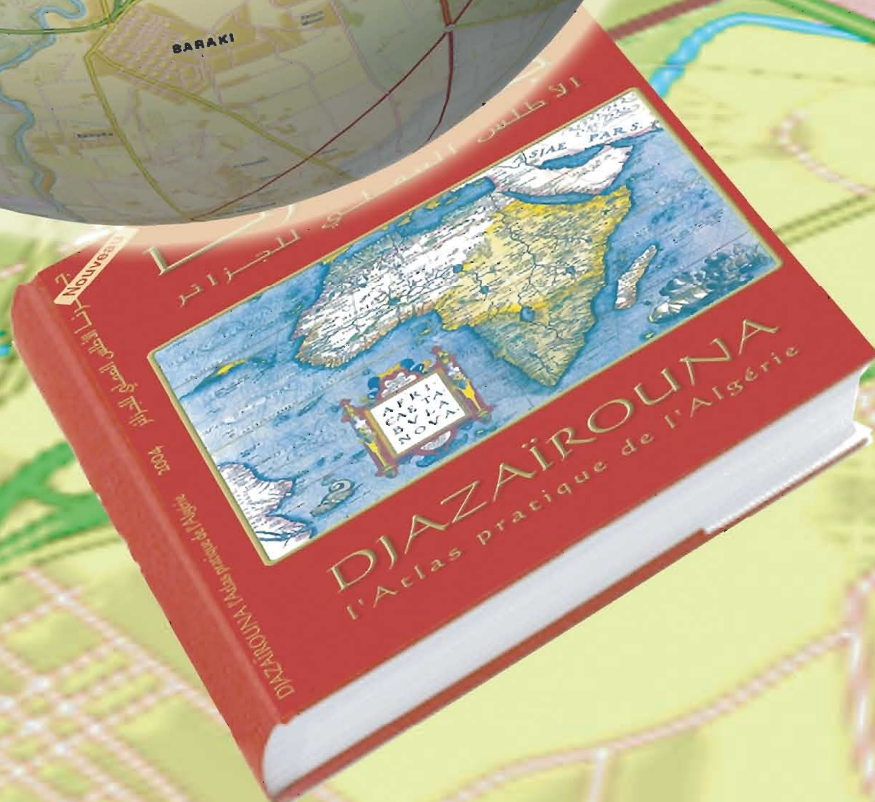
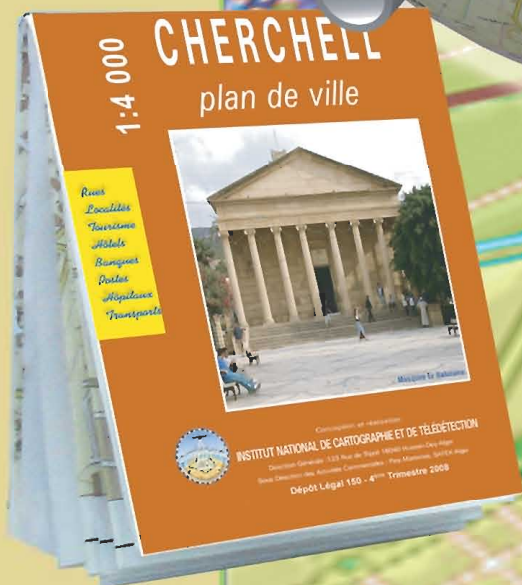
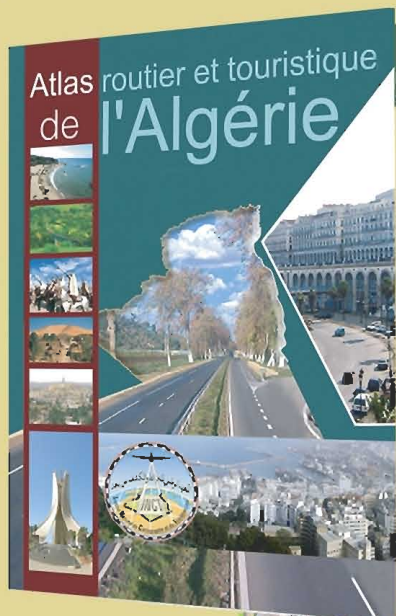


Octobre 2011 • 14<sup>ème</sup> année • Prix 40 DA • Etranger 15€ • ISSN 1112-3745



# Bulletin des Sciences Géographiques

## N°26



Edité et publié par:  
l'Institut National de Cartographie et de Télédétection





# INCT BULLETIN DES SCIENCES GÉOGRAPHIQUES

N° 26  
Octobre 2011

Publication semestrielle de l'Institut  
National de Cartographie et de  
Télédétection (INCT), Algérie.

Le Bulletin des Sciences Géographiques  
est une revue internationale,  
fondée en Octobre 1997  
N°26 - Octobre 2011  
ISSN 1112-3745

Responsable de la revue : INCT

Éditeur : Centre de la Documentation et de  
la Conservation de l'Information  
Géographique, INCT, Alger.

Adresse : Bulletin des Sciences Géographiques,  
INCT, 123, rue de Tripoli Hussein Dey 16040,  
BP 430, Alger, Algérie.  
Tél: (021) 49 16 94  
(021) 49 16 95  
(021)49 16 97  
Fax: (021) 49 16 91  
(021) 49 16 88  
E-mail : [inct99@wissal.dz](mailto:inct99@wissal.dz)

Tirage :

500 Exemplaires

Comité de Rédaction :

- Mr. ABDEDOU Mohamed  
Sous Directeur des Travaux Spécifiques  
& Arts Graphiques, INCT (Président).
- Mr. DROUAI Fethallah  
Chef du Centre de Documentation et de  
Conservation de l'Information Géographique,  
CDCIG / INCT.
- Mr. DEGAICHIA Fethi  
Chef de Département des Travaux Spécifiques,  
CT/ INCT.
- Mr. CHOUDER Med Tahar  
Chef de Département Analyses & Synthèses,  
CDCIG, INCT

Comité de Lecture :

- Mr. ABDELLAOUI Hassen  
Magister, INCT, (Président)
- Mr. BELBACHIR Mohamed Faouzi  
Professeur, USTO.
- Mr. OMRANE Naceur  
Directeur Technique, PhD, INCT.
- Mr. AYADI Abdelkrim  
Directeur de recherche, CRAAG.
- Mr. KAHLOUCHE Salem  
Directeur de recherche, CTS.
- Mr. OUGUINI Rachid  
Maître de recherche, ASAL.
- Mr. GHEZALI Boualem  
Chargé de recherche, CTS.
- Mr. SI MOHAMED Mohamed Arezki  
Chargé de recherche, CTS.
- Mr. HADDAD Mahdi  
Magister, CTS.

## Sommaire

## Pages

Mise en œuvre d'un processus de généralisation automatique du linéaire routier .....	02
<i>Par Khalissa Derbal Amieur &amp; Nadia ABDAT R. Guemdani, A. Koucha, A. Kaddour Djebbar &amp; K. Boukhachba</i>	
Singular Spectrum Analysis of Global Mean Sea Level Variations .....	17
<i>Par S. Khelifa, S. Kahlouche, M. F. Belbachir, M. Hadad &amp; A. Rami</i>	
Utilisation de la technique du Nivellement par GPS pour l'élaboration des surfaces de conversions altimétriques .....	23
<i>Par S.A. Medjahed, A. Zeggai, B. Ghezali &amp; H. Taibi</i>	
Application des réseaux de neurones artificiels dans la formation adaptative de faisceaux pour les communications par satellite en situation d'urgence .....	29
<i>Par R. Bazine</i>	
L'étude structurale des massifs volcaniques néogènes d'Aïn Témouchent et de la Basse Tafna (Oranie nord occidentale – Algérie) : Relation entre la fracturation et les centres volcaniques .....	34
<i>Par M. Tabeliouna, A Z E. Saad &amp; R. Bendoukha</i>	
<b>Manifestation Internationale</b> : Participation de l'INCT à la 25 <sup>ème</sup> Conférence Cartographique Internationale (CCI) et à la 15 <sup>ème</sup> Assemblée Générale de l'Association Cartographique Internationale (ACI) .....	42
Calendrier des Manifestations Scientifiques Internationales .....	44
Présentation du Bulletin des Sciences Géographiques .....	45
Recommandations aux auteurs .....	60

## Mise en œuvre d'un processus de généralisation automatique du linéaire routier

(\*)Khalissa Derbal Amieur & (\*) Nadia ABDAT

(\*\*) R.Guemdani, (\*\*)A.Koucha, (\*\*)A.Kaddour Djebbar & (\*\*) Mr K.Boukhachba,

(\*) Laboratoire des systèmes informatiques (LSI), Faculté d'Electronique et d'Informatique (USTHB)

(\*\*) Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT)

(\*)d\_khalissa@yahoo.fr, (\*) N\_abd\_gh@yahoo.fr

**ملخص :** يعد التعميم الآلي محور بحث نشيط منذ سنوات عديدة، إنها التقنية البديلة لإنتاج خرائط مثر، ومع ذلك واجهت عدة أبحاث صعوبات بما في ذلك التعقيدات و تكاليف المعالجة. العمل موضوع هذا المقال تم تحقيقه بالتعاون مع المعهد الوطني للخرائط والكشف عن بعد (م و خ ك ب)، هدفنا هو الشروع في دمج عملية التعميم في سلسلة إنتاج الخرائط على مستوى هذه المؤسسة التي تعتبر المنتج الرئيسي للمعلومات الجغرافية في الجزائر.

في البداية ركزنا على معالجة التداخل-الذاتي المعروف بظاهرة السماكة (التضخيم) وتستند العملية المقترحة على ثلاثة معالجات متتالية بإشراك فئات مختلفة من العمليات (الخوارزميات) في ظاهرة التعميم المثبت (التبسيط، الكاريكاتور، الإنسجام) وأيضا عن طريق إستغلال معارف خبير في ميدان الخرائط، (السيد كوشة) الذي مارس التعميم اليدوي الخرائطي لمدة طويلة، وتم تحديد مجموعة من الشروط الخرائطية من أجل تحقيق العملية بشكل جيد.

و قد تم إجراء التجارب في مجال نظم المعلومات الجغرافية (ArcGis9.2) ونقوم بوصف النموذج المحقق من خلال مختلف واجهاته و تتم دراسة النتائج من أجل تقييم مدى فعالية العملية المقترحة.

**الكلمات الأساسية :** عملية التعميم الآلي، خوارزميات التعميم، تخطيط الطرقات، المعطيات الخرائطية الأولية، التداخل-الذاتي.

**Résumé :** La généralisation automatique constitue depuis plusieurs années un axe de recherche actif. C'est la technique alternative pour une production cartographique rentable. Cependant, de nombreux travaux de recherche, sont confrontés à des difficultés, notamment la complexité et le coût des traitements. Le travail présenté dans cet article a été réalisé en collaboration avec l'Institut National de Cartographie et Télédétection (INCT). Notre objectif est d'initier l'intégration du processus de généralisation dans la chaîne de production cartographique au niveau de cette institution qui représente le principal producteur de l'Information géographique en Algérie. Dans un premier temps, nous nous sommes focalisés sur le traitement de l'auto-conflit dit phénomène d'empatement. Le processus proposé s'articule autour de trois traitements successifs faisant appel à différentes classes d'opérateurs de généralisation paramétrés (simplification, caricature, harmonisation) et en exploitant potentiellement les connaissances d'un expert cartographe [A.koucha] ayant pratiqué la généralisation manuelle

pendant longtemps. Un ensemble de contraintes cartographiques est alors défini afin de mener à bien le processus. Nos expérimentations ont été effectuées dans l'environnement SIG « ArcGis 9.2 ». Nous décrivons le prototype mis en oeuvre via ses différentes interfaces. Les résultats sont étudiés afin d'évaluer l'efficacité du processus proposé.

**Mots-clés :** Processus de généralisation automatique, opérateurs de généralisation, linéaire routier, Base de Données Cartographique, auto-conflit.

**Abstract :** The automation of generalization process has been for several years an active area of research. It constitutes an alternative technique for mapping production efficiently. However, research works, are facing difficulties, including the complexity and cost of treatment. In this paper we propose a approach for line generalization (road network), we focused on process of self-conflict when moving from a level of detail to a smaller one. The method we proposed, comes from advancement level of researches in this field and from human expert knowledge. It has been implemented under ArcGis 9.2 GIS software environment, we presented the prototype via some interfaces. We also comment the results in order to evaluate our approach.

**Keywords :** Automatic generalization process, generalization algorithms, line generalization, cartographic database, self-conflict

### 1. Introduction

La cartographie numérique a révolutionné certains processus et techniques traditionnellement utilisés dans la production de données géographiques ou plus généralement dans la production cartographique ; la généralisation en fait partie. Pratiquée depuis longtemps par les cartographes, elle a connu une évolution progressive ; de la généralisation manuelle, qui utilise des outils de dessins traditionnels avec un temps de traitement et coût élevé (pouvant exiger jusqu'à plusieurs mois de travail

pour une seule carte), à la généralisation interactive en mode assisté qui a relativement réduit le coût et le temps de la réalisation d'une carte, jusqu'à la généralisation automatique qui a ouvert une nouvelle ère dans le domaine de la production cartographique. En effet, la généralisation automatique vise l'activation de la production cartographique qui jusqu'à un temps récent s'est restreinte à des échelles dites de base et rarement à celles intermédiaires. Elle consiste à dériver, à partir d'un jeu de données très détaillé (niveau de détail élevé), une panoplie de cartes (papier, images écran) à différents usages et à différentes échelles. La démocratisation de l'utilisation de l'information cartographique (géographique) passe essentiellement par la satisfaction des différents groupes d'utilisateurs. La généralisation dans ce cas, est incontournable sauf qu'il faut la guider et l'optimiser afin de répondre efficacement aux divers besoins exprimés [12].

Les cartes dérivées doivent respecter un ensemble de contraintes définies et hiérarchisées en quatre groupes : contraintes de lisibilité, contraintes de respect de forme, contraintes d'organisation spatiale et contraintes d'harmonie globale[8].

Compte tenu de cette orientation ambitieuse, des chercheurs pluridisciplinaires se sont penchés sur le développement et la mise en oeuvre de différents opérateurs (algorithmes) de généralisation classés en différentes catégories [7]. La complexité et le coût du processus, ont fait que de nombreux travaux se sont intéressés aux thèmes dominants en cartographie tels que le linéaire (routier, hydrographie, orographie, réseaux de communication, etc) et le bâti.

Les objets linéaires sont les objets qui posent le plus de problèmes lors de la réduction d'échelle car ils regroupent un bon nombre de thèmes et occupent jusqu'à 90% du contenu informationnel d'une carte, mais nous avons constaté dans la littérature, un grand effort pour améliorer le traitement des conflits du linéaire routier du fait qu'il prime sur tous les thèmes à cause des liens forts qu'il tisse avec ces derniers. De plus, les algorithmes qui traitent le routier peuvent facilement être adaptés aux autres objets linéaires. C'est dans cette optique que s'intègre le travail de recherche que nous présentons dans cet article et qui traite l'auto-conflit provoqué par le linéaire routier lors d'un processus de généralisation automatique. Cet article est organisé comme suit :

Dans la section 2, nous présentons un état de l'art à l'issue duquel nous avons développé notre réflexion. Dans la section 3, nous rappelons quelques concepts liés à la généralisation. La section 4 sera consacrée à la description du phénomène de l'auto-conflit. La section 5 présente notre contribution via l'approche proposée. Dans la section 6, nous décrivons la phase

d'implémentation, et enfin, nous terminons par une conclusion et quelques perspectives.

## 2. Travaux référencés

Comme nous l'avons déjà évoqué dans la section 1, de nombreux travaux de recherche se sont intéressés au linéaire routier, différentes classes d'opérateurs (algorithmes) de généralisation ont été mis en oeuvre tels que, la simplification, la caricature, l'harmonisation..., chaque catégorie regroupe des sous classes comme sélection/élimination et lissage/filtrage qui font partie de la classe des algorithmes de simplification [7]. L'application des différents opérateurs est soumise à un ensemble de contraintes explicitement définies[8][9]. Les contraintes de lisibilité sont celles qui sont à l'origine de la nécessité de généraliser, elles expriment les contraintes que doivent satisfaire les objets individuellement ou en groupe pour qu'ils puissent être distingués les uns des autres [1]. En effet, lors de la réduction de l'échelle (passage d'une échelle à une échelle plus petite), les objets se chevauchent et deviennent non perceptibles. La généralisation cartographique a donc, pour objectif de rendre ce contenu lisible pouvant satisfaire l'utilisateur. Une généralisation de qualité est celle qui permet une représentation adaptée au mieux aux besoins de l'utilisateur [10].

Par ailleurs, l'aspect pratique du processus de généralisation nous a orienté vers l'exploitation des connaissances d'un expert cartographe qui a, pendant longtemps pratiqué la généralisation (de la manuelle à l'interactive), nous présentons dans cette approche, une formalisation de ces connaissances afin de les rendre exploitables.

## 3. Quelques concepts

### a. Définition de la généralisation : [03]

Parmi de nombreuses définitions de la généralisation, nous avons retenu la suivante, qui est basée sur deux aspects : Le changement d'échelle et l'élargissement des symboles.

On appelle traditionnellement généralisation le passage d'une carte à une autre carte d'échelle plus petite. Le changement d'échelle s'accompagne donc d'une diminution de la place disponible. Cette réduction oblige, pour préserver la lisibilité, à supprimer une partie de l'information et à simplifier celle que l'on veut garder.

Si l'on considère une gamme de produits de même support (les cartes de 1:25 000 aux cartes de 1:1000000), les symboles représentés sur le papier sont à peu près de même taille. En effet, la dimension des symboles sur le papier est fixée en fonction des

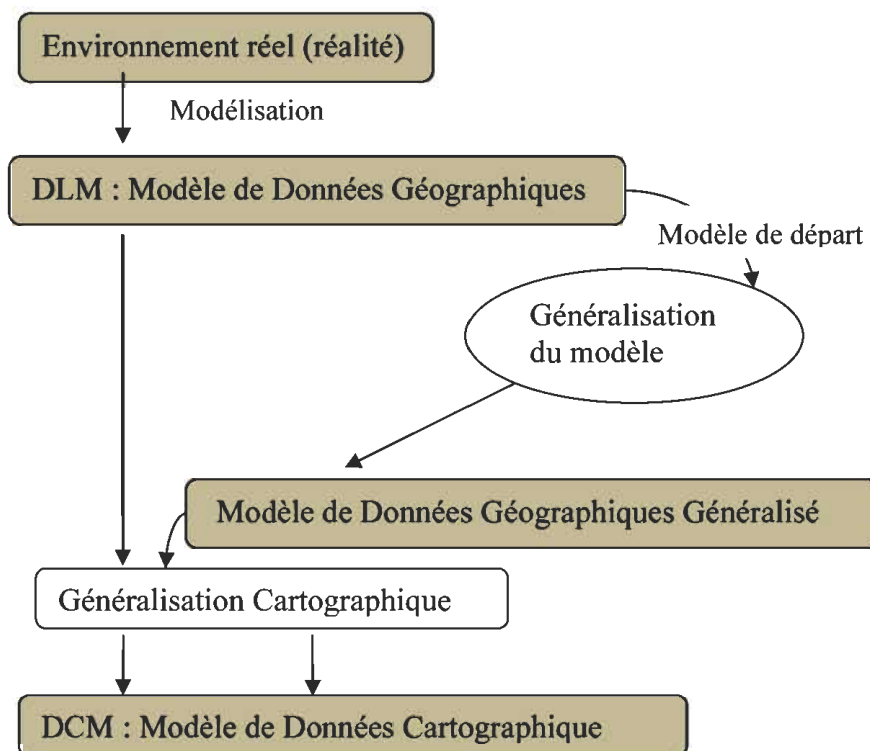
dimensions de perception de l'oeil, et des contraintes des techniques d'impression. Les routes sont habillées typiquement d'un symbole de 1mm. Ainsi, le tracé d'une route de la carte projetée sur terrain aurait une largeur de 25m pour une carte au 1/25.000ème, de 100m pour la carte au 1/100.000ème et de 1km pour la carte au millionième. Dès le 1/25.000ème, la taille des symboles mesurée sur le terrain a tendance à être supérieure à celle des objets eux-mêmes, et cet effet s'accroît à chaque changement de symbolisation. À ces critères techniques et physiologiques, s'ajoutent des critères culturels : habitué à utiliser un symbole à une échelle, le cartographe aura tendance à conserver ce symbole aux échelles dérivées. De même, un symbole sera de lecture plus aisée si le lecteur y est habitué et le retrouve à toutes les échelles. L'augmentation de la taille occupée par chaque objet sature l'espace cartographique.

Pour préserver la lisibilité, le cartographe est obligé de synthétiser l'information, éliminant les détails les moins significatifs, pour retenir et mettre en valeur les caractères les plus importants. C'est ce que l'on appelle la généralisation.

**b. Types de généralisation : [8]**

Le DLM et DCM sont l'abréviation usuelle pour "Digital Landscape Model" et "Digital Cartographic Model" (Figure 2.3). Ces généralisations sont deux types différents :

- la généralisation du modèle: elle est utilisée tout d'abord pour la modélisation de l'environnement.
- la généralisation cartographique: c'est le processus qui permet d'associer des symboles aux objets géographiques et de les stocker dans un modèle de données cartographiques sous une forme utilisable directement pour un affichage à l'écran ou sur une carte.



Types de généralisation.

**C. Contraintes cartographiques**

Pour être lisible par l'utilisateur, l'image graphique produite (imprimée ou sur écran en particulier), doit respecter un ensemble de contraintes basées à la fois sur des critères liés aux limites de l'acuité visuelle [1] et sur des critères esthétiques. Certains types d'objets possèdent des caractéristiques de forme qui permettent de les identifier rapidement d'un simple coup

d'oeil. Ces caractéristiques devront être préservées afin de pouvoir les identifier rapidement et facilement. Les contraintes d'organisation spatiale assurent l'analogie entre l'implantation des objets cartographiques dans un petit espace de la carte et leurs dispositions réelles sur le terrain. Les contraintes d'harmonie globale ont pour objectif de relater sur une carte tout type de différence pouvant être observée sur le terrain.

A l'exception des contraintes de lisibilité qui reposent sur des phénomènes quantifiables, les autres contraintes sont purement qualitatives. L'information qu'elles sont sensées préserver n'est pas quantifiable et l'évaluation au cours d'un traitement est difficile à élaborer. Ce sont des problèmes qui existent aussi en cartographie manuelle. Les différences constatées en comparant les résultats obtenus par différents cartographes pour traiter un même cas montrent que ce problème n'est pas nouveau.

Nous tenons à préciser que dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la généralisation indépendante qui ne considère que le thème traité (réseau routier) indépendamment des thèmes à proximité en particulier le thème bâti. Parmi les approches de généralisation qui ont marqué ce domaine de recherche, nous nous sommes intéressés aux approches à base de contraintes. Dans un tel système, les contraintes permettent de prendre en compte les facteurs qui influent sur la généralisation comme l'échelle, la symbolisation, les contraintes de lisibilité (ex. les seuils minimaux de perception) et le but de la carte générée.

#### d. Vertex, taux de généralisation et seuil de généralisation

- Vertex : C'est un point de coordonnées (X, Y). Il représente l'élément le plus élémentaire constituant l'objet linéaire (forme géométrique en mode vecteur), il s'agit dans notre cas d'un tronçon de route.

- Taux de généralisation : c'est le seuil de tolérance acceptable pour le changement géométrique d'un objet géographique.

- Seuil de généralisation : c'est la valeur comparative qui nous permet de dire qu'un objet géographique, présente ou pas un état de conflit. La notion de seuil de généralisation est confondue avec celle du taux de généralisation, mais il est préférable de parler de taux de généralisation à la phase du paramétrage de l'algorithme, et de parler de seuil de généralisation quand il s'agit de faire des tests sur l'état d'un objet.

#### 4. Phénomène d'auto- conflit (conflit interne)

Une carte (image affichée à l'écran) est produite à partir d'une base de données cartographiques (BDC), qui n'est autre qu'une BDG enrichie de symboles qui représentent pertinemment les objets géographiques affichés ou imprimés. La large symbolisation du réseau routier provoque de nombreux conflits classés en trois types : le conflit inter-couches qui représente l'interaction du thème

routier avec d'autres thèmes, comme le bâti ; le conflit intra-couche qui surgit entre des objets de la même couche et l'auto - conflit qui constitue l'objet de cet article.

L'auto- conflit ne peut intervenir que sur un objet complexe, en particulier s'il est habillé d'une symbolisation épaisse. Il arrive que dans ce cas, deux parties d'un même objet entrent en conflit. On parle alors de conflit interne à l'objet, en général on distingue trois cas de conflits internes [3]:

- la superposition : c'est l'exact équivalent de la jonction (la limite entre objets ne se distingue pas) et de la congestion (superposition) (Figure 1.a).

- les angles trop aigus : lorsqu'un virage est trop serré, la largeur du symbole provoque un empâtement désagréable (Figure 1.b).

- le conflit en "boudins" : c'est le conflit le plus compliqué. Il intervient sur des groupes de virages, par congestion générale des symboles. La succession de virages est alors transformée en une zone illisible (Figure 1.c).

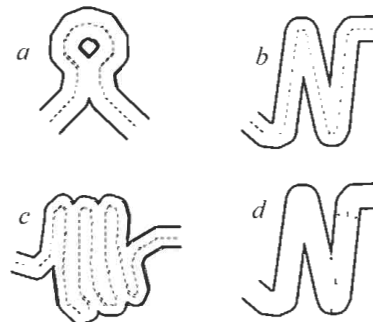


Fig. 1 Les cas d'auto-conflits sur le linéaire routier.

On présente dans l'ordre les trois cas d'autoconflits: (a)-la superposition ; (b)-les angles trop aigus ; (c)-l'effet de boudinage. Le trait discontinu représente la ligne originale avant symbolisation.

#### 5. Processus proposé

L'approche que nous proposons adopte un processus de généralisation basé sur la définition d'un ensemble de contraintes cartographiques et fait appel à un ensemble d'opérateurs de généralisation de différentes catégories. Ceci est réalisé via une diversité d'algorithmes adaptés au cas d'auto-conflit présent sur un tronçon de route. La symbolisation et l'échelle de la carte (image sur écran) constituent des paramètres pertinents dans ce processus. Certaines contraintes sont formalisées sous forme de règles avec l'aide d'un expert cartographe, d'autres ne le sont pas. Dans la mise en oeuvre de notre approche, nous avons proposé un algorithme à trois étapes consécutives, décrites comme suit :

1. Réduction du nombre de points (vertex) :  
 Contrainte de lisibilité et d'acuité visuelle.  
 Opération : [simplification : filtrage]  
 Algorithme : traitement par point aléatoire.
2. Résolution du conflit :  
 Contrainte : liée à la symbolisation.  
 Opération : [simplification : filtrage]+[caricature : déformation].  
 Algorithme : traitements locaux + module de caricature.
3. Atténuation des angularités :  
 Contrainte : respect de formes.  
 Opération : [simplification : lissage]  
 Algorithme : traitement à moyennes pondérées.

### Etape 1 : Réduction du nombre de vertex

Une ligne est définie par l'ensemble des vertex la constituant, en moyenne la distance entre deux vertex est de 10 mètres terrain. Ainsi, la ligne est décrite avec un très grand nombre de vertex séparés par de très petites distances proportionnelles aux échelles utilisées. Nous nous retrouvons alors à représenter des vibrations qui ne sont même pas perceptibles par l'oeil et qui rendent le traitement de la ligne lourd et coûteux en temps. Pour faire face à ce problème nous avons exploité une opération de filtrage basée sur les algorithmes de traitement par point aléatoire (sélection / élimination)[5]. L'inconvénient d'un tel algorithme réside dans la difficulté de contrôler les résultats fournis par ce dernier car ce type de traitement (supprimer 1 vertex sur n, supprimer les vertex multiple de n, supprimer un vertex chaque vertex passé...) donne le même degré d'importance aux vertex constituant une ligne. Ceci, rend la probabilité d'enlever un point perceptible et un autre qui ne l'est pas, égale. Pour remédier à cet indéterminisme imposé par cette catégorie d'algorithmes de filtrage, nous nous sommes orientés vers une méthode courante dans la généralisation manuelle des cartes, qui consiste à exiger un pas minimal entre deux vertex consécutifs, pour guider le traitement par une règle déterministe et du coup avoir un résultat plus concluant.

Pour comprendre ce premier traitement, prenons l'exemple d'un réseau routier présenté à l'échelle 1 : 500 000. A cette échelle chaque 500 mètres terrain est représenté par 1 millimètre sur la carte, on aura 51 points reportés sur 1 millimètre de la carte, or les routes sont habillées généralement d'un symbole de 1mm. En d'autres termes, toute variation inférieure à la largeur du symbole n'est pas perceptible par l'oeil du fait que celle-ci est cachée par la symbolisation attribuée au tronçon de route. Donc l'intervalle entre deux vertex doit être supérieure ou égale à la largeur du symbole attribué. C'est ainsi que nous proposons la règle suivante :

*« le pas entre deux vertex consécutif doit être supérieur ou égal à la largeur du symbole à l'échelle de la sortie (dans notre cas l'échelle de représentation est 1 : 500 000). Au dessus de cette distance, tout vertex est considéré comme un bruit et il est systématiquement enlevé de la collection de points constituant le tronçon traité ».*

Il existe une relation de proportion inverse entre l'échelle d'affichage et la largeur du symbole, ce qui fait qu'à chaque fois que nous passons d'une échelle détaillée (grande échelle) à une échelle plus petite, la largeur du symbole s'épaissit et le niveau de détail diminue. Il est clair que le pas exigé entre deux vertex est sensible à la symbolisation attribuée à l'objet et même si on se restreint à travailler sur une échelle de 1 : 500 000. Le changement de symbole d'un type de route pour une cause donnée n'est pas sans conséquence sur le pas exigé, dans un esprit de faire face à n'importe quel changement dans la symbolisation. Nous proposons de récupérer la largeur du symbole attribué à l'objet au lieu de le prendre comme paramètre fixe inchangé, ainsi l'algorithme sera adaptable à n'importe quelle échelle et à n'importe quel type de symbole et le pas sera calculé comme suit :

Pas := [distance terrain entre deux vertex \* largeur du symbole à l'échelle de sortie]

### Etape2 : Résolution de l'auto-conflit

Dans cette étape, nous utilisons les algorithmes de traitements locaux (sélection / élimination par trois points). Le principe de ce type d'algorithme est de faire une étude par triangle formé par trois points consécutifs. Certains algorithmes utilisent le critère de distance (retenir le point sommet s'il est distant de la base du triangle d'une hauteur  $H \geq H_{\text{seuil}}$  comme proposé par Jenks[4], d'autres s'appuient sur le critère de surface (retenir le point sommet si la surface du triangle  $S \geq S_{\text{seuil}}$  comme vu dans l'algorithme de Visvalingam ou d'angle (retenir le point sommet si la somme des angles de la base du triangle  $\alpha_1 + \alpha_2$  est supérieure ou égale à  $\alpha_{\text{seuil}}$  comme proposé par Mac master[6].

Lors de l'application de ces différents algorithmes, nous avons constaté que le dénouement du conflit n'est pas abordé mais plutôt éliminé. Nous avons exploité dans cette partie la propriété de mesure par rapport à un seuil (ce seuil est pris comme paramètre d'entrée) proposé par cette catégorie d'algorithmes comme astuce pour détecter les zones de conflits mais nous avons évité l'élimination brusque du conflit qui caractérise ce type d'algorithmes en intégrant un module de caricature qui a pour but de traiter le conflit (l'empatement avec ses différents cas de figures). La suppression du point sommet

reste une option d'échange si le traitement de l'auto-conflit n'aboutit pas à son élimination. Les opérations de caricature ont l'avantage de résoudre le conflit au lieu de l'éliminer (comme vu dans les algorithmes de filtrage) mais présentent bien des imperfections quand il s'agit d'analyser la répercussion de ce type de traitement sur l'intégralité de la ligne et sur les objets à proximité de celle-ci. Le problème réside dans le fait que l'élimination d'empâtement passe essentiellement par une série d'écartement du virage jusqu'à la disparition du conflit, mais l'ensemble des écartements effectués sur le virage n'est pas sans conséquence, car l'élargissement d'un virage produit l'effet domino sur les tronçons de lignes de part et d'autre le virage empâté, ce qui peut générer encore plus de conflits.

La criticité apparaît claire, il ya un gain dans l'élimination de conflits (l'auto-conflit ou encore l'empâtement) et un risque de générer d'autre conflits qui ne seront pas forcément des auto-conflits en utilisant une opération de caricature pure. Nous nous sommes alors fixés l'objectif suivant « Résoudre le conflit sans pour autant abimer la forme globale de la ligne ».

Pour atteindre cet objectif, nous proposons d'écartier le virage en conflit une seule fois avec un facteur d'écartement Z calculé, si l'élargissement ne suffit pas à résoudre le conflit, on se tourne vers la suppression du point sommet comme meilleure alternative qui nous garanti le respect de nombreuses contraintes cartographiques. Le traitement effectué dans cette étape est décrit par l'algorithme suivant : (Figure 2).

```

Taiter-conflit (collection 2, taux seuil de généralisation)
DEBUT
    Soient A, O, B, O', B' : point
    Soit collection 3 : collection de 3 points
    Soit R : entier //le rapport de comparaison
    Soit R' : entier // le rapport de comparaison par rapport au seuil
    Soit Z : entier // facteur d'écartement
    Soit X : entier // distance indicatrice de l'écartement

    A := premier point de la collection 2
    O := Avancer (collection 2, A, 1)
    B := Avancer (collection 2, A, 2)

    TANT QUE B ≠ NUL et O ≠ NUL
        FAIRE
            
$$R = \frac{\text{distance}(A-B)}{\text{distance}(A-O) + \text{distance}(O-B)}$$

            SI
                R ∈ [0, 95, 1]
                O := Avancer (collection 2, A, 2)
                B := Avancer (collection 2, A, 3)
            SINON
                SI R ∈ [seuil, 0, 95]
                    Insérer (A, collection 3)
                    A := O
                    O := Avancer (collection 2, A, 1)
                    B := Avancer (collection 2, A, 2)
                    
$$X = \text{seuil} * [\text{distance}(A-O) - \text{distance}(O-B)]$$

                    // x est la distance qui doit déplacer le point A du point B pour une éventuelle
                    // résolution du problème d'empâtement.

                    Z := X - distance (A - B) // distance d'écartement
                    O' := O déplacé d'un facteur Z
                    B' := B déplacé d'un facteur Z
                    
$$R' = \frac{\text{distance}(A-B)}{\text{distance}(A-O) + \text{distance}(O'-B')}$$

                    Si R' ≥ seuil
                        Remplacer (collection 2, O, O')
                        //remplacer O par O' dans la collection2
                        Remplacer (collection 2, B, B')
                        Insérer (A, collection 3)
                        A := O'
                        O := Avancer (collection 2, A, 1)
                        B := Avancer (collection 3, A, 2)
                    SINON
                        O := Avancer (collection 2, A, 2)
                        B := Avancer (collection 2, A, 3)
                    FSI
                FSI
            FSI
        FAIT
    FIN

```

Fig. 2 Etape 2 du processus de généralisation proposé.



La figure suivante (figure 3) présente un tronçon de route généralisé avec des taux de généralisation

choisis arbitrairement (ces schémas sont agrandis afin de pouvoir analyser les résultats).

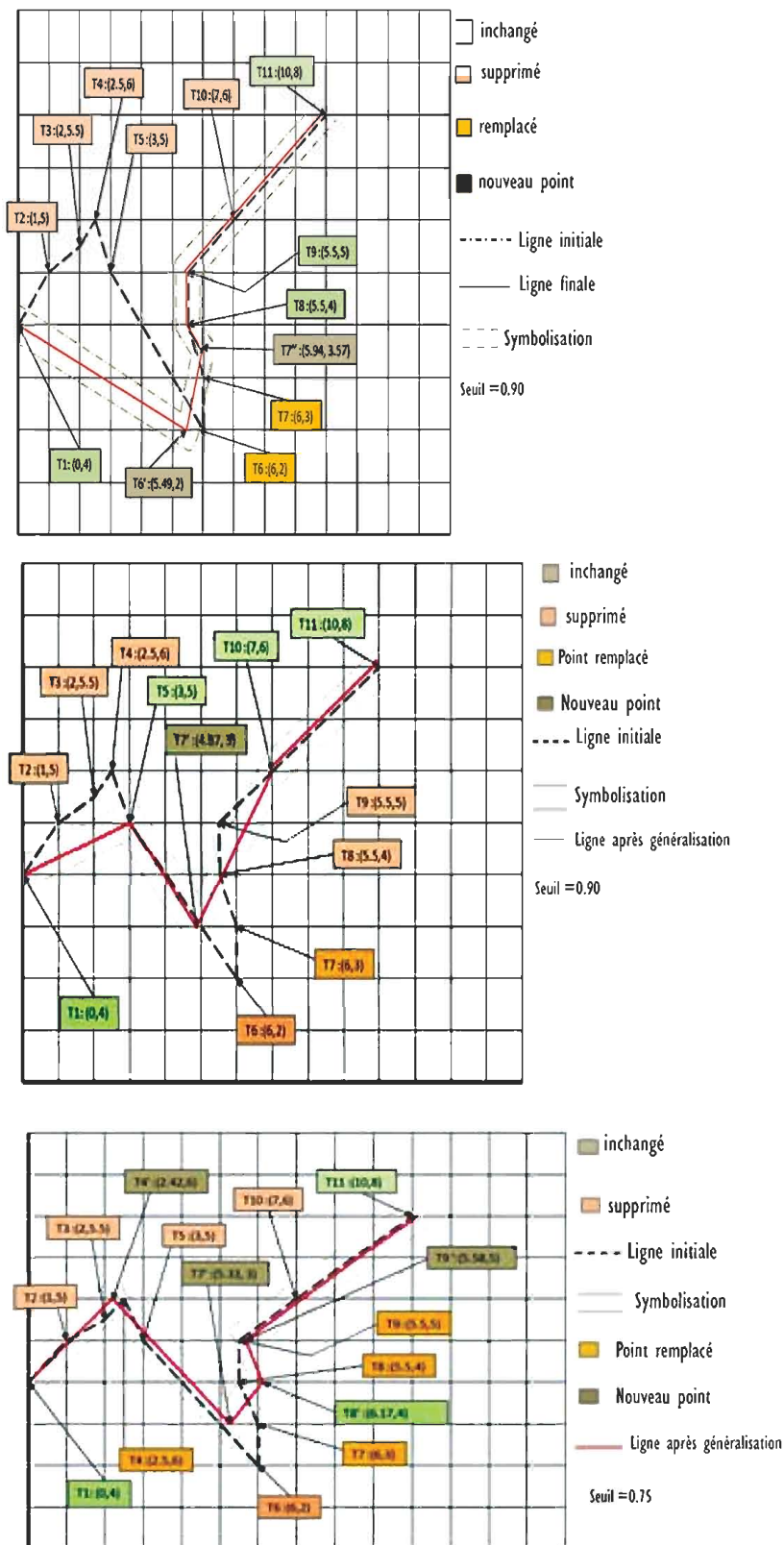


Fig. 3 Tronçon de route généralisé avec des taux de généralisation respectifs 0,90, 0,80 et 0,75

D'après la figure 3, nous remarquons que plus le taux de généralisation est élevé moins nous nous rapprochons du tracé initial, si c'est le cas, nous disons que la généralisation s'effectue sans perte d'informations (le cas idéal). Cependant cette perte n'est pas déplorée si l'objectif de la généralisation est atteint.

### Etape 3 : Atténuation des fortes angularités

Ce troisième traitement se dirige plutôt vers un but esthétique de la carte. L'application des deux premiers traitements (réduction du nombre de vertex et traitement de conflits), transmet au linéaire routier de fortes angularités (phénomène de marche d'escalier) qu'il faut atténuer afin de conserver la forme courbée des virages. Pour retrouver cette forme courbée, nous avons automatisé une opération assez courante dans la généralisation cartographique manuelle. Cette opération est celle du lissage qui est considérée dans la littérature comme une vision

complémentaire du filtrage (les deux opérations appartiennent à la catégorie d'algorithme de simplification). Le lissage permet de rajouter des points au lieu d'en supprimer (contrairement au filtrage qui lui, supprime des points). Pour cela on dessine le cercle inscrit dans le triangle constitué de trois points consécutifs et dont le centre est le point d'intersection des trois bissectrices internes du triangle. Le point sommet du triangle est projeté sur le cercle inscrit à l'intérieur du triangle et est remplacé par le point de projection et les deux points tangentiels du triangle, de cette manière le virage n'est plus défini par un point sommet et deux points voisins de part et d'autre mais par 5 points : le point résultant de la projection du point sommet sur le cercle inscrit dans le triangle, les deux points tangentiels et les deux points délimitant la base du triangle (Une fois le virage symbolisé il retrouve sa courbure naturelle qu'il avait auparavant (avant la généralisation) voir la figure 4.

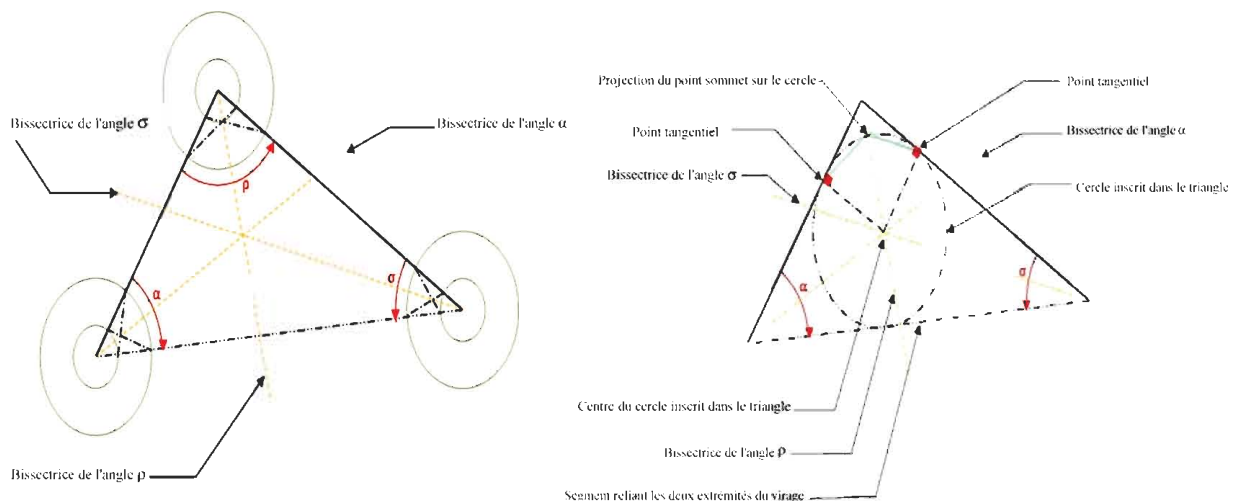


Fig. 4 Atténuation des angularités (algorithmes basés sur des traitements mathématiques).

## 6. Expérimentation et résultats

L'automatisation du processus de généralisation selon l'approche proposée passe par le développement des différents algorithmes représentant les opérateurs de généralisation que nous appliquons. Nous avons choisi la plateforme SIG «ArcGis Desktop 9.2» qui offre un environnement de développement basé sur le langage de programmation VBA « Visual Basic Application ».

### 6.1 Description de la zone d'étude

La zone d'étude choisie est la zone de «Tizi ouzou» située au nord d'Algérie (région du centre). Cette zone est caractérisée par sa texture montagneuse. La BDC que nous exploitons est à l'échelle 1 : 200 000. L'importation et la manipulation de cette donnée se fait sous ArcGis 9.2. La figure 6 représente le thème « Voie de communication » de la zone d'étude et la figure 7 représente la structure de la Géodatabase (la donnée est en mode vecteur).

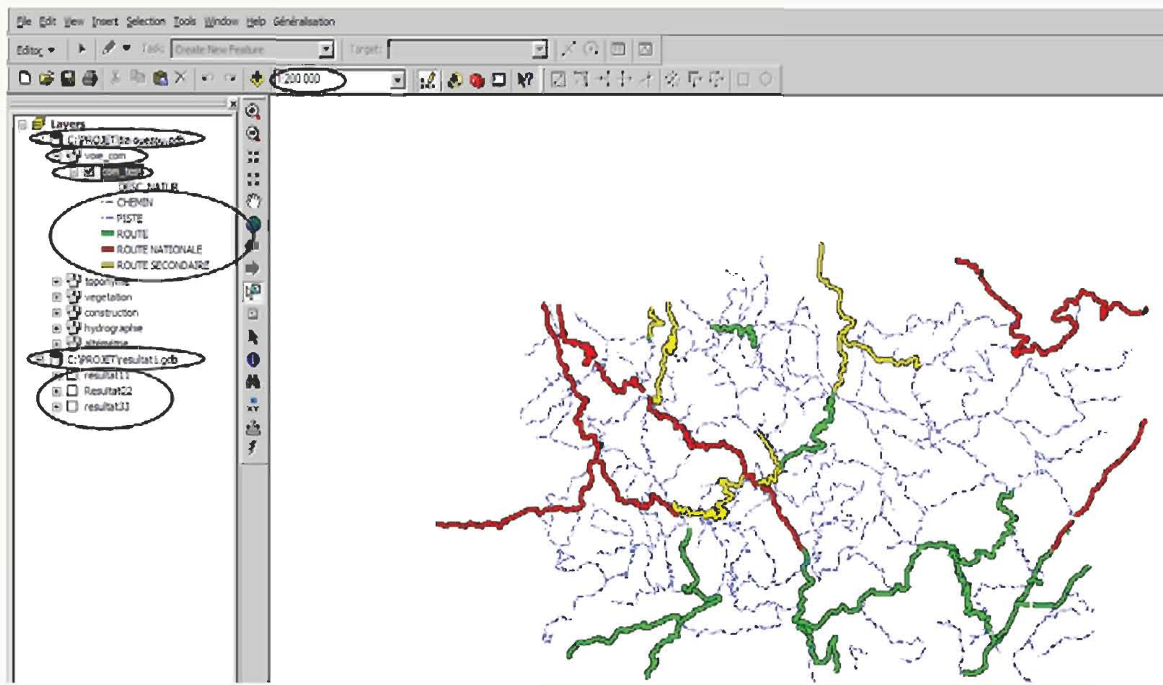


Fig. 6 Thème Voies de communication de la zone d'étude.

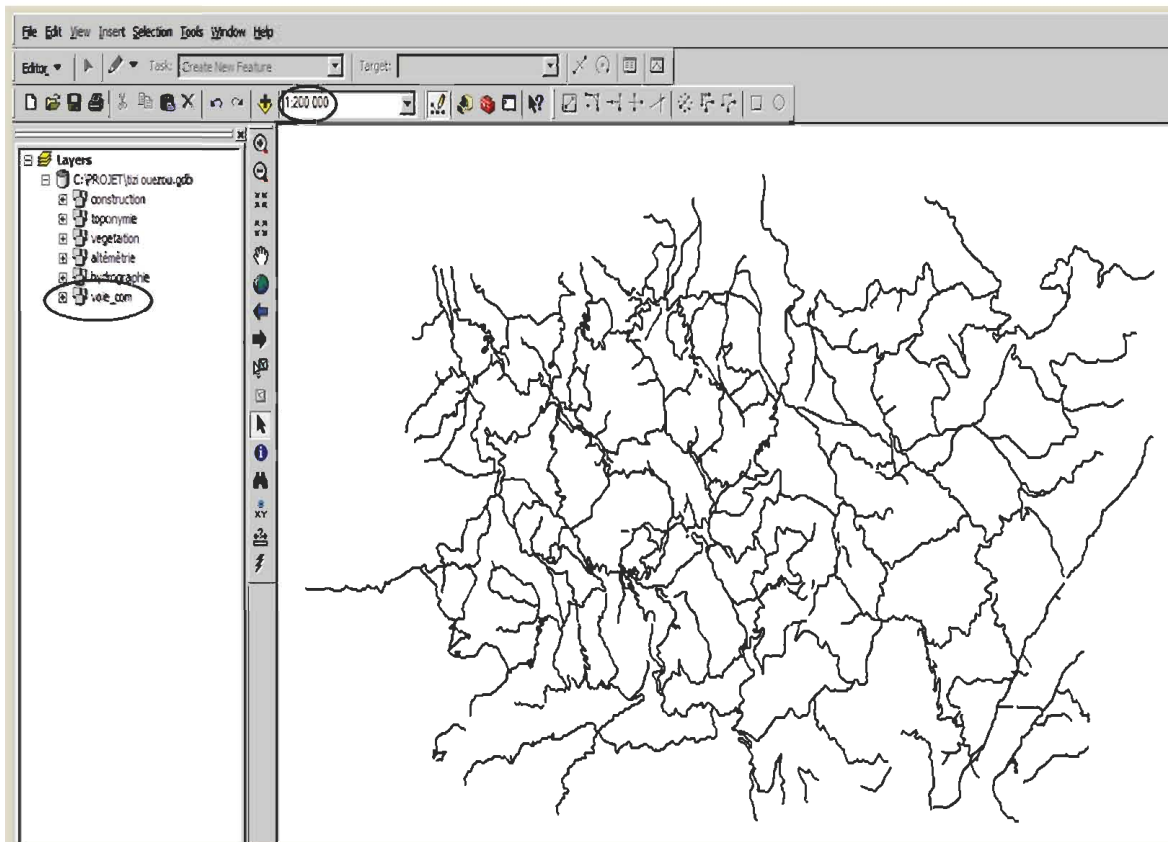


Fig. 7 Structure de la Géodatabase.

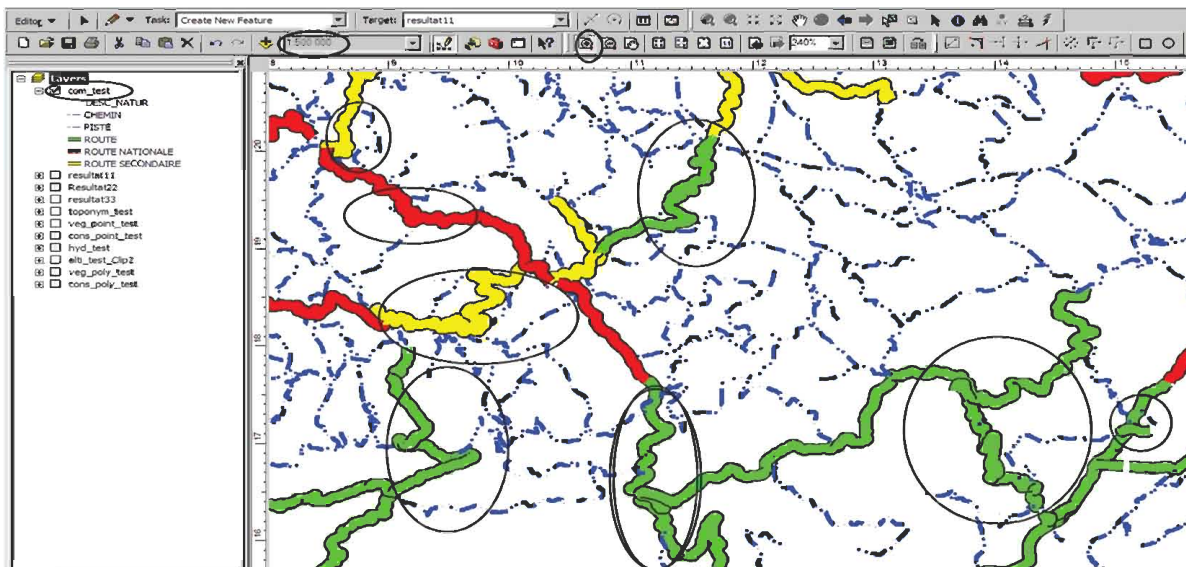


Fig. 8 Identification des zones de conflits lors de la réduction d'échelle (1 : 200 000 → 1 : 500 000).

Dans la figure 8, nous mettons en évidence les zones de conflits après réduction d'échelle (passage de 1 : 200 000 vers 1 : 500 000).

### 6.2 Présentation du prototype

L'application développée constitue un composant intégré au module ArcMap du SIG ArcGIS 9.2

(Interface de la figure 9). Nous avons personnalisé l'environnement d'ArcMap en introduisant le menu Généralisation contenant les options : Généralisation Globale, Généralisation par Sélection, un sous menu Affichage contenant trois sous options : traitement1, traitement2, traitement3, représentant les différentes phases de l'approche proposée. La figure 9 représente l'interface principale de l'application.

### Quelques interfaces du prototype

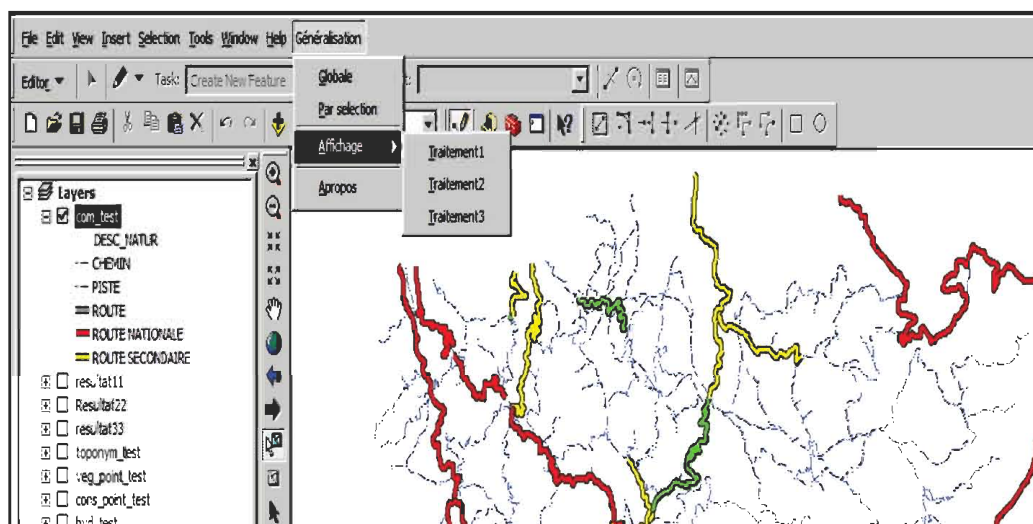


Fig. 9 Personnalisation de la barre de menu d'ArcMap.





Fig. 10 Activation de la généralisation globale.

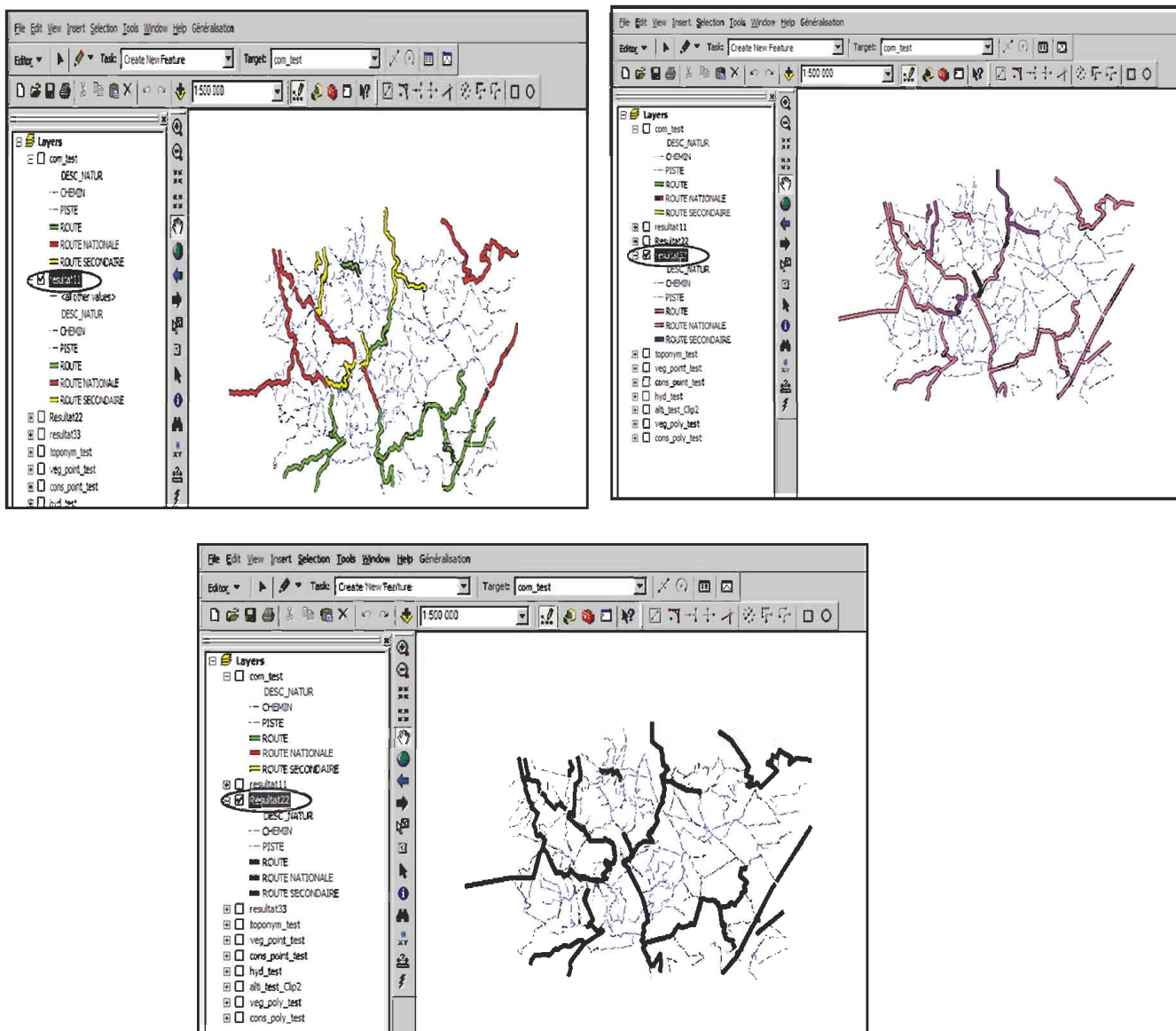


Fig. 11 Résultats respectifs des traitements 1,2 et 3 d'une généralisation globale.

Rappelons que le prototype que nous avons développé offre la possibilité de faire une généralisation globale ou par sélection, la deuxième option permet à l'opérateur de sélectionner les tronçons à

généraliser, ceci s'avère nécessaire pour apporter un plus, après une généralisation globale (voir les interfaces de la figure 11).

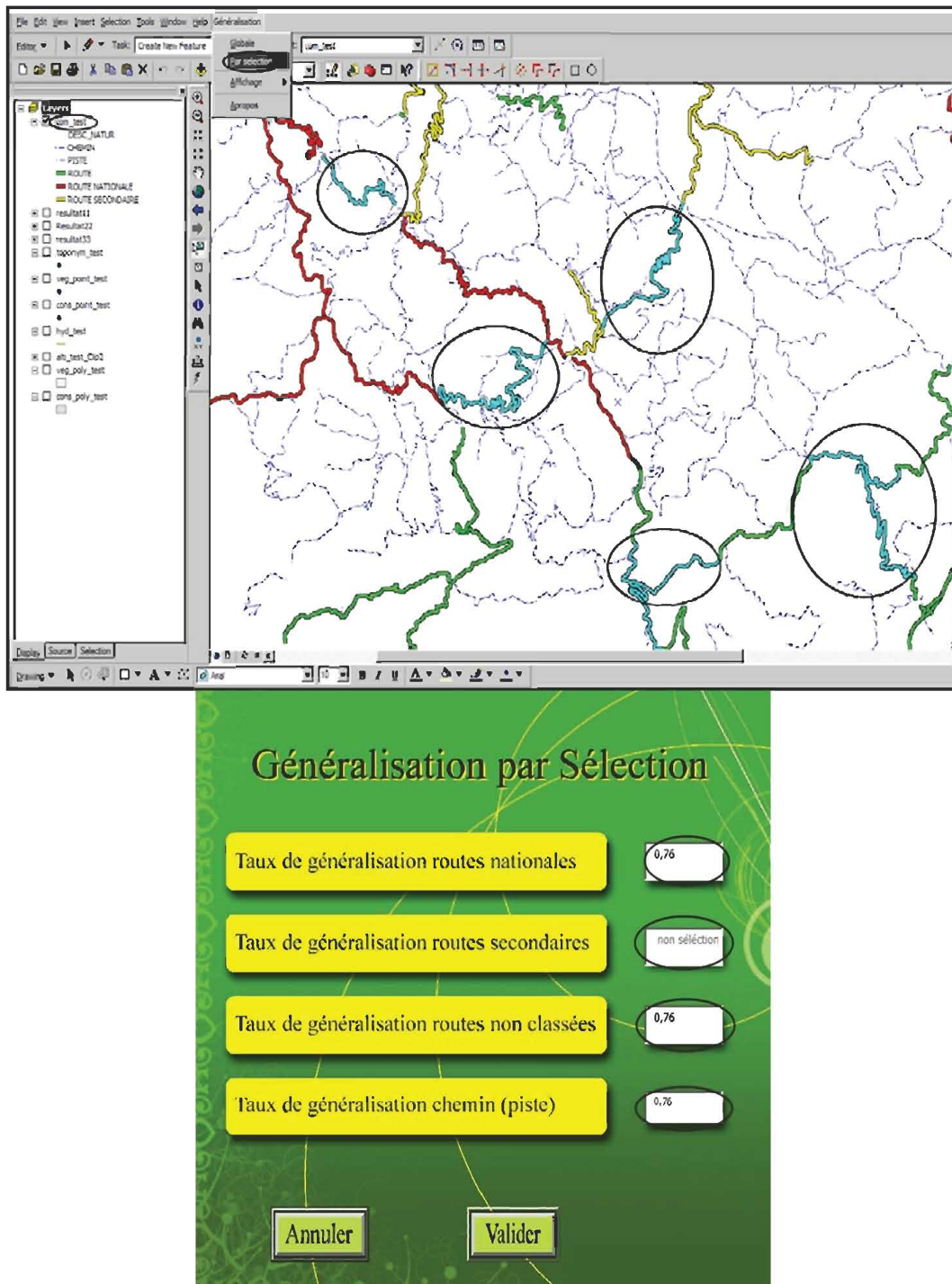


Fig. 12 Activation de la généralisation par sélection.

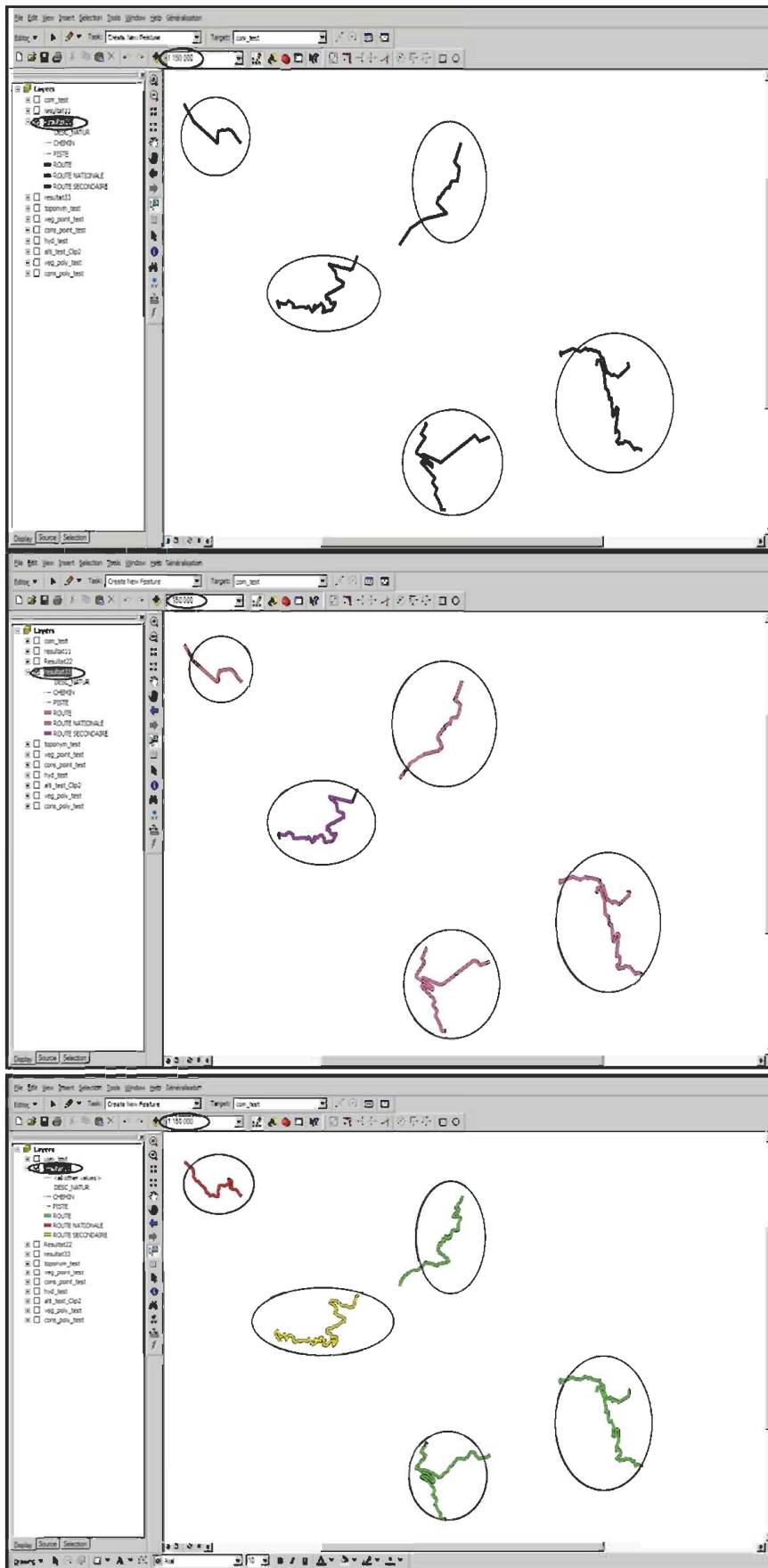


Fig. 13 Résultats des trois traitements 1, 2, 3 d'une généralisation par sélection.

Nous terminons par cette illustration agrandie d'un tronçon de route sur lequel nous avons appliqué le

processus de généralisation proposé pour la résolution de l'auto-conflit (voir figure 14).

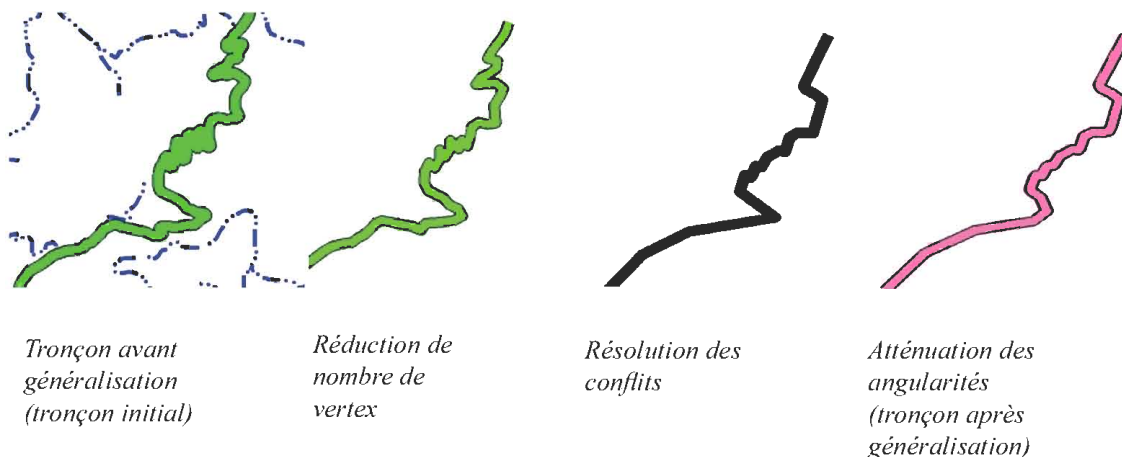


Fig. 14 Comportement d'un tronçon de route durant les différentes phases de généralisation.

## 7. Conclusion et perspectives

Dans cet article, nous nous sommes penchés sur un type particulier de conflits provoqués par le linéaire routier, il s'agit de l'auto-conflit avec ses différents cas de figures (superposition, angle aigu et l'effet de boudinage). Nous avons fait appel à plusieurs opérateurs de généralisation basés sur différents algorithmes connus dans la littérature. Nous avons également formalisé et exploité les connaissances d'un expert cartographe. L'utilisation simultanée de plusieurs algorithmes permet, à notre avis, de renforcer l'efficacité de l'approche proposée. Cependant, il ne suffit pas de rassembler différents algorithmes de généralisation dans un processus, faut il encore savoir dans quel ordre les appliquer car c'est cet ordre qui va guider le traitement vers un tel ou tel résultat. Nous parlons dans ce cas d'un système d'orchestration du déclenchement de ces algorithmes. Comme perspectives, nous proposons :

- Traiter les autres types de conflits à savoir ; le conflit intra-couche (conflit entre les objets du même thème) et le conflit inter-couches tout particulièrement avec le bâti (les thèmes routier et bâti sont intimement liés), (ce travail est en cours de développement).
- L'approche proposée peut être adaptée à la généralisation cartographique des autres thèmes linéaires en prenant en considération les spécificités de chaque thème.

**Remerciements** : Nous tenons à remercier Mr L'haddad Samir et Melle Hadj Cherif Radia pour leur participation active à l'élaboration de ce travail réalisé à l'INCT dans le cadre de leur PFE (2009).

## Références Bibliographiques

- [1] P.CORINE. *Analyse de la géométrie des objets linéaires pour la généralisation cartographique*. Thèse de doctorat. Paris, 1996. 199p.
- [2] C.DUCHENE. *La généralisation cartographique par agents communicant*. Thèse de doctorat : informatique. Paris, 11 juin 2004. 232p.
- [3] F.FRISCH. *Représentation de la géométrie et des contraintes cartographiques pour la généralisation du linéaire routier*. Thèse de doctorat : science de l'information géographique. Paris, 8 juin 2001. 2001p.
- [4] G-F JENKS. *Geographic logic in line generalization*. Cartographica.1989 vol 26, no 1, p27-43.
- [5] R.MCMASTER. *Mathematical measures for the evaluation of simplified lines on maps*. Rapport de thèse. Université du Kansas, 1983.
- [6] R.MCMASTER. *The integration of simplification and smoothing algorithms in line generalization*. Cartographica. 1989 vol 26. pp 101-121.
- [7] S.MUSTIERE. *Apprentissage supervisé par la généralisation cartographique*. Thèse de doctorat en informatique. Paris, 08 juin 2001.246p.



- [8] N.REGNAULD. *Généralisation du bâti : structure spatiale de type graphe et représentation cartographique. Thèse de doctorat : informatique.* Paris, 11 mai 1998. 191p.
- [9] A.RUAS. *Modèle de généralisation de données géographiques à base de contraintes et autonomie. Thèse de doctorat : science de l'information géographique.* Paris, 09 avril 1999. 267p.
- [10] EDSALL. *Cultural factors in digital cartographic design, implications for communication to diverse users.* cartography and geographic information science, 34(2) : 121-128,2007
- [11] J.GAFFURI. *Généralisation automatique.* Ecole nationale des sciences géographiques- Institut Géographique National- Laboratoire COGIT. Octobre 2008
- [12] K.DERBAL AMIEUR,B.LEJDEL, Z.ALIMAZIGHI. *A hybrid approach to modeling and managing multiple representation of spatial data (application theme :road network).* International Conference on Information &Communication systems ICICS'2009, NYIT JORDAN, University of Science and Technology(Amman JORDAN).
-

# Singular Spectrum Analysis of Global Mean Sea Level Variations

S. Khelifa<sup>1</sup>, S. Kahlouche<sup>1</sup>, M. F. Belbachir<sup>2</sup>, M. Hadad<sup>1</sup> & A. Rami<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre of Space Techniques, PO Box 13, 31200, Arzew, Algeria

<sup>2</sup> Sciences and Technology University of Oran (USTO), PO Box 1505, 31000, Oran, Algeria

**ملخص :** إن موضوع هذا المقال يتمحور حول تحليل السلاسل الزمنية للإختلافات المتوسطة لإرتفاع سطح البحر (MSLA) للمرفاعية الفضائية باستخدام الطيف المفرد (SSA). إن الهدف من هذه الدراسة هو تمييز وتحديد كمية التغير على المدى البعيد لمستوى سطح البحر، المعطيات المستعملة أثناء المعالجة مكونة من سلسلة أسبوعية من التغيرات المتوسطة لإرتفاع سطح البحر الناتجة عن الأقمار الصناعية للمرفاعية الفضائية، ما بين 1993 إلى 2009.

أظهرت النتائج المتحصلة عليها أن SAA تتكيف بشكل جيد للإستخلاص المترامن مع الإتجاه الغير خطي والإشارات الفصلية المحتواة داخل السلاسل الزمنية (MSLA). الإتجاه والإشارة السنوية و النصف سنوية يمثلون بالترتيب 93.36%، 6.01% و 0.34% من الإشارة الإجمالية. إن الإتجاه المقدر بـ 2.88 مم/سنة من المستوى العام لسطح البحر هو مشابه للنتائج الحديثة التي قام بنشرها AVISO المرفاعية على إتجاه المستوى العام لسطح البحر و الذي يقدر بحوالي 2.92 مم/سنة.

**الكلمات الأساسية :** المستوى المتوسط العام لسطح البحر، تحليل السلاسل الزمنية، تحليل الطيف المفرد (SSA)، جهاز قياس الفترات.

**Résumé :** Le thème développé à travers cet article porte sur l'analyse des séries temporelles d'anomalies moyennes de hauteur de la mer (MSLA) d'altimétrie spatiale par le spectre singulier (SSA). Le but de cette étude est de caractériser et de quantifier la variabilité à long terme du niveau de la mer. Les données utilisées lors du traitement sont constituées d'une série hebdomadaire d'anomalies moyennes de hauteur de la mer issues des satellites d'altimétrie spatiale, conduite entre 1993 et 2009. Les résultats obtenus ont montré que la SAA est bien adaptée pour l'extraction simultanée de la tendance non linéaire et des signaux saisonniers contenus dans les séries temporelles MSLA. La tendance, le signal annuel et semi annuel représentent respectivement 93.36%, 6.01% et 0.34% du signal total. La tendance estimée de 2.88 mm/ans de niveau global de la mer est similaire aux récents résultats publiés par AVISO Altimétrie sur la tendance de niveau global de la mer qui est d'environ 2.92 mm/ans.

**Mots-clés :** Le niveau moyen global de la mer, l'analyse des séries chronologiques, l'analyse du spectre singulier (SSA), périodogramme.

**Abstract :** The theme developed through this article focuses on the analysis of time series of Mean Sea Level Anomalies (MSLA) of space altimetry using the singular spectrum Analysis (SSA). The aim of this study is to characterize and quantify long-term variability of the sea level. The data used are the weekly series of MSLA, provided by space altimetry satellites from 1993 to 2009. The obtained results show that the SAA is well adapted for the simultaneous extraction of the nonlinear trend and the seasonal signals contained in the MSLA time series. The trend, the annual and semi signals represent respectively 93.36%, 6.01% and 0.34% of the total signal. The global sea level trend estimate of 2.88 mm/yr is similar to recently published results of global sea-level rise by AVISO Altimetry which is about 2.92 mm/yr.

**Keywords :** Global mean sea level, Time series analysis, Singular Spectrum Analysis (SSA), Periodogram.

## 1. Introduction

Mean sea level is a fundamental geophysical parameter in meteorological and oceanographic studies, particularly long-term sea level variation and its relation to global climate changes. Long-term sea level variations are primarily measured by two techniques: tide gauges and altimetry satellites. Precise monitoring of changes in the mean level of the oceans, particularly through the use of altimetry satellites (Fu and Chelton, 2001; Picaut and Busalacchi, 2001), is vitally important, for understanding not just the climate but also the socio-economic consequences of any rise in sea level. Thanks to the global, continuous and repetitive set of altimetric observations allowed by the successive launches of ERS-2, Topex/Poseidon, Jason-1, Envisat, GFO and Jason-2. These multiple altimeter missions have led to vast improvements of accuracy of altimeter measurements by cross calibration and validation between them, as well as of the mapping capability for mesoscale variability and ocean circulation (Zhang and Chen, 2006; Le Traon and Dibarboure, 2004; Leuliette et al., 2003).

The Sea level Anomaly (SLA) is generally used as precious and main indicator for development of scientific applications which aims to study the ocean variability (mesoscale circulation, seasonal variation, El Niño...). AVISO Altimetry (AVISO web site) estimates that the sea level has been rising at an average rate of about 2.92 mm per year. The majority of this rise can be attributed to the increase in temperature of the sea and the resulting thermal expansion of sea water. Additional contributions come from water sources on land such as melting snow and glaciers.

Historically, the analysis of sea-level trends has been undertaken using simple linear or polynomial least squares fitting, or low-pass filtering of data followed by extension to data set boundaries by some method (Mann, 2004), but more recently nonlinear analysis has been introduced (Barbosa et al., 2008; Jevrejeva et al., 2006; Grinsted et al., 2004; Torrence and Compo, 1998). This paper is a contribution to these methodological developments. The purpose of this paper is to assess the nonlinear trend and the seasonal components contained in the MSLA time series using SSA technique in order to estimate the long-term mean sea level change.

The SSA technique is used to extract information from time series without prior knowledge of the dynamics affecting the time series (Vautard and Ghil, 1989). It is essentially a principal components analysis in the time domain that makes a decomposition of the original series into the sum of a small number of independent and interpretable components such as a slowly varying trend, oscillatory components and a structureless noise. It can be used for solving the following problems (Hassani, 2007): 1) finding trends of different resolution; 2) smoothing; 3) extraction of seasonality components; 4) simultaneous extraction of cycles with small and large periods; 5) extraction of periodicities with varying amplitudes; 6) simultaneous extraction of complex trends and periodicities; 7) finding structure in short time series; and 8) change-point detection. Geophysicists have used SSA to analyze a wide variety of time series such as solar oscillations (Varadi et al., 1999), precipitation (Prieto et al., 1999; Wang et al. 1996), streamflow and sea-surface temperature (Robertson and Mechoso, 1998), chemical constituents of ice cores (Yiou et al., 1997), global temperature (Vautard et al., 1992 ; Allen and Smith, 1994), magnetosphere dynamics (Sharma et al., 1993), and suspended sediment concentration in an estuary (Schoellhamer, 1996).

In the first part of this study, we start with a brief description of the methodology of SSA, and in the second part, we apply this technique to the weekly

global maps of Delayed-Time Sea Level Anomalies averaging week by week from January 1993 to November 2009.

## 2. Singular Spectrum Analysis (SSA)

The SSA method allows to extract significant components from time series (trends, periodic signals and noise) (Vautard et al., 1992; Ghil et al., 2002; Broomhead and King, 1986). The method is based on the computation of the eigenvalues and the eigenvectors of a covariance matrix  $C$  formed from the time series  $\{X_t, t=1, \dots, N\}$  and the reconstruction of this time series based on a number of selected eigenvectors associated with the significant eigenvalues of the covariance matrix  $C$ . The algorithm of SSA includes the following four steps :

### Step (1) : Choice of the embedding dimension $M$

The time series  $\{X_t, t=1, \dots, N\}$  is embedded into a vector space of dimension  $M$ . The embedding dimension  $M$  must be sufficiently long to include the assumed periodicity of the time series without exceeding half of the length of the time series.

### Step (2) : Computation of the $M \times M$ covariance matrix $C$ given by:

$$C = \frac{1}{N'} D^T D$$

$$D = \begin{pmatrix} X_1 & X_2 & \dots & X_M \\ X_2 & X_3 & \dots & X_{M+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{N-M+1} & X_{N-M+2} & \dots & X_N \end{pmatrix} \quad (1)$$

Where:  $N$  is the length of the time series and  $N' = N - M + 1$ .

### Step (3) : Study of the eigenvalues of the covariance matrix $C$

The  $M$  eigenvalues of the covariance matrix  $C$  once determined are ordered by decreasing value. Each eigenvalue  $\lambda_k$  gives the Partial Variance (PV), given by Eq. (2), of the original time series in the direction specified by the corresponding eigenvectors  $E_k$ .

$$PV(k) = \frac{\lambda_k}{\sum_{k=1}^M \lambda_k} \quad (2)$$

If we arrange and plot the ordered eigenvalues, one can often distinguish an initial steep slope, representing the true signal, and a (more or less) "flat floor" representing the noise level (Vautard and Ghil, 1989). Thus the theory of the SSA allows to conclude that the:

- signal has a trend if the diagram contains an isolated eigenvalues,
- signal is periodic if there are two close eigenvalues that have the same dominant frequency,
- small eigenvalues constitute the noise of the signal.

**Step (4): Projection of the original time series onto the k-th eigenvectors and its reconstruction**

By the eigenvectors  $\{E_k, 1 \leq k \leq M\}$ , called Empirical Orthogonal Functions EOFs, we can construct the time series of length  $N'$  ( $N' = Nm + 1$ ) given by:

$$A_k(t) = \sum_{j=1}^M X(t+j-1)E_{k,j} \quad t=1, \dots, N' \quad (3)$$

Where:  $E_{k,j}$  represents the value of the  $j$ th line corresponding to  $k^{\text{th}}$  eigenvector.

$A_k(t)$  called the  $k$ -th principal component (PC). It represents the projection of the original time series onto the  $k$ -th EOF (with  $1 \leq k \leq M$ ). The sum of the power spectral of the PCs is identical to the power spectral of the time series  $X(t)$  (Vautard et al., 1992) and therefore, we can study separately the spectral contribution of the various components.

The PCs, however, have length  $N'$ , not  $N$ , and do not contain phase information. In order to extend the time series to length  $N$ , it is necessary to choose a subset of  $K$  EOFs on which the reconstruction is based, the associated PCs are combined to form the partial reconstruction  $R_k(t)$  of the original time series  $X(t)$ .

$$R_k(t) = \begin{cases} \frac{1}{t} \sum_{k \in K} \sum_{j=1}^t A_k(t-j+1)E_{k,j}, & 1 \leq t \leq M-1 \\ \frac{1}{M} \sum_{k \in K} \sum_{j=1}^M A_k(t-j+1)E_{k,j}, & M \leq t \leq N' \\ \frac{1}{N-t+1} \sum_{k \in K} \sum_{j=t-N+M}^M A_k(t-j+1)E_{k,j}, & N'+1 \leq t \leq N \end{cases} \quad (4)$$

These series  $R_k(t)$  of length  $N$  are called the reconstructed components (RCs). They have the important property of preserving the phase of the time series; therefore  $X(t)$  and  $R_k(t)$  can be superimposed. No information is lost in the reconstruction process, since the sum of all individual RCs gives back the original time series.

### 3. Data used

For this study, we have used the weekly global maps of Delayed-Time (DT) Sea Level Anomalies (SLA) averaging week by week from January 06, 1993 to November 04, 2009 (see figure 1). These measurements obtained from different satellites/instruments (ERS-1, ERS-2, Envisat, Topex/Poseidon, GFO, Jason-1 and Jason-2) are considered through the use of the merged products from AVISO Altimetry. AVISO global DT SLA solutions are used with  $1/8 \times 1/8$  degrees of latitude and longitude resolutions, and are available through the AVISO site:

<ftp://ftp.aviso.oceanobs.com/pub/oceano/AVISO/SSH/duacs/global/dt/upd/msla/merged/h/>.

All of the standard corrections to the altimeter data were applied including removal of ocean tides and an inverted barometer correction.

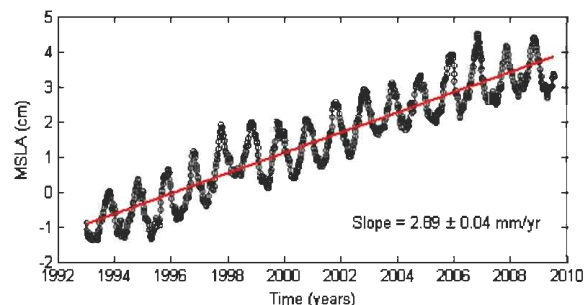


Fig. 1 MSLA time series and their linear trend obtained by least square fit.

### 4. Results and discussions

#### 4.1 Trend and periodic signals

The SSA application requires a priori the choice of the embedding dimension  $M$  which depends on the periodicity of the signal. The figure 1 shows that the MSLA time series contains an evident annual signal. Therefore, in our SSA application, we have taken  $M=52$  weeks which corresponds to one year.

The SSA of MSLA time series shows that for the embedding dimension  $M=52$  weeks, the diagram of the eigenvalues (figure 2) shows that the first eigenvalue which is well separated from the others remaining values, indicates a signature of a dominant trend (Reconstructed Component RC 1) in the signal (figure 3) with a partial variance of 93.36%.

While, the two following eigenvalues, which are clearly detached from the 50 remaining ones, indicate a dominant annual signal RC 2-3 (figure 3) with a partial variance of 6.01%.

However, the reconstructed components RC 4-5, based on the four and the five EOFs, correspond to a semi annual signal with a partial variance of 0.34%.



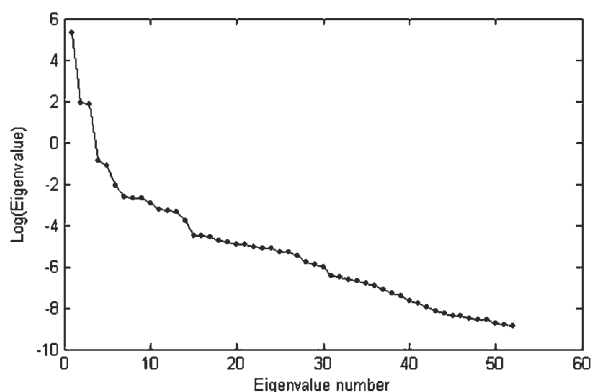


Fig. 2 Logarithms of the 52 eigenvalues.

The figure 3 shows that the amplitude of the annual signal over 2003-2004 and 2007-2008 is about 61mm which is weak relatively to the other years when the amplitude exceeds 70 mm. it reaches the minimum in April-May and the maximum in October-November. However, the semi annual signal and the remaining periodicity contained in the signal are not significant relatively to the annual signal.

Figure 4 depicts the periodogram of the reconstructed components (RC2-3 and RC 4-5). The most important peaks on the periodograms indicate the periodicities values of the annual and semi annual signals, which are about 50.82 weeks and 26.18 weeks, respectively.

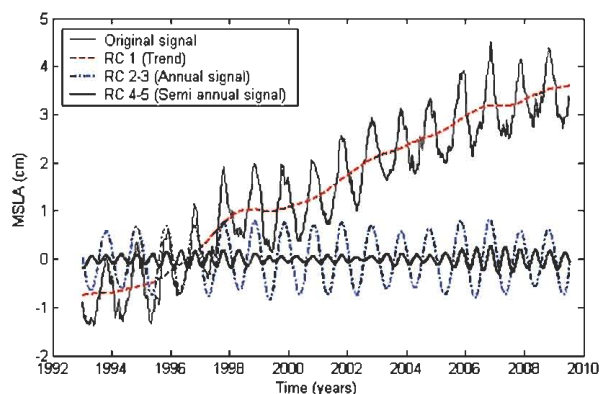


Fig. 3 Superposition of the original MSLA time series with their reconstructed components.

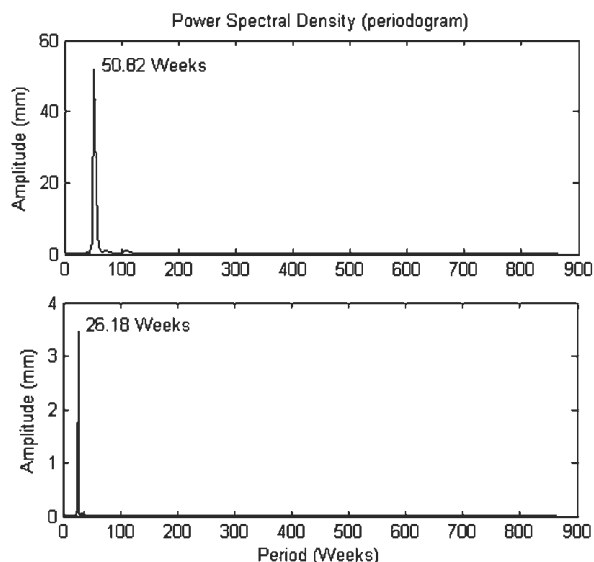


Fig. 4 Periodograms of the reconstructed components (RC 2-3 and RC 4-5).

Figure 5 illustrates the nonlinear trend (RC 1) and the MSLA time series after have been removed the seasonal signals (annual and semi annual signals). The global trend observed for the period 1993 to 2009 is about 2.88 mm/yr which is comparable with the 2.92 mm/yr sea level rise (no GIA (Glacial Isostatic Adjustment) correction, seasonal signal removed) obtained from AVISO Altimetry (AVISO web site). Between 1999 and 2007, we observe stability in the sea level evolution due to the warming of the ocean which seems to pause; its contribution to sea level rise becomes smaller. This pause occurring in the ocean warming has slowed the rise in global ocean and is partly behind the trough observed on the figure in late 2007.

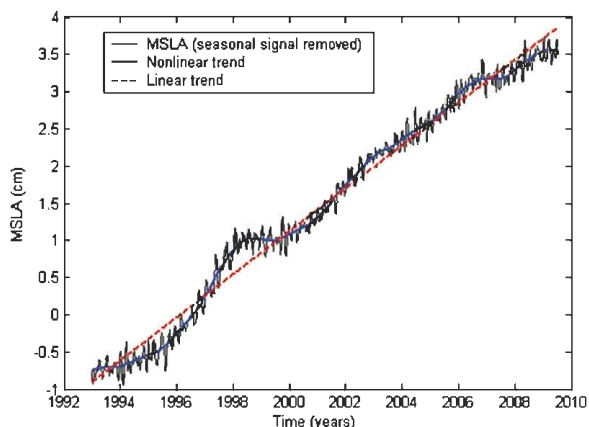


Fig. 5 MSLA time series after removed the seasonal signals (annual and semi annual signals) and the nonlinear trend (RC 1).

## 4.2 Noise

As we mentioned previously, the SSA allows to assess the noise affecting the time series by extracting from the initial series, the reconstructed components. The noise is characterized by much lower values that form a flat floor or a mild slope (Vautard and Ghil, 1989; Kumaresan and Tufts, 1980; Pike et al., 1984). In our case, we have taken the largest eigenvalues which correspond to trends and various oscillatory components.

The following figure 6 represents the original MSLA time series, their reconstructed components based on the eight first EOFs, and their noise. The noise represents 0.17% of the total signal, its amplitude is about 7 mm.

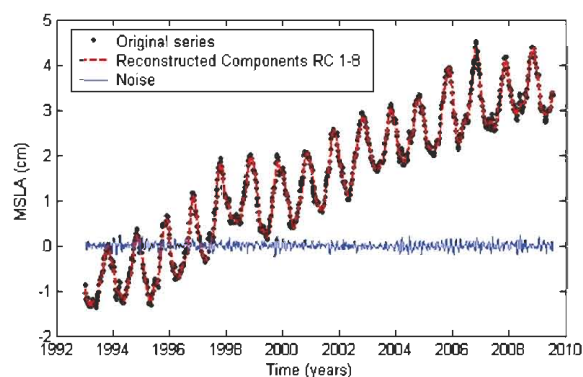


Fig. 6 Superposition of the original MSLA time series with their reconstructed components and noise.

## 5. Conclusion

The main purpose of this paper is to apply the SSA technique into the analysis of the MSLA time series from 1993 to 2009, in order to extract maximum information on its signal (nonlinear trend and seasonal signals) which allowed to apprehend the variability in global sea level.

The application of the SSA technique to MSLA time series permits to better extract their trend and the seasonal components. The annual and the semi annual signals represent 6.01% and 0.34% of the total signal, respectively. While the trend represents over 93% of the total signal. The obtained trend is about 2.88 mm/yr which is comparable with the 2.92 mm/yr sea level rise (no GIA correction, seasonal signal removed) obtained from AVISO Altimetry. For a signal noise separation (de-noising), we have assessed the noise by extracting the reconstructed components from the initial series. The obtained results show that the noise level is very small (negligible), it represents 0.17% of the total signal and its amplitude is about 7 mm.

## Bibliographic references

- Allen, M. R., and L. A. 1994. *Investigating the origins and significance of low-frequency modes of climate variability*. J. Geophys. Res. Lett. 21:883-886.
- AVISO Altimetry, 2010: *Ssalto/DUACS reprocessed DT data set*. Pdf version available at: [http://www.aviso.oceanobs.com/fileadmin/documents/data/duacs/duacs\\_DT\\_2010\\_reprocessing\\_impact.pdf](http://www.aviso.oceanobs.com/fileadmin/documents/data/duacs/duacs_DT_2010_reprocessing_impact.pdf)
- Barbosa, S.M., M. E. Silva, and M. J.Fernandes. 2008. *Time Series Analysis of Sea-Level Records: Characterising Long-Term Variability*. Nonlinear Time Series Analysis in the Geosciences. 112:157-173.
- Broomhead, D. S., and G. P. King. 1986. *Extracting qualitative dynamics from experimental data*, Phys. D. 20:217-236.
- Fu, L.L., and D. Chelton. 2001. *Large-scale Ocean Circulation. Satellite Altimetry and Earth Sciences*. A Handbook of Techniques and Application, L-L. Fu and A. Cazenave, Eds., Academic Press. 133-169.
- Ghil, M., M. R. Allen, M. D. Ide. Dettinger, et al. 2002. *Advanced spectral method for climatic time series*. Rev. Geophys. 40(1):1-1- 1-41.
- Grinsted, A., J. C. Moore, and S. Jevrejeva.2004. *Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series*. Nonlinear Processes Geophys. 11:561-566.
- Hassani, H. 2007. *Singular Spectrum Analysis: Methodology and Comparison*, J. Data. Science. 5(2007), 239-257.
- Jevrejeva, S., A. Grinsted, J.C. Moore, and S. Holgate. 2006. *Nonlinear trends and multiyear cycles in sea-level records*. J. Geophys. Res. 111 (C9), C09012.1-C09012.11.
- Kumaresan, R., and D. W. Tufts. 1980. *Data-adaptive principal component signal processing*. Proceedings of the Conference on Decision and Control. 949-954, IEEE Press, N.J. Piscataway.
- Le Traon P. Y., and G. Dibarboure. 2004. *An Illustration of the Contribution of the TOPEX/Poseidon-Jason-1 Tandem Mission to Mesoscale Variability Studies*. Marine Geodesy. 27:3-13.
- Leuliette, E.W., R. S. Nerem, and G. T. Mitchum. 2004. *Calibration of TOPEX/Poseidon and Jason Altimeter Data to Construct a Continuous Record of Mean Sea Level Change*. Marine Geodesy. 27:79-94.

- Mann, M. 2004. *On smoothing potentially nonstationary climate time series*, Geophys. Res. Lett., 31, L07214.
- Picaut, J., and A. J. Busalacchi. 2001. *Tropical Ocean Variability. Satellite Altimetry and Earth Sciences*. A Handbook of Techniques and Application, L.-L. Fu and A. Cazenave, Eds., Academic Press, 217-236.
- Pike, E. R., J. G. McWhirter, M. Bertero, et al. 1984. *Generalized information theory for inverse problems in signal processing*. Proc. IEEE, 131:660-667.
- Prieto, R., L. Gimeno, R. Garcia, et al. 1999. *Interannual variability of hail-days in the Andes region since 1885*. Earth. Planet. Science. Lett. 171 (3):503-509.
- Robertson, A. W., and C. R. 1998. *Mechoso. Interannual and decadal cycles in river flows of southeastern South America*. J. Climate. 11(10): 2570-2581.
- Schoellhamer, D. H. 1996. Factors affecting suspended-solids concentrations in South San Francisco Bay, California. J. Geophys. Res. 101 (C5): 12087-12095.
- Sharma, A.S., D. Vassiliadis, and K. Papadopoulos. 1993. *Reconstruction of lowdimensional magnetospheric dynamics by singular spectrum analysis*. J. Geophys. Res. Lett. 20(5):335-338.
- Torrence, C., and G. P. Compo. 1998. *A practical guide to wavelet analysis*, Bull. Am. Meteorol. Soc., 79:61-78.
- Varadi, F., J.M. Pap, and C. J. Henney. 1999. *Searching for signal in noise by random-lag singular spectrum analysis*. Astrophys. J. 526(2): 1052-1061.
- Vautard, R., and M. Ghil. 1989. *Singular spectrum analysis in nonlinear dynamics, with applications to paleoclimatic time series*. Physica D. 35: 395-424.
- Vautard, R., P. Yiou, and M. Ghil. 1992. *Singular-spectrum analysis: A toolkit for short, noisy, chaotic signals*. Physica D. 58:95-126.
- Yiou, P., K. Fuhrer, L. D. Meeker, et al. 1997. *Paleoclimatic variability inferred from the spectral analysis of Greenland and Antarctic ice-core data*. J. Geophys. Res. 102(C12):26441-26454.
- Zhang, C., and G. Chen. 2006. *A First Comparison of Simultaneous Sea Level Measurements from Envisat, GFO, Jason-1, and TOPEX/Poseidon*. Sensors, Special Issue on "Satellite Altimetry: New Sensors and New Application."6: 235-248.

# Utilisation de la technique du Nivellement par GPS pour l'élaboration des surfaces de conversions altimétriques

S.A. Medjahed, A. Zeggai, B.Ghezali & H. Taibi  
Division de Géodésie Spatiale - Centre des Techniques Spatiales

**ملخص :** إن إستعمال تقنية نظام تحديد المواقع (GPS) تسمح بالتزويد بالإضافة للإحداثيات الجيوديزية ( $\lambda, \varphi$ ) لنقطة على سطح الأرض، إرتفاعها بالنسبة للإبسوييد المرجعي (WGS84) و المسمى الإرتفاع الإبسوييدي و الممثل بـ (he) على العموم، إهتمامنا يتركز أكثر على الإرتفاع الأرتومتري والذي هو قياس فيزيائي مرتبط بحقل الجاذبية و معبر عنها في النظام الألتومتري المعمول به.

نقترح في هذا المقال، طريقة لتحويل الإرتفاع الإبسوييدي المعبر عنه في النظام WGS84 إلى إرتفاع أرتومتري معبر عنه في النظام الوطني (NGA) بإستعمال سطح تحويل ألتومتري.

**الكلمات الأساسية :** الإرتفاع الإبسوييدي، الإرتفاع الأرتومتري، نظام تحديد المواقع GPS، التسوية عن طريق نظام تحديد المواقع GPS، سطح التحويل الألتومتري.

**Résumé :** L'utilisation de la technique GPS nous permet de fournir autre que les coordonnées géodésiques ( $\lambda, \varphi$ ) d'un point au sol, sa hauteur par rapport à l'ellipsoïde de référence (WGS84) appelée hauteur ellipsoïdale et notée (he).

En général, on s'intéresse beaucoup plus à l'altitude orthométrique qui est en fait une mesure physique liée au champ de pesanteur et exprimée dans le système altimétrique en usage.

Dans le présent article, on propose une méthode de conversion de la hauteur ellipsoïdale exprimée dans le système WGS84 vers une altitude orthométrique exprimée dans le système national NGA en utilisant une surface de conversion altimétrique.

**Mots-Clés :** Hauteur ellipsoïdale, Altitude orthométrique, GPS, Nivellement par GPS, Surface de conversion altimétrique.

**Abstract :** The use of GPS technique allows any user handling receiver to obtain the three-dimensional coordinates ( $\lambda, \varphi, he$ ) in WGS84 system. The vertical component (he) is called ellipsoidal height. The user is generally interested by obtaining an Orthometric one.

I.e. a physical measurement related to the field of gravity expressed in the height system.

In this paper, we propose a method of converting an ellipsoidal height expressed in WGS84 system into an Orthometric one expressed in national system NGA by using an altimetric conversion surface grid.

**Keywords :** Ellipsoidal height, Orthometric height, GPS, GPS levelling, Altimetric conversion surface grid.

## 1. Introduction

L'utilisation d'une technique spatiale (GPS, GLONASS,..) de positionnement nous conduit à une solution globale. Les résultats obtenus après le traitement et l'ajustement des observations sont exprimés en coordonnées géodésiques ( $\lambda, \varphi, he$ ) dans un système de référence géodésique appelé WGS84, ou (he) représente la hauteur ellipsoïdale. Cette hauteur diffère de l'altitude orthométrique définie par rapport au niveau moyen de la mer (géoïde).

L'objectif principal est la transformation de la composante verticale (he) obtenue par GPS en altitude orthométrique (H) par l'utilisation d'une surface de conversion altimétrique. Le processus est appelé transformation par grille. Ces grilles représentent une surface transitoire de passage entre les différentes grandeurs d'altitudes (h ellipsoïdale et H orthométrique).

La combinaison du nivellement et du GPS permet la conversion des altitudes ellipsoïdales en altitudes orthométriques. L'exécution de cette technique exige l'emploi d'un modèle du géoïde et un modèle d'ajustement, d'où la nécessité d'élaborer une méthodologie, simple de calcul des altitudes, destinée directement à un large public. Cet article s'adresse aux utilisateurs qui souhaitent réaliser des conversions entre les grandeurs altimétriques.

## 2. Conversion des altitudes par la technique nivellement par GPS

### 2.1 Référence altimétrique de la composante verticale

La composante verticale d'un point de l'espace peut être définie par rapport à deux surfaces de référence différentes :

- Dans le cas où l'on considère l'ellipsoïde (E), cette composante verticale est appelée hauteur ellipsoïdale et sera notée par he.

- Dans le cas du géoïde (G) qui est pris comme référence, cette composante sera appelée altitude orthométrique et sera symbolisée par H.

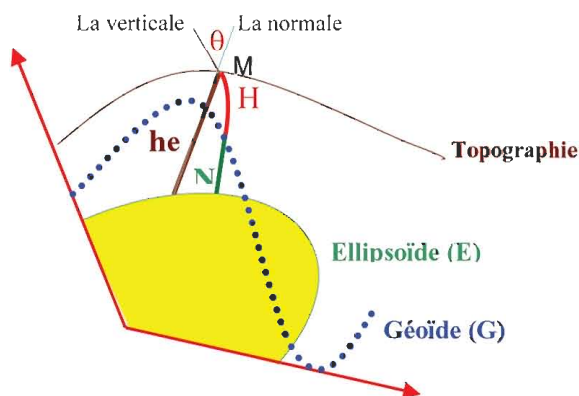


Fig. 1 Les différentes grandeurs altimétriques.

**he** : Hauteur ellipsoïdale. Elle désigne la distance séparant le point M de l'ellipsoïde et elle est contenue le long de la normale à l'ellipsoïde de référence et obtenue par le traitement des observations GPS.

**H** : Altitude orthométrique. Elle désigne la distance séparant le point M du géoïde, elle est mesurée le long de la verticale physique et déterminée par les opérations du nivellement.

**N** : Ondulation du géoïde qui est l'écart séparant la hauteur ellipsoïdale de l'altitude orthométrique.

## 2.2 Principe du Nivellement par GPS

L'objectif du nivellement par GPS est de faire le lien entre une hauteur ellipsoïdale (he) fournie par le traitement des observations GPS, et une altitude orthométrique (H) déterminée par les méthodes traditionnelles de nivellement à partir des points du réseau national. Chacune de ces grandeurs se réfère à une surface de référence différente (Ellipsoïde/Géoïde), ce qui implique des écarts qui peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres.

Les deux grandeurs (he) et (H) sont liées par une quantité appelée ondulation du géoïde (N) donnée par la relation fondamentale suivante :

$$H = He - N$$

- Où N : Ondulation du géoïde.  
 he : Hauteur au dessus de l'ellipsoïde.  
 H : Altitude orthométrique.

La relation suppose que sur chaque point, d'une part, la normale et la verticale au géoïde sont confondues (déviation de la verticale faible), et d'autre part, les courbures de la verticale et de la normale sont faibles.

Donc en première approximation linéaire et par conséquent les trois grandeurs sont parfaitement liées. L'importance de la relation ( $H = He - N$ ) pour l'utilisateur d'un système de positionnement tel que le GPS, GLONASS ou GALILEO devient évidente lorsqu'on sait que ces systèmes ne fournissent que des hauteurs ellipsoïdiques.

## 2.3 Algorithme de conversion des altitudes par la technique du nivellement par GPS

La solution est donnée par combinaison des hauteurs ellipsoïdales fournies par le GPS, l'altitude orthométrique (nivellement de précision) avec un modèle de géoïde (OSU91A, EGM96, géoïde régional). La méthode de conversion des altitudes consiste en la construction d'une surface de correction. Cette surface est obtenue en faisant une comparaison entre le géoïde obtenu par GPS/Nivellement et le géoïde gravimétrique. Les étapes de calcul sont les suivantes :

**1<sup>ère</sup> Étape** : Calcul de l'ondulation du géoïde par GPS/Nivellement :  $N_i^{GPS} = h_{ei} - H_i$

Avec :  $1 \leq i \leq n$  où n représente le nombre de points GPS nivelés.

**2<sup>ème</sup> Étape** : Détermination par interpolation bilinéaire des ondulations du géoïde sur les points GPS à partir d'une grille de géoïde local ou global :

$$N_i^{Géoïde} = \text{Interpolation\_Bilinéaire}(\lambda_i, \varphi_i)$$

**3<sup>ème</sup> Étape** : Calcul de la différence entre le géoïde obtenu par GPS/ Nivellement et le modèle du géoïde gravimétrique utilisé (global/local) :

$$\Delta N_i = N_i^{GPS} - N_i^{Géoïde} = h_{ei} - H_i - N_i^{Géoïde}$$

**4<sup>ème</sup> Étape** : Calcul des paramètres de conversion en utilisant le modèle de sept paramètres donné par :

$$\Delta N_i = a_1 \cos\varphi \cos\lambda + a_2 \cos\varphi \sin\lambda + a_3 \sin\varphi + a_4 \frac{\sin\varphi \cos\varphi \sin\lambda}{W} + a_5 \frac{\sin\varphi \cos\varphi \cos\lambda}{W} + a_6 \frac{1-f^2 \sin^2\varphi}{W} + a_7 \frac{\sin^2\varphi}{W}$$

Où  $W = \sqrt{1 - e^2 \sin^2\varphi}$

- f : Aplatissement de l'ellipsoïde WGS84  
 e<sup>2</sup> : Excentricité de l'ellipsoïde WGS84

La solution est donnée par la méthode des moindres carrés :  $X = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot B$



Avec :  $X = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7)^T$

5<sup>ème</sup> Étape : Calcul de la correction des ondulations du géoïde sur les nouveaux points puis le calcul de l'altitude orthométrique de ces points :

$$N_{\text{corrigé}} = N_{\text{Géoïde}} + C$$

$$H = h_e - N_{\text{corrigé}}$$

Où C est la correction du géoïde

### 2.4 Application du nivellement par GPS pour la conversion des altitudes

L'objectif de l'application suivante est de transformer les altitudes ellipsoïdales en altitudes orthométriques dans la région d'Oran. Les données géodésiques utilisées sont :

- *Coordonnées dans le système WGS84 (GPS)* : Un fichier de 54 points obtenus à partir des observations GPS et fournissant les trois coordonnées (longitude, latitude, hauteur ellipsoïdique) et exprimées dans WGS84
- *Nivellement* : Un fichier contenant les altitudes de 34 points.
- *Géoïde* : Un géoïde gravimétrique obtenu par collocation à partir de plus de 12000 points gravimétriques répartis sur l'Algérie.

Les résultats et les statistiques des écarts sur les points sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 1. Différences aux points d'appui et de contrôle.

	Max (m)	Min (m)	Moy (m)	RMS (m)
Pts d'appuis (18)	0.067	-0.104	0.000	0.049
Pts de contrôles (16)	0.076	-0.052	0.005	0.037

L'analyse de ces résultats permet de conclure que les altitudes orthométriques des points peuvent être calculées avec un RMS au dessous de 4 cm en utilisant le modèle du géoïde local calculé par collocation.

La précision de la méthode du nivellement par GPS pour le calcul des altitudes dépend de :

- La précision de la réalisation du système altimétrique,
- La précision de la mesure GPS de  $h_e$ ,
- La densité des points.

## 3. Tests Statistiques et validation des résultats

### 3.1 Test de Khi deux

A pour but d'éliminer les grosses erreurs. Les observations issues d'une population sont acceptées

si :  $\chi_{n-m}^2 < \chi_{\text{Théorique}}^2$

Où  $\chi_{n-m}^2$  : Est la valeur de la distribution de Khi deux à (n-m) degrés de liberté et niveau de signification  $\alpha$  avec n : le nombre de points d'appuis et m : le nombre des inconnus.

La probabilité est donc :  $P(\chi_o^2 < \chi_i^2) = 1 - \alpha$

Le test est donné par la formule suivante :

$$\chi^2 = (n - m) \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2}$$

Avec  $\sigma_0$  : Ecart type à priori pris égal à  $\pm 0.05$ m en référence aux tests effectués sur 109 points de contrôles.

Pour le degré de liberté = 11, le test de khi-deux :

Tableau 2. Test de khi-deux  $\alpha = (99\%, 98\% \text{ et } 95\%)$

	$\chi_{\text{Théorique}}^2$	$\chi_{\text{Observé}}^2$	Test de khi-deux
99%	24.725		Positif
98%	22.618	10.430	Positif
95%	19.675		Positif

Le tableau indique que le test du khi deux est positif, cela signifie que les résidus suivent la loi normale et le modèle d'ajustement à 7 paramètres ne présente pas des distorsions.

### 3.2 Test de Student's

C'est un test de significativité qui peut être employé pour la comparaison de deux moyennes. Ce test ne peut être appliqué si les distributions des moyennes seront normales (distribution gaussienne) et leurs variances sont de même taille.

L'observation est acceptée si :

$$m - t \cdot \hat{\sigma}_0 \leq Vi \leq m + t \cdot \hat{\sigma}_0$$

Où t : la valeur tabulée de Student's

$\bar{m}$  : La moyenne des écarts

$\hat{\sigma}_0^2$  : L'écart type du vecteur des résidus

Degré de liberté = 11, le test de Student's :

Tableau 3. Test de Student's :  $\alpha = (99\%, 98\%, 99\%)$

t-distribution Student's		Test de Student's
99%	3.106	0 observation Suspecte
98%	2.718	0 observation Suspecte
95%	2.201	0 observation Suspecte

Le test de Student's indique qu'aucune observation n'est suspecte pour  $\alpha = 99\%, 98\%$  et  $95\%$ .

Le test de Taux permet en revanche de rejeter ou d'accepter les observations suspectes.

D'après les résultats obtenus, on conclut que la technique du nivellement par GPS employée pour conversion des altitudes GPS dans notre application (Région d'Oran) est suffisante et sert à élaborer la grille altimétrique de conversion des altitudes GPS.

#### 4. Conversion des altitudes par grille altimétrique

##### 4.1 Principe d'élaboration de la grille altimétrique

La méthode de la conversion des altitudes par grille consiste à la construction d'une surface de conversion altimétrique. Cette surface est obtenue par interpolation dans un semi de points régulièrement répartis dans la zone de transformation.

Un algorithme simple a été développé pour la construction des maillages de la grille ( $N_{Grille}$ ) où  $N_{Grille}$  représente la valeur du géoïde corrigé et calculé à l'aide de la technique du nivellement par GPS.

##### 4.2 Structure de la grille altimétrique

Chaque grille altimétrique est fournie sous forme d'un fichier (Texte /Binaire) selon la configuration suivante :

- En tête :  $\lambda_{Min} \lambda_{Max} \varphi_{Min} \varphi_{Max} \Delta X \Delta Y$
- Corps de la grille : Valeur du géoïde corrigé.

Le principe d'utilisation de la grille conversion altimétrique est simple :

1- Positionner le point à transformer sur une maille de la grille et les 4 noeuds de la maille sont à rechercher.

2- Calculer la valeur du géoïde corrigé sur le point à transformé par interpolation bilinéaire donnée par la formule suivante :

$$N_c = (1-x).(1-y).N_1 + (1-x).y.N_2 + x.(1-y).N_3 + x.y.N_4$$

Avec

$$X = \frac{\lambda_p - \lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_1} \quad \text{et} \quad Y = \frac{\varphi_p - \varphi_1}{\varphi_2 - \varphi_1}$$

Où  $N_1, N_2, N_3, N_4$  : Les valeurs du géoïde corrigé sur les quatre noeuds avoisinant le point de calcul.

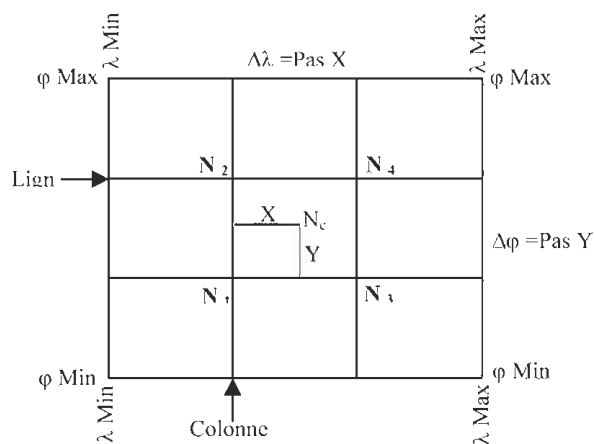


Fig. 2 Interpolation de  $N_c$

3- Calculer latitude orthocentrique H en utilisant la relation :  $H = h_e - N$

#### 5. Application de la transformation par grille

##### 5.1 Élaboration de la grille altimétrique

Dans l'application suivante, l'élaboration de la grille de conversion altimétrique à été effectuée à partir, d'une part, d'un modèle de géoïde gravimétrique calculé par collocation au niveau de la division de géodésie (CTS) et d'autre part, un fichier de données GPS dans la région d'Oran. Les caractéristiques de la grille sont :

$\lambda_{Min}$	-00°60	$\lambda_{Max}$	00°09
$\varphi_{Min}$	35°55	$\varphi_{Max}$	35°90
$\Delta \lambda$	0.001°	$\Delta \varphi$	0.001°

Fig. 3 Les caractéristiques de la grille.

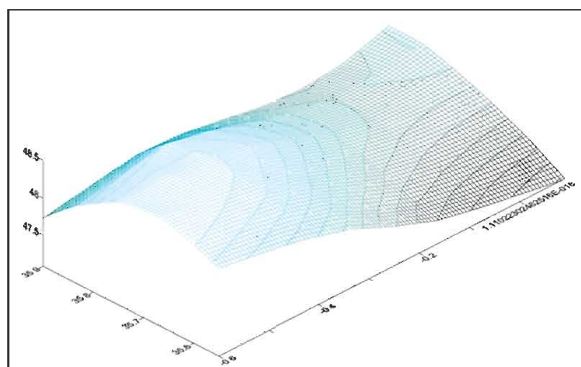


Fig. 3 La grille altimétrique.

La grille décrit la surface de conversion des altitudes GPS en altitudes orthométriques exprimées par rapport au système altimétrique national (NGA).

### 5.2 Conversion des altitudes GPS par grille

Afin de tester l'efficacité de la grille de conversion altimétrique élaboré dans la région d'Oran, une étude comparative a été réalisée sur le point 305B.

Ce point a été mesuré par GPS ( $h_e = 74.78m$ ) et rattaché par nivellement au réseau altimétrique national ( $H$  orthométrique =  $26.652 m$ ). Le processus de la conversion par grille altimétrique est représenté dans l'application suivante :

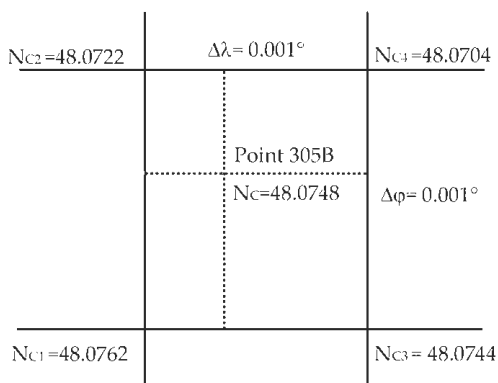


Fig. 4 Conversion de l'altitude du point 305B

Le tableau suivant illustre les écarts entre l'altitude calculée par la technique du nivellement par GPS et celle calculée par la grille de conversion altimétrique.

Tableau 4. Conversion du point 305B

H calculée par nivellement (m)	26.652
H calculée par grille altimétrique(m)	26.705
Différence (m)	0.053

On remarque qu'il existe une différence de 5.3 cm entre l'altitude du point 305B obtenu par Nivellement et celle calculée par la grille de conversion altimétrique en utilisant la méthode d'interpolation bilinéaire.

L'utilisation d'une autre méthode pour interpoler l'ondulation du géoïde peut améliorer les résultats de la conversion des altitudes par la grille de conversion altimétrique, c'est-à-dire rendre l'équation :

$$H_{\text{Nivellement Classique}} - H_{\text{Grille Altimétrique}} = 0$$

## 6. Conclusion

L'objectif de cet article est de présenter les étapes qui ont conduit à l'élaboration de la grille de conversion altimétrique en utilisant la technique du nivellement par GPS. Cette grille a été utilisée pour obtenir des altitudes orthométriques exprimées dans le système altimétrique national à partir des hauteurs ellipsoïdales GPS. La grille altimétrique de transformation de la composante verticale représente la surface de conversion, cette surface, d'après les applications réalisées dans la région d'Oran, est très utile afin de transformer la hauteur ellipsoïdale obtenue par GPS en altitude orthométrique exprimée par rapport au (NGA).

La précision de la conversion par grille altimétrique est liée à la précision du nivellement par GPS d'une part, et d'autre à la précision de l'interpolateur utilisé.

En fin, le calcul d'une grille tridimensionnelle serait le meilleur moyen à mettre à la disposition de l'utilisateur d'un système de positionnement tel que le GPS pour une transformation de trois dimensions et qui rend les transformations entre systèmes de références très simples.

## Références Bibliographiques

Andreas Schlatter et Urs Marti : Nouveau réseau altimétrique national RAN95. Office fédéral de topographie (suisse).

A.zeggai, S.Medjahed, S.A.Ben Ahmad, B.Gazali, R.Ait Ahmed Lamara, H.Taibi (2006) : Détermination d'altitudes par GPS/Nivellement. Application : région d'Oran et de Constantine bulletin des sciences géographiques N°18 (octobre 2006).

Zeggai, S.A Benahmed Daho, B. Ghezali, H. Taibi , R. Ait Ahmed Lamara (2006) : Conversion altimétrique des hauteurs ellipsoïdales par GPS. Revu XYZ N° 109 – 4 4e trimestre 2006.

C.Kotsakis et M.G.Sideris (1999) : On the adjustment of combined GPS/levelling /geoid networks. Journal of geodesy (1999).

- El Hassan Benaim et Lahcen Bouramdane (2003) : Plan côté au GPS. 2nd FIG Régional Conférence. Marrakech. Maroc. Décembre 2-5. 2003
- Henri Immediato : Cours de Statistiques (2<sup>ème</sup> partie)- LICENCE Scientifique - Université Claude Bernad –LYON.
- Ramousse R, Le Berre M & Le Guelte L (2006) - Introduction aux Statistiques.
- J. M. Nocquet, H. Duquenne, C. Boucher, A. Harmel, P. Willis (Février 2000) : Conversion altimétrique RGF93-IGN69. Correction des altitudes GPS en France. Groupe de Travail Permanent « Positionnement Statique et Dynamique ». Conseil National de l'Information Géographique.
- Notice d'utilisation - IGN (Janvier 1998) : Grille de conversion altimétrique RGR93\_IGN69/IGN78. IGN. Service De Géodésie et Nivellement. Version 1.0R.
- Ramousse, M.Le Berre & Le GuelteL. (1996): Introduction aux Statistiques.
- S.A.Medjahed (Février 2006) : Intégration des données GPS. Nord Sahara et de Nivellement en vue d'une transformation tridimensionnelle. Cas de l'Algérie. Mémoire de Magister CNTS.
- G.Fotopoulos (2003) : An analysis on the optimal combination of geoid, orthometric and ellipsoidal height - Department of Geomatics Engineering data- University of Calgary.
-

# Application des réseaux de neurones artificiels dans la formation adaptative de faisceaux pour les communications par satellite en situation d'urgence

R. Bazine

Institut National de Cartographie et de Télédétection

123, rue Tripoli, Hussein Dey, Alger

E-mail : razika022002@yahoo.fr

**ملخص :** يتناول هذا العمل نظام الاتصالات عبر الأقمار الصناعية في حالات الطوارئ و الذي يضمن الإتصال مع مجموعة من المحطات الأرضية الصغيرة و المتوافقة مع المعايير RCS/S-DVB. الإمكانيات التي يمنحها هذا النظام تكمن في دمج تكوين الحزم الرقمي التكيفي مع نظام الوصول المتعدد عن طريق التقسيم الفضائي، و التي تسمح بتطبيق مفهوم "بقعة لكل مستعمل"، وبالتالي ضمان الحد الأعلى من الفعالية في كل نقطة من منطقة التغطية، كما تسمح بإعادة استخدام الترددات عن طريق استبعاد التداخل. إن فعالية تقنيات تكوين الحزم الرقمي التكيفي المبنية على حسابات تكرارية غير كافية في حالات الطوارئ أين يكون التنفيذ في زمن حقيقي حاسما. في هذا العمل، اخترنا نهج الشبكة العصبية لتطوير قوة خوارزمية تكوين الحزم الرقمي التكيفي.

**الكلمات الأساسية :** الإتصالات عبر الأقمار الصناعية في حالات الطوارئ، تكوين الحزم الرقمي التكيفي، نظام الوصول المتعدد عن طريق التقسيم الفضائي، الشبكة العصبية، خوارزمية تكوين الحزم الرقمي التكيفي.

**Résumé :** Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés à un système de télécommunication par satellite intervenant en situation d'urgence. Ce système assurerait la transmission à une flotte de petits terminaux compatibles avec les standards DVB-RCS/S.

Les potentialités offertes par l'association de la Formation de Faisceaux par le Calcul (FFC) adaptative et la méthode d'Accès Multiple à Répartition Spatiale (AMRS), permet la mise en place du concept «un spot par utilisateur» assurant ainsi, d'une part un niveau maximal de gain en tout point de la couverture et rendant possible d'autre part, la réutilisation de ressources grâce à la réjection d'interférence.

La performance des techniques de formation adaptative de faisceaux basées sur le calcul itératif est insuffisante dans des situations d'urgences où l'exécution en temps réel est décisive. Dans ce travail, nous avons choisi une approche neuronale pour développer un algorithme de formation de faisceaux adaptative robuste. Cette technique utilise un réseau de neurones à fonctions de base radiales constitué de trois couches (RBFNN) et traite le problème d'optimisation de poids d'une antenne adaptative comme un problème de mappage en temps réel.

**Mots-clés :** Antenne intelligente, Formation de faisceaux, SDMA, Formation de faisceaux par le calcul (numérique), Les algorithmes de formation adaptative de faisceaux, Réseaux de neurones à fonctions de base radiales.

**Abstract :** The present work deals with a satellite communications system which operates in emergency situations. The system provides links to a fleet of small ground terminals compliant with DVB-RCS/S standards.

The combination of a Digital Beamforming Network technique (DBFN) with Spatial Division Multiple Access (SDMA) allows the setting up of a "one beam per user" concept, thus ensuring maximal gain to any user of the covered area and making possible resource reuse thanks to interference rejection.

The performance of the adaptive beamforming techniques based on iterative calculation is insufficient in emergency situations where real-time processing is decisive. In this work, we chose a neural approach to develop a robust adaptive beamforming algorithm. This technique employs a three-layer radial basis function neural network (RBFNN), which treats the problem of computing the weights of an adaptive array antenna as a mapping problem.

**Keywords :** Smart antenna, SDMA, Digital Beamforming Network (DBFN), Artificial Neural Network, Radial Basis Function Neural Network (RBFNN), Adaptive beamforming algorithms.

## 1. Introduction

Chaque année, partout dans le monde, surviennent des crises humanitaires majeures dues à des catastrophes industrielles, naturelles (tsunamis, ouragans, séismes...) ou à des actes terroristes où souvent, les moyens de communication traditionnels se trouvent hors d'usage. Une phase d'improvisation commence et rend difficile l'intervention coordonnée des équipes de secours sur les sites sinistrés.



A ces situations extrêmes, il convient aujourd’hui d’apporter des solutions exceptionnelles.

Les satellites de télécommunication sont mobilisables à tout instant et en tout point du globe pour contribuer aux actions humanitaires.

Mettre en place un moyen de communication pour la coordination des secours est d’un intérêt essentiel.

Un système de communication pour les situations d’urgence doit parfaitement fonctionner à tout moment et en toutes circonstances. Les communications doivent être effectives, mobiles et immédiates. Ainsi, le système satellite est le moyen le plus simple pour assurer, en un temps record, la mise à disposition de ressources de transmission. Grâce à l’avancée dans le domaine des communications numériques spatiales, il est possible de mettre en oeuvre à bord du satellite, un processeur embarqué (On- Board Processor, OBP), de petite taille, peu consommateur d’énergie et très performant. Ce qui permet la Formation de Faisceaux par le Calcul (FFC) à bord.

La formation adaptative de faisceaux est utilisée pour mettre en valeur le signal désiré tout en supprimant le bruit et les interférences à la sortie d’un alignement de capteurs. Elle se base fondamentalement sur l’idée que, bien que les signaux émanant de différents émetteurs occupent le même canal de fréquence, ils arrivent toujours de différentes directions. Cette séparation spatiale est exploitée pour séparer le signal désiré des autres signaux interférents. Cependant, la performance des techniques de formation adaptative de faisceaux basées sur le calcul itératif devient insuffisante dans des situations critiques où l’exécution en temps réel est décisive.

Ce problème peut être surmonté par l’introduction des réseaux de neurones. Dans ce travail, nous avons développé un algorithme de formation adaptative de faisceaux robuste par une approche neuronale. Cette technique utilise un réseau de neurones à fonction de base radiale constitué de trois couches (RBFNN) et traite le problème d’optimisation de poids d’une antenne adaptative comme un problème de mappage.

## 2. Application d’un réseau de neurone RBF sur un algorithme de formation de faisceaux adaptative robuste RAB

### 2.1 Modélisation mathématique des signaux

Considérons un alignement linéaire uniforme (ULA) de M capteurs omnidirectionnels espacés d’une distance d avec D ondes planes parvenant des directions  $\{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_D\}$

Le vecteur d’observations se modélise par :

$$X(k) = s(k) + i(k) + n(k) \dots\dots\dots (2.1)$$

$$= s_0(k)a + i(k) + n(k)$$

Où :

$X(k)$  : est le vecteur complexe des observations d’alignement et il est exprimé par

$$X(k) = [x_1(k), x_2(k), \dots, x_M(k)]^T \dots\dots\dots (2.2)$$

$s_0(k)$  : la forme d’onde du signal,

$a$  : le vecteur de direction du signal ou vecteur directionnel,

$i(k)$  : le composant d’interférence,

$n(k)$  : le composant de bruit.

La sortie du formateur de faisceaux est :

$$y(k) = w^H X(k) \dots\dots\dots (2.3)$$

Où  $w^H$  est le vecteur complexe des poids et il est exprimé par :

$$w = [w_1, w_2, \dots, w_M]^T \dots\dots\dots (2.4)$$

Le rapport signal à interférence plus bruit SINR (the Signal to Interference plus Noise Ratio) a la forme suivante :

$$SINR = \frac{w^H R_s w}{w^H R_{i+n} w} \dots\dots\dots (2.5)$$

Où :

$R_s$  : la matrice d’espérance statistique du vecteur signal,  $R_s = E\{s(k)s^H(k)\}$ ,  $\dots\dots\dots (2.6)$

$R_{i+n}$  : la matrice de covariance d’interférence plus bruit,

$$R_{i+n} = E\{(i(k) + n(k))(i(k) + n(k))^H\} \dots\dots\dots (2.7)$$

Le vecteur des poids est calculé afin d’optimiser la performance en termes de certain critère.

Bien que plusieurs critères puissent être utilisés, nous allons considérer le critère de la sortie SINR, qui est exprimé par :

$$SINR = \frac{\sigma_s^2 |w^H a|^2}{w^H R_{i+n} w} \dots\dots\dots (2.8)$$

Où  $\sigma_s^2$  est la puissance du signal utile.

Après avoir présenter le modèle mathématique utilisé pour implémenter les différents signaux impliqués dans notre configuration, la partie suivante expose les trois algorithmes : SMI, LSMI et RAB.

### 2.2 Formation de faisceaux Adaptatif Robuste (RAB)

Le vecteur des pondérations optimales pour le RAB est exprimé comme suit :

$$w_{RAB} = \frac{\hat{R}^{-1} \left( (\lambda \hat{R} + I)^{-1} - I \right) \bar{a}}{\bar{a}^T \hat{R}^{-1} \left( (\lambda \hat{R} + I)^{-1} - I \right)^2 \bar{a}} \dots (2.9)$$

Dans notre architecture RBFNN, la matrice de covariance d'échantillon  $\hat{R}$  est présentée à la couche d'entrée du réseau, et le vecteur  $w_{RAB}$  est produit à

la couche de sortie. En effet, le RBFNN est conçu pour réaliser un mappage des paires entrée-sortie, entraîné par des exemples  $(\hat{R} ; w_{RAB})$ .

#### 2.2.1 Topologie du Réseau

La construction d'un réseau RBF, sous sa forme la plus simple implique trois couches de rôles entièrement différents. La couche d'entrée se compose des noeuds sources (unités sensorielles) qui connectent le réseau à son environnement. La deuxième couche, est la seule couche cachée, applique une transformation non linéaire à partir de l'espace d'entrée. La couche de sortie est linéaire, fournissant la réponse du réseau au paramètre d'activation appliqué à la couche d'entrée.

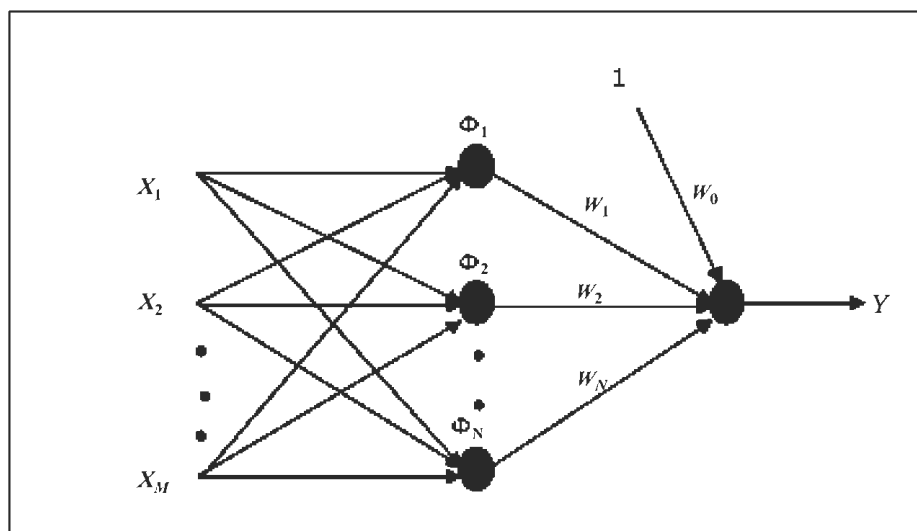


Fig. 1 Structure d'un réseau de neurones RBF.

D'une façon générale, pour un ensemble de donnée formée de points  $x$ , la technique RBF utilise une fonction  $F^*(x)$  de la forme suivante :

$$F^*(x) = \sum_{i=1}^{m_1} w_i \varphi_i(x) \dots (2.10)$$

La sortie du réseau est simplement une combinaison linéaire des sorties des neurones RBF multipliés par le poids de leurs connexions respectives.

Où,  $\varphi_i(x | i = 1, 2, \dots, m_1)$  sont les fonctions de base. Nous allons utiliser une fonction d'activation gaussienne multi-variable  $G(x, t_i)$  centrée sur  $t_i$ ,  $w_i$  constitue un nouvel ensemble de poids, et  $m_1$  le nombre des centres (ou la taille de la couche cachée). La fonction  $G(x, t_i)$ , utilisée est exprimée comme suit :

$$G(x, t_i) = \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_i^2} \|x - t_i\|^2\right) = \exp\left(-\frac{1}{2} (x - t_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - t_i)\right) \dots (2.11)$$

Où :  $\Sigma$  : la matrice de covariance.

#### 2.2.2 Stratégie d'apprentissage

La première étape dans le développement de cette stratégie est la définition de la valeur instantanée de la fonction du coût  $\xi$  :

$$\xi = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N e_j^2 \dots (2.12)$$

Où :  
 N : la taille d'échantillon d'apprentissage,  
 e<sub>j</sub> : le signal d'erreur, défini par :

$$e_j = d_j - F^*(x_j) \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Afin de minimiser cette fonction de coût, nous devons définir les fonctions de mise à jour de ses trois paramètres : w<sub>i</sub>, t<sub>i</sub> et Σ<sub>i</sub><sup>-1</sup>. Les résultats de cette minimisation sont récapitulés ci-dessous :

1. Poids linéaires (couche de sortie) :

$$\frac{\partial \xi(n)}{\partial w_i(n)} = \sum_{j=1}^N e_j(n) G(\|x_j - t_i(n)\|) \quad \dots\dots (2.14)$$

$$w_i(n+1) = w_i(n) - \eta_1 \frac{\partial \xi(n)}{\partial w_i(n)}, i = 1, 2, \dots, m_1 \quad \dots (2.15)$$

2. Positions des centres des gaussiennes (couche cachée) :

$$\frac{\partial \xi(n)}{\partial t_i(n)} = w_i(n) \sum_{j=1}^N e_j(n) G(\|x_j - t_i(n)\|) \Sigma_i^{-1} (x_j - t_i(n)) \quad \dots\dots (2.16)$$

$$t_i(n+1) = t_i(n) - \eta_2 \frac{\partial \xi(n)}{\partial t_i(n)}, i = 1, 2, \dots, m_1 \quad \dots\dots (2.17)$$

3. La largeur des gaussiennes (couche cachée) :

$$\frac{\partial \xi(n)}{\partial \Sigma_i^{-1}(n)} = -\frac{1}{2} w_i(n) \sum_{j=1}^N e_j(n) G(\|x_j - t_i(n)\|) [(x_j - t_i(n))(x_j - t_i(n))^T] \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\Sigma_i^{-1}(n+1) = \Sigma_i^{-1}(n) - \eta_3 \frac{\partial \xi(n)}{\partial \Sigma_i^{-1}(n)} \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Où :  
 (e<sub>j</sub>)<sub>n</sub> : le signal d'erreur de la sortie j au temps n.  
 η<sub>1</sub>, η<sub>2</sub>, η<sub>3</sub> : les coefficients d'apprentissage assignés aux équations de mise à jour des trois paramètres w<sub>i</sub>, t<sub>i</sub> et Σ<sub>i</sub><sup>-1</sup> respectivement.

Dans notre application, les sources désirées sont situées à des angles d'altitude θ s'étendant de (-90) à (+90) pour couvrir le champ intégral de l'antenne. Une fois que le RBFNN est formé avec un ensemble représentatif de paires d'apprentissage {R̂, w<sub>RAB</sub>} , il est prêt de fonctionner dans la phase de performance. Dans cette dernière phase, le RBFNN produit une estimation du vecteur de poids w<sub>RAB</sub>.

**2.2.3 Etude Comparative**

Afin d'évaluer les performances de cet algorithme RAB, nous allons le comparer avec deux autres algorithmes de formation de faisceaux adaptative robuste qui sont :

- Algorithme d'inversion de la matrice d'échantillon (SMI) [1],
- Algorithme d'inversion de la matrice d'échantillon surchargée (LSMI) [1].

La figure suivante (Fig.2) présente une comparaison entre les diagrammes de rayonnement des trois algorithmes (SMI, LSMI et RAB) :

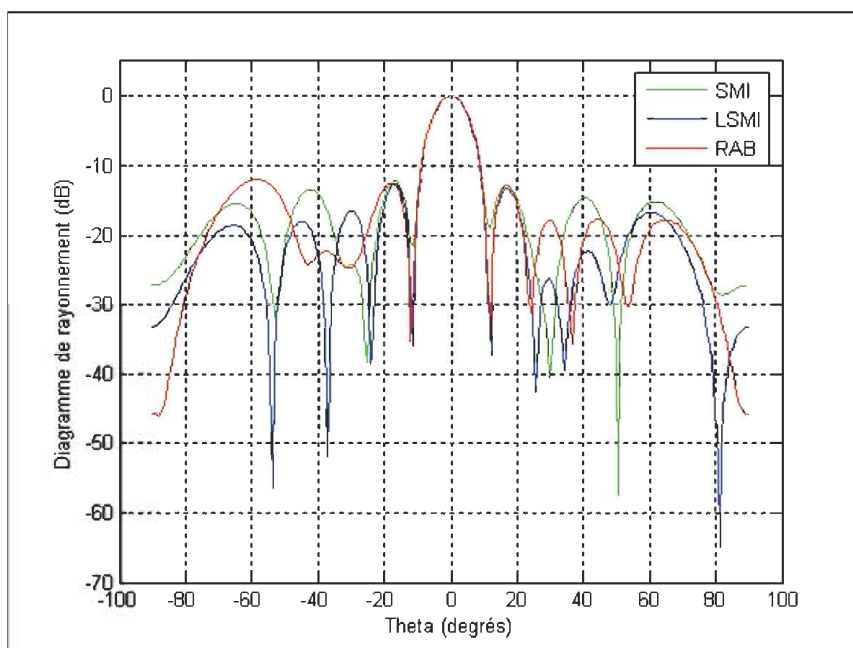


Fig. 2 Comparaison des diagrammes de rayonnements des trois algorithmes (SMI, LSMI, RAB).

L'optimisation d'un réseau d'antennes par l'algorithme RAB en utilisant une approche RBFNN procure des résultats de réjection assez intéressants. Le taux de réjection est très comparable avec les autres algorithmes sans aucune dégradation en direction du signal utile avec un temps de calcul instantané, ce qui est considéré comme une importante amélioration apportée par cet algorithme.

À la différence du SMI et LSMI, où l'optimisation est effectuée à chaque fois, les directions des signaux désirés ou interférents changent dans notre algorithme. Le vecteur des poids obtenu après la phase d'apprentissage est utilisé pour produire le vecteur optimal des poids requis pour orienter les faisceaux d'alignement adaptatif aux directions du signal désiré en temps réel.

### 3. Conclusions et perspectives

Les résultats des tests effectués ont permis d'avoir un taux de réjection pour notre algorithme RAB très comparable aux deux algorithmes SMI et LSMI, sans aucune dégradation en direction du signal utile et avec un temps de calcul instantané, ce qui répond aux exigences de traitement en temps réel.

Plusieurs perspectives sont offertes par ce travail :

- La robustesse de l'algorithme RAB peut être améliorée en utilisant un système d'inférence flou avec réseaux de neurones ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System). Cette architecture a l'avantage de modéliser un système hautement non linéaire puisqu'il combine les aptitudes de la logique floue par rapport à la prise en charge d'incertitudes paramétriques et les aptitudes d'apprentissage des réseaux de neurones.
- L'association de la formation adaptative de faisceaux et d'une méthode d'Accès Multiple à Répartition Spatiale (AMRS) permet la mise en

place du concept «un spot par utilisateur» assurant ainsi d'une part un niveau maximal de gain en tout point de la couverture et rendant possible d'autre part la réutilisation de ressources grâce à la réjection d'interférence.

- Valider les résultats avec des mesures réelles.
- La possibilité de réalisation d'un circuit neuronal intégré ("neural chips").

### Références Bibliographiques

- J.Li, P.Stoica «*Robust adaptive beamforming*» John Wiley& Sons Inc, Édition 2006.
- Thomas A.Milligan «*Modern Antenna Design*» John Wiley& Sons Inc, Édition 2005.
- J.Louis, JR.Ippolito «*Satellite Communications Systems Engineering*» John Wiley& Sons Inc, Édition 2008.
- Michael O.Kolawole «*Satellite Communications Engineering*» Marcel Dekker Inc, Édition 2002.
- Ray E.Sheriff, Y.Fun Hu «*Mobile Satellite Communication Networks*» John Wiley& Sons Inc, Édition 2001.
- R.Vaughan, JB.Andersen «*Channels, Propagation and Antennas for Mobile Communications*» IEE, Édition 2003.
- Sergey N.Makarov «*Antenna and EM Modeling with Matlab*» John Wiley& Sons Inc, Édition 2002.
- Alexander D.Poularikas, Zayed M.Ramadan «*Adaptive Filtering Primer with Matlab*» CRC Press, édition 2006.
- JR.Rabuñal, J.Dorado «*Artificial Neural Networks in Real-Life Application*» Idea Group Inc, Édition 2006.

# L'étude structurale des massifs volcaniques néogènes d'Aïn Témouchent et de la Basse Tafna (Oranie nord occidentale – Algérie) : Relation entre la fracturation et les centres volcaniques

M. Tabeliouna\*, A Z E. Saad\*\* & R. Bendoukha\*

\*Laboratoire de Géoressources, Environnement et Risque naturelles, Départements des Sciences de la Terre, BP 1524, Université d'Oran.E-mail : tabeliouna@yahoo.fr

\*\*Laboratoire de Télédétection du Centre des Techniques Spatiales, 01, avenue de la Palestine 31200 Arzew, Oran, Algérie

**ملخص:** عرفت منطقتي عين تموشنت و التافنة السفلى، أحداثا بركانية شديدة في العصر الميوسان والبلوسان في منطقة صعبة أين لا تظهر الانكسارات إلا قليلا، شكل هذا المشكل حاجزا أمام دراسة معمقة. استعمال صور الساتل في هذه المنطقة، يظهر وجود عائلتين متميزتين من الانكسارات، 60 و 140 شمالا تحدث بدورها انهيارا في الأحواض بمساعدة انكسارات عادية أقدم ذات اتجاه 60 شمالا سهلت صعود المغما في منطقة التافنة السفلى أولا ( 4.5 مليون سنة) ثم في منطقة عين تموشنت حوالي 1 إلى 1.7 مليون سنة.

**Résumé :** La région d'Aïn Témouchent et de la Basse-Tafna a connu au cours du mio-plio-quadernaire, des épisodes volcaniques très intenses. C'est une zone où la cartographie des différentes structures tectoniques est restée incomplète et très peu étudiée.

L'utilisation de l'imagerie satellitale et la contribution des données Thematic Mapper de Landsat 5, révèle l'existence de deux principales familles de fracturations : la première de direction N60 et la deuxième de direction N140. Une phase plio-quadernaire distensive de direction E-W, engendrant le rejeu d'accidents décrochant senestre N140, va provoquer la subsidence des bassins favorisant en combinaison avec d'anciennes failles normales de direction N60, la montée du magma dans la région de la Basse Tafna (4,5 MA.) et dans la région d'Aïn Témouchent (entre 0,8 et 1,7 MA.).

**Mots-clés :** mio-pliocène, imagerie satellitale, fracturation, Aïn Témouchent, Basse Tafna.

**Abstract :** The area of Aïn Témouchent and Basse-Tafna knew during the mio-pliocene, a very intense volcanic episodes. It is a zone where the cartography of the various tectonic structures was a more difficult for the geologist a long time.

The use of the imagery satellitale in this sector reveals the existence of two principal families of faults: the first leading in N60 direction and the second in N140 direction.

A distensive plio-quadernary phase with an EW direction, generating the reactivation of a tectonic reactivation taking down senestre N140, will cause the subsidence of the basins, supporting in combination with old normal faults of direction N60, the rise of the magma in the area of Basse-Tafna to towards 4.5 MA. later, between 0.8 and 1.7 MA, the area of Aïn Témouchent was affected by an important volcanic phase installed by deep fractures.

## 1. Introduction

Les provinces volcaniques d'Aïn Témouchent et de la Basse Tafna (Fig.1), présentent des appareils volcaniques dont la disposition n'est pas aléatoire. Les produits émis par les différents volcans de la région ont pratiquement cachés le substratum sur lequel se sont mis en places les laves basaltiques et les formations pyroclastiques, d'où la difficulté de cartographier le réseau de fracturations se trouvant dans la région. Nous avons utilisé l'imagerie satellitale avec la contribution des données Thematic Mapper de Landsat 5, pour contourner cet handicap de terrain. Grace à cette technique [7], nous avons réussi, à mettre en évidence un ensemble de fractures, qui montrent une relation très étroite avec la disposition des différents appareils volcaniques des deux provinces volcaniques.



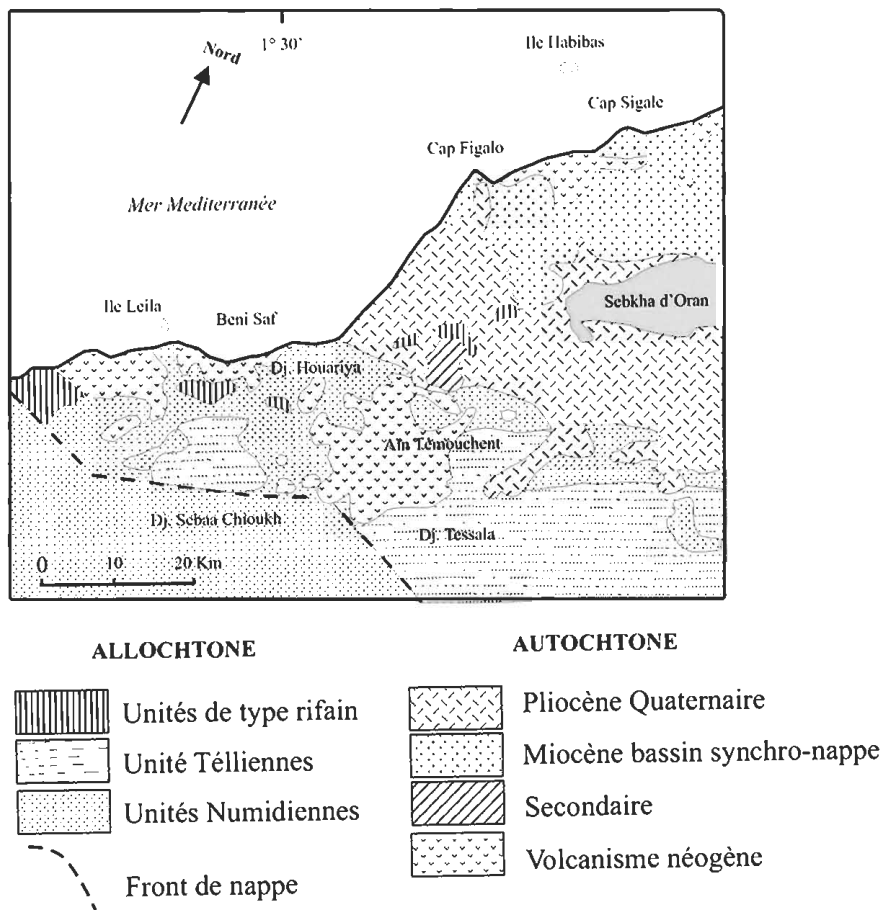


Fig. 1 Carte géologique de l'Oranie Occidentale (in Megartsi, 1985).

Il est vrai que la tectonique récente de la région n'est pas aussi « spectaculaire » que celle qui résulte des phases paroxysmales précédentes, mais elle n'en demeure pas moins importante si on veut améliorer nos connaissances en matière de tectonique globale.

## 2. Cadre géologique

La région d'étude est composée de deux secteurs : Aïn Témouchent et la Basse-Tafna (Beni-saf), situés dans le domaine externe tellien de la chaîne alpine. Ils sont limités au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la plaine d'effondrement de la Sebkha d'Oran, au sud par la chaîne des Tessala et enfin, à l'ouest par le massif des Sebaa Chioukh (Fig. 1).

Les différents produits volcaniques reposent sur un substratum d'âge méso-cénozoïque subdivisé par quatre unités tello-rifaines [4] : 1) Autochtone et para autochtone, 2) Allochtone métamorphique à affinité rifaine, 3) Allochtone métamorphique à affinité tellienne, 4) Unité numidienne (Fig. 1). Du point de vue structural les deux massifs sont coincés dans un couloir formé par des failles sensiblement parallèles [9]. Ce couloir occidental est contrôlé par la transversale Tafna- Magoura (T.T.M) qui est caractérisée par son jeu très récent. C'est une structure rectiligne qui s'étale entre l'embouchure de l'oued El Hallouf et le Cap Figalo. Cette transversale jalonne le massif éruptif d'Aïn Témouchent dans sa partie occidentale (Fig.2).

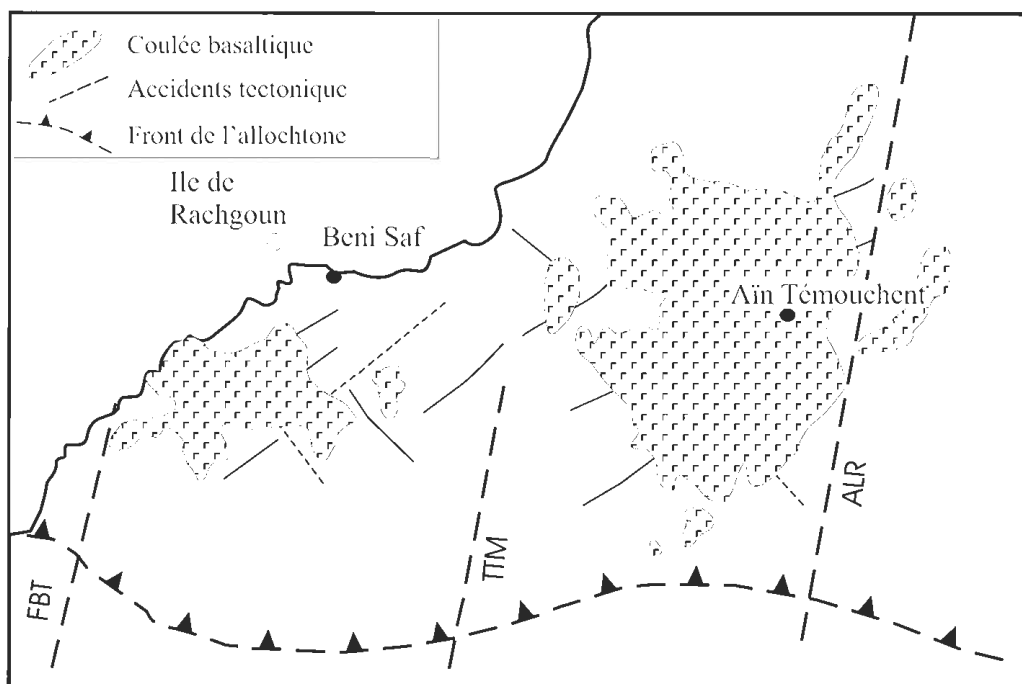


Fig. 2 schéma structural du secteur Aïn Témouchent-Tafna (Thomas, 1985, modifié)

FBT: faille bordière du massif des Traras, TTM : transversale Tafna-Magoura ALR: accident Djebel Lindlès- Djebel Ramlya

- La faille bordière du massif des Traras (F.B.T), qui constitue aussi la limite occidentale du bassin de la Basse Tafna et enfin la transversale (A.L.R), coïncide avec la limite orientale du bassin miocène synchro-nappes et constitue pratiquement la limite orientale du volcanisme de Aïn Témouchent [3].

### 3. Analyse structurale de la fracturation

A partir des images Thematic Mapper de Landsat 5,

une analyse structurale a été réalisée, après les corrections géométriques qui rentrent dans le cadre du prétraitement (fig.3 et 4) et (tableau 1). Nous avons pu cartographier un réseau de cent quinze (115) fractures et linéaments (tableau 2). Celles-ci sont regroupées en fonction de leur direction moyenne en deux familles principales : N60 et N140. La première famille est statistiquement plus importante que la seconde (fig.5).

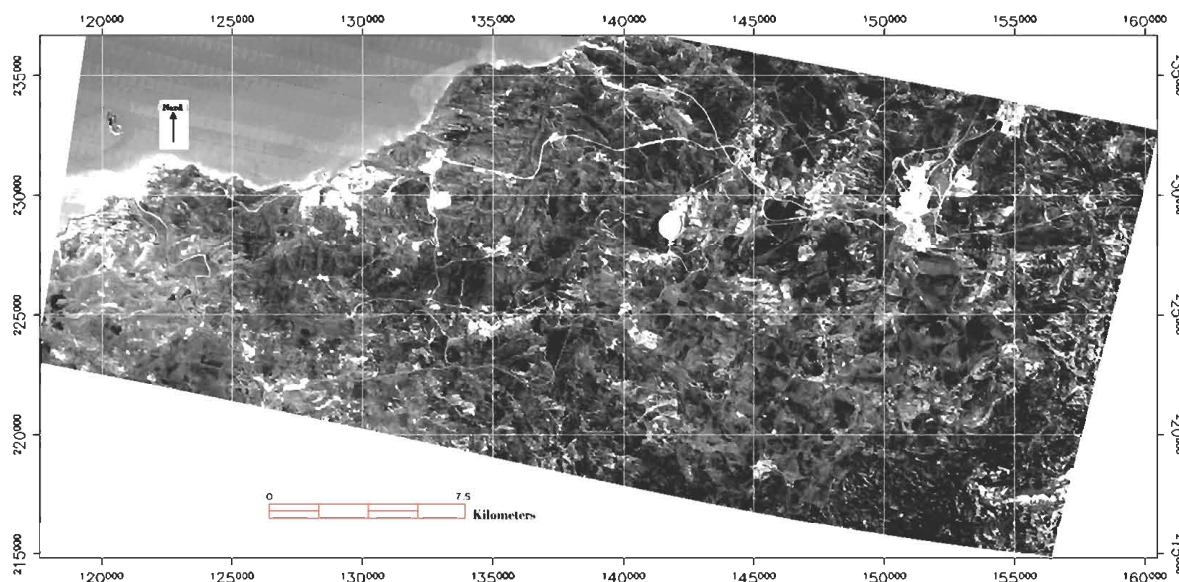


Fig. 3 Pseudo canal de la deuxième composante principale (ACP2) de la région de Aïn Témouchent.

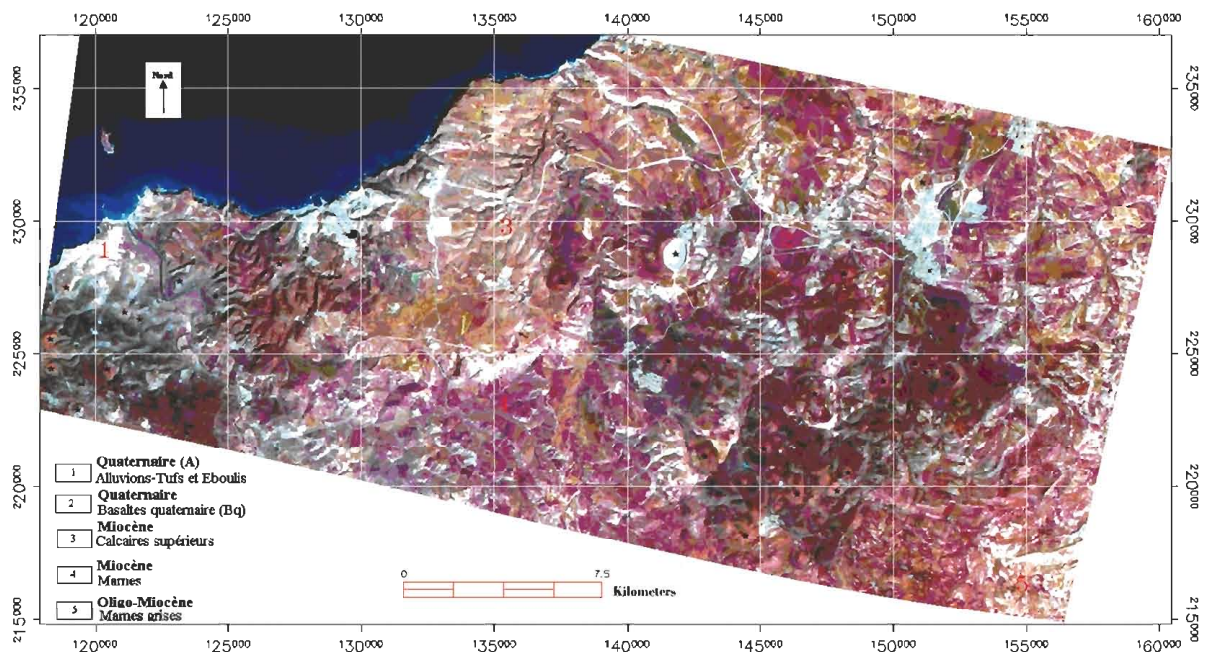


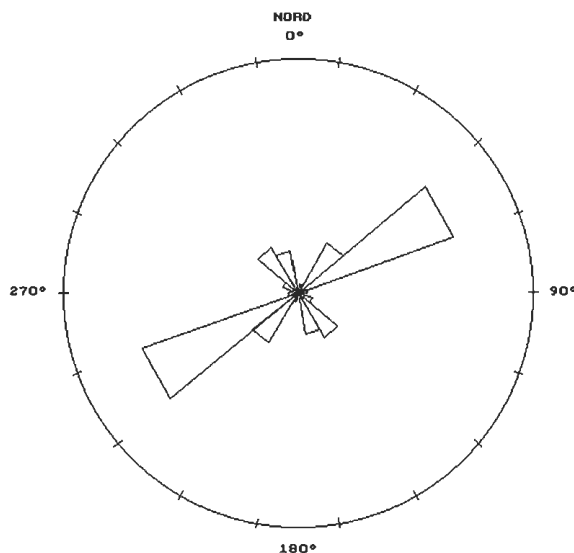
Fig. 4 La composition colorée R.V.B (rouge, vert et bleue) de la région de Ain Témouchent établie à partir des canaux TM5,3,2, et à qui l'on a affecté la couleur rouge au canal TM5, la couleur verte au canal TM3 et la couleur bleue au canal TM2 a donné des résultats probants qui sont portés dans le tableau 1. (les points noirs correspondent à la position des volcans).

Tableau 1. Représentation de l'interprétation thématique de la région de Ain Témouchent à partir de la Composition colorée R.V.B. TM5,3,2.

Age des formations	Formations Lithologiques	Tonalité	C. Colorée TM5.3.2	Texture
Quaternaire (1)	Alluvions, tufs et éboulis.	Moyenne à forte	Blanc	Lisse
Quaternaire (2)	Basaltes Quaternaire	Faible	Violet foncé	Lisse
Oligo-Miocène (3)	Marnes grises	Moyenne à forte	Marron légèrement violet	Lisse
Miocène (4)	Marnes	Moyenne	Violet clair	Lisse
Miocène (5)	Calcaires supérieurs	Moyenne	Marron	Lisse

**Tableau 2.** Récapitulatif des mesures statistiques de directions des linéaments encaissés dans la région de Aïn Témouchent à partir des données Landsat 5 thematic mapper.

Classes de direction	Nbre de linéament par direction moyenne	Pourcentage%
350°-10° (A)	00	00
10°-30° (B)	03	02,60
30°-50° (C)	19	16,52
50°-70° (D)	54	46,95
70°-90° (E)	03	02,60
90°-110° (F)	00	00
110°-130° (G)	05	04,34
130°-150° (H)	17	14,78
150°-170° (I)	14	12,17
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100%</b>



**Fig. 5** Rosace de distribution directionnelle des linéaments encaissés dans la région de Aïn Témouchent.

### 3.1 Les fractures de direction N60

Sur notre jeu de cartes satellites nous avons observé plusieurs linéaments avec des mesures qui ont été relevées avec des directions qui oscillent entre N45 et N70, leurs direction moyenne est N 60. Quantitativement, cette direction de fracture est la plus représentée dans le secteur.

Ce réseau de linéaments pourrait être la conséquence de l'orogénèse alpine [3]. Cette direction est prédominante surtout dans la partie orientale à proximité des différents sites volcaniques. Par contre elle apparaît timidement, dans la partie occidentale du secteur (fig. 6).

### 3.2 Les fractures de direction N140

Cette direction offre plusieurs mesures dont les directions sont comprises entre N125 et N155 dont certaines sont de direction N140. Ce réseau de fractures semble plus abondant dans les bassins du Miocène synchro et post- nappe [4]. Il est présent aussi dans la partie ouest du secteur (Beni-Saf). La flexure N135 située à l'embouchure de l'oued Tafna, apparaît nettement sur l'image. Dans la région d'Aïn Témouchent on retrouve cette même direction de fracture qui affecte les formations de l'allochtone Tellien.

## 4. Chronologie des événements

### 4.1 Événements structuraux anté-Miocène

La direction N60 est responsable de la première phase de tectogenèse en compression anté-nappes dans le substratum mésozoïque de la région de Beni-Saf. Elle est suivie par des événements tectoniques dans le miocène synchro- nappe matérialisés par une compression de direction N60 [4]. C'est pendant cette période que les mouvements verticaux favorisés par les failles de direction N135, se font ressentir. Le fait le plus remarquable de la tectogenèse post- nappe est qu'elle reprend les directions tectoniques plus anciennes de l'allochtone atlasique, qui réapparaissent dans les terrains allochtones et molassiques.

### 4.2 La Néotectonique

Le paroxysme tectonique du miocène est relayé par une période relativement calme. C'est cette alternance de style tectonique différent qui favorise l'activité volcanique de la région. La première, Messénienne de nature calco-alcalin [5] et la deuxième, Plio-Quaternaire de nature alcaline [8].

#### 4.2.1 la tectonique messénienne

Cette tectonique est limitée surtout dans la partie occidentale du secteur dans la région de la Basse-

Tafna où elle contrôle les alignements des édifices volcaniques les plus anciens. Cette tectonique est masquée par les épanchements des coulées les plus récentes.

#### 4.2.2 Tectonique du Plio-Quaternaire

La tectonique du Plio-Quaternaire est plus visible dans la région d'Aïn Témouchent et la Basse-Tafna. Les directions de failles prédominantes sont la N60 et la N140. Ainsi, la relation entre les deux principales familles de failles, paraît évidente puisque celles de direction N140, recoupent fréquemment celles de la direction N60. Cela implique que ces dernières sont les plus anciennes, et témoignent du rejeu très récent des failles N140 [4]. Ce réseau de failles fonctionne selon un système en décrochement dextre distensif provoqué par une contrainte de direction E-W. Cette contrainte produit des failles normales de direction N60 (antithétique), et des failles décrochantes senestres de direction N140 (synthétique).

Les fractures du secteur d'Aïn Témouchent et de la Basse-Tafna, semblent étroitement liées au volcanisme local (Fig. 6). Ce constat est matérialisé par la concordance entre les alignements des centres volcaniques et les directions des fractures. Le secteur de la Basse- Tafna où l'activité volcaniques s'est étalé depuis le miocène jusqu'au plio-quaternaire [1], présente des directions N40-60 et N110-150 par contre dans le secteur d'Aïn Témouchent où le volcanisme est plus récent (plio-quaternaire), les directions N40-60 sont dominantes.

Ces failles auraient contrôlé la montée du magma vers la surface et seraient apparues à la suite de phases distensives importantes au Mio-Pliocène. Cependant, il ne faut pas négliger l'importance des accidents de direction N20 qui ont rejoué en cette période et contribué à l'aspect structurale de la région [2].



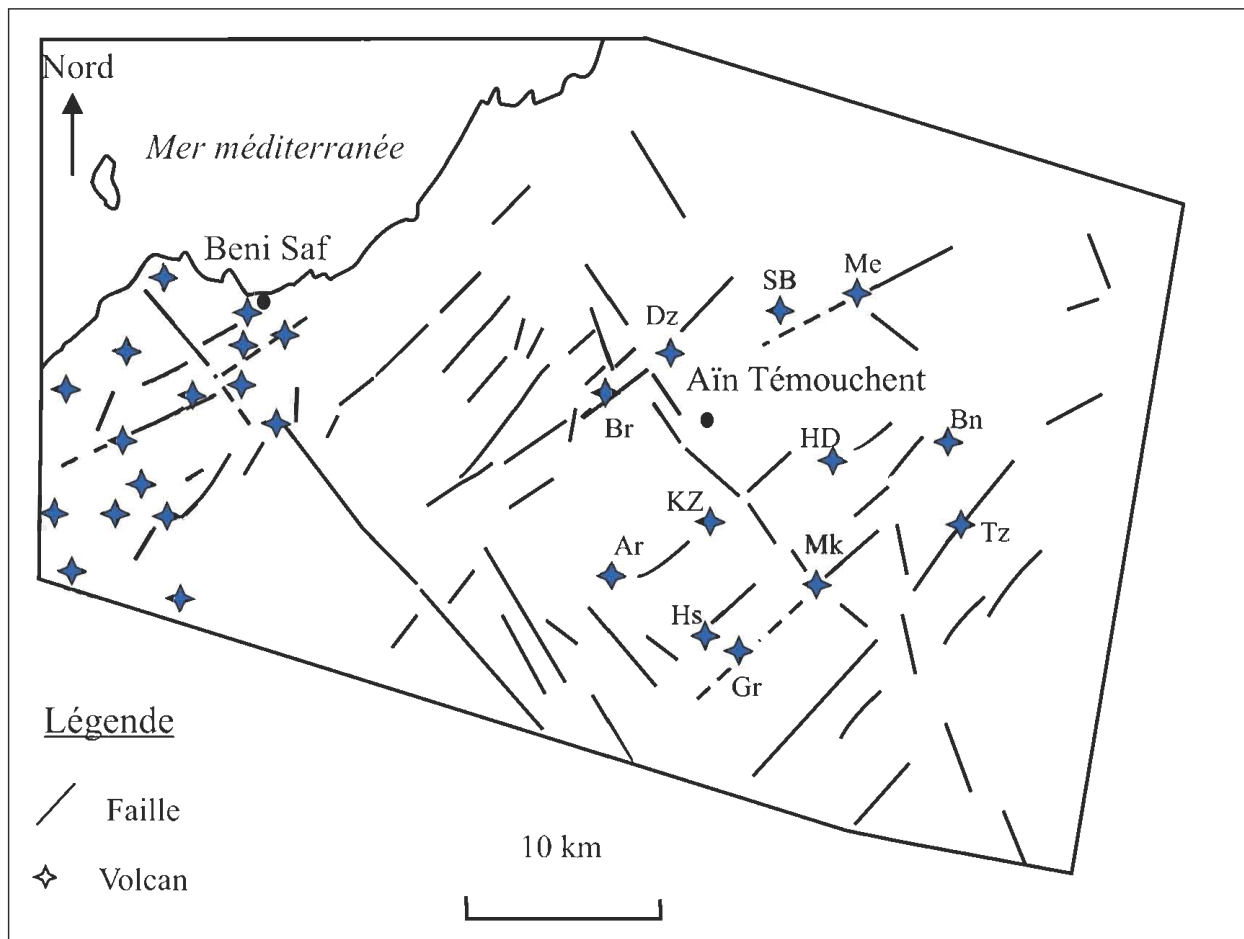


Fig. 6 Relation entre les failles et les centres éruptifs dans la région de Aïn Témouchent et de la Basse-Tafna, schéma effectué à partir des images satellitales Landsat 5.

Me : Dayet El Medjahri ; SB : volcan Sidi Benadda ; Dz : Dj Dzioua ; Br : Hammar Berbous ; Bn : Dayet Benguena ; HD : Hammar Dokma ; Kz : Koudiat Zenzla ; Ar : Hammar Argoub el Ham ; Hs : Dj. Hafsa ; Gr : Dj. Gueriane ; Mk : Hammar Makla ; Tz : Hammar Tizi

## 5. Discussion et conclusion générale

L'analyse du réseau de fracturation de la région est restée longtemps tributaire des conditions d'affleurement du à la mise en place de produits volcaniques recouvrant le substratum néogène. Certains auteurs ont tenté de tracer une histoire tectogénétique de l'oranie nord occidentale. Ainsi, quatre tectogénèses ont été définies [4] comme responsable de la structuration de la lithologie de la région. C'est pendant cette période que le volcanisme se manifeste dans les deux secteurs.

Les traitements des données satellitales appropriés aux régions d'études nous ont permis de réaliser une analyse structurale de la fracturation. Elles montrent deux principales familles de fractures N60 et N140 pendant une période distensive plio-quadernaire de direction atlasique. Cette géodynamique engendrant des failles normales N60 et des décrochements

senestres N140. La répartition spatiale des appareils volcaniques est "calquée" sur ces directions tectoniques. Ainsi, les failles normales N60, sont responsables de la mise en place des coulées basaltiques en provoquant la montée du magma dans la région de la Basse-Tafna vers 4.5 MA [1]. Plus tard, entre 0,8 et 1,7 M.A., s'est mis en place le volcanisme alcalin d'Aïn Témouchent [8], à la faveur de la réactivation et du rejeu d'accidents décrochants senestres du même régime tectonique.

## Références bibliographiques

Bendoukha (2009) : les nouvelles données sur les caractères dynamiques et géochimique du volcanisme alcalin mio-plio-quadernaire de l'oranie (l'Algérie nord-occidentale), Bull. du Serv. Géol. National, vol.20, n°3 pp.263-296.

- Bellon H et Brousse; R.(1977) : le magmatisme périméditerranéen occidental. Essai de synthèse. Bull. Géol. France 1977 (7), t. XIX, n°3, pp.469-480.
- Fenet G. (1975) : la recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogénèse nord-maghrébine/ les monts de Tessala et les massifs du littoral oranais, thèse doct. Es-Sci. Univ. Nice.
- Guardia, P (1975) : Géodynamique de la marge alpine du continent Africain d'après l'étude de l'Oranie nord occidentale. Thèse Doct .d'état, Univ. Nice, 289 p.
- Louni-Hacini A. (2002) : transition du magmatisme calco-alcalin au magmatisme alcalin au Néogène dans l'Oranie (Algérie nord-occidentale), thèse de Doct. Etat, U.S.T.H.B., Alger.
- Megartsi (1985) : le volcanisme moi-plio-quaternaire de l'Oranie nord-occidentale : géologie, pétrologie, géodynamique, thèse Doctorat Es-Sci., U.S.T.H.B. Alger, pp.296.
- Scanvic j. y. (1983) : utilisation de la télédétection dans les sciences de la terre. B.R.G.M.Edit ; 158p.
- Tabeliouna M. (1997): étude dynamique pétrographique et géochimique des laves basaltiques, plio-quaternaire du massif d'Aïn Témouchent. (Oranie occidentale Algérie). Thèse de Magister U.S.T.H.B. / Alger.
- Thomas G. (1985) : Géodynamique d'un bassin intramontagneux, le bassin du Bas Chéelif occidental (Algérie), durant le Moi-Plio-Quaternaire. Thèse Doct. Es Sci., Univ. De Pau et des pays de l'Adour, institut universitaire de recherches scientifiques, laboratoire de géochimie des Bassins sédimentaires.
-

## Manifestation Internationale



### Participation de l'INCT à la 25<sup>ème</sup> Conférence Cartographique Internationale (CCI) et à la 15<sup>ème</sup> Assemblée Générale de l'Association Cartographique Internationale (ACI)



Paris, du 03 au 08 juillet 2011



*Une délégation conduite par Monsieur le Directeur Général de l'INCT, le Colonel KESRAOUI Arezki a participé à la 25<sup>ème</sup> Conférence Cartographique Internationale, qui s'est déroulée du 03 au 08 juillet 2011 au niveau du palais des congrès à Paris. Cette manifestation a été organisée par la Commission Française de Cartographie (CFC) sous l'égide de l'Association Cartographique Internationale (ACI).*

Animée par des chercheurs et experts venus du monde entier, la conférence a drainé une participation d'environ 114 pays avec plus de 1400 participants, où 500 communications et 200 posters ont été présentés ayant trait aux nouveautés dans le domaine de la cartographie.



En marge de cette conférence, des expositions cartographiques professionnelles et pour enfants, ont été organisées et qui ont connu la présentation de produits cartographiques récents (cartes topographiques, Atlas, etc). La participation de l'INCT a été très active durant cette édition, notamment par l'organisation d'un stand d'exposition au salon professionnel, la présentation du rapport national de cartographie, deux présentations, l'une générale présentée par le Directeur Général de l'INCT et a porté sur l'état

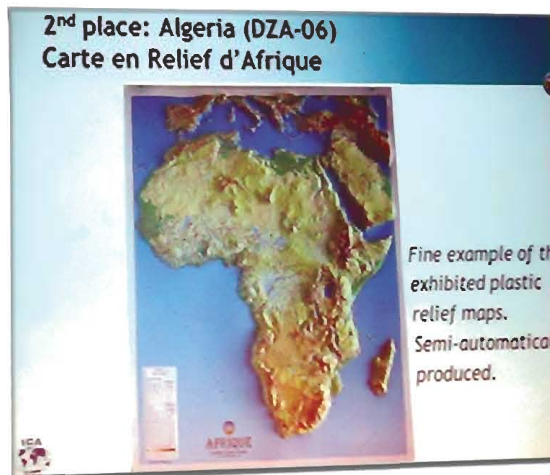


des lieux de la cartographie en Algérie et l'autre scientifique portant sur les potentialités cartographiques à l'échelle 1/50 000 de l'imagerie satellitaire Cartosat-1, présentée par le Cdt E.H TAKKA, du CREIS, et enfin la présentation par le Cne T. AOUAMER d'un poster illustrant la production cartographique à l'INCT.





Par ailleurs, une exposition cartographique internationale a été également organisée, avec la participation de 35 pays au concours de sélection des meilleurs produits, où l'INCT s'est vu décerné le prix de la deuxième meilleure carte dans la catégorie "Autres" pour la carte en relief de l'Afrique.



D'autre part, le Directeur Général de l'INCT a participé aux travaux de la 15<sup>ème</sup> Assemblée Générale de l'ACI, organisée en marge de cette conférence, où il a été procédé à l'adoption des bilans de l'exercice en cours, le vote du budget 2011-2015, l'élection du nouveau comité exécutif et l'annonce de la tenue de la 26<sup>ème</sup> Conférence Cartographique Internationale en Allemagne en 2013 et de sa 27<sup>ème</sup> édition au Brésil en 2015.



Suite à la Participation de l'INCT à la 25<sup>ème</sup> Conférence Cartographique Internationale (CCI) et à la 15<sup>ème</sup> Assemblée Générale de l'Association Cartographique Internationale (ACI), la carte en relief d'Afrique a été élue Carte du mois sur le site web de l'ACI <http://icaci.org/map-of-the-month>.

## CALENDRIER DES MANIFESTATIONS SCIENTIFIQUES INTERNATIONALES

DATE ET LIEU	MANIFESTATIONS	SITE WEB	CONTACT
<p>17-18 Novembre 2011 Santiago, Chili</p> 	<p>UGI 2011</p> <p>Conférence Cartographique Régionale</p>	<p><a href="http://www.ugi2011.cl/">http://www.ugi2011.cl/</a></p>	<p>Tél : + 56 - 2 / 410 93 12 Fax: + 56 - 2 / 699 09 48 Adresse: Nueva Santa Isabel 1640, Santiago, Chile Email: <a href="mailto:info@ugi2011.cl">info@ugi2011.cl</a></p>
<p>21-23 Novembre 2011 Vienne, Autriche</p> 	<p>8<sup>ème</sup> Symposium International sur Location-Based Services</p>	<p><a href="http://lbs2011.org/">http://lbs2011.org/</a></p>	<p>Organisateur en Chef: Georg Gartner, <a href="mailto:georg.gartner@tuwien.ac.at">georg.gartner@tuwien.ac.at</a> Pour plus d'infos : <a href="mailto:info@lbs2011.org">info@lbs2011.org</a> Pour les inscriptions : <a href="mailto:violet.berman@tuwien.ac.at">violet.berman@tuwien.ac.at</a> Webmaster: <a href="mailto:info@lbs2011.org">info@lbs2011.org</a></p>
<p>25 au 28 avril 2012 Sint-Niklaas, Belgique</p> 	<p>Conférence Internationale sur la Cartographie de l'âge de la découverte - Mercator Revisited -</p>	<p><a href="http://www.mercatorconference2012.be/">http://www.mercatorconference2012.be/</a></p>	<p>Pour les inscriptions : <a href="mailto:administration@mercatorconference2012.be">administration@mercatorconference2012.be</a>. Pour le paiement des frais: <a href="mailto:payment@mercatorconference2012.be">payment@mercatorconference2012.be</a>. webmaster: <a href="mailto:awebmaster@mercatorconference2012.be.013.org">awebmaster@mercatorconference2012.be.013.org</a></p>
<p>18-22 Juin 2012 Albena, Bulgarie</p> 	<p>4<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur la Cartographie et SIG</p>	<p><a href="http://www.cartography-gis.com/4thConference/ln dex.html">http://www.cartography-gis.com/4thConference/ln dex.html</a></p>	<p>Assoc. Prof. Dr. Temenoujka BANDROVA Bulgarian Cartographic Association E-mail : <a href="mailto:bgcartography@gmail.com">bgcartography@gmail.com</a> Tel: +359 887 83 27 02 Fax: +359 2 866 22 01</p>
<p>25 au 30 août 2013 Dresde, Allemagne</p> 	<p>26<sup>ème</sup> Conférence Cartographique Internationale</p>	<p><a href="http://www.icc2013.org/C">http://www.icc2013.org/C</a></p>	<p>Manfred F. Buchroithner Président du Comité d'organisation Téléphone: +49 (351) 46337562 Fax: +49 (351) 46337028 E-mail:</p>

## Présentation du Bulletin des Sciences Géographiques



Le Bulletin des Sciences Géographiques (BSG), édité et publié par l'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT) est une revue semestrielle scientifique consacrée aux sciences géographiques.

Ce Bulletin **unique en Algérie** dans ce domaine, est un espace de réflexion, d'échange d'informations relatives aux sciences géographiques et de discussion dans lequel, la communauté géographique aussi bien nationale qu'internationale pourra non seulement valoriser les travaux de ses membres, mais également trouver dans celui-ci des informations sur les dernières nouveautés dans le domaine des sciences géographiques. Ce Bulletin est animé par un Comité de Lecture et un Comité de Rédaction, composés essentiellement de personnalités scientifiques algériennes.

Cette revue est indexée dans la Bibliographie Géographique Internationale et aussi, diffusée sur Internet, sur le site portail des revues scientifiques dénommé « webreview » conçu et administré par le Centre de Recherche sur l'Information Scientifique et Technique (CERIST).

Cette publication entamée depuis 1998, est actuellement à son vingt-sixième (26) numéro. Voici les sommaires des numéros déjà publiés:



N° 0  
Juin 1997

SOMMAIRE :

- Editorial
- Dérivation de courbes de niveau par interpolation de données hétérogènes  
*Par D. Maireche*
- La carte en relief  
*Par M. Bounaas*
- La toponymie et sa transcription cartographique  
*Par B. Atoui*
- La fonction filtrage, filtre de Kalman  
*Par H. Abdellaoui*
- La photogrammétrie à l'INC  
*Par D. Maireche*
- Informations générales:
  - Présentation du Conseil National de l'Information Géographique
  - Manifestations scientifiques internationales



N° 1  
Avril 1998

SOMMAIRE :

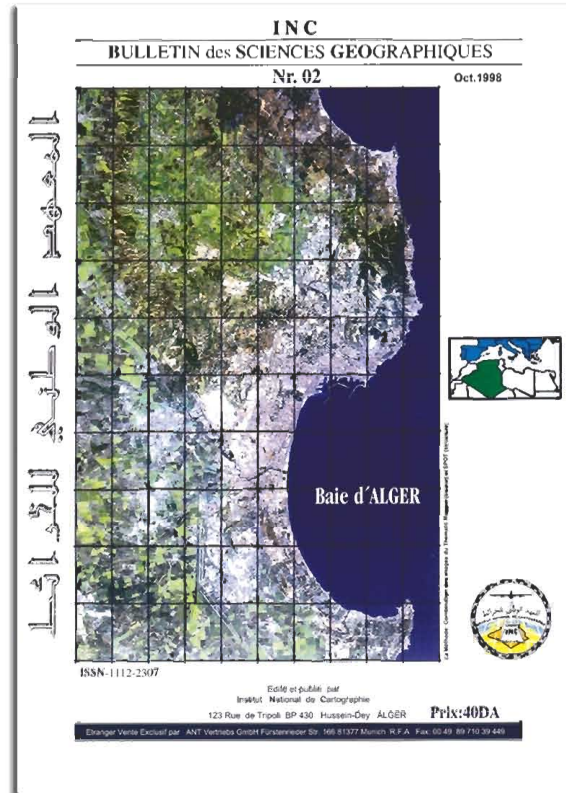
- Editorial
- Présentation de l'Institut National de cartographie.  
*Par A. Halima Mansour*
- Approche de la régionalisation en Algérie.  
*Par M. Cote*
- Aérophotogrammétrie par GPS.  
*Par H. Abdellaoui*
- La toponymie et sa transcription cartographique.  
*Par B. Atoui*
- La photogrammétrie numérique à l'INCT.  
*Par D. Maireche*
- Dérivation de courbes de niveau par interpolation de données hétérogènes.  
*Par D. Maireche*
- La fonction filtrage : filtre de Kalman .  
*Par H. Abdellaoui*
- Le bornage de la frontière Algéro-Tunisienne.  
*Par H. Mouzaia*



## N° 2 Octobre 1998

### SOMMAIRE :

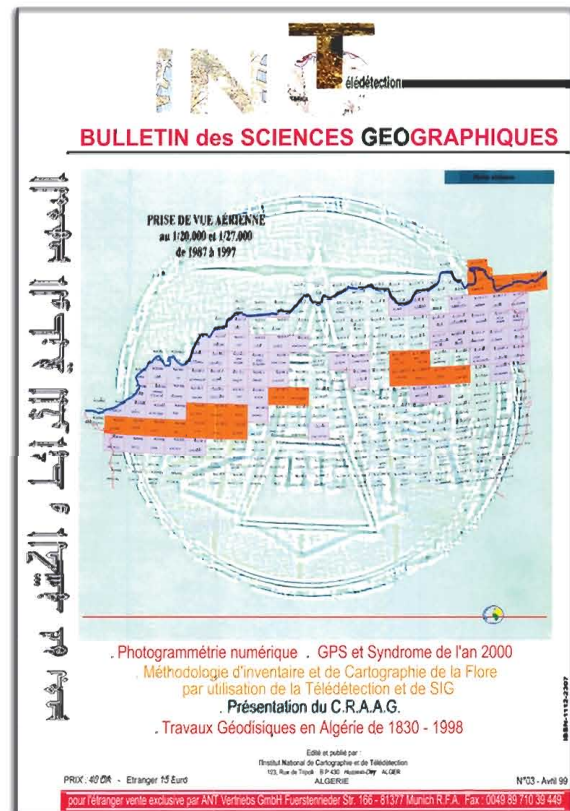
- L'I.N.C : Travaux spécifiques et missions.  
*Par A. Halima Mansour*
- SIG : Développement et perspective  
*Par Prof. Dr. A. Carosio*
- Les SIG: 1<sup>ère</sup> partie  
*Par A. Halima Mansour*
- Trajectographie par GPS  
*Par D. Maireche et Brahim*
- La Base de Données Topographique.  
*Par C. Dekeyne.*
- Conception d'une base de données astro-géodésiques  
*Par B. Chemaa - S. Abrouche - B. Ghezali*
- Placement automatique des toponymes  
*Par F. Lecordix. C. Plazanet, F. Chirie, M. Barrault*
- La toponymie et ses dimensions  
*Par B. Atoui*
- La fonction Filtrage: Filtre de Kalman  
*Par H. Abdellaoui*
- Cartographie de la qualité  
*Par J.P Rives.*



## N° 3 Avril 1999

### SOMMAIRE :

- La photogrammétrie numérique: vers une banalisation du métier de photogrammetre.  
*Par Y. Egels.*
- Méthodologie d'inventaire et de cartographie de la flore par utilisation combinée de la télédétection et des systèmes d'information géographique.  
*Par F. Benhamouda, M. Chouieb, M Chikh.*
- Mise en œuvre de stations GPS différentiel pour la navigation et la signalisation maritimes.  
*Par S.Kahlouche, A. Zeggai, A. Ayouaz, S. Touam, H. Abdellaoui.*
- GPS et le syndrome de l'an 2000.  
*Par C. Million.*
- Les Travaux Géodésiques en Algérie de 1830 à 1998.  
*Par M. Khaldi.*
- Présentation du C.R.A.A.G et du C.R.T.E.A.N.
- Compte rendu sur les journées d'études sur les SIG





N° 4  
Octobre 1999

SOMMAIRE :

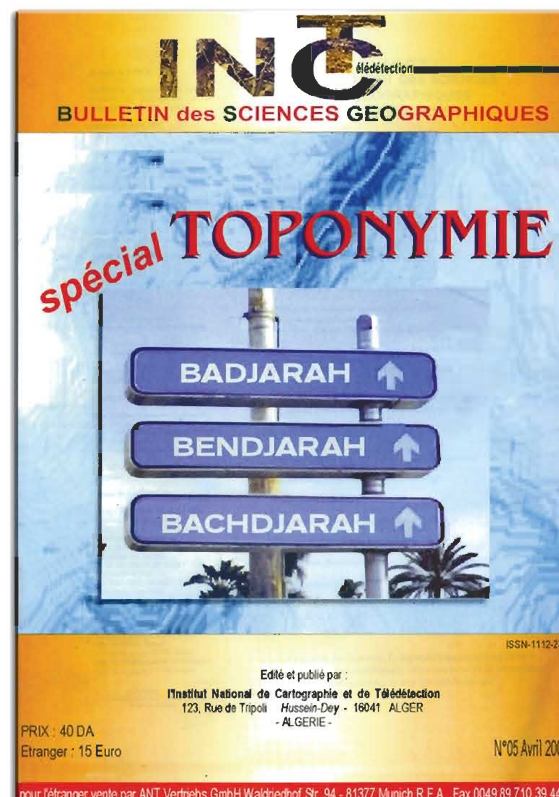
- S.I.G, informations géographiques et infrastructures nationales de données spatiales.  
*Par F. Salgé.*
- L'information dynamique spatialisée.  
*Par B. Naert.*
- L'appropriation sociale des technologies de l'information géographique.  
*Par S. Roche.*
- Conception d'une base de données géodésiques.  
*Par B. Chemaï, S. Benahmed Daho, H. Abdellaoui*
- Protection juridique des bases de données géographiques: le point de vue de l'I.G.N.  
*Par J-P. Grelot.*
- Etude de la résolution dans une base de données géographiques.  
*Par N. Oumrane*
- La Topologie dans le monde SIG.  
*Par L. Coudercy.*
- Les données maillées ( ou "Raster ").  
*Par B. Allouche.*
- Les référentiels de topographie et de géodésie.  
*Par C. Million.*



N° 5  
Avril 2000

SOMMAIRE :

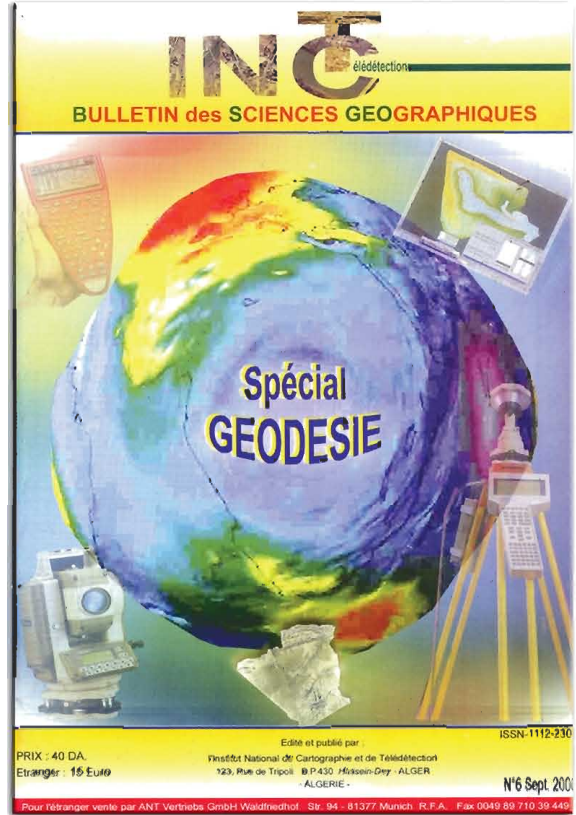
- La Toponymie, Normalisation et Culture.  
*Par H. Dorion*
- Les écritures sur une carte.  
*Par B. Atoui*
- A survey of nubian place-names.  
*Par H. bell*
- Réalisation d'une base de données toponymiques.  
*Par Mr B. Atoui, B. Chemaï, M. Brahim.*
- L'apport de la recherche onomastique à la gestion des noms géographiques.  
*Par H. Dorion*
- La Toponymie algérienne : transcription latine, passif historique et question de normalisation.  
*Par F. Benramdane*
- La Toponymie et sa dimension historique en Algérie: Etude de cas.  
*Par S. Benkada*
- Toponymie et colonisation française en Algérie.  
*Par B. Atoui*
- Découpage administratif de l'Algérie.  
*Par A. Medjrab*



N° 6  
Septembre 2000

SOMMAIRE :

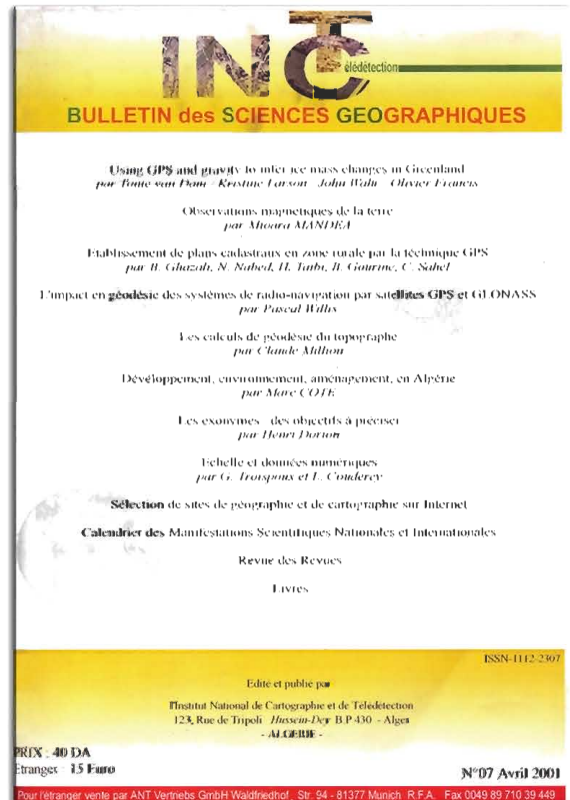
- Géodésie spatiale: avancées récentes.  
*Par P. Exertier, J. Nicolas et P. Bonnefond.*
- Nivellement et GPS : l'entretien de la référence nationale altimétrique.  
*Par M. kasser*
- GPS : Nouveau système de référence géodésique français nouveaux processus de calculs.  
*Par F. Duquenne.*
- Méthodologie de détermination précise de géoïde en Algérie.  
*Par S. A. Benahmed Daho et S.Kahlouche.*
- Processus de conversions altimétriques applicaees en France.  
*Par H. Duquenne*
- Unexpected geodynamical perspective of the Sinai area by GPS.  
*Par F. Riguzzi and S.M.Mahmoud*
- L'enseignement des méthodes de localisation sur satellites.  
*Par C. Million.*
- Développement d'une Chaîne d'Analyse Astro-Géodésique LOPAG.  
*Par B. Ghezali, C. Sahel, S. Abrouche.*



N° 7  
Avril 2001

SOMMAIRE :

- Using GPS and gravity to infer ice mass changes in Greenland.  
*Par T.van Dam, K. Larson, J. Wahr, O.Francis*
- L'impact en géodésie des systèmes de radio-navigation par satellites GPS et GLONASS.  
*Par P. Willis*
- Etablissement de plans cadastraux en zone rurale par la technique GPS.  
*Par B.Ghazali, N. Nabed, H. Taibi, B. Gourine, et C. Sahel*
- Les calculs de géodésie du topographe.  
*Par C. Million.*
- Observations magnétiques de la terre.  
*Par M. Manda*
- Développement, environnement, aménagement, en Algérie.  
*Par M. Cote*
- Les exonymes : des objectifs a préciser.  
*Par H. Dorion*
- Echelle et données numériques.  
*Par G. Troisoux et L. Coudercy*

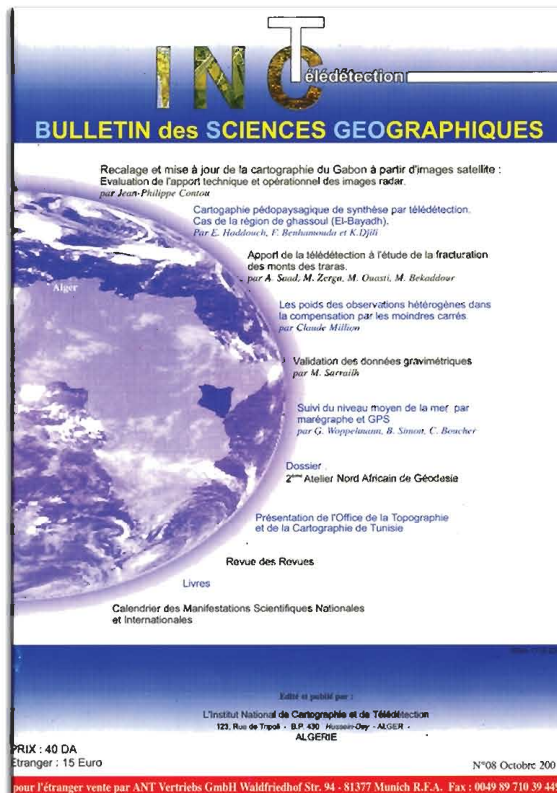




## N° 8 Octobre 2001

### SOMMAIRE :

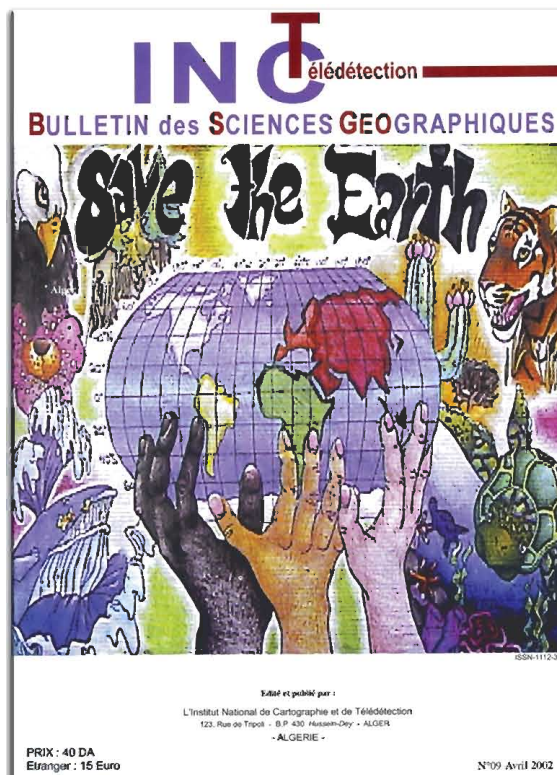
- Recalage et mise à jour de la cartographie du Gabon à partir d'images satellite: Évaluation de l'apport technique et opérationnel des images radar.  
*Par J-P. Cantou*
- Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection: Cas de la région de Ghassoul.  
*Par E. Haddouch, F. Benhamouda, & K. Djili*
- Apport de la télédétection à l'étude de la fracturation des monts des Traras.  
*Par A. Saad, M. Zerga, M. Ouasti, M. Bekaddour*
- Les poids des observations hétérogènes dans la compensation par les moindres carrés  
*Par C. Million.*
- Validation des données gravimétriques  
*Par M. Sarrailh*
- Suivi du niveau moyen de la mer par marégraphe et GPS  
*Par G. Woppelmann, B. Simon, C. Boucher*
- Dossier: 2<sup>ème</sup> Atelier Nord Africain de Géodésie:
  - Report on the second workshop "unification of the geodetic reference system in north Africa"
  - Projet NAFREF (North African Reference Frame)



## N° 9 Avril 2002

### SOMMAIRE :

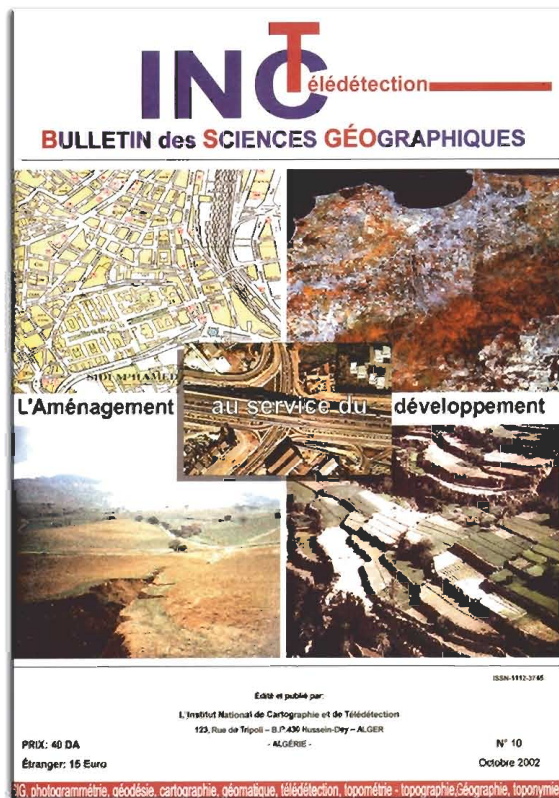
- Réseau de gravimétrie absolue algérien.  
*Par Dr. O. Francis*
- Le repère international de référence terrestre: ITRF 2000  
*Par Z. Altamimi*
- La réfraction atmosphérique au voisinage du sol  
*Par C. Million*
- Gestion de l'historique des données dans les bases de données localisées  
*Par M. Benmohamed*
- Méthodologie de collecte de statistiques agricoles par télédétection  
*Par D. Yousfi*
- Télédétection et géologie du hoggar : Apport des images Thematic Mapper de Landsat 5 à la cartographie géologique à 1/500000 d'In-Azaoua. (Hoggar Central Méridional)  
*Par A.Z-E. Saad*
- Les pratiques de nonnalisation toponymique, en Algérie  
*Par B. Atoui*



**SOMMAIRE :**

- Territoires, et Aménagement  
*Par M. Cote*
- Difficultés d'intégration d'une région à l'espace national : Cas des Hautes Plaines sud-oranaises  
*Par M. Hadeid*
- Quelques caractéristiques des exploitations agricoles des Hautes Plaines orientales.  
*Par S. Bouchemal*
- Seuils de charge et possibilités de développement des montagnes en Algérie.  
*Par Y. Spiga*
- La consommation de l'espace agricole dans l'agglomération Annabie.  
*Par N. Saidi*
- Apports des cours d'eau et bilans hydrologiques des bassins de l'Est Algérien.  
*Par A. Mebarki*
- Villes moyennes, hypertrophie et équilibre micro régionale : Cas des wilayas de Batna et Biskra  
*Par A. Farhi*
- Visage et rôle des quartiers spontanés dans la centralité de la ville : Cas de Oued Skhoun à Guelma  
*Par N. Kerdoud*
- Analyse critique des stratégies de réhabilitation des médinas maghrébines  
*Par S. Benabbas*

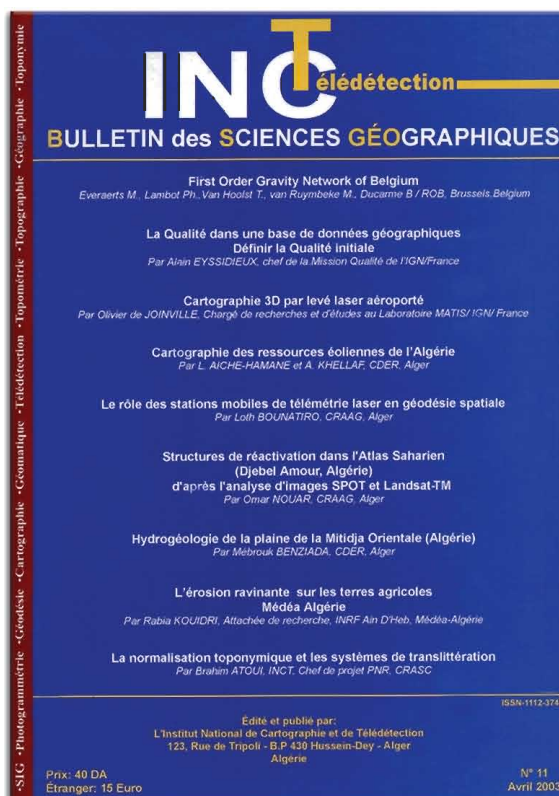
**N° 10**  
**Octobre 2002**



**N° 11**  
**Avril 2003**

**SOMMAIRE :**

- First Order Gravity Network of Belgium  
*Par M. Everaerts, Ph. Lambot, T. Van Hoolst, M. van Rlymbeke, B. Ducarme*
- La Qualité dans une base de données géographi-ques  
*Par A. Eyssidieux*
- Cartographie 3D par levé laser aéroporté.  
*Par Olivier de Joinville*
- Cartographie des ressources éoliennes de l'Algérie  
*Par L. Aiche-Hamane et A. Khellaf*
- Le rôle des stations mobiles de télémétrie Laser en géodésie spatiale.  
*Par L. Bounatiro*
- Structures de réactivation dans l'Atlas Saharien  
*Par O. Nouar*
- Hydrogéologie de la plaine de la Mitidja Orientale  
*Par M. Benzziada*
- L'érosion ravinante sur les terres agricoles  
*Par R. Kouidri*
- La Normalisation Toponymique et les Systèmes de Translittération  
*Par B. Atoui*

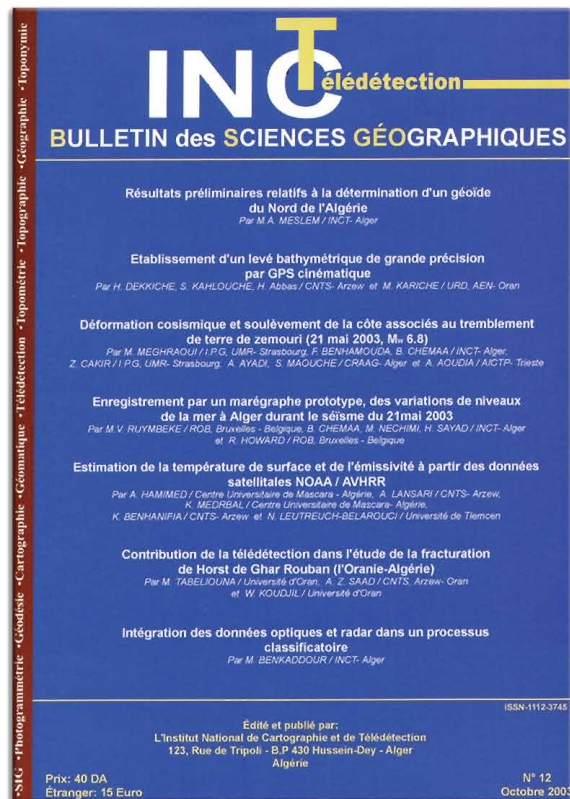




**SOMMAIRE :**

- Résultats préliminaires relatif à la détermination d'un géoïde du Nord de l'Algérie.  
*Par M. A. Meslem*
- Etablissement d'un levé bathymétrique de grande précision par GPS cinématique.  
*Par H. Dekkiche, S. Kahlouche et M. Kariche*
- Déformation cosismique et soulèvement de la côte associés au tremblement de terre de Zemmouri.  
*Par M. Meghraoui, F. Benhamouda, B. Chemaa, Z. Cakir, A. Ayadi, S. Malhouche et A. Aoudia*
- Enregistrement par un marégraphe prototype des variations de niveaux de la mer à Alger durant le séisme du 21 mai 2003.  
*Par M. Ruymbek, B. Chemaa, M. Nechimi, H. Sayad, et R. Howard.*
- Estimation de la température de surface et d'émissivité à partir des données satellitales NOAA / AVHRR.  
*Par A. Hamimed, A. Lansari, K. Medrbal, K. Benhanifia et N. Belarouci.*
- Contribution de la télédétection dans l'étude de la fracturation de Horst de Ghar Rouban (Oranie).  
*Par M. Tabeiouna, A. Saad, et W. Koudjil.*
- Intégration des données optiques et radar dans un processus classificatoire.  
*Par M. Benkadour.*

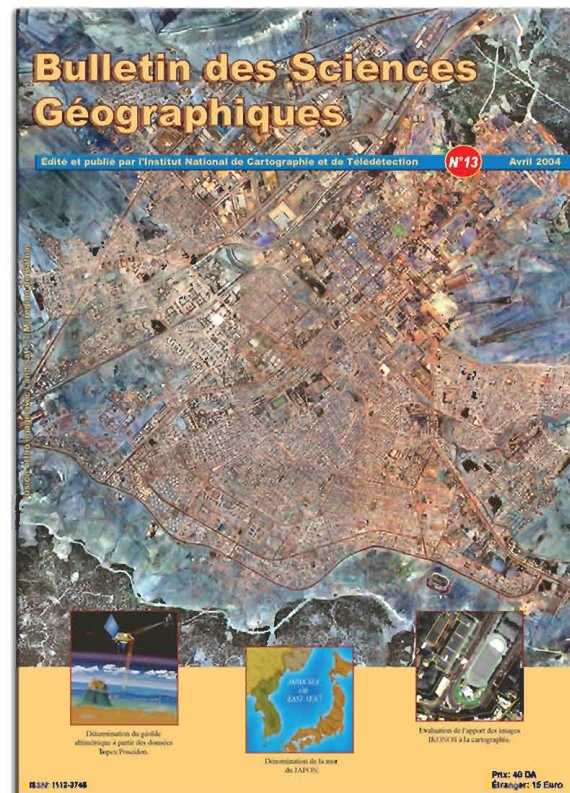
**N° 12  
Octobre 2003**



**N° 13  
Avril 2004**

**SOMMAIRE :**

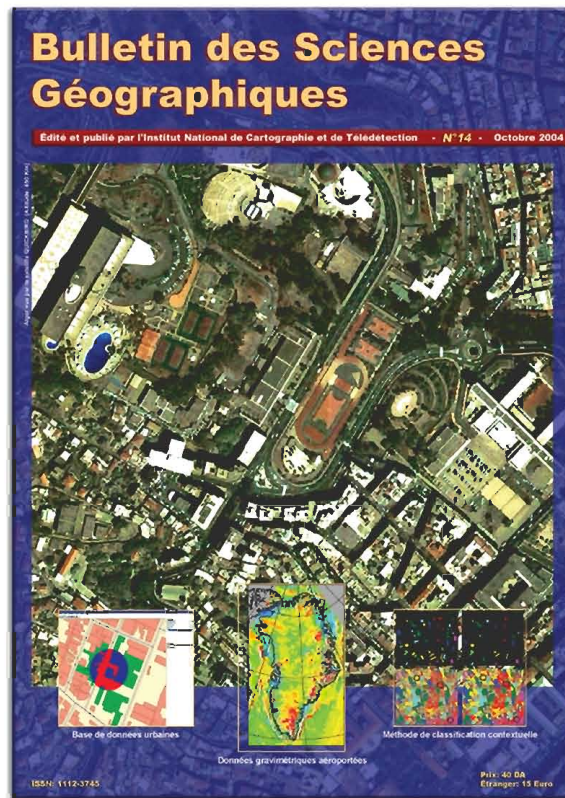
- Détermination du Géoïde Altimétrique à Partir des Données Topex/Poseidon (Cycles 365 et 366) sur le Bassin Méditerranéen  
*Par M. Haddad, S. Kahlouche, A. Rami*
- Simultaneous Georeferencing of Digitised Heterogeneous Map Sheets  
*Par B. Takarli, R. Mahmoudi, M. Benmohamed*
- Evaluation de l'Apport des Images IKONOS à la Cartographie Topographique-Application aux Grandes Echelles « Zone urbaine d'Alger ».  
*Par F. Degaichia*
- Dysfonctionnement Technique et Socio-économique d'un Périmètre Irrigué en Oranie.  
*Par F. Berrahi Midoun*
- Problématique des Appellations des Noms des Mers et des Océans et la Politique du Groupe des Experts des Nations Unies Chargé de la Normalisation des Noms Géographiques:  
Cas de la dénomination de la Mer du JAPON  
*Par B. Atoui*



## N° 14 Octobre 2004

### SOMMAIRE :

- Downward continuation of airborne gravity data  
*Par R. Forsberg*
- Calcul des hauteurs orthométriques à partir des observations GPS:  
Cas d'étude : Nord de l'Algérie.  
*Par S. Ben Ahmed Daho*
- Apport de la Morpho-géologie dans la connaissance de la néotectonique et du risque sismique dans la région de Constantine.  
*Par Ch. Benabbas*
- Conception et réalisation d'un système d'aide à la décision pour l'intervention opérationnelle en milieu urbain.  
*Par A. Kesraoui, T. Ould Ali, H. Takka*
- Super-resolution à partir d'une séquence d'images.  
*Par N. Omrane, Ph. Palmer*
- Contextual classification of remotely sensed data using MAP approach and MRF.  
*Par R. Khedam, A. Belhaqj-Aissa*
- Participation de l'INCT au XX<sup>ème</sup> Congrès de l'ISPRS 2004 (Turquie, du 12 au 23 juillet 2004)  
*Par F. Degaïchia*



## N° 15 Avril 2005

### SOMMAIRE :

- Détermination du niveau moyen de la méditerranée occidentale à partir des données Topex / Poseidon et Jason-1.  
*Par H. Bouchrat, M. Haddad*
- Ajustement avec contraintes internes des réseaux géodésiques.  
*Par B. Gourine, B. Ghezali, H. Taïbi*
- La distance horizontale entre deux points.  
*Par C. Million*
- Possibilités de révision cartographique au 1/50000 à partir de l'imagerie satellitaire:  
Cas de l'imagerie IRS/IC  
*Par N. Fergane*
- A gamma-convergence applied to multispectral image classification and restoration.  
*Par M. Iddir Zait, Y. Smara*
- Sensors and actuators of the ALSAT-1 First Algerian low earth orbit observation micro satellite in orbit  
*Par A.M. Si Mohammed, A. Boudjemai, Y. Hashida  
J. R. Cooksley, Sir Prof M.N. Sweeting*
- Rapport : Expectation to global mapping  
*Par H. Oukaci*

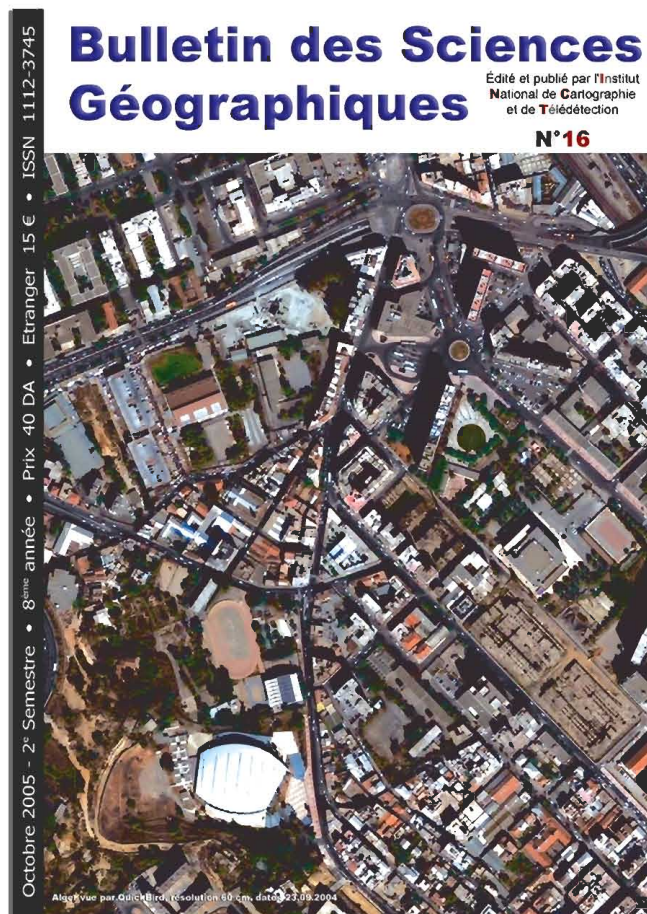




## SOMMAIRE :

- Suivre l'évolution du niveau moyen de la méditerranée  
*Par P. Exertier, P. Bonnefond, & F. Barlier*
- Détermination du niveau moyen de la mer au niveau du port d'Alger à partir des Données Marégraphiques  
*Par M. Haddad*
- Détermination du niveau moyen Altimétrique de la méditerranée Occidentale à partir des données du satellite JASON-1  
*Par A. Rami, S. Kahlouche, & M. Haddad*
- Uniformisation des campagnes GPS. Cas d'étude : Ouest de l'Algérie  
*Par H. Taïbi, N. Nabed, R. Ait Ahmed Lamara & C.B Kadri*
- Les données INCT au service de la communauté de gestion des Risques Majeurs  
*Par N. Omrane, N. Fergane, F. Degaichia & DJ. Bentata*
- Gestion du fond cartographique, outils et perspectives  
*Par E.H. Takka*
- Orbit simulator of the Alsat-1 First Algerian micro-satellite in Orbit  
*Par A.M. Si Mohammed, A. Boudjemaï, H. Benzeniar, Y. Hashida, H. Steyn, & M.N. Sweeting*
- Apport de l'imagerie spatiale optique et radar pour la détection et le suivi des zones d'orpaillage en guyane française  
*Par N. Baghdadi, A. Bourguignon & J. L. Lasserre*
- Apport de l'imagerie spatiale optique et radar pour la cartographie des bancs de vase en Guyane Française  
*Par N. Baghdadi, A. David, C. Oliveros & N. Gratiot*
- Photogrammétrie satellitale pour les capteurs de haute résolution : État de l'Art  
*Par TH. Toutin*
- Comparison of sediment yield in two catchments, Northeast Algeria  
*Par K. Khanchoul, Margareta B. Jansson & Y. Spiga*
- Communication :  
Les données INCT au service de la communauté de gestion des risques majeurs  
*Par N. Omrane, N. Fergane, F. Degaichia & Dj. Bentata*
- Présentation du Bulletin des Sciences Géographiques
- Calendrier des Manifestations Scientifiques Internationales.

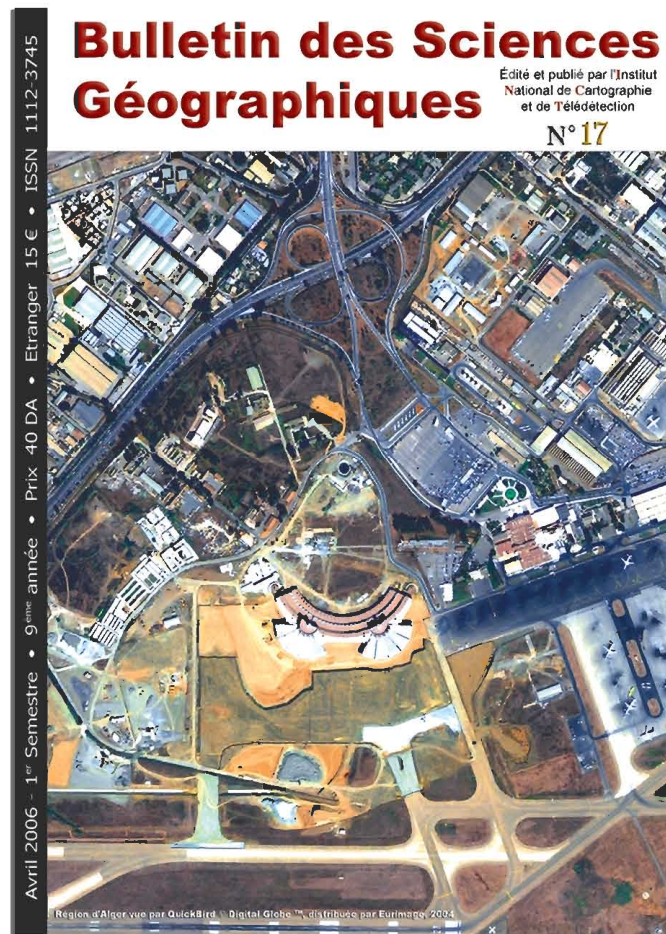
N° 16  
Octobre 2005



N° 17  
Avril 2006

**SOMMAIRE :**

- Etude comparative des séries temporelles de coordonnées de stations doris issues de trois centres d'analyse  
*Par B. Ghezali, W. Zerhouni, H. Taibi, A. Zeggai & S. Khelifa*
- Application des lignes géodésiques et des équations de la régression multiple pour la transformation entre deux datums  
*Par A. Zeggai, B. Ghezali, R. Ait Ahmed Lamara, N. Kheloufi, H. Taibi & S. Touam*
- Estimation of the sea state bias effect on the altimetric measurements using a parametric model  
*Par A. Rami, M. Khelif, S. Kahlouche & T. Denoukri*
- Calculs topométriques et logiciels 3D  
*Par C. Million*
- Classification contextuelle d'images de télédétection utilisant la programmation génétique  
*Par S. Chitroub*
- SIG et Imagerie Alsat-1 pour l'élaboration de la carte de sensibilité à l'érosion hydrique : cas du bassin versant d'arzew (algérie)  
*Par L. Chellouai, A. Djilali & M. Foukrache*
- Analyse et cartographie des risques littoraux (Littoral Oranais, algérie Nord Occidentale)  
*Par D. Bouras. & Z. Boutiba*
- Cartographie automatique de zones de mouvements de terrains a partir de données digitales : "Cas de kef bou khelil près de Ouzera" , région de Médéa , Algérie  
*Par R. Kouidri & M. Ougrine*
- Application du Sig et de la télédétection dans la gestion des feux de forêts en Algérie  
*Par M. Belhadj-Aissa, A. Belhadj-Aissa & Y. Smara*
- Base de données géospatiales : cartographie hydrogéologique des monts des Ksour (Atlas saharien occi-dental, algérie)  
*Par H. Mansour, L. Zeroual, M. Foukrache & A. Nadji*
- Calendrier des manifestations scientifiques internationales

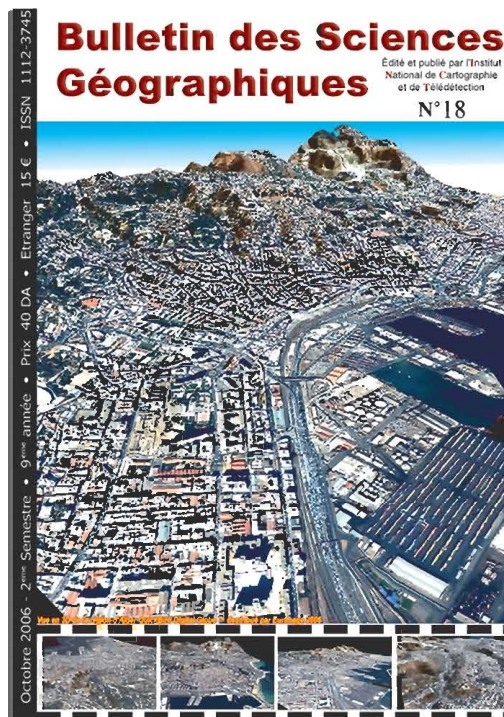




### SOMMAIRE :

- La thermométrie géophysique à l'ORB de 1970 à nos jours  
*Par M. Van Ruymbeke, J. Rasson & G. Tuts*
- Determination of evolution of the altimetric mean level of the western mediterranean from the Jason-1 data : comparison with analysis of tidal gauge measurements  
*Par M. Haddad, H. Abdellaoui & N. Omrane*
- Determination of the mean sea level at Algiers harbour from the tidal data analysis  
*Par M. Haddad, H. Abdellaoui & N. Omrane*
- Détermination d'altitudes par GPS / Nivellement application : régions d'Oran et de Constantine  
*par A. Zeggai, S. Medjahed, S.A. Ben Ahmed, B. Ghezali, R. Aït Ahmed Lamara, A. Ayouaz & H. Taïbi*
- Etude comparative des modèles d'ajustement avec contraintes des réseaux géodésiques  
*Par B. Gourine & B. Ghezali*
- Mise à jour de la base de données routières : apport du GPS  
*Par H. Nechniche, A. Ayouaz, H. Taïbi, A. Mendes & M. Benabdallah*
- Cartographie physionomique de la végétation forestière par télédétection satellitaire optique de moyenne résolution spatiale en zones semi-arides (Ouest Algérien)  
*Par K. Bencherif & N. Letreuch Belarouci*
- La contribution d'un SIG et l'imagerie spatiale dans la préselection des sites adéquats pour le stockage des déchets solides urbains cas du bassin de Oued El Maleh  
*Par N. Bentekhici*

N° 18  
Octobre 2006



### SOMMAIRE :

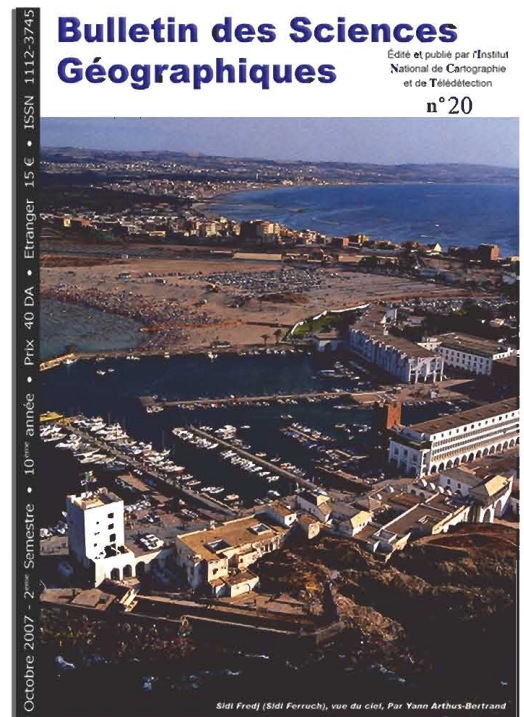
- Développement d'une interface utilisateur de gestion d'une base de données Gravimétriques  
*Par N. Benaraba & F. Touati*
- Cartographie de la distribution des stocks sédimentaires des fonds du Golf d'Arzew  
*Par M. Chachaoua, A. Youcef & A. Kerfouf*
- The relationship between lithology and slope morphology in the tucson mountains, Arizona  
*Par K. Khanchoul, R. Altschul & R. Reeves*
- Nouvelle approche du réseau Artmap flou : Application à la classification multi spectrale des images Spot XS de la Baie d'Alger  
*Par F. Alilat, S. Loumi, H. Merrad & B. Sansal*
- Utilisation des signatures de texture d'ordre élevé pour une meilleure discrimination des classes d'occupation du sol sur une image radar à synthèse d'ouverture  
*Par E. Tonye, A. Akono, J-P. Rudant, C. Dzepa & N. Talla Tankam*
- Spot5 pour la detection d'urbanisation  
*Par V. Lacroix, M. Idrissa, A. Hincq, H. Bruynseels & O. Swartenbroeckx*

N° 19  
Avril 2007



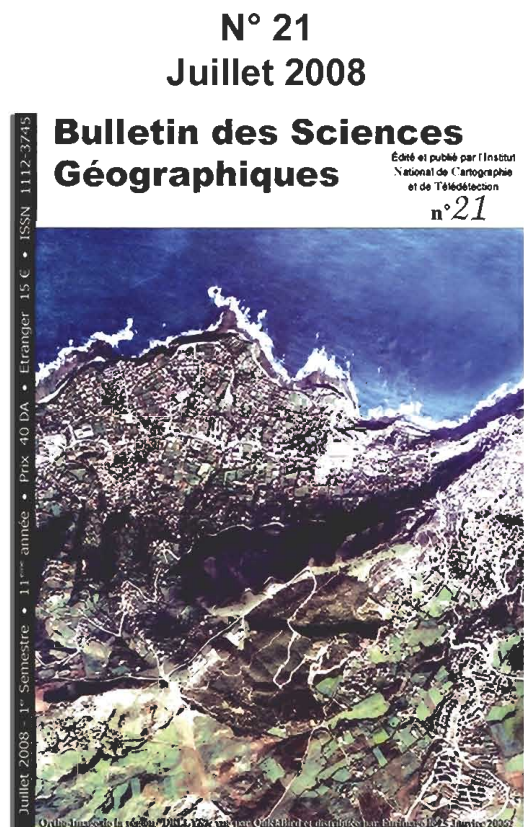
**SOMMAIRE :**

- Analyse des données issues de trois stations du réseau GPS permanent algérien  
*par M. Haddad*
- Débruitage des séries temporelles de coordonnées de stations de géodésie spatiale : application aux stations doris.  
*par S. Khelifa & B. Ghezali*
- Méthode d'ajustement robuste "M-Estimeurs": application au réseau cadastral de la ville d'Oran.  
*par B. Gourine, B. Ghezali, R. Nafti & H. Taibi*
- Méthode d'ajustement robuste "REWLSE" des données gravimétriques  
*par F. Touati*
- Approche cartographique de la situation socio-économique de l'espace des hautes plaines Sud-Oranaises  
*par M. Hadeid*
- Une nouvelle cartographie du déficit hydrique : Application à l'Est Algérien (et l'Algérie du Nord)  
*par A. Mebarki*
- Utilisation des systèmes d'informations géographiques dans les évaluations foncières. Application à la ville de Djelfa  
*Par H. Benyelles, N. Mega, F. Bouchenak Kheladi, A. Gharbi & A. Aribi*
- Le mitage des terrains agricoles par l'urbanisation. Application à la ville de Sidi Bel Abbes  
*par A. Diaf, H. Benyelles, K. Benhanifia & D. Yousfi*
- Identification des formes dunaires à partir de la fusion des données optique et radar : Application sur le cordon dunaire de Zaafrane et El Mesrane (Djelfa)  
*par F. Bachir Belmehdi*



**SOMMAIRE :**

- Modification du noyau intégral de Stokes : Etude des performances  
*Par N. Rabehi & M. Aarizou*
- Méthodologie d'analyse de la qualité des réseaux géodésiques bidimensionnels  
*Par B. Gourine & B. Ghezali*
- Elaboration d'un SIG pour la gestion des réseaux géodésiques  
*Par A. Derkaoui & B. Ghezali*
- Conflits d'usage et dynamiques spatiales : les antagonismes dans l'occupation des espaces périphériques des grandes villes en Algérie: Cas d'Oran  
*Par H. M. Maachou*
- Conséquences de l'altération des GNEISS Arkosiques sur la topographie locale, (Massif de l'Edough-Annaba, N.E Algérien)  
*Par S. Hadj Zobir, A. Laraba & K. Khanchoul*
- Identification des factures de variation du chimisme de l'eau dans un milieu cristalin  
*Par H. Majour, H. Hani, K. Khanchoul & L. Djabri*
- Aérotriangulation analytique : compensation par faisceaux  
*Par H. Bounour, F. Bouchenak & B. Takarli*
- Méthodes de correspondance d'images numériques  
*Par H. Bounour, F. Bouchenak & A. Djilali*

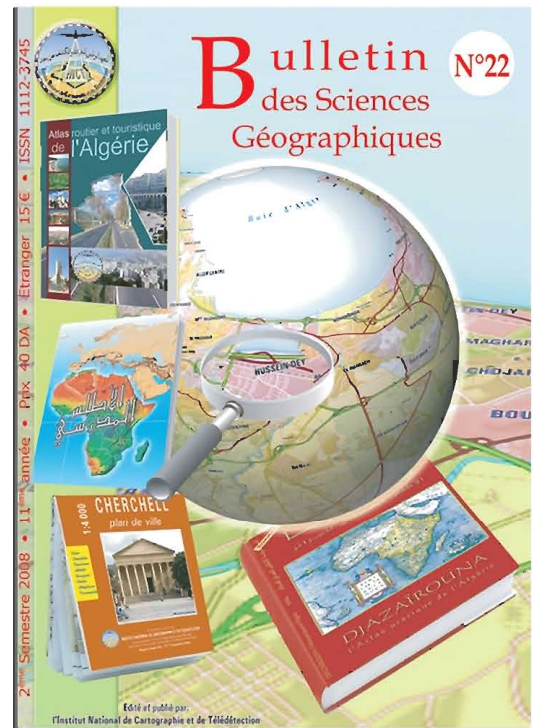




**SOMMAIRE :**

- Algerian Permanent GPS Network : First Results  
*Par M. Haddad*
- Choix optimal du modèle troposphérique pour la détermination précise des coordonnées des stations GPS  
*Par H. Naamaoui, S. Kahlouche, S. Touam & H. Dekkiche*
- Sources d'erreurs et combinaisons linéaires des trois fréquences du système Galileo pour le positionnement différentiel  
*Par L. Tabti, A. Zeggai, B. Ghezali & S. Touam*
- Automated Updating of building Data Bases from digital surface models and Multi-Spectral Images : potential and limitations  
*Par F. Rottensteiner*
- Analysis of planimetric accuracy of Airborne Laser Scanning surveys  
*Par G. Vosselman*
- Application of Geomatics in Photovoltaics  
*Par J. Besenicar, B. Trtenjak & D. Setnica*
- Investigation of elevation Bias of the SRTM C and X-Band digital elevation models  
*Par K. Becek*
- Apport de l'analyse Orientée-Objet d'Image Landsat ETM+ et de l'approche paysagère pour l'aménagement forestier en zones semi-arides. Cas de la forêt Senalba Chergui- Djelfa, Algérie  
*Par K. Bencherif*
- Etude et Cartographie de l'Erosion des formations alluviales de la Moyenne Seybouse (N-E Algérie)  
*Par F. Assassi, K. Khanchoul & C. Benabbas*

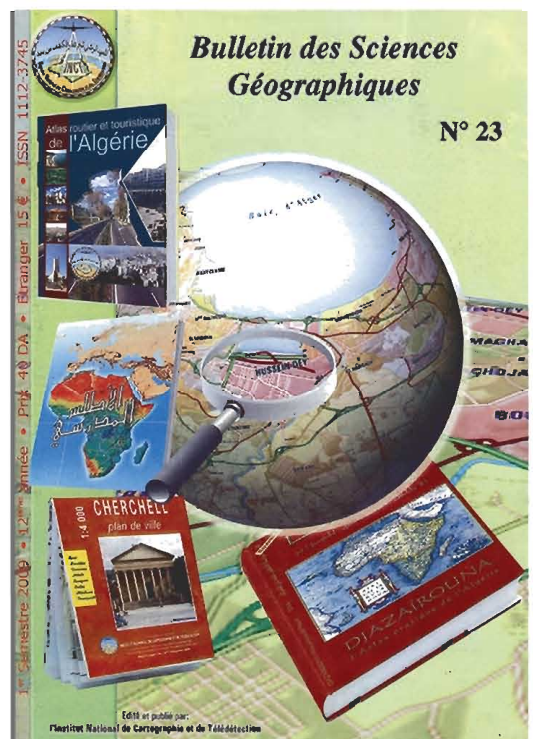
**N° 22**  
**2<sup>ème</sup> semestre 2008**



**SOMMAIRE :**

- Pollution organique des eaux de l'Oued Seybouse (Plaine alluviale de Guelma, Nord-Est Algérien)  
*Par A. Laraba & S. Hadj Zobir*
- Généralisation d'un Modèle Numérique de Terrain Radar : Application à la région d'Oran, Algérie  
*Par K. Hasni, S. Touam & B. Hassaine*
- High-Sensitivity GPS-an Availability and Accuracy Test  
*Par V. Schwieger*
- What do we need laws for?  
*Par L. Aslesen*
- A Framework for the Generalization of 3D City Models  
*Par R. Ghercke & C. Brenner*
- Automated 3D modeling of urban environments  
*Par I. Stamos*
- Using Geo-informatics for development of rural roads under pradhan Mantri Gram Sadak Yojn  
*Par K. K Mishra & Naresh Thakral*
- High resolution DTM process to generate accurate river network for efficient water ressource management  
*Par G. Prasad Babu, B. Srinivas, F. Rafique & E. Rajesh*
- TerraSAR-X and TanDEM-X: Revolution in space borne radar  
*Par F. Hensler & M. W Weber*
- Séminaire sur l'Unification des Systèmes Géodésiques des pays de l'initiative "5+5 Defense"  
Equipe en charge de l'élaboration du projet d'Unification des Systèmes Géodésiques des pays de l'Initiative "5+5 Défense"

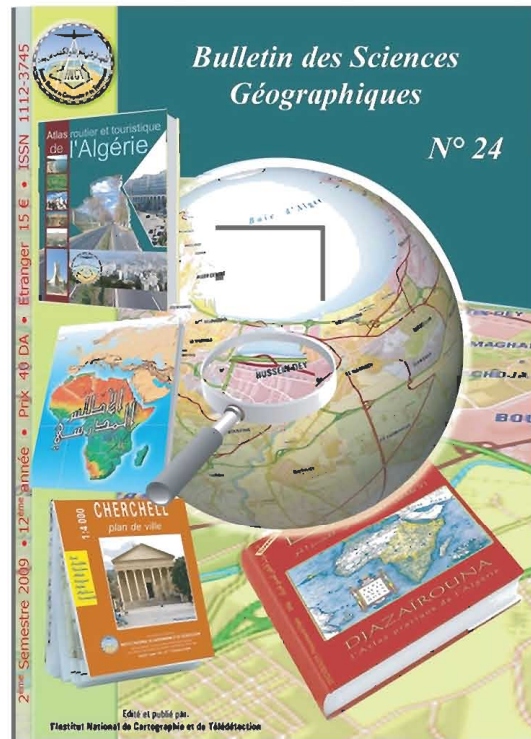
**N° 23**  
**1<sup>er</sup> semestre 2009**



**SOMMAIRE :**

- Satellite laser ranging mobile station : Prsentation and geodetic applications  
*Par B. Gourine, S. Kahlouche, B. Ghezali & H. Taibi*
- Determination and analysis of stations coordinates based on Starlette and Lageos-1 &-2 Satellites laser ranging data  
*Par B. Gourine, S. Kahlouche & M.F. Belbachir*
- Détermination du géoïde gravimétrique au nord de l'Algérie : Méthode de Stokes-Helmert  
*Par N. Zekkour & M. Aarizou*
- Establishment of Algerian-Tunisian unified GPS network  
*Par M. Haddad*
- New products of the EPN time series special project : status report  
*Par A. Kenyeres*
- LiDAR Imagery and its critical evaluation for vegetation management and transmission power lines  
*Par R. Ansari & H. Sarkar*
- Going to shawbak (Jordan) and getting the data back : toward a 3D GIS dedicated to medieval archaeology  
*Par P. Drap, J. Seinturier, J-C. Chambelland, G. Gaillard, H. Pires, G. Vannini, M. Mucciotti & E. Pruno*
- Integrating web GIS and wireless network for secure transportation  
*Par M. Tauhidul Alam, P. Student & M. Shahadat Hossain*
- Espace littoral et dynamique paysagère (Littoral Oranais Algérie)  
*Par D. Bouras, L. Delaby, K. Hussein, S. Mouffok & F. Abdelghani*

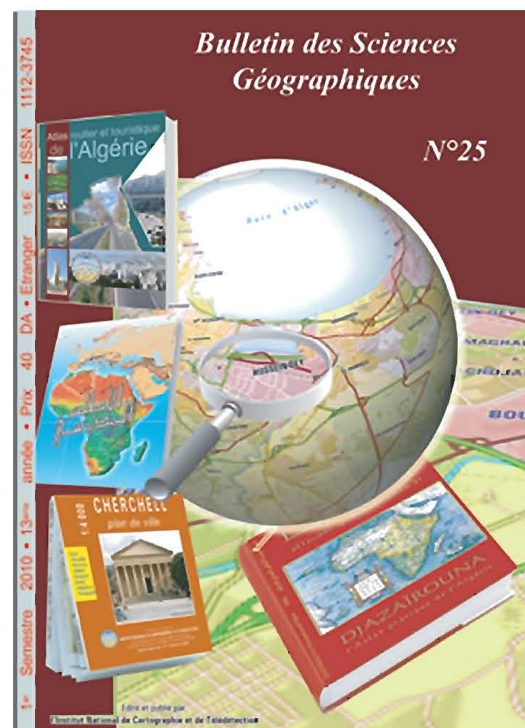
**N° 24**  
**2<sup>ème</sup> semestre 2009**



**N° 25**  
**1<sup>er</sup> semestre 2010**

**SOMMAIRE :**

- Analyse des séries temporelles SLR du géocentre et des EOP basées sur les mesures des satellites LAGEOS1/2 et Starlette  
*Par B. Gourine, S. Kahlouche & B. Ghezali*
- Analysis of Mediterranean sea level from satellite altimetry and tidal data  
*Par M. Haddad, M. F. Belbachir, S. Kahlouche, A. Rami & S. Khelifa*
- Utilisation d'images satellitaires pour l'étude de la fracturation du môle de Tifrit (région de Saïda, Algérie occidentale)  
*Par M. Zerka, C. Mesbah & M. Tabeliouna*
- Hydrologie, Barrages et Transferts d'Eau en Algérie orientale  
*Par A. Mebarki*
- Du manuel au numérique pour la cartographie aux moyennes échelles  
L'exemple des cartes au 1/100 000 en France  
*Par F. Lecordix*



# Pour soumettre un article...

**Vous souhaitez proposer un article pour le Bulletin des Sciences Géographiques.**

**Pour faciliter votre démarche, nous vous adressons quelques recommandations :**

- Ce Bulletin est un espace scientifique, consacré aux sciences géographiques.
- **NATURE DES ARTICLES :** Les articles adressés pour publication doivent traiter des sujets se rapportant aux Sciences Géographiques.  
Les articles se répartissent en deux rubriques:
  - Recherche - développement
  - Synthèse.

**LES ARTICLES DE RECHERCHE - DÉVELOPPEMENT :** portent soit sur des travaux ayant une originalité et une contribution novatrice aidant au développement des sciences géographiques, soit sur des réalisations et études concrètes qui présentent un intérêt dans la maîtrise des concepts des sciences géographiques.

**LES ARTICLES DE SYNTHÈSES :** ont pour but de faire ressortir, les théories, les méthodes, les techniques ou les procédés liés aux sciences géographiques, avec notamment des cas précis d'application.
- **LANGUES :** Les articles paraissent principalement, en Arabe, Français et Anglais.
- **CRITÈRES DE PUBLICATION :** Toute communication présentant de l'intérêt sera diffusée, quelle que soit son origine; l'appartenance de son auteur à l'INCT n'est pas exigée.  
Les articles doivent être fournis au format WORD ou équivalent, en colonnes et dans un format A4 en double interlignes, avec une marge de 2,5 cm au maximum sur chacun des quatre côtés. Chaque communication doit comporter un titre, qui doit être bref et informatif.
- **LE RESUMÉ :** Chaque article doit comporter un résumé en arabe accompagné d'un autre résumé en français et un autre en anglais de 100 à 200 mots.
- **MOTS CLÉS :** Citer 5 à 6 mots clés.
- **BIBLIOGRAPHIE :** Les références doivent être complètes et présentées dans l'ordre alphabétique des noms d'auteurs. La référence doit mentionner le nom et le prénom de l'auteur suivis de l'année d'édition, du titre de l'ouvrage, de l'éditeur et du lieu d'édition. Toute référence doit être clairement mentionnée dans le texte par le nom et prénom de l'auteur suivie des deux derniers chiffres de l'année de publication.
- **MODALITÉ DE PUBLICATION :** Tout article présenté pour publication est soumis à l'évaluation de deux membres du comité de lecture, en cas d'avis contraire, il est soumis à un troisième membre. Les articles non retenus ne sont pas retournés, à moins d'une demande de la part de l'auteur.  
Un exemplaire sera fournis gratuitement à chaque auteur ; d'autres seront fournis à la demande, dans la limite du stock.
- **DATES DE PARUTION :** Le Bulletin paraît deux fois par an, à la fin du mois d'Octobre et du mois d'Avril.
- **ENVOI DES MANUSCRITS :** les manuscrits sont envoyés par email à l'adresse suivante: [inct99@wissal.dz](mailto:inct99@wissal.dz)





## INSTITUT NATIONAL DE CARTOGRAPHIE ET DE TELEDETECTION

Créé par ordonnance 211 67 du 17/10/1967 modifiée par les ordonances 84.68 du 23/04/1968 et 73.23 du 05/06/1973 et le décret présidentiel n°98.337 du 29/10/1998.

**Siège:** 123, rue de Tripoli - BP430 - Hussein Dey - 16040 - Alger

**Tél:** 213 021 49 16 94, 021 49 16 95 & 021 49 16 97

**Fax:** 213 021 49 16 91 & 021 49 16 88

**e-mail:** inct99@wissal.dz

# Bulletin d'abonnement

### Tarif d'abonnement pour une année (comprenant deux numéros):

- Etudiant: 70 DA
- Particulier: 80 DA
- Etranger: 15 Euro

### Prévoir en sus pour les frais d'expédition:

- Envoi Recommandé en Algérie : 400 DA
- Pour l'étranger: 10 Euro

### Mode de règlement :

#### Pour l'Algérie :

- Par virement CCP N° 1552.04
- Par virement bancaire : CPA N° 101 401 78505 1  
BEA N° Q 22 61 570

#### Pour l'étranger :

- Par virement bancaire: Banque Deutsche Bank AG Munich  
Compte Nr, 85 960 BLZ: 700 700 10

Nom et prénom / raison sociale : .....

Fonction : .....

Adresse complète : .....

N°Tél : ..... N°Fax : ..... Email : .....

Date

Signature

**Retourner ce bulletin d'abonnement accompagné du règlement à  
Monsieur le Directeur Général de l'Institut National de Cartographie  
et de Télédétection**

123, rue de Tripoli- BP 430, Hussein Dey- 16040 Alger.

Tél: 213 021 49 16 94, 021 49 16 95 & 021 49 16 97

Fax: 213 021 49 16 91 & 021 49 16 88

E-mail: inct99@wissal.dz,



Bulletin des Sciences Géographiques  
Institut National de Cartographie et de Télédétection  
**Adresse** : 123, Rue de Tripoli, BP 430, Hussein Dey - 16040 Alger  
**Tél** : (213) 021 49 16 94 - 021 49 16 95 & 021 49 16 97  
**Fax** : (213) 021 49 16 91 & 021 49 16 88  
**E-mail** : [inct99@wissal.dz](mailto:inct99@wissal.dz)  
**Site Web** : [www.inct.mdn.dz](http://www.inct.mdn.dz)